Model Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana

Radonja, Radoslav

Doctoral thesis / Disertacija

2013

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:722408

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository

UNIRI DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

RADOSLAV RADONJA

MODEL REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA

DOKTORSKI RAD

RIJEKA, 2013.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

RADOSLAV RADONJA

MODEL REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA

DOKTORSKI RAD

Mentor: dr. sc. Ivica Šegulja, redoviti profesor Pomorskog fakulteta u Rijeci
Komentor: dr. sc. Vjekoslav Koljatić, znanstveni savjetnik Pomorskog fakulteta u Rijeci

Rijeka, svibanj 2013.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF MARITIME STUDIES RIJEKA

RADOSLAV RADONJA

MODEL OF EXHAUST GASES EMISSION REGISTER IN MARITIME TRAFFIC FOR CROATIAN PART OF THE ADRIATIC

DOCTORAL THESIS

Rijeka, May 2013.

Doktorski rad pod naslovom:

„Model Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana“

obranjen je dana 26. rujna 2013. godine pred povjerenstvom za obranu u sastavu:

1. **Dr. sc. Željko Kurtela**, izvanredni profesor Pomorskog odjela Sveučilišta u Dubrovniku, predsjednik
2. **Dr.sc. Ivica Šegulja**, redoviti profesor Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, mentor i član
3. **Dr.sc. Vjekoslav Koljatić**, znanstveni savjetnik Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, komentor i član

Predgovor

Iskrena zahvala mentoru dr.sc. Ivici Šegulji, redovitom profesoru Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci i komentoru dr.sc. Vjekoslavu Koljatiću, znanstvenom savjetniku Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci na nesebičnoj podršci, pomoći te korisnim i stručnim savjetima pri izradi ovog doktorskog rada.

Izraze zahvalnosti upućujem i svim onim suradnicima koji su mi pomogli na prikupljanju podataka i pripremi članaka s preliminarnim rezultatima istraživanja, kao i svima onima koji su nam pri tom pružili podršku.

Veliki trud i dugotrajan napor pri pisanju ovog rada umnogome su olakšali iskreni poticaji članova moje obitelji, mojih kolega i prijatelja, kojima se od sveg srca najiskrenije zahvaljujem.

Radoslav Radonja

Model Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana

SAŽETAK

U doktorskom radu su znanstvenim metodama istražene i analizirane najvažnije karakteristike pomorskog prometa u hrvatskom dijelu Jadrana, prikazani su najnoviji međunarodni ekološki zahtjevi s osnove sprječavanja onečišćenja okoliša i njihov utjecaj na brodare kroz osnovna načela cikličnih promjena na pomorskom tržištu sa smjernicama za njihovu prilagodbu (ekološka prihvatljivost broda kao osnovni preduvjet opstanka brodara na tržištu), te izrađen pregled globalno dostupnih metodologija procjene emisija i analizirane mogućnosti njihove primjene na promatranom području. Pri tom su holističkim pristupom problematici razmotreni različiti aspekti utjecaja emisija iz pomorskog prometa na čovjeka, okoliš i klimu.

Uzimajući u obzir temeljne postavke strategije održivog razvoja i integriranog upravljanja priobalnim područjem postavljen je model Registra emisija koji uvažava specifičnosti pomorskog prometa u hrvatskom djelu Jadrana i omogućuje izradu početnog skladišta emisija (otiska) i njihov naknadni kontinuirani nadzor na čijoj se osnovi može pružiti potpora donošenju i provedbi zakonodavstvenih odluka i ekonomskih instrumenata u cilju zaštite promatranog područja, a koji je ujedno i globalno primjenjiv za sva slična područja.

Znanstveno utemeljeno istraženi su svi relevantni čimbenici koji proizlaze iz specifičnosti pomorskog prometa na hrvatskom dijelu Jadrana, definirane su organizacijske (zakonodavstvene, institucijske, operativna tijela) i tehnološke pretpostavke modela u odnosu na koje je izvršena optimizacija dostupnih metodologija procjene emisija kako bi se postavio model Registra emisija koji će rezultirati točnijim podacima o emisijama i sukladno tomu kvalitetniju potporu odlučivanju i zaštiti. Pri tom je uzet u obzir, te djelomično pokrenut proces rješavanja definiranog znanstvenog problema nedovoljnog istraživanja onečišćenja atmosfere iz pomorskog prometa na promatranom području, iako je taj promet u kontinuiranom porastu, a strategija razvoja Republike Hrvatske dijelom je usmjerena prema gospodarstvenim granama direktno vezanim uz more i priobalno područje.

Postavljeni model Registra emisija pretpostavlja podjelu svih plovila u području na dvije odvojene skupine na koje se potom mogu primjeniti različite metodologije procjene emisija, a omogućuje i primjenu novih tehnoloških rješenja nadzora pomorskog prometa i izradu informacijskog sustava za motrenje i procjenu emisija u pomorskom prometu temeljenu na dinamičkoj analizi i matematičkim modelima koji će osigurati kvalitetniji nadzor i mogućnost pravovremene reakcije u slučajevima prekomjernog onečišćenja.

Podjela na skupine omogućava njegovu izradu po fazama što će za posljedicu imati, moguće, duže vrijeme za objedinjavanje rezultata, no biti će svakako jednostavniji pri zatvaranju financijske konstrukcije projekta koji se na taj način može i financirati po fazama kako iz nacionalnih tako i iz različitih međunarodnih izvora.

Na kraju, predloženi model Registra predstavlja i osnovu za buduća znanstvena istraživanja u području sprječavanja onečišćenja iz pomorskog prometa i njegove energetske učinkovitosti, jedno od kojih je i predstavljeni projekt ASAP za čiji je kontinuitet postavljanje modela bio preduvjet. Na isti način jednom definirani 'otisak' emisija omogućuje i troškovno-korisne analize kako u području pomorstva tako i u drugim povezanim znanstvenim ili gospodarskim područjima.

Slijedom navedenog zaključeno je da je predstavljeni model Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana ostvariv i da

za razliku od, na svjetskoj razini uobičajenih zasebnih metodologija procjena emisija, njihova parcijalna primjena po razlikovnim i optimiziranim skupinama, te naknadna integracija rezultata daje točnije podatke o emisijama koji uvažavaju specifičnosti promatranog područja.

Ključne riječi: pomorski promet, onečišćenje zraka, skladište (inventar) emisija.

Model of Exhaust Gases Emission Register in Maritime Traffic for Croatian part of the Adriatic

SUMMARY

In this doctoral thesis the most important characteristics of maritime transport in the Croatian part of the Adriatic are explored and analyzed by applying scientific methods, the newest international environmental requirements regarding prevention of pollution and its impact on shipowners are shown through the basic principle of the maritime market cyclic changes with guidelines for their adaptation (environmental friendly ship as an essential prerequisite for survival on the shipping market), and a global overview of available emission estimation methodologies is created and the possibilities of their application in the area analyzed. At the same time by a holistic approach to the problem various aspects of the impact of emissions from maritime transport to humans, the environment and climate are discussed.

Taking the basic tenets of sustainable development and integrated coastal zone management into account, The Model of Emission Registry is set considering the specific characteristics of maritime transport in the Croatian part of the Adriatic that enables the creation of initial inventory of emissions (footprint) and their subsequent continuous monitoring on whose basis support for making and implementation of legislative decisions and economic instruments to protect the area of interest can be provided, which is also globally applicable to all similar areas.

All relevant factors arising from the specifics of maritime traffic in the Croatian part of the Adriatic are researched on scientific basis, organizational (with regulatory, institutional, operational entities) and technological assumptions of the model are defined in relation to which the optimization of available assessment methodology was used to set up The Model of Emissions Registry that will result in more accurate data of emissions and, accordingly, provide better decision support and protection. So, the process of solving a defined scientific problem of insufficient study of atmospheric pollution from maritime traffic in the area observed is taken into account, and partly initiated, although the traffic is ever-increasing, and the development strategy of the Republic of Croatia is directed toward economy sectors directly related to the sea and the coastal area.

The proposed model of the Emission Registry assumes the division of all vessels in the area in two separate groups to which then a different methodology can be applied in order to assess emissions and it enables the use of new technological solutions of maritime traffic monitoring, and the creation of an information system for monitoring and evaluation of emissions in maritime traffic based on dynamic analysis and mathematical models which will ensure more efficient control and the possibility of timely response in case of excessive pollution.

The division into groups enables its development in phases which will possibly have as a consequence an extended period of consolidation of the results, but will certainly be easier to close the financial construction of the project that in this way can also be funded in phases from national sources as well as from various international sources.

Finally, the proposed Model of Emission Registry also represents the basis for future scientific research in the field of prevention of pollution from maritime transport and its energy efficiency, one of which was presented to the project ASAP for whose continuity setting of the model is a prerequisite. In the same way once defined 'footprint' of emissions enables cost-benefit analyses in the field of maritime affairs as well as in other related scientific or economic areas.

Consequently, it is concluded that the presented model of Exhaust Gases Emission Register in Maritime Traffic for Croatian part of the Adriatic is achievable and that in contrast to commonly separated methodologies for estimating emissions used globally, their partial application by distinctive and optimized groups, and subsequent integration of the results gives more accurate data of emissions that are taking specific characteristics of the study area into account.

Keywords: maritime transport, air pollution, emission inventory.

MODEL REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA

Predgovor
Sažetak
Summary
Sadržaj

1. UVOD
1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja 1
1.2. Znanstvena hipoteza i pomoćne hipoteze 2
1.3. Svrha i ciljevi istraživanja 3
1.4. Ocjena dosadašnjih istraživanja 4
1.5. Znanstvene metode 6
1.6. Struktura rada 6

2. PROMJENA EKOLOŠKOG ZAKONODAVSTVA S GLEDIŠTA POMORSTVA KAO POSLJEDICA NUŽNOSTI ODRŽIVOG RAZVOJA 8
2.1. Međusobna povezanost i uvjetovanost između održivog razvoja, integriranog upravljanja priobalnim područjem i razvoja ekološkog zakonodavstva 8
2.2. Održivi razvoj i integrirano upravljanje priobalnim područjem 10
2.2.1. Održivi razvoj 10
2.2.2. Priobalno područje 11
2.2.3. Integrirano upravljanje priobalnim područjem 12
2.2.4. Ekološka prihvatljivost broda kao doprinos održivom razvoju i IUPP-u 13
2.3. Razvoj ekološkog zakonodavstva 14
2.3.1. Propisi o onečišćenju atmosfere 15
2.3.1.1. Ograničenja sumpora u gorivu 15
2.3.1.2. Ograničenje dušičnih oksida u ispušnim plinovima motora 16
2.3.1.3. Tvari koje oštećuju ozonski omotač 17
2.3.1.4. Emisija stakleničkih plinova 17
2.3.1.5. Usklađenost s MARPOL 73/78 – Prilogom VI 17
2.3.2. Upravljanje balastnim vodama 18
2.3.3. Posebna i posebno osjetljiva morska područja 18
2.3.4. Recikliranje dotrajalih brodova 19
2.4. Održivo pomorstvo 19
2.4.1. Funkcionalna povezanost pomorskog tržišta 20
2.4.2. Cikličnost pomorskog tržišta 21
2.4.3. Poslovna politika pomorskih brodara 23
2.4.4. Ekološka prihvatljivost broda kao utjecajan čimbenik poslovne politike brodara 24
2.4.5. Prilagodba brodara očekivanim promjenama 25

3. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA NA ČOVJEKA, OKOLIŠ I KLIMU 29
3.1. Utjecaj ispušnih plinova na atmosferski sastav 29

3.1.1. Kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere 29
3.1.2. Miješanje i kretanje zraka u morskom graničnom sloju atmosfere .. 31
3.1.3. Procesi unutar dimnog stoga 35
3.1.4. Globalni učinci na atmosferski sastav 36
3.2. Utjecaj ispušnih plinova na zdravlje čovjeka i okoliš 36
3.2.1. Utjecaj na atmosferski sastav u određenom području 37
3.2.2. Utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš 38
3.3. Utjecaj ispušnih plinova na klimu 39
3.3.1. Utjecaj na razvoj naoblake na globalnoj i regionalnoj razini 39
3.3.2. Brodski 'ispušni trag' i prisilno zračenje 40
3.3.3. Utjecaj na promjene temperature i klimu 41
3.4. Mogućnosti smanjenja utjecaja ispušnih plinova 41
3.4.1. Tehnološke opcije smanjenja emisija NOx –a 42
3.4.2. Tehnološke opcije smanjenja emisija SOx –a i krutih čestica 42
3.4.3. Alternativna goriva 43
3.4.4. Smanjenje potrošnje goriva i emisije CO_2 44
3.4.5. Strategije smanjenja emisija i politički instrumenti 44
3.5. Procjene budućih utjecaja 45
3.5.1. Promjene odnosa udjela emisija iz izvora na kopnu i pomorskog prometa 46
3.5.2. Procjena utjecaja uslijed moguće promjene klime i plovnih puteva 46

4. METODOLOGIJA PROCJENE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU 48
4.1. Čimbenici koji utječu na emisije iz brodskih energetskih postrojenja 48
4.1.1. Vrsta strojeva 49
4.1.2. Vrste goriva 50
4.1.3. Veličina pogonskog stroja, godina proizvodnje, njegovo stanje i izlazna snaga 50
4.1.4. Primjena metoda za sprječavanje onečišćenja emisijama iz brodskih energetskih postrojenja 51
4.2. Izvori podataka i pregled metodologija o emisijama iz brodskih energetskih postrojenja 51
4.2.1. Emisijski čimbenici Inženjerskog servisa Lloyd's Registra 52
4.2.2. TECHNE procjena emisijskih čimbenika 53
4.2.3. Studija američke Agencije za zaštitu okoliša (EPA) 56
4.2.4. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) 57
4.2.5. Entec-ova metodologija procjene emisija s brodova 58
4.2.6. Studija skladišta emisija s brodova za Mediteransko more, CONCAWE – Entec 64
4.2.7. Skladište brodskih emisija Ujedinjenog kraljevstva, DEFRA – Entec 69
4.2.8. TECHNE – poboljšana metodologija 71
4.2.9. Pristup izradi metodologije procjene 78
4.3. Primjena metodologija 79
4.3.1. Primjeri provedenih studija 79
4.3.2. Primjena metodologije procjene emisija na primjeru broda i usporedba rezultata (studija slučaja) 80

5. PRIJEDLOG MODELA REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA 85
5.1. Osnovna obilježja pomorskog prometa u području hrvatskog dijela Jadrana 85
5.1.1. Operacijski čimbenici 85
5.1.2. Kategorije brodova, distribucija i intenzitet prometa 86
5.1.3. Karakteristike pomorskog prometa u Jadranu 86
5.2. Potreba utvrđivanja trenutnog stanja i 'otiska' ispušnih plinova 87
5.3. Nadzor i praćenje pomorskog prometa na području Jadrana 88
5.3.1. Globalni pristupi nadzoru i praćenju pomorskog prometa 88
5.3.2. Tehnološka rješenja i globalni modeli nadzora i procjena emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu 89
5.3.3. Dostupna tehnološka rješenja nadzora i praćenja pomorskog prometa na području Jadrana 90
5.4. Struktura modela Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana 92
5.4.1. Organizacijske pretpostavke 92
5.4.1.1. Zakonodavne pretpostavke 92
5.4.1.2. Institucijske pretpostavke 95
5.4.1.3. Operativna tijela 97
5.4.2. Tehnološke pretpostavke 99
5.4.3. Metodologija procjene emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana 100
5.4.3.1. Specifični uvjeti primjene metodologija 100
5.4.3.2. Prijedlog modela 'Registra emisija' uvažavajući specifične uvjete primjene 101

6. IMPLEMENTACIJA MODELA REGISTRA ISPUŠNIH PLINOVA I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA 106
6.1. Procjena primjenjivosti modela 106
6.2. Implementacija modela 108
6.3. Uvod u ASAP projekt 111
6.3.1. Uravnoteženje razvoja pomorstva s brigom za zdravlje i okoliš na području Jadrana 112
6.3.2. Informacijski sustav za nadziranje i nadogradnju 'Registra emisija' 113
6.3.3. Prepoznavanje potrebe za IMO zaštitom područja i zahtjev za zaštitom 113
6.3.4. Buduća istraživanja i smjernice mogućih rješenja 115
6.3.5. Uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka 118

7. ZAKLJUČAK 121

Prilog 1 – Upravljanje balastnim vodama 128
Prilog 2 – Recikliranje dotrajalih brodova 129

LITERATURA 131
POPIS TABLICA 143
POPIS SLIKA 145
POPIS KRATICA 146

1. UVOD

1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja

Utjecaj ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava zadobio je znanstvenu pozornost tijekom '90-tih godina prošlog stoljeća, a početkom ovog stoljeća uočljiv je porast znanstvenih radova i studija koje proučavaju navedenu problematiku.

Globalno prepoznat antropogeni utjecaj u obliku onečišćenja okoliša rezultirao je aktivnostima prema njegovom smanjenju u početku ograničenjima u kopnenom prometu, a naknadno (kada je prepoznat znatan doprinos onečišćenju atmosfere s brodova) i u pomorskom prometu. Posljedično, u pomorstvu je to rezultiralo i dopunama - različitim konvencijama o zaštiti mora (MARPOL 73/78, London Dumping Convention, itd). Njihovim donošenjem i 'stupanjem na snagu' potaknute su dodatne promjene koje zadiru u sva područja gospodarskih djelatnosti, pa tako i na pomorsko tržište u najširem smislu.

Tijekom protekla dva desetljeća predloženo je i korišteno nekoliko metoda za procjenu brodskih emisija. Da bi se izbjegle različitosti u pristupu i uporabi pojedinih metodologija EMEP/EEA je objavila 'Tehnički vodič za pripremu nacionalnih inventara (skladišta) emisija'. No, u Republici Hrvatskoj, prema saznanju autora, do sada nisu objavljena istraživanja u tom području iako je prepoznat porast pomorskog prometa i gospodarskih aktivnosti lokacijski vezanih uz priobalje.

U navedenom kontekstu problematike moguće je definirati i **znanstveni problem istraživanja:**

'U Republici Hrvatskoj i na njenom dijelu Jadranskog mora, još uvijek se nedovoljno istražuje onečišćenje atmosfere iz pomorskog prometa iako je njegov intenzitet u kontinuiranom porastu, a strategija razvoja zemlje dijelom je usmjerena prema gospodarskim granama direktno vezanim uz more i priobalno područje. Taj problem potrebno je primjereno znanstveno istražiti, te predložiti trajan i sveobuhvatan model 'Registra emisija' koji će omogućiti prije svega utvrđivanje trenutnog 'otiska' pomorskog prometa na onečišćenje atmosfere, a potom i kontinuirani nadzor emisija, te rezultirati informacijama koje će pridonijeti aktivnostima i zakonodavstvenim odlukama u svezi sprječavanja onečišćenja atmosfere iz pomorskog prometa.'

Sukladno takvoj problematici i problemu istraživanja, definiran je i **predmet znanstvenog istraživanja:**

'Sustavno istražiti i konzistentno utvrditi sve relevantne teorijske i praktične značajke onečišćenja atmosfere iz pomorskog prometa na hrvatskom dijelu Jadrana, kao i utjecaj promjena ekološkog zakonodavstva na pomorsko tržište u najširem smislu, te mogućnosti primjene metodologija procjene emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu na nacionalnoj razini Republike Hrvatske.'

Znanstveni problem i predmet znanstvenog istraživanja odnose se na tri bitna **objekta znanstvenog istraživanja**, a oni su: **promjene ekološkog zakonodavstva s gledišta pomorstva kao posljedica nužnosti održivog razvoja, utjecaj ispušnih plinova na čovjeka, okoliš i klimu, te metodologiju procjene emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu.**

1.2. Znanstvena hipoteza i pomoćne hipoteze

Uzimajući u obzir složenost znanstvenog problema istraživanja, predmeta znanstvenog istraživanja i objekta znanstvenog istraživanja postavljena je i **temeljna znanstvena hipoteza:**

Model Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana predstavljen u ovom radu uvažava specifične uvjete područja i primjene metodologije, te omogućuje izradu početnog skladišta emisija ('otiska' emisija u pomorskom prometu), kao i učinkoviti naknadni nadzor emisija, te kvalitetan osnov za donošenje zakonodavstvenih odluka u svezi sprječavanja onečišćenja atmosfere u promatranom području.

Tako postavljena znanstvena hipoteza direktno se odnosi na predmet znanstvenog istraživanja, no on zahtjeva i implicira nekoliko **pomoćnih hipoteza**:

PH 1: Specifičnosti pomorskog prometa u određenom geografskom području utječu na primjenu metodologije procjene emisija i izračun početnog skladišta emisija ('otiska').

PH 2: Globalno korišteni modeli izračuna skladišta emisija ispušnih plinova temeljeni na primjeni metoda: *'odozgora prema dolje'* (engl. top-down method) koji polaze s osnove prodanog goriva ili *'odozdola prema gore'* (engl. bottom-up method) koji polaze s osnove brodskih karakteristika, primjenjeni zasebno za područje hrvatskog dijela Jadrana ne uvažavaju specifičnosti pomorskog prometa u tom području.

PH 3: Uvažavanjem specifičnosti pomorskog prometa u hrvatskom dijelu Jadrana, te sustavnim pristupom i uvođenjem novog načina razvrstavanja plovila u pomorskom prometu uz parcijalno korištenje obje metode i naknadno integriranje dobivenih vrijednosti unutar modela rezultirati će točnijim podacima o emisijama štetnih plinova u promatranom području, te na taj način i kvalitetnijim 'Registrom'.

PH 4: Promjene ekološkog zakonodavstva s gledišta pomorstva postavljaju ekološku prihvatljivost broda kao bitan čimbenik njegovog sudjelovanja na međunarodnom pomorskom tržištu i posljedično, uzrokuju nužne prilagodbe poslovne politike brodara.

PH 5: Postavljeni model 'Registra' omogućuje primjenu novih tehnoloških rješenja nadzora pomorskog prometa u svrhu nadzora emisija na području hrvatskog dijela Jadrana, te izradu informacijskog sustava za motrenje i procjenu emisija u pomorskom prometu temeljenu na dinamičkoj analizi i matematičkim modelima.

PH 6: Postavljeni model globalno je primjenjljiv na sva geografska područja sa sličnim specifičnostima.

Brojni **argumenti** podupiru postavljenu temeljnu hipotezu i njene pomoćne hipoteze, a navode se samo oni najvažniji:

- Prema saznanju autora do sada nije utvrđen model koji bi omogućio utvrđivanje početnog skladišta emisija na području hrvatskog dijela Jadrana uvažavajući njegove specifičnosti

- Utvrđivanje početnog skladišta emisija ('otiska') u pomorskom prometu predstavlja osnovu za sva buduća istraživanja onečišćenja atmosfere na području Jadrana
- Uspostavljanje sustava nadzora nad emisijama iz pomorskog prometa omogućuje procjenu njihovog utjecaja na čovjeka i okoliš
- Uspostavljanje 'Registra emisija' ostvarivog primjenom modela omogućuje kvalitetnu osnovu za primjenu odgovarajućih mjera zaštite (npr. zahtjev za proglašenjem posebno osjetljivog područja po pitanju onečišćenja atmosfere prema IMO-u ili uvođenje ekoloških taksi za onečišćivače i sl.)
- Primjena modela i novih tehnologija nadzora pomorskog prometa te komunikacija između sudionika u pomorskom prometu i obalnih službi omogućuje informatizaciju sustava nadzora nad onečišćenjem i pravovremene korektivne akcije u cilju smanjenja onečišćenja (npr. preusmjeravanjem smjera plovidbe ili brzine plovidbe ili kvalitete goriva)
- Uspostavljanje informatiziranog sustava nadzora nad onečišćenjem atmosfere omogućiti će troškovno-korisne analize primjene alternativnih tehnoloških rješenja (npr. visokonaponskih kopnenih priključaka za brodove).

U takvim okolnostima čini se opravdanim znanstveno utemeljeno istražiti sve bitne čimbenike koji proizlaze iz specifičnosti pomorskog prometa u hrvatskom dijelu Jadrana, mogućnosti prilagodbe dostupnih metodologija procjene emisija uvažavajući utvrđene specifičnosti, te postaviti model koji će omogućiti utvrđivanje početnog skladišta emisija i naknadni kontinuirani nadzor i zaštitu.

1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

Izravno i u najužoj vezi s problemom, predmetom istraživanja i postavljenom hipotezom determinirani su **svrha i ciljevi istraživanja:**

Znanstvenim metodama istražiti i analizirati: najvažnije karakteristike pomorskog prometa u hrvatskom djelu Jadrana, postavljene međunarodne ekološke zahtjeve s osnove sprječavanja onečišćenja atmosfere i njihov utjecaj na brodare, dostupne metodologije procjene emisija i mogućnosti njihove primjene u hrvatskom dijelu Jadrana te znanstveno utemeljeno formulirati rezultate istraživanja i predstaviti interpretirane rezultate istraživanja kako bi se ostvario cilj istraživanja: predložiti model 'Registra emisija' koji će omogućiti izradu početnog skladišta emisija iz pomorskog prometa na hrvatskom dijelu Jadrana te kontinuirani nadzor i buduću zaštitu, a na toj osnovi pružiti potporu za donošenje i provedbu zakonodavstvenih odluka usmjerenih k održivom razvoju kroz integrirano upravljanje priobalnim područjem.

Kako bi se primjereno riješio postavljeni problem istraživanja, odredile granice okvira predmeta istraživanja i dokazala postavljena hipoteza te ostvarili svrha i ciljevi istraživanja, u doktorskom radu biti će potrebno dati znanstveno utemeljene odgovore na brojna pitanja, od kojih su najvažnija sljedeća:

- Što predstavlja održivo pomorstvo u okvirima održivog razvoja?
- Koje promjene donosi novo ekološko zakonodavstvo u pomorstvu, kakav je njihov utjecaj na sudionike i koje su mogućnosti za njihovu prilagodbu?
- Kakav je utjecaj ispušnih plinova na atmosferski sastav, zdravlje čovjeka, okoliš i klimu?
- Koji čimbenici utječu na emisije ispušnih plinova u pomorskom prometu?

- Koje su mogućnosti smanjenja utjecaja ispušnih plinova u pomorstvu?
- Koje su specifičnosti pomorskog prometa u hrvatskom dijelu Jadrana?
- Kakva je mogućnost primjene dostupnih metodologija procjene emisija u hrvatskom dijelu Jadrana?
- Na koji način je moguće postaviti sveobuhvatni model 'Registra emisija'?
- Na koji način se može provesti implementacija takvog modela?
- Koja buduća istraživanja omogućuje postavljeni model?

1.4. Ocjena dosadašnjih istraživanja

Tijekom proučavanja problematike koja će se obrađivati u ovom doktorskom radu, konzultirano je i obrađeno dvjestotinjak bibliografskih jedinica.

Kao rezultat dosadašnjeg istraživanja tijekom doktorskog studija u suradnji s kolegama istraživačima na Pomorskom fakultetu u Rijeci objavio sam pet znastvenih radova iz područja zaštite mora i morskog okoliša od kojih su zadnja dva ocijenjeni izvornim znanstvenim radom, a cjelokupnom integracijom i zaključnom nadopunom s nizom neobjavljenih radova (s ciljem zaštite izvornosti) ovaj rad djelomično predstavlja sintezu provedenih znanstvenih istraživanja. Kronološkim redom oni su:

1. Radoslav Radonja, Vjekoslav Koljatić, *Ekosustav mora kao funkcionalna cjelina*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 24/1 (2010),str. 3-18, Rijeka 2010. (prethodno priopćenje),

u kojem je primjenom metode teorije sustava, prikazom opće prirode interakcija unutar morskih ekosustava, uočavanjem dinamike tijeka energije kroz njih i, s naglaskom na ekološku efikasnost i unutarnje kruženje hranidbenih sastojaka, ukazano na nužnost sustavnog pristupa izučavanju kroz njihovu funkcionalnu cjelovitost. Zaključno je naglašena prirodna usmjerenost ekosustava postizanju homeostaze, kao i problem negativnog ekološkog naslijeđa koje neminovno opterećuje cijelu populaciju, te 'sustavni obrazovni pristup' kao moguću odrednicu održivog razvoja.

2. Radoslav Radonja, Vjekoslav Koljatić, *Uporaba lakih i teških dizelskih goriva na primjeru dvaju brodova za rashlađeni teret*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 24/1 (2010), str. 67-76, Rijeka 2010. (pregledni članak, citiran u BMT časopisu),

rad koji je objavljen kao rezultat istraživanja na projektu: „Energetski sustavi broda, alternativna goriva i smanjenje emisija štetnih tvari“, broj projekta: 112-1121722-1712, glavni istraživač: prof. dr. sc. Enco Tireli, koji je financiralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, a u kojem je ukazano da uporaba TDG na trgovačkim brodovima ima prednost u smislu troškova putovanja u kojima troškovi goriva imaju značajnu ulogu. Ipak postoje posebne okolnosti pri kojima uporaba LDG postaje nužna i dovodi do povećanja ukupnih troškova. Takve okolnosti prepoznate su na primjeru (studija slučaja) dvaju brodova istog vlasnika koji posluju u sustavu jednog Pool-a, a koji su prema Pool-ovim normativnim tablicama prikazani kroz uporabu samo TDG. Na taj je način nastala razlika u troškovima koja bi prema propisanim pravilima između sudionika trebala teretiti samo vlasnika.
Uvažavajući podatke pronađene u dostupnim izvorima, naglašene su glavne karakteristike strojeva u kojima se izgara gorivo na oba broda, a u svezi korištenja LDG i prebacivanja između TDG i LDG (i obrnuto), te su istaknute i posebne okolnosti za svakog od njih postavljajući temelj za donošenje zaključnih stavova. Nakon analize svih dostupnih podataka, kao i uvidom u stručnu literaturu sintetizirano je jednoznačno

određenje za navedeni slučaj, a zaključno je objašnjena nastala razlika u skladu s naputcima proizvođača i operativnim uvjetima brodova čime je ostvaren preduvjet prihvaćanja nužnosti priznavanja navedenih povećanih troškova od strane Pool-a.

3. Dean Bernečić, Radoslav Radonja, *Primjena selektivne katalitičke redukcije na dvotaktne sporookretne brodske dizelske motore*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/1 (2011), str. 15-28, Rijeka 2011. (prethodno priopćenje),

u kojem je sažet pregled glavnih onečišćivača atmosfere iz sporookretnih brodskih dizelskih motora, izvor i razlog njihovog nastajanja, te pojašnjeni problemi vezani za selektivnu katalitičku redukciju. Ukratko je objašnjena sama kemijska reakcija koja se odvija u reaktoru, kao i najčešće metode vezane za smanjenje NOx-a. Kako moderne generacije motora rade s vrlo niskim temperaturama ispušnih plinova pojavljuje se problem naslaga amonijevog sulfata na nižim režimima rada motora. U radu je dan pregled i rezultati istraživanja provedenog u Japanu 2009. godine koje pokazuje da je moguće koristiti SCR i na nižim temperaturama bez značajnijih smanjenja performansi motora ili reaktora. Zaključno, autori su dali svoje prijedloge i razmišljanja vezana za mogućnost kombiniranja SCR-a s performansama koje mogu postići nove generacije sporookretnih brodskih dizelskih motora s elektroničkom kontrolom.

4. Radoslav Radonja, Alen Jugović, *Poslovna politika brodara u kontekstu razvoja ekološkog zakonodavstava*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/2 (2011), str. 319-341, Rijeka 2011. (izvorni znanstveni rad),

rad koji je objavljen kao rezultat istraživanja na projektu: „Kvantitativne metode u funkciji optimalnog upravljanja pomorskim sustavom“, broj projekta: 112-1121722-3308, koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, a u kojem je glavni cilj istraživanja određivanje smjernica koje će omogućiti prilagodbu poslovanja brodara budućim događanjima na pomorskom tržištu i novonastalim okolnostima, a uzimajući u obzir dogovorenu dinamiku provođenja novih ekoloških normi, pravila i propisa.
Pomorsko tržište, s obzirom na njegovu složenost u takvim okolnostima, zahtjeva pozornu analizu iz koje će se sintetizirati novonastale specifičnosti, te induktivnom i deduktivnom metodom doći do prihvatljivog rješenja, pri čemu će metoda teorije sustava biti osnova sustavnog pristupa predmetu istraživanja.
Zaključno su priopćene glavne smjernice i moguće aktivnosti za prilagodbu brodarskih poduzeća kako bi preduhitrili promjene u legislativi koje bi mogle omogućiti njihovu opstojnost. Rezultati istraživanja ukazuju da ekološka prihvatljivost broda postaje utjecajan čimbenik poslovne politike brodara.

5. Radoslav Radonja, Aleksandar Cuculić, Marko Valčić, *Uvod u ASAP projekt*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/2 (2011), str. 487-499, Rijeka 2011. (izvorni znanstveni rad),

koji predstavlja pregled preliminarnih rezultata autora prikupljenih kroz nekoliko istraživanja u tijeku, koja su rezultirala prijedlogom ASAP projekta (Zaštita područja Jadranskog mora). Cilj projekta je utvrditi skladište brodskih emisija za Jadransko more čiji nalazi će biti osnova za 'Registar emisija' koji će biti ujedinjen u učinkoviti informacijski sustav za nadzor brodskih emisija i sprječavanje onečišćenja zraka (EMIS). Na osnovi rezultata, zainteresirane stranke imaju mogućnost zahtjeva zaštite Međunarodne pomorske organizacije (IMO-a) za to područje.

Istraživanja autora usmjerena su na sprječavanje onečišćenja zraka koje dolazi iz brodskih emisija, zaključno s učinkovitim rješenjima koja se mogu postići kroz 'Integrirano upravljanje priobalnim područjem' između zainteresiranih stranaka.

Tema odabrana za ovaj doktorski rad predstavlja početni korak i osnovu daljnjeg istraživanja u svezi navedenog projekta, a predloženi model omogućiti će njegov kontinuirani razvoj.

Tijekom izučavanja problematike onečišćenja zraka i zaštite mora i morskog okoliša iz pomorskog prometa, te provođenjem istraživanja pri pripremi objavljenih znanstvenih radova korišteni su različiti izvori. Na osnovi do sada prikupljenih i obrađenih bibliografskih jedinica, razvidno je da se u domaćoj literaturi uopće ne spominje 'Registar emisija u pomorskom prometu' iako su proučeni brojni objavljeni radovi u svezi onečišćenja atmosfere s brodova. U svjetskoj literaturi mogu se pronaći metodologije procjene i izračuna skladišta emisija ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava, no one su samo načelni prikazi, a uočljivo je da su znanstvenici u provedenim istraživanjima postavljali zasebne modele na kojima su primjenjivane prilagođene metodologije izračuna kako bi dobili čim točnije podatke uvažavajući pri tom specifičnosti određenih područja što je bila jedna od važnih odrednica pri izboru tematike ovog doktorskog rada. Uvažavajući prethodne navode i budući da do sada tematika predloženog doktorskog rada nije istražena, svakako postoji teorijsko i praktično opravdanje takvog istraživanja.

1.5. Znanstvene metode

U znanstvenom istraživanju, formuliranju i prezentiranju rezultata istraživanja u doktorskom radu korištene su u odgovarajućim odnosima i kombinacijama brojne znanstvene metode[1], a od kojih se navode one najvažnije: induktivna i deduktivna metoda, metoda analize i sinteze, metoda apstrakcije i konkretizacije, metoda generalizacije i specijalizacije, metoda dokazivanja i opovrgavanja, komparativna metoda, statistička i matematička metoda, empirijska metoda, te posebice opća teorija sustava (kao metoda) i metoda modeliranja.

U osnovi tema doktorskog rada znanstveno je utemeljena primjenom teorije sustava koja podrazumijeva sustav na način da on svojom cjelovitošću predstavlja više od zbroja njegovih dijelova. Ipak, određeni dijelovi unutar istraživačkog rada su takvog obilježja da se njihov prikaz točnije može predstaviti primjenom analitičke teorije, te se kombinacija ovih pristupa nametnula kao znanstveno opravdano i prihvatljivo rješenje.

Doktorski rad upotpunjen je istraživanjem koje je provedeno anketiranjem sudionika u pomorskom prometu u različitim segmentima (zakonodavnom, organizacijskom, nadzornom, obrazovnom i dr.) na području hrvatskog dijela Jadranskog mora, a na odgovarajućim razinama razlučivosti unutar sustava. Kada to nije bilo moguće, anketiranje je obavljeno putem intervjua osobnim kontaktom ili korištenjem drugih dostupnih sredstava komunikacije.

1.6. Struktura rada

S obzirom na osnovni problem, zadane ciljeve, te ocjenu dosadašnjih istraživanja, primjenom znanstvenih metoda, tematika ovog doktorskog rada sustavno je prezentirana u sedam komplementarnih tematskih cjelina.

[1] Opširnije o znanstvenim metodama cf.: [2], [5], [10], [19], [31], [36], [37], [155], [159], [194]

U prvom dijelu, **UVODU**, definiran je problem, predmet i objekt istraživanja, postavljena znanstvena hipoteza, određena svrha i ciljevi istraživanja te dana ocjena dosadašnjih istraživanja. Navedene su najvažnije znanstvene metode koje su korištene u znanstvenom istraživanju i prezentiranju dobivenih rezultata te obrazložena struktura doktorskog rada.

U drugom dijelu s naslovom **PROMJENA EKOLOŠKOG ZAKONODAVSTVA S GLEDIŠTA POMORSTVA KAO POSLJEDICA NUŽNOSTI ODRŽIVOG RAZVOJA** prvo je analizirana međusobna uvjetovanost potrebe za održivim razvojem i integrirano upravljanje priobalnim područjem kao instrument njegovog provođenja, a potom kroz pregled razvoja ekološkog zakonodavstva s gledišta pomorstva izvršena sinteza dosadašnjih i budućih zahtjeva, koja omogućuje analizu i određivanje njihovog utjecaja na sudionike pomorskog tržišta s posebnim naglaskom na brodare, te s ciljem sintetiziranja i ostvarivanja načela održivosti u pomorstvu i na pomorskom tržištu u najširem smislu.

UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA NA ČOVJEKA , OKOLIŠ I KLIMU naslov je trećeg dijela. U dijelu je primjerena pozornost posvećena utjecaju ispušnih plinova na atmosferski sastav kroz analizu kemijskih reakcija, miješanja i kretanja zraka u morskom graničnom sloju atmosfere, a potom i na zdravlje čovjeka, okoliš i klimu. Načelno su obrađene tehnološke opcije smanjenja utjecaja ispušnih plinova, strategije smanjenja emisija, politički instrumenti, kao i procjene budućih utjecaja i odnosa.

Posebna pozornost posvećena je četvrtom dijelu, koji ima naslov **METODOLOGIJA PROCJENE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU**, a u kojem su analizirani čimbenici koji utječu na emisije iz brodskih energetskih sustava kroz pregled dosadašnjih istraživanja i najčešće korištenih metodologija te je ukazano na prednosti i nedostatke pojedinih pristupa pri izboru metodologije za izračun 'Registra emisija' na određenom području i globalno.

Nakon znanstveno utemeljenih dijagnoza do kojih se došlo u prethodnim dijelovima doktorskog rada, slijedi peti dio s naslovom **PRIJEDLOG MODELA REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA**. U tom dijelu posebno su elaborirana: osnovna obilježja pomorskog prometa na području hrvatskog dijela Jadrana, potreba za utvrđivanjem trenutnog stanja i 'otiska' ispušnih plinova te globalni i lokalni sustavi nadzora i praćenja pomorskog prometa kao instrumenti koji su korišteni pri modeliranju i implementaciji 'Registra'. Struktura samog modela 'Registra' razložena je kroz njegove organizacijske (zakonodavne, institucijske, operativna tijela) i tehnološke (sredstva, uređaji, oprema) pretpostavke, a na osnovi kvalitativnih i kvantitativnih rezultata istraživanja sintetizirana je metodologija primjenjena u modelu 'Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana' uvažavajući njegove specifične uvjete primjene.

U šestom dijelu s naslovom **IMPLEMENTACIJA MODELA 'REGISTRA ISPUŠNIH PLINOVA' I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA** izvršena je procjena primjenjivosti modela i mogućnosti implementacije u okvirima trenutnog stanja u Republici Hrvatskoj, a potom ukazano i na mogućnosti budućih istraživanja u okviru sprječavanja onečišćenja atmosfere na području hrvatskog dijela Jadran uvođenjem u ASAP projekt za koji je postavljanje modela predloženog u ovom doktorskom radu upravo jedan od preduvjeta.

U posljednjem dijelu, **ZAKLJUČKU**, sustavno su i koncizno formulirani i prezentirati najvažniji rezultati znanstvenih istraživanja, koji su opširnije elaborirani u doktorskom radu, a kojima je dokazivana postavljena hipoteza.

2. PROMJENA EKOLOŠKOG ZAKONODAVSTVA S GLEDIŠTA POMORSTVA KAO POSLJEDICA NUŽNOSTI ODRŽIVOG RAZVOJA

Globalno prepoznat antropogeni utjecaj u obliku onečišćenja okoliša rezultirao je aktivnostima prema njegovom smanjenju i posljedično, različitim konvencijama o zaštiti. Njihovim donošenjem i 'stupanjem na snagu' potaknute su dodatne promjene koje zadiru u sva područja ljudskih djelatnosti, pa tako i u pomorstvo u najširem smislu.

2.1. Međusobna povezanost i uvjetovanost između održivog razvoja, integriranog upravljanja priobalim područjem i razvoja ekološkog zakonodavstva

Produkti izgaranja fosilnih goriva od kojih u najvećoj mjeri ugljični monoksid (CO) i ugljični dioksid (CO_2), zatim: klorofluorougljici (CFC), ugljikovodici (CH) (npr. metan (CH_4)), dušični oksidi (NO_x) i vodena para (H_2O) prepoznati su kao presudni čimbenici koji utječu na globalno zatopljenje (efekt staklenika i porast razine mora) i promjenu klime, a sumporni oksidi (SO_x) sadržani u ispušnim plinovima kao glavni uzročnici kiselih kiša. Današnje društvo čak 90% ukupno korištene energije dobiva iz fosilnih goriva [4], te je gotovo u potpunosti ovisno o fosilnim gorivima (tekućim, plinovitim ili krutim) čijom je uporabom ostvaren tehnološki, gospodarski, ekonomski i socijalni razvitak. No, taj izvor energije (prema današnjim saznanjima [9]) dolazi iz prirodnih pričuva nastalih tijekom daleke povijesti u dugoročnim procesima, a razinom sadašnje potrošnje njegova opstojnost je upitna [29].

Zaveden početnom sposobnošću apsorpcije različitih ekosustava, čovjek nije primjetio utjecaj svojih aktivnosti na njih osim, moguće, na lokalnoj razini. Holističkim pristupom i promatranjem Zemlje kao jedinstvenog ekosustava prepoznat je i globalni učinak onečišćenja prouzrokavanog ljudskim aktivnostima. Na taj način ostvaren je i sustavni pristup problematici, a u novije vrijeme s tim u svezi razvijene su i sveobuhvatne teorije (npr. J. Lovelock - Gaia teorija[2,3] [25], [26]).

Prije više od 200 godina engleski ekonomist Thomas Malthus pretpostavio je nemogućnost održavanja rapidno rastuće ljudske populacije na ograničenim resursima [6]. Iako je njegovo razmišljanje imalo različite odjeke među znanstvenicima, kao moguće rješenje problema ograničenosti u resursima nametnula se nužnost *'održivog razvoja'*. No, politikom održivog razvoja obuhvaćena su i druga područja bitna za održavanje ekoloških sustava i čovjekovu opstojnost unutar njih, te su određena tri prioriteta [27]:

- održavanje ekoloških procesa
- održiva uporaba resursa
- održivost genetičke raznolikosti.

Održivost kao općeprihvaćeni koncept među znanstvenicima koji se bave zaštitom okoliša osim navedenih prioriteta uključuje i upravljanje koje ima za cilj osigurati budućim

[2] U svojoj početnoj *'Gaia hipotezi'* (nazvanoj prema grčkoj božici, nap.a.) iz 1970. i knjizi *'Gaia: A new look at Life on Earth'* izdanoj 1979. godine J. Lovelock je istaknuo samoregulirajuće učinke u prirodi usmjerene ka ostvarivanju homeostaze. No, u svojoj knjizi *'The Revenge of Gaia'* izdanoj 2006. naglašava da čovjek uništavanjem tropskih kišnih šuma i reduciranjem bioraznolikosti na zemlji zapravo dovodi u pitanje te samoregulirajuće učinke, da bi konačno pretpostavio globalnu katastrofu očekivanu u narednih 40 godina, nap.a.

[3] Iako, u početku ignorirana od znanstvene zajednice, danas njegova teorija ima znakovitu potporu, a već četvrta 'Gaia konferencija' održana je u listopadu 2006. g. u Arlingtonu (VA, SAD), nap.a.

generacijama mogućnost korištenja njihovog 'dijela' resursa i nasljeđe čistog okoliša. U ekonomskom smislu to znači razvoj koji neće uzrokovati nepopravljivu štetu za okoliš i iscrpljivanje zaliha na Zemlji. [6]

Najgušće naseljena područja na Zemlji su priobalna područja i u njima je antropogeni utjecaj na okoliš najintenzivniji i najnegativniji. 'Mega-gradovi' najčešće smješteni na priobalnom području su ekološki najteže opterećena područja jer za opstojnost zahtjevaju veliku količinu pitke vode, hrane, energenata i drugih resursa, a istodobno onečišćuju okoliš smećem, otpadom, otpadnim vodama, bukom, emisijom štetnih plinova, prašinom, smogom i drugim štetnim tvarima. Razvoj gospodarstva, agrikulture, ribarstva, ekonomije, trgovine i rast stanovništva doveli su do onečišćenja i pretjerane uporabe resursa u priobalju, ali i do onečišćenja mora i njegovih ekosustava [3]. Potreba za omogućavanjem održivog razvoja na tim područjima nametnula je nužnost smanjenja onečišćenja i ograničenje fizičkim, socijalnim i ekonomskim uvjetima te pravnim, administrativnim i financijskim promjenama u sustavu u obliku *'integriranog upravljanja priobalnim područjem*' – IUPP [7], [62]. Proučavanjem mogućnosti iznalaženja rješenja za dostizanje održivog razvoja dolazi se do zaključka da je on jedino ostvariv kroz sveobuhvatni pristup kako na lokalnoj tako i na globalnoj razini, a mišljenje je da je takav pristup provediv upravo kroz IUPP što se također i u ovom radu pretpostavlja pri primjeni modela 'Registra' (*v. infra 5.4.1.2.*).

Pomorstvo kao međunarodna gospodarska grana obuhvaća gotovo 90% prijevoza dobara na globalnoj razini i predstavlja osnovu funkcioniranja svjetskog gospodarstva [1], [28]. Međunarodna trgovina, uvoz/izvoz hrane i ostalih dobara bez pomorstva ne bi bili ostvarivi. Dostupnost pomorskog transporta, njegova niska cijena u odnosu na alternativne transporte, i poglavito učinkovitost, omogućili su razmjenu dobara između najudaljenijih dijelova svijeta, a posredno i povećanje životnog standarda. Iako, svjetsko gospodarstvo doživljava uspone i padove očekivanja su da će pomorstvo kao gospodarska grana rasti i ubuduće (osim ako ne dođe do fundamentalnih promjena postojećih modela globalne razmjene). Dakle, ono je u svojoj osnovi međunarodna gospodarska grana, pa je njena učinkovitost zavisna o međunarodnoj regulativi i pravila moraju biti donijeta jednoobrazno i globalno (npr. u svezi konstrukcije, navigacije ili emisije ispušnih plinova). Već više od 50 godina multilateralna suradnja uspješno se provodi kroz Međunarodnu pomorsku organizaciju (IMO) kao agenciju UN-a. Međunarodna suradnja po pitanjima onečišćenja može se uočiti i kroz različite konvencije i protokole (npr. engl. Kyoto Protocol), no sloboda brodara da registrira svoje brodove pod zastave država koje ne moraju biti potpisnice takvih dokumenata otvorila bi mogućnost mimoilaženja pravila. Stoga je zaključeno da je za pomorstvo najbolje rješenje da se provođenje regulativa u svezi prevencije onečišćenja s brodova za trgovačke flote ostvari kroz IMO, ali uzimajući u obzir svaku eventualnu novu prihvaćenu promjenu u okvirima budućih UN konvencija koje se odnose na klimatske promjene [13-18], [70].

S gledišta aktualnih zbivanja, može se uočiti inicijativa ograničavanja emisije stakleničkih plinova i plinova opasnih po čovjeka i okoliš koja se s kopnenih postrojenja prenijela i na brodove, iako je njihova emisija znatno niža s brodova u omjeru s kopnenim izvorima [24]. Jedna od specifičnosti brodova kao sredstva transporta jest nužnost uporabe balasta pri plovidbi bez tereta i njegove izmjene tijekom putovanja, a ekološkim pristupom uočen je i rizik prenošenja vodenih organizama i njihova nekontrolirana izmjena unutar različitih morskih ekosustava [123]. Prepoznavanjem određenih područja na Zemlji po njihovoj posebnosti i osjetljivosti na mogućnosti onečišćenja dovelo je do proglašavanja takvih područja *posebnim* i *posebno osjetljivim*, te su za njih donijeti i posebni propisi glede zaštite [20]. Povećanom potrebom za prihvatljivim načinom zbrinjavanja dotrajalih brodova (uočenom kroz IUPP) tržište dotrajalih brodova značajno se proširilo, tako da se

danas najčešće govori o 'industriji recikliranja brodova'. U brodove starijeg godišta gradnje često puta su se ugrađivali različiti materijali za koje se štetnost po čovjeka i okoliš utvrdila tek naknadno. Stoga i njihovo zbrinjavanje može predstavljati potencijalnu opasnost ili rizik. Donošenjem različitih propisa i međunarodnih konvencija pokušava se smanjiti onečišćavanje s brodova kao i osigurati ekološki prihvatljivo zbrinjavanje po isteku njihovog životnog vijeka [167], [181].

Razmišljanja među znanstvenicima u svezi s mogućnošću uvođenja održivog razvoja su podijeljena. Neki misle da je za kvalitetnu promjenu već kasno i da svijet očekuje katastrofa (npr. J. Lovelock, [26]), no na globalnoj razini može se uočiti nastojanje da se promjenama u načinu razmišljanja i pravnim normama osiguraju uvjeti kojima bi održivi razvoj bio moguć, a integrirano upravljanje priobalnim područjem je jedan od čimbenika koji može doprinijeti njegovom provođenju.

2.2. Održivi razvoj i integrirano upravljanje priobalnim područjem

U začetku ideje o održivom razvoju naglasak je bio na ekološkim načelima: prepoznavanju i sprječavanju antropogenog utjecaja na okoliš. No, u tom dijelu izostavljena je ekonomska razvojna komponenta bez koje se o razvoju ne bi moglo govoriti. Nejednakost u raspodjeli bogatstva na svjetskoj razini i razlike između 'bogatih' i 'siromašnih' ekonomija zapravo su i uzrokovali neodrživost. Stoga, pristup održivosti predstavlja nužnost provođenja politike koja će prepoznati potrebe za ekonomskim rastom i maksimiziranjem učinaka istovremeno ne dovodeći u opasnost siromašne narode ili iscrplivanje prirodnih resursa. U osnovi, želi se naglasiti da je kvalitativna vrijednost rasta jednako važna kao i ona kvantitatvna.

2.2.1. Održivi razvoj

Ljudski utjecaj i promjene koje čovjek donosi u svom okolišu nisu samo negativne. On svojim intervencijama u mnogim slučajevima taj okoliš prilagođava svojim potrebama na način da je novonastali okoliš prihvatljiviji i ugodniji za življenje od onog koji je izgradila priroda (npr. čišćenjem šume u nekom području, naknadna obrada zemlje i kultivacija omogućuje prehranu stanovništva koje na njemu živi). No, da bi se ostvario održiv ekološki, ekonomski, i u konačnici društveno-kulturni razvoj, nužno je osigurati politiku koja će omogućiti upravljanje kako promjenama da se do njega dođe tako i budućim aktivnostima kojima će se on održati.

Izvješće Svjetske komisije za okoliš i razvoj (engl. World Commission on Environment and Development -1984.)[4] prepoznaje dva ključna koncepta politike održivog razvoja [27]:

- osnovne potrebe svih ljudi moraju se ostvariti sa sigurnošću i ponosom – u današnjem svijetu, gdje potrebe mnogih nisu zadovoljene, to neizbježno znači davanje prioriteta potrebama siromašnih, a to je poželjno ne samo u etičkom, i smislu jednakosti, već i u smislu dobre razvojne prakse;
- ne postoji apsolutna granica razvoja – mogućnost razvoja je funkcija sadašnjeg stanja tehnologije i socijalne organiziranosti u kombinaciji s njihovim utjecajem na okolišne resurse; pristup energiji u omjeru je s troškovima i dostupnosti tehnologije kojom se mogu iskoristiti različiti energetski izvori.

[4] Poznatije kao 'Brundtland-ino izvješće' (engl. Brundtland Report) prema predsjedavajućoj: Gro Harlem Brundtland iz Norveške, nap.a.

Naglašava se da su siromaštvo, prekomjerno iskorištavanje prirodnih zaliha i opterećenje okoliša posljedica dispariteta u ekonomskoj i političkoj moći, te da je održivi razvoj na globalnoj razini jedino ostvariv kroz velike promjene u načinima na koji se 'upravlja' planetom Zemljom. Stoga je razvidno da je održivi razvoj zapravo proces kojim se do postavljenih ciljeva može doći samo promjenama. Postavljeni su sljedeći ciljevi [27]:

- preispitivanje ekonomskog rasta
- mijenjanje kvalitete rasta
- udovoljenje osnovnih potreba za vodom, hranom, zdravstvom, energijom, i radom
- osiguranje održive razine populacije
- očuvanje i povećanje baze resursa
- preusmjeravanje tehnologije i menadžerskog rizika
- sjedinjavanje okoliša i ekonomije u procesima donošenja odluka.

No, da bi se oni ostvarili potrebne su promjene:

- političkog sustava koji dopušta učinkovito sudjelovanje građana u procesima donošenja odluka
- ekonomskog sustava da je sposoban stvoriti viškove i tehničko znanje na pouzdanoj i održivoj osnovi
- socijalnog sustava da omogući rješenja za napetosti koje proizlaze iz sadašnjeg oblika neharmoničnog razvoja
- proizvodnog sustava da poštuje obvezu očuvanja ekološke osnove za razvoj
- tehnološkog sustava da može stalno istraživati nova rješenja
- međunarodnog sustava da njeguje održive obrasce trgovine i financiranja
- administrativnog sustava da je prilagodljiv i ima sposobnost samoispravljanja.

Pri tom, u središtu održivog razvoja postoje tri potrebe:

- određivanje prave vrijednosti okoliša (uz naglasak na prirodnom, izgrađenom i kulturnom okolišu i kvaliteti života kao ciljeva politike)
- proširenje vremenskog horizonta u kojem je vidljiva razvojna politika – predodžba budućnosti
- međugeneracijska ravnoteža i politika koja će žrtvovati ekonomski rast u korist smanjenja razlike između bogatih i siromašnih.

Premda su ciljevi, potrebe i nužne promjene jasno postavljeni, mehanizmi njihovog provođenja nisu bili potpuno određeni. Jedan od načina kojim se oni u priobalju mogu provesti osmišljen je u obliku *integriranog upravljanja priobalnim područjem* (*v. infra 5.4.1.2.*).

2.2.2. Priobalno područje

Priobalno područje ili zona je složeno, najgušće naseljeno i ekološki najopterećenije područje u kojemu se isprepliću različiti fizičko-zemljopisni elementi i procesi. Kroz sustavni pristup moguće je prepoznati njegove sadržajne podsustave: prirodni sustav, infrastruktura i funkcije korisnika [23].

Unutar *prirodnog sustava* obuhvaćeni su svi elementi i čimbenici koji nisu pod 'utjecajem' ljudi i koji uzajamno djeluju po svojoj dinamici kroz abiotičke, biotičke i kemijske procese. To je, zapravo, područje prirodnih resursa (obnovljivih ili neobnovljivih) koji mogu opstati i bez nazočnosti i aktivnosti čovjeka. *Funkcije korisnika* predstavljaju niz ljudskih zanimanja u okviru uporabe resursa: osnovne (proizvodnja hrane, opskrba vodom ili energijom i sl.), socijalne (stanovanje, odmor, rekreacija, i sl.), ekonomske (industrijski razvoj, prijevoz i sl.), te javne funkcije (pročišćavanje otpadnih voda ili zaštita od prirodnih nepogoda). *Infrastruktura* se može podijeliti na

tehničku/fizičku (ceste, mostovi, nasipi, ...) i organizacijsku/institucijsku (prostorni planovi, zakoni, ...).

Povezivanje i usklađenost podsustava i nužnog uzajamnog funkcioniranja nastoji se postići kroz integrirano upravljanje.

2.2.3. Integrirano upravljanje priobalnim područjem

Za *integrirano upravljanje priobalnim područjem - IUPP* , pojednostavljeno, može se prihvatiti da predstavlja proces upravljanja priobaljem kroz integrirani pristup koji obuhvaća zemljopisne i političke granice i sve druge aspekte u pokušaju ostvarenja održivosti[5,6]. On obuhvaća cjelokupni ciklus skupljanja informacija, planiranje (u najširem smislu), odlučivanje, upravljanje i nadzor nad provođenjem. IUPP koristi informirano sudjelovanje i suradnju svih pojedinaca i organizacija vitalno uključenih u doprinosu društvenim ciljevima na određenom području i poduzimanju akcija prema ostvarenju tih ciljeva. Dugoročno IUPP traži uspostavljanje ravnoteže među okolišnim, ekonomskim, socijalnim, kulturnim i rekreacijskim ciljevima, a unutar ograničenja postavljenih prirodnom dinamikom. Pojam 'integrirano' u nazivu IUPP-a odnosi se na integriranje kako ciljeva tako i instrumenata potrebnih za njihovo ostvarenje. To znači i integraciju relevantnih političkih područja i administrativnih razina, te kopnenih i morskih komponenti kako u prostoru tako i u vremenu. Dakle, upravljanje priobalnim područjem postaje osnovno sredstvo za postizanje održivog razvoja država u priobalju.

Razlikuje se nekoliko osnovnih oblika integracija s obzirom na [62]:

- hijerarhiju nadležnih upravnih tijela
- upravljačko gledište (ekološko, zemljopisno, ekonomsko, pravno, i dr.)
- područja djelovanja u priobalju (pomorstvo, ribarstvo, turizam, i dr.)
- povezanosti između znanosti i upravljanja i njihovu suradnju
- povezanost i suradnju političkih i ekonomskih tijela i subjekata, te nevladinih organizacija i udruga
- međuregionalnu i međudržavnu suradnju i suradnju gospodarskih udruženja.

Integracije se unutar IUPP-a pojavljuju unutar i između različitih razina, a prepoznaju se pet sljedećih [7]:

- *integracije između područja ili sektora* koji djeluju unutar priobalnog područja; to su najčešće ekonomske aktivnosti poput ribarstva, turizma ili lučkih aktivnosti od kojih se očekuje suradnja i realizacija zajedničkih ciljeva usmjerenih prema održivosti
- *integracija između kopnenih i morskih dijelova u priobalju* prepoznajući njihovu fizičku cjelovitost; priobalje pretpostavlja i predstavlja dinamički odnos između međusobno zavisnih procesa
- *integracija između vladinih razina* kojom se očekuje dosljednost i suradnja pri planiranju i provođenju politike; IUPP je najučinkovitije ukoliko inicijative imaju zajedničku svrhu na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini budući da zajednički ciljevi i djelovanje povećava učinkovitost i smanjuje neusklađenost
- *integracija između država* kojom se postiže usklađenost na nadnacionalnoj razini i izbjegavaju mogući problemi

[5] Kao koncept nastao je za vrijeme UN konferencije u Rio de Janeiro-u 1992. godine, nap.a.

[6] EU komisija definira IUPP kao 'dinamički, multidisciplinarni i iterativni proces u svrhu promocije održivog upravljanja priobalnim područjem ... '., nap.a.

- *međudisciplinska integracija* kojom se omogućuje prihvaćanje znanja iz različitih područja (znanstvenih, kulturnih, tradicionalnih, političkih, i dr.).

Iz navedene raščlambe razvidno je da se integracija mora postići na vertikalnim (vladina /administrativna hijerarhijska struktura) i horizontalnim (između sektora) razinama, što predstavlja izazov pri provođenju IUPP-a. Upravljački okvir najčešće se određuje zemljopisnim značajkama koje zahtjevaju visoki stupanj integriranosti, nerijetko i na međudržavnim razinama, te će uglavnom biti specifičan za svako posebno područje. Provođenje IUPP-a usmjerava se kroz: formalno (institucijsko) i informacijsko ustrojstvo. Prvim se osiguravaju administrativni, pravni i finacijski uvjeti, a drugim metode, sredstva i tehnike koje omogućuju donošenje odluka. Sustavnim pristupom prepoznaju se prioriteti, donosi se model i plan djelovanja, kao i dinamika provođenja, no od značenja je ponoviti da je proces *iterativan* i zahtjeva uvijek ponovnu izmjenu ispravljanu povratnim informacijama koje su nužne za njegovu uspješnost (*v. infra 5.4.1.2*).

2.2.4. Ekološka prihvatljivost broda kao doprinos održivom razvoju i IUPP-u

Veliki i nagli industrijski razvoj i povećanje ljudske populacije svjedoči sve većoj potrebi za energijom i posljedično sve većem onečišćenju s obzirom da se, u sadašnjim okvirima, do nje najviše dolazi izgaranjem fosilnih goriva. Pri tome se pod onečišćenjem podrazumijevaju „nepoželjne promjene u fizikalnim, kemijskim ili biološkim svojstvima zraka, zemljišta ili voda koje mogu ili će štetno djelovati na: čovjeka ili druge organizme, njihove uvjete života, industrijsku proizvodnju, kulturno-povijesne spomenike ili mogu uništiti sva prirodna bogatstva“ [21].

Da bi se razumjeli razmjeri antropogenog utjecaja na morske i okolišne ekosustave nužno je razumijevanje procesa koji se u njima odvijaju[7]. Aktivnosti u tom smjeru postoje, a nalazi su rezultirali različitim konvencijama o zaštiti okoliša i današnjim čovjekovim naporima da se ublaži eksponencijalno rastuća degradacija. Upravo trenutna događanja na svjetskoj razini (skupovi predstavnika industrijskih velesila) ukazuju da je sustavni pristup problemu mogući put prema pronalaženju još boljih rješenja (npr. [28]).

Dinamika uvođenja novih ekoloških normi neminovno će se odraziti i na pomorsko tržište u cjelini. Prepoznavanjem čovjekovog utjecaja na ekološke procese u njegovom okruženju dolazi do porasta zahtjeva za sprječavanjem onečišćenja, ali i do povećanja razine osviještenosti stanovništva čime se omogućuje brže provođenje donesenih konvencija [29]. Iako su neke odredbe odavno na snazi one se teško provode u cijelosti (npr. zahtjev za dvostrukom oplatom kod tankera, a još uvijek su u uporabi oni s jednostrukom oplatom zbog manjka dostupnog tankerskog kapaciteta na tržištu). Novim propisima nastoje se izbjeći takvi propusti (npr. odlukom IMO-a do 2015. svi tankeri s jednostrukom oplatom moraju se povući iz uporabe, nap. a.). Ipak, pojedine odluke nije moguće odmah sprovesti ili nametnuti, dijelom i zbog ograničenja u dostupnosti tehnologije ili zbog njene cijene koštanja. No, postavljanjem vrlo strogih zahtjeva, međunarodne institucije ukazuju na strogi smjer razvoja navedenih procesa. Svjesni nužnosti prijelaznog perioda, omogućena je i faza prilagodbe, ali s jasno definiranim granicama.

Nemogućnost odgovora pojedinih brodara za ispunjenjem zahtjeva dovesti će ih u poziciju u kojoj će biti prisiljeni prodati brodove koji takve zahtjeve ne zadovoljavaju. Ukoliko su izmejne na samim brodovima moguće oni će postati dostupni tržištu rabljenih brodova, a cijena će se određivati u zavisnosti s troškovima ugradnje potrebne tehnologije

[7] Opširnije o antropogenom utjecaju i procesima cf.: [3], [4], [33], [123].

koja će im omogućiti daljnje komercijalno poslovanje[8] [181]. U suprotnom, oni će se prodavati na tržištu dotrajalih brodova, na kojem se također očekuju promjene[9].

S gledišta održivog razvoja i IUPP-u kao značajnim čimbenikom pri njegovom ostvarenju razvidno je da će navedene promjene u ekološkim propisima za brodove i njihovo provođenje doprinijeti osnovno postavljenim ciljevima. Pretpostavka je da će se poštivanjem postavljenih ekoloških normi u pomorstvu dosegnuti tehnološka i tehnička razina na kojoj će se za brodove u trgovačkoj floti moći reći da su *ekološki prihvatljivi,* a to će zapravo značiti da neće onečišćavati okoliš na način kojim održivi razvoj ne bi bio moguć. Ujedno, omogućiti će se rast pomorstva kao međunarodne gospodarske grane i preduvjeta globalnog ekonomskog razvoja, ali ubuduće na održivoj osnovi.

2.3. Razvoj ekološkog zakonodavstva

Degradacija biosfere naglim industrijskim razvojem i demografskom napučenošću prepoznata je još u prošlom stoljeću. U globalnim razmjerima uočene klimatske promjene posljednjih godina podigle su razinu ekološke svijesti u okruženju, a ekologija je kao znanost postala neizbježna u svim područjima razvoja. Presudni utjecaj na promjene ima čovjek (u najvećoj mjeri razvitkom industrije), a razvidno je da se od njega jedino mogu i očekivati aktivnosti u svrhu ublažavanja nastalih posljedica, kao i osiguranju uvjeta za zaustavljanje daljnjeg narušavanja i omogućavanju uspostave ravnoteže unutar pojedinih i između različitih ekosustava.

Sve veći zahtjevi za smanjenjem emisije štetnih plinova iz izvora na kopnu odrazile su se i na brodove na kojima su u uporabi dizelski motori i kotlovi u kojima izgara dizelsko gorivo. Na današnjim brodovima dizelski motori su najzastupljeniji (oko 92%), a instalirani su najvećim dijelom kao porivni strojevi i kao strojevi za pogon generatora električne struje. Za njihov rad obično je u uporabi teško dizelsko gorivo čiji sastav osim ugljikovodika uključuje i mnoge druge sastojke čijim izgaranjem nastaju, između ostalog i produkti izgaranja štetni po okoliš i ljudsko zdravlje. Stoga su na međunarodnoj razini donijete konvencije i pravila kojima se nastoji smanjiti čovjekov utjecaj na onečišćenje. Prema nekim istraživanjima udio pomorskog prometa u ukupnom svjetskom zagađenju, a koji dolazi od korištenja fosilnih goriva iznosi 18% (ostali: industrija – 42%, automobilski promet – 24%, izgaranje biomase – 14%, zračni promet – 2%) [24].

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) kroz 'Odbor za zaštitu morskog okoliša' (MEPC) u sklopu donijete MARPOL 73/78 konvencije i njenih priloga razvija i objavljuje međunarodne propise u svezi prevencije onečišćenja mora s brodova[10]. Navedena konvencija dopunjena je 1997. godine s Protokolom koji uključuje Prilog VI kojim su donijeti propisi o prevenciji onečišćenja atmosfere s brodova. U Prilogu VI postavljena su ograničenja s obzirom na emisiju NO_x i SO_x plinova iz brodskih energetskih postrojenja, a zabranjuje se i ispuštanje tvari koje oštećuju ozonski omotač. Osim na međunarodnoj razini, postoje i propisi donijeti od strane pojedinih država za njihova područja[11] (npr. EU ili SAD). Ipak treba navesti da su propisi donijeti posljednjih godina uglavnom odnose na nekoliko glavnih područja u svezi onečišćenja, a to su:

- emisija stakleničkih plinova i plinova opasnih po čovjeka i okoliš
- upravljanje balastnim vodama
- prepoznavanje i proglašavanje posebno osjetljivih područja
- recikliranje dotrajalih brodova.

[8] O tehnologijama modifikacije i utjecaju niskosumpornog goriva opširnije cf.: [54], [84].
[9] O utjecaju na poslovnu politiku brodara i ekonomske učinke promjena opširnije cf.: [122], [163], [167].
[10] Opširnije o konvenciji i zahtjevima cf.: [13-18], [171-177].
[11] Opširnije o propisima na razini pojedinih država cf.: [94], [96], [102], [170].

Za svako od navedenih područja postoje i zasebni propisi kojima se posredno utječe na brodare i njihove brodove koji te propise moraju poštivati, a na taj način i na cjelokupno pomorsko tržište. Neki od navedenih propisa imati će nepovoljan utjecaj na neke brodare koji posjeduju starije brodove koji neće biti u stanju zadovoljiti postavljene norme, te će biti ograničeni u područjima na kojima mogu poslovati. A posebni zahtjevi postavljaju se i na *osposobljenost posade*[12] koja mora održavati brod i osigurati *sigurnu plovidbu i poštivanje ekoloških propisa*. Stoga je na određene propise potrebno obratiti i posebnu pozornost.

2.3.1. Propisi o onečišćenju atmosfere

Ispušni plinovi iz pogonskih strojeva i kotlova na brodu uglavnom sadrže slijedeće sastojke[13]: kisik, dušik, ugljični dioksid, vodenu paru, ugljični monoksid, sumporne okside, dušične okside, neizgorene ugljikovodike, čvrste čestice u obliku pepela ili druge sastojke u manjoj količini (npr. teški metali, mikroonečišćivaći). Udisanjem tih plinova može se ozbiljno ugroziti zdravlje čovjeka, a razvidno je da kvaliteta goriva ovdje igra značajnu ulogu[14].

Donošenjem i stupanjem na snagu Priloga VI – MARPOL 73/78 konvencije prvi put u povijesti ograničena je emisija sumpornih i dušičnih oksida s brodova[15].
Sadržaj sumpora u gorivu u početku je bio ograničen na 4.5% masenog udjela, a za posebna područja (engl. SECA[16]) na 1.5% masenog udjela. Za dušične okside maksimalna ograničenja temelje se na broju okretaja za motore sa snagom na osovini većom od 130 kW, ali samo za one izgrađene nakon 1.1.2000. godine ili za one koji su bili podvrgnuti značajnijim modifikacijama. Utvrđene su i metodologije ispitivanja za različita opterećenja [17].

Ukratko, svi motori izgrađeni nakon navedenog datuma i s većom snagom od navedene moraju imati svjedodžbu o emisiji plinova koju izdaje zemlja pod čijom zastavom brod plovi ili će ploviti. Ta svjedodžba označava se kao EIAPP (engl. Engine International Air Pollution Prevention Certificate). Osim toga u 'Tehničkom kodeksu' [17], moraju se navesti i koji su to dijelovi motora koji mogu utjecati na emisiju NO_x, pa se takvi dijelovi ne smiju zamijeniti novima koji nemaju isto odobrenje.

Neki propisi su već odavno na snazi (npr. Euro norme za ispušne plinove iz vozila u cestovnom prometu ili Skandinavski propisi koji se primjenjuju u njihovom obalnom području ili fjordovima), a neki će tek nastupiti. U svakom slučaju propisi koji se donose ukazuju da se ograničenja sumpornih i dušičnih oksida u ispušnim plinovima uzimaju ozbiljno na svjetskoj razini (npr. World bank, DNV, Lloyd's)[17].

2.3.1.1. Ograničenje sumpora u gorivu

Kronologija uvođenja značajnijih propisa u svezi sadržaja sumpora u gorivu za brodove prikazana je u tablici 1.

[12] O zahtjevima osposobljenosti posade opširnije cf.: [12], [18], [70], [90], [110], [117], [122], [139], [206].
[13] Podjela na primarne i sekundarne onečišćivače, opširnije cf.: [101], [119], [190].
[14] O utjecaju na zdravlje čovjeka i kvaliteti goriva opširnije cf.: [43], [48], [59],[88], [101].
[15] Opširnije cf.: [14 - 17].
[16] SECA – područje nadzora emisije sumpora – od 1. srpnja 2010. naziv promijenjen u ECA – područje nadzora emisije, nap.a.
[17] Opširnije o propisima i mjerama na globalnoj i regionalnoj razini cf.: [17], [47], [79], [102], [126], [129], [131], [153], [196], [202].

Tablica 1. *Kronologija uvođenja propisa o dopuštenom sadržaju sumpora u gorivima za brodove,[24]*

2005.	19. svibanj	IMO	MARPOL Prilog VI stupio na snagu
	11. kolovoz	EU	EU direktiva o sumporu 1999/32 dopunjena s 2005/33 stupila na snagu
2006.	19. svibanj	IMO	SECA područje Baltičkog zaljeva stupilo na snagu
	11. kolovoz	EU	SECA područje Baltičkog zaljeva prema EU direktivi 2005/33
		EU	Max. 1.5% sumpora za putničke brodove za/iz EU luka (2005/33)
2007.	1. siječanj	CARB	Max.0.5% sumpora unutar 24 nm od kalifornijske obale
	11. kolovoz	EU	SECA područje Sjevernog mora i Engleskog kanala stupilo na snagu
	22. studeni	IMO	SECA područje Sjevernog mora i Engleskog kanala stupilo na snagu
2010.	1. siječanj	EU	Max. 0.1% sumpora u gorivu za brodove u EU lukama
		EU	Max. 0.1% sumpora u gorivu za sve unutarnje plovne puteve u EU
		CARB	Max. 0.1% sumpora u gorivu unutar 24 nm od kalifornijske obale
2012.	1. siječanj	EU	Max. 0.1% sumpora u gorivu za grčke brodove u grčkim lukama

U tablici 1. može se uočiti da su pojedini propisi donijeti zasebno od različitih institucija. IMO ih donosi na globalnoj razini, pa je s tog gledišta od značenja navesti i neke smjernice u svezi ograničenja sumpora, a one su:

- 1.1.2012. – globalno ograničenje sumpora u gorivu smanjeno je na 3.5 %
- 1.1.2020. – globalno ograničenje sumpora u gorivu smanjiti će se na 0.5 %
- 1.7.2010. – ECA ograničenje sumpora u gorivu smanjeno je na 1%
- 1.1.2015. – ECA ograničenje sumpora u gorivu smanjiti će se na 0.1 %.

Za sprječavanje onečišćenja atmosfere sumpornim oksidima i dalje će se moći koristiti metoda pročišćavanja ispušnih plinova (engl. scrubbing) prije ispuštanja u atmosferu ili neka druga odgovarajuća metoda kojom će biti ograničeno ispuštanje SO_x-a do 6 g/kWh (kao SO_2). Mnoge države, klasifikacijski zavodi i proizvođači motora prepoznali su probleme i već su ponudili moguća rješenja i postupke u primjeni[18].

Ipak, za navedeno globalno ograničenje sumpora u gorivu od 0.5 % do 2020. uvedena je i dodatna odredba s obzirom na mogućnosti rafinerijske industrije da proizvede takvo gorivo, a ona upućuje na reviziju odredbe u 2018. godini i eventualno pomicanje stupanja na snagu za 1. siječnja 2025. godine.

2.3.1.2. Ograničenje dušičnih oksida u ispušnim plinovima motora

Ograničenja su postavljena u zavisnosti o maksimalnoj operativnoj brzini motora (n – broj okretaja), a prikazana su u tablici 2. Standardi za Redove I i II su globalni, dok se standardi za Red III primjenjuju samo za posebna područja u kojima je ograničen sadržaj dušičnih oksida u ispušnim plinovima. Na današnjem stupnju tehnološkog razvoja motora može se reći da se standardi iz Reda II mogu dosegnuti kroz optimiziranje procesa izgaranja, dok se za dostizanje razine zahtjevane standardima za Red III moraju koristiti posebno namijenjene tehnologije za redukciju NO_x -a (npr. prilagodbe na motorima ili selektivna katalitička redukcija)[19].

Kao dopuna Priloga VI iz 2008. godine, za motore prije 2000. godine primjenjuju se standardi iz Reda I, ali samo za one motore koji su izgrađeni između 1.1.1990. i 31.12.1999. s volumenom $\geq$ 90 l/cil. i snagom $\geq$ 5000 kW. Ipak, usklađenost se zahtjeva samo ukoliko postoji mogućnost primjene priznate metode prilagodbe takvog motora uz uvjet troškovne učinkovitosti.

[18] Opširnije o problemima, ponuđenim rješenjima i postupcima cf.: [38], [39], [40], [66], [107], [108], [109], [112], [114], [143], [144], [145], [146], [154], [168], [169], [193], [197], [208], [210].
[19] Opširnije o standardima i mogućim rješenjima cf.: [17], [24], [34], [42], [74], [113], [133], [140], [145], [146], [152], [154], [169], [190 -192].

Tablica 2. *MARPOL, Prilog VI - ograničenja sadržaja u ispušnim plinovima za NOx,[169]*

Red	Godina	NO_x ograničenje, g/kWh		
		n < 130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Red I	2000.	17.0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Red II	2011.	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Red III	2016.*	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96
* vrijedi za NO_x posebna područja (Red II standardi vrijede izvan posebnih područja)				

2.3.1.3. Tvari koje oštećuju ozonski omotač

Prilogom VI zabranjeno je svako namjerno ispuštanje tvari koje oštećuju ozonski omotač poput klorofluorougljika (CFC) ili halona. Nove instalacije koje sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač zabranjene su na svim brodovima, no one koje sadrže vodik-klorofluorougljike (HCFC) dopuštene su za ugradnju do 1.1. 2020. godine. Osim navedenog, zabranjeno je i spaljivanje (inceneracija) na brodu sljedećih supstanci, [17]:

- prema Prilogu I, II i III MARPOL-a 73/78 ostaci tereta i odgovarajući kontaminirani materijal za pakiranje
- poliklorirani bifenili (PCB)
- smeće, prema Prilogu V MARPOL-a 73/78, ako sadrži više nego tragove teških metala
- rafinirani produkti nafte koji sadrže halogene sastojke.

Talozi fekalija i ulja mogu se spaljivati u brodskim inceneratorima, ali samo kada se brod nalazi izvan područja luka, pristaništa ili ušća rijeka. Polivinilne kloride (PVC) dopušteno je spaljivati jedino u inceneratorima koji posjeduju IMO svjedodžbu za određeni tip.

2.3.1.4. Emisija stakleničkih plinova

Kao najutjecajniji čimbenici u stvaranju 'efekta staklenika' mogu se navesti: CO_2 (utječe s više od 50 %), CFC (oko 24 %), CH_4 (oko 15 %), N_2O (oko 6 %) i vodena para (više od 4%). Iako u Prilogu VI nisu sadržani propisi u svezi emisije stakleničkih plinova s brodova, postoji inicijativa MEPC-a za pojačanom aktivnošću u tom smislu[20]. Poglavito se to odnosi na razvoj sheme indeksiranja emisije ugljičnog dioksida i utvrđivanja nekih polazišnih vrijednosti. Ipak, treba naglasiti da je emisija CO_2 s brodova vrlo niska u usporedbi s ostalim izvorima i da iznosi svega 2.7% ukupne svjetske emisije u 2007.

2.3.1.5. Usklađenost s MARPOL 73/78 - Prilogom VI

Usklađenost s MARPOL 73/78 - Prilogom VI provjerava se periodično kroz preglede ili inspekcije. Po uspješno obavljenom pregledu brodu se izdaje 'Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja zraka' (engl. IAPP – International Air Pollution Prevention Certificate) koja vrijedi do 5 godina. Prema 'NO_x Tehničkom kodeksu' operator broda (a ne proizvođač motora) dužan je voditi brigu o usklađenosti za vrijeme uporabe motora[21].

[20] Opširnije o emisijama i inicijativama cf.: [24], [91], [171].
[21] Opširnije o usklađenosti, zahtjevima i primjeni na brodu cf.: [124], [154], [191].

2.3.2. Upravljanje balastnim vodama

Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima[22] prihvaćena je 13.2.2004. godine u Londonu. Njeno stupanje na snagu predviđeno je 12 mjeseci nakon što ju potpiše minimalno 30 država koje u svojoj floti sadrže 35 % BT-a ukupne pomorske trgovačke flote. Do travnja 2013. godine konvenciju je potpisalo 36 država s ukupno 29.06 % svjetske BT-e.

Tablica 3. *Posebni zahtjevi za upravljanje balastnim vodama prema Odluci B-3, [134]*

Godina gradnje	Količina balasta (m^3)	Standard
Prije 2009.	< 1500 ili > 5000	Zahtjeva se najmanje Standard izmjene balasta (engl. ballast water exchange standard) Od 2016. zahtjeva se Standard učinkovite izvedbe (engl. ballast water performance standard)
Prije 2009.	1500 - 5000	Zahtjeva se najmanje Standard izmjene balasta. Od 2014. zahtjeva se Standard učinkovite izvedbe.
2009. i poslije*	< 5000	Zahtjeva se Standard učinkovite izvedbe.
2009. i poslije ali prije 2012.	≥ 5000	Zahtjeva se najmanje Standard izmjene balasta. Od 2016. zahtjeva se Standard učinkovite izvedbe.
2012. i poslije	≥ 5000	Zahtjeva se Standard učinkovite izvedbe.

* Napomena: prema IMO Odluci A.1005(25), za brodove izgrađene 'u' ili 'poslije' 2009. neće se zahtjevati usklađenost s Odlukom D-2 Konvencije (Standard učinkovite izvedbe) do njihovog drugog godišnjeg pregleda, ali ne kasnije od 31.12.2011. Ova odredba je uvedena da bi se osigurala dostupnost tehnologije za obradu balastnih voda prije nego što Konvencija potpuno stupi na snagu.

2.3.3. Posebna i posebno osjetljiva morska područja

Prema općedostupnim podacima do sada je u svijetu proglašeno više od 5000 *zaštićenih morskih područja*. No, sva ona se odnose na teritorijalne vode pojedinih država ili njihova gospodarska područja uz obalu. Jedina organizacija koja proglašava *posebna i posebno osjetljiva morska područja* u međunarodnim vodama jest IMO[23].

Pod pojmom **posebno osjetljivog morskog područja** prema definiciji IMO-a podrazumijeva se [174]:

'ono područje koje zahtjeva posebnu zaštitu kroz djelovanje IMO-a zbog svog značenja s obzirom na prepoznata ekološka, socijalno-ekonomska ili znanstena obilježja gdje takva obilježja mogu biti ranjiva glede štete uzrokovane međunarodnim pomorskim aktivnostima.'

Posebna područja podrazumijevaju [176]:

'ona morska područja koja zbog prepoznatih tehničkih razloga u odnosu na njihove oceanografske i ekološke uvjete, te osobitosti njihovih prometa zahtjevaju prikladnu primjenu posebnih obvezatnih metoda za sprječavanje onečišćenja uljima, štetnim tvarima u razlivenom stanju ili otpadom.'

Mjerila za ustanovljavanje posebnih i posebno osjetljivih područja nisu uzajamno isključiva. U mnogim slučajevima posebno osjetljiva područja mogu biti ustanovljena unutar posebnih područja i obrnuto. Kada je neko područje proglašeno posebno osjetljivim, u njemu se mogu zahtjevati posebne mjere nadzora pomorskih aktivnosti poput usmjeravanja plovidbe ili stroge primjene MARPOL-a. Da bi se neko morsko područje

[22] Holističkim pristupom razvoju ekološkog zakonodavstva naznačene su glavne smjernice u koje je uključeno i 'upravljanje balastnim vodama', no zbog djelomičnog udaljavanja od teme disertacije sažeti prikaz obrađen je u prilogu, cf. *infra Pilog 1*, nap.a.

[23] Opširnije cf.: [3], [6], [16], [20], [79], [183].

proglasilo posebnim ili posebno osjetljivim IMO zahtjeva poštivanje propisanog postupka prema točno određenim naputcima[24].

2.3.4. Recikliranje dotrajalih brodova

U svibnju 2009. godine na sjednici u Hong Kongu prihvaćena je IMO konvencija o sigurnom i okolišno razboritom recikliranju brodova. Njome se osigurava da će brodovi nakon isteka svog životnog vijeka biti reciklirani na siguran i ekološki prihvatljiv način kako ne bi predstavljali opasnost ili rizik po ljudsko zdravlje i okoliš[25]. Ona postavlja nove zahtjeve kako brodarima tako i onima kojima je recikliranje brodova osnovna djelatnost (npr. odlagališta/rezališta u Indiji, Pakistanu, Kini ili Bangladešu).

2.4. Održivo pomorstvo

U pokušaju rješavanja problema brzorastuće ljudske populacije, potreba urbanih sredina, održivosti prirodnih bogatstava za buduće generacije, te očuvanje okoliša na globalnoj razini moraju se prepoznati osnovni preduvjeti održivosti: vrijednosti koje treba očuvati i znanje na koji način to postići. Da bi mogli djelovati potrebno je razumjeti kakav je čovjekov utjecaj na okoliš i na koji način se negativan učinak može ispraviti, te utvrditi prioritete i čimbenike koji su od značenja za čovjeka. Iako je razvoj suvremene tehnologije imao mnoge negativne utjecaje po okoliš ne smije se zanemariti činjenica da je čovjek od nje imao i značajne koristi. No, negativni učinci postali su sve izraženiji. Stoga je na suvremenom čovjeku, izgleda, izbor između dva moguća puta: nastaviti s dosadašnjim načinom prekomjernog iskorištavanja prirodnih zaliha i onečišćenjem koje uzrokuje nestanak mnogih živih vrsta (a i njegovu opstojnost može dovesti u pitanje) ili promijeniti način razmišljanja, te vlastiti razvoj uskladiti s prirodom omogućujući 'suživot' s okolišem na način da koristi obnovljive izvore, a štiti i reciklira one neobnovljive. Dakle, čovjekov izbor u potpunosti zavisi o njegovom znanju i njegovim postavljenim vrijednostima.

Događanja na globalnoj razini (skupovi predstavnika ekonomski razvijenih zamalja i proizišli zaključci s tih skupova) ukazuju na nastojanje da se budući rast zasnuje na održivoj osnovi. Potreba za omogućavanjem održivog razvoja u priobalnom području (kao najnaseljenijem i ekološki najopterećenijem području) nametnula je nužnost smanjenja onečišćenja i ograničenje fizičkim, socijalnim i ekonomskim uvjetima, te pravnim, administrativnim i financijskim promjenama u obliku 'integriranog upravljanja priobalnim područjem' (IUPP). IUPP, pri tom predstavlja model provođenja ili proces upravljanja priobaljem koji obuhvaća zemljopisne i političke granice i sve druge aspekte u pokušaju ostvarenja održivosti s naglašenim sustavnim pristupom, a u kojem se prepoznaje međusobna povezanost ekosustava i potreba da se djelovanjem na jednom području ne ugrožava ekološka ili ekonomska ravnoteža u nekom drugom.

Promjena ekološkog zakonodavstva s gledišta pomorstva (ograničavanje onečišćenja atmosfere, sprječavanje prijenosa štetnih vodenih organizama izmjenom balastnih voda, proglašavanjem posebnih i posebno osjetljivih područja, te inzistiranjem na ekološki prihvatljivom recikliranju dotrajalih brodova) kojom su nametnuti sve strožiji kriteriji u svezi sprječavanja onečišćenja okoliša doprinijeti će nastojanju da budući globalni ekonomski rast bude prije svega održiv, iako je to tek početni korak ka ostvarenju

[24] Iako u ovom radu to nije predmet istraživanja, treba napomenuti postojanje inicijativa i razmišljanja u svezi potrebe proglašenja Jadranskog mora posebno osjetljivim područjem, cf.: [138], [149], [158], [182].

[25] Holističkim pristupom razvoju ekološkog zakonodavstva naznačene su glavne smjernice u koje je uključeno i 'recikliranje dotrajalih brodova', no zbog djelomičnog udaljavanja od teme disertacije sažeti prikaz obrađen je u prilogu, cf. *infra Pilog 2*, nap.a.

ciljeva. Unatoč donešenim Konvencijama postoje i mnoge neizvjesnosti u svezi s njihovim stupanjem na snagu i provođenjem. Na primjer korištenje goriva s niskim udjelom sumpora zahtjeva i postrojenja za njegovu proizvodnju i njihovu zastupljenost širom svijeta što danas nije slučaj. Trenutno dostupni kapaciteti rafinerija ne mogu zadovoljiti moguću potražnju kada bi one stupile na snagu odmah. Iako tehnologija za proizvodnju postoji - ona je iznimno skupa, pa će zahtjev za izgradnju velikog broja takvih postrojenja na globalnoj razini zahtijevati i vrlo visoka ulaganja, a bitan utjecajni čimbenik bit će i vrijeme potrebno za samu izgradnju.

Globalni rast ekološke osviještenosti i prepoznavanje antropogenog utjecaja na klimatske promjene, efekt staklenika ili posljedično, porast razine mora u priobalnoj zoni, kao i dostupnost informacija o ekološkim incidentima može samo povećati zahtjeve za smanjivanjem onečišćenja koje će se odraziti i na pomorstvo. Stariji brodovi neće moći udovoljiti postavljenim zahtjevima i njihovi vlasnici bi ih trebali povući iz poslovanja. Njihovo povlačenje, do sada se pokazalo kao iznimno dugotrajan proces, jer se ipak mora omogućiti komercijalno poslovanje brodovlasnika kao i osigurati kontinuitet u opskrbi tržišta određenim sirovinama ili proizvodima. Trenutno stupanje na snagu određenih međunarodnih normi i povlačenje iz uporabe velikog broja brodova koji u ovom trenutku ne ispunjavaju zahtjeve dovelo bi do kolapsa trgovine na svjetskoj razini, pa se takva primjena niti ne očekuje. No, dopušteni prijelazni period za usklađivanje s Konvencijama govori o ozbiljnosti pristupu i isključuje svaku alternativu.

Predmet znanstvenog istraživanja u ovom poglavlju su izmjenična priroda ciklusa na pomorskom tržištu, uočavanje ekoloških čimbenika koji na njih utječu, te aktivnosti koje je potrebno poduzeti radi njihovog usklađivanja, a poglavito zbog procjene primjenjivosti i implementacije predloženog modela 'Registra' u ovom radu u svrhu prepoznavanja njegovog mogućeg utjecaja na sve dionike (*v. infra 6.1.*).

2.4.1. Funkcionalna povezanost pomorskog tržišta

Pomorsko tržište je samo jedan dio ukupne ekonomike brodarstva, a kao takvo izdvojeno je iz cjeline kako bi se uočili utjecaji novog ekološkog zakonodavstva (posebno MARPOL – Prilog VI, upravljanje balstnim vodama, posebna područja i 'zelena putovnica') na njegove sadržajne dijelove. Analizirajući različite pristupe definiranju pojma pomorskog tržišta u najširem značenju ono bi se moglo odrediti kao: „složen (kompleksan) sustav omjera između ponude i potražnje brodskog prostora za prijevoz putnika i/ili tereta, novih brodova, rabljenih (polovnih) brodova i dotrajalih brodova (brodova za 'staro željezo')“, a neki autori u njega uključuju i omjere između ponude i potražnje brodskih popravaka[26]. U skladu s navedenim može se izvršiti i podjela pomorskog tržišta na [32]:

- vozarinsko tržište
- tržište rabljenih brodova (kupoprodajno tržište)
- tržište novogradnji
- tržište dotrajalih brodova.

Iako je takva podjela prilično razlučljiva, postoji uska funkcionalna povezanost i uzajamna uvjetovanost između navedenih područja pri čemu najznačjniji utjecaj na odnose koji ih određuju ima vozarinsko tržište, a promjene na tom tržištu najbrže se odražavaju na ostala područja. Znakovito je istaknuti da se promjene odvijaju ciklično, u zavisnosti od povoljnih ili nepovoljnih poslovnih uvjeta, i s tim u svezi prepoznaju se ekonomske 'ekspanzije' ili 'krize'.

[26] Opširnije o definicijama pomorskog tržišta cf.: [1], [11], [30], [32].

2.4.2. Cikličnost pomorskog tržišta

Iz međusobne povezanosti koja postoji na pomorskom tržištu može se izdvojiti značajni utjecaj vozarinskog tržišta koje direktno utječe na sva ostala koji u njemu sudjeluju. Vozarine prihodovane na tržištu predstavljaju primarni motiv koji pokreće investitore i investicije u pomorstvu, a one su ujedno i glavni izvor prihoda za brodara. Drugi izvor prihoda za brodara može biti zarada od prodaje broda na tržištu rabljenih ili dotrajalih brodova, koja se najčešće odvija između brodara i investitora (koji je obično drugi brodar), posebno u vrijeme recesije na tržištu. Takva razmjena novčane vrijednosti (izražene u obliku broda) zapravo ostaje u krugu tržišta i ne napušta pomorsku industriju bez obzira tko je od brodara u njoj financijski 'bolje prošao'. Stoga je za brodara 'najzdraviji' način zarade upravo onaj koji dolazi od vozarina zarađenih transportom robe na tržištu nezavisno da li su one ostvarene kroz ugovore na putovanje, vrijeme, kroz zakup broda ili neki drugi oblik ugovora[27]. Tržište novogradnji predstavlja odliv novčanih sredstava prema brodogradilištima kojima oni namiruju svoje troškove i zaradu.

Upravo opisani tijek novca između navedenih tržišta pokreće njihovu cikličnost. Pojednostavljeno, cikličnost se može opisati na način da početni rast vozarina uzrokuje priliv investicija u gospodarstvo, a to omogućava brodarima plaćanje većih vrijednosti za rabljene brodove čija se vrijednost tada obično povećava. Kad je vrijednost rabljenih brodova visoka, investitori se okreću novogradnjama koje tada postaju konkurentnije. Isporukom novogradnji i njihovim uključivanjem u tržište cjelokupni proces počinje se odvijati u obrnutom smjeru. Zbog veće konkurencije u ponudi brodskog prostora dolazi do pada vozarina i smanjenog zanimanja investitora. Brodari ostaju opterećeni troškovima broda, a oni koji ih nisu u stanju podmirivati prisiljeni su na njihovu prodaju na tržištu rabljenih brodova. U ekstremnim okolnostima može se dogoditi da čak i noviji brodovi moraju biti prodani po jako niskoj cijeni. Vlasnicima starih brodova za koje ne postoji zanimanje kupaca preostaje samo njihova prodaja na tržištu dotrajalih brodova. Povećanjem broja brodova prodanih na tržištu dotrajalih brodova dolazi i do smanjenja ponude brodskog prostora i rasta vozarina, pa time i obnove cijelog procesa.

Navedeni načelni opis pokretačkih promjena unutar tržišta posredno ukazuje i na njihovo značenje u istiskivanju onih kompanija koje lošije posluju i otvaranje mogućnosti ulasku novih čime se povećava i učinak tržišnog mehanizma.

Vrijednosti vozarina uglavnom su određene kretanjima na tržištu u zavisnosti o vrstama tereta kojima se trguje i prikazuju se kroz različite indekse za svaki njegov segment (npr. BDI – engl. 'Baltic Exchange Dry Index' – indeks vozarina na tržištu suhog tereta ili 'Worldscale index' za tankersko tržište). Postoje i izvješća o ponudi i potražnji za određenim teretom ili brodom koji se redovito objavljuju (npr. izvješće o tržištu suhog tereta ili izvješće o tankerskom tržištu) [184], [185].

Iako se pomorsko tržište malo mijenjalo kroz povijest, ipak postoje i određene značajnije promjene koje se povremeno događaju. Jedna od promjena je i '*tržište izvedenih vozarina'*. U osnovi ono predstavlja svojevrsnu 'zaštitu' stranaka od nepredviđenih događaja na tržištu i mogućih promjena vozarina, na način da se ugovorom definiraju kompenzacije u zavisnosti o budućim događajima kojima obje stranke pristaju na podjelu dobiti ukoliko je jedna strana znatnije oštećena takvim mogućim poremećajima. Dakle, stranke dijele rizik u slučaju naglog rasta ili pada vozarina. Navedeni indeksi i izvješća omogućuju uvid u ostvarene ugovore i predstavljaju svojevrstan 'vodič' o kretanju cijena na tržištu.

[27] Opširnije o oblicima ugovora, cf.: [1], [32], [35].

Značenje tržišta rabljenih brodova može se prikazati kroz ukupnu novčanu vrijednost koja se u njemu razmjenjuje. Na primjer, u 2006. godini prodano je oko 1500 prekooceanskih brodova predstavljajući investicije od oko 36 milijardi USD [32]. Brod se obično prodaje s kratkom isporukom, za gotovinu, slobodan od ugovora, hipoteka i slično. Ponekad se prodaje i dok je još u tijeku određeni ugovor na vrijeme od kojeg novi kupac može imati koristi.

Kretanja na tržištu rabljenih brodova u uskoj su korelaciji s kretanjima na vozarinskom tržištu (tablica 4.). Cijene su podložne cikličkim promjenama, a vrijednosti rabljenih brodova u određenom trenutku osim brodara zanimaju, kako bankare koji najčešće na njima imaju založna prava tako i različite 'špekulante' koji sudjeluju na tržištu. Osim *vozarina*, na cijenu rabljenih brodova utječe i *starost broda*, te u dugoročnom smislu *inflacija* na tržištu, a ponekad najveći utjecaj zapravo imaju *očekivanja* i procjena budućih kretanja cijena od strane samih sudionika na tržištu.

Tablica 4. *Prikaz promjene cijene 'panamax' broda u zavisnosti o promjeni indeksa vozarina*

Godina	2007.	2008.	2009.
Prosječni 'BPI (b)'[28]	7133	5604	2418
Rabljeni (5 god.) Panamax 75000 Dwt [mil US$]	83	25.6	33
Novogradnja Panamax 75000 Dwt [mil US$]	53	54.4	38.7
Recikliranje Panamax 75000 Dwt [mil US$/LDT]	468	551	277.7

Izvor: za izradu tablice korišteni podaci iz izvora [184] i [185].

Iako je u osnovi tržište novogradnji u uskoj povezanosti s tržištem rabljenih brodova njihove značajke su prilično različite, jer se za razliku od rabljenih brodova dostupnih skoro odmah, novogradnje moraju tek izgraditi i isporučiti. Stoga je taj vremenski razmak u isporuci od bitnog značenja na tržištu. Iz tog razloga i brodogradilište će potencijalnom kupcu najčešće ponuditi neki od 'standardnih' brodova koje ono proizvodi, jer će to sniziti ukupnu cijenu i ubrzati rok isporuke. Odstupanje od 'standardnog' dizajna obično će se dodatno naplatiti, a potpuno nova konstrukcija osim znatno više cijene uključuje i znatno duži rok isporuke, jer se brod tek treba konstruirati (izrada tehničke dokumentacije), pa odobriti od strane nadležnog Registra (Klasifikacijskog zavoda) kako bi tek potom mogao u proizvodnju. Često puta samo brodogradilište da bi izgradilo određeni novi tip broda mora uložiti i značajna sredstva u nabavku i instaliranje novih tehnoloških rješenja zahtjevanih novom konstrukcijom, pa i to poskupljuje i produljuje isporuku. Stoga su *očekivanja* o kretanjima na tržištu u periodu nakon kojeg će brod biti isporučen od izuzetnog značenja.

Cijene novogradnji, kao i kod rabljenih brodova, zavise o ponudi i potražnji na tržištu iako se u ovom slučaju kao prodavatelj pojavljuje brodogradilište umjesto drugog brodara. Stoga su na tom tržištu za kupca presudni čimbenici: vozarine, trenutne cijene na tržištu novijih rabljenih brodova, financijska likvidnost kupca, dostupnost kredita pri financijskim institucijama i, kao najvažnije, *očekivanja* o promjenama na tržištu [181]. Za brodogradilište su od značenja: troškovi proizvodnje (poglavito kada se radi o nestandardnoj narudžbi), broj dostupnih navoza i popunjenost 'knjige narudžbi'. Popunjenost 'knjige narudžbi' za brodogradilište znači sigurnost u poslovanju, ali ugovaranje poslova na duže vrijeme može biti i nepovoljno jer je ono tada izloženo i većem inflacijskom riziku.

[28] BPI – eng. Baltic Exchange Panamax Index – tjedni najam 'panamax' broda uključujući cijene ugovora na putovanje i ugovora na vrijeme.

Tržište dotrajalih brodova najčešće predstavlja najmanje atraktivan dio, ali je u ukupnom pomorskom tržištu njegova uloga važna. Iako su i na ovom tržištu odnosi slični kao kod tržišta rabljenih brodova, ovdje se kao kupac pojavljuju brodogradilišta za recikliranje brodova koja su najvećim dijelom smještena u područjima Dalekog istoka (npr. Indija, Pakistan, Bangladeš i Kina), a u novije vrijeme uključila se i Turska na Bliskom istoku. U proces prodaje broda u rezalište i ovdje su uključeni posrednici, a velike posredničke kompanije često puta imaju i posebne odjele koji se bave samo recikliranjem [32], [181]. Na recikliranje brodari se obično odlučuju kada zbog njegove starosti više nisu u stanju zaposliti brod ili ga prodati na tržištu rabljenih brodova, a njegovo održavanje postaje preskupo.

Cijena se određuje na osnovi težine praznog broda, a dogovara se s obzirom na ponudu brodova za rezalište i zahtjevima za otpadnim materijalom koji se najčešće koristi kao ulazna sirovina u industriji čelika. Na taj način ona je zavisna i o stanju na lokalnom tržištu čelika, a ponekad može zavisiti i o dostupnosti navoza za recikliranje.

Zbog sve većih zahtjeva za očuvanjem okoliša i potrebom za prihvatljivim načinom zbrinjavanja dotrajalih brodova tržište dotrajalih brodova značajno se proširilo, tako da se danas najčešće govori o 'industriji recikliranja brodova'. U brodove starijeg godišta gradnje često puta su se ugrađivali različiti materijali za koje se štetnost po čovjeka i okoliš utvrdila tek naknadno. Stoga i njihovo zbrinjavanje može predstavljati potencijalnu opasnost ili rizik, [167]. Donošenjem različitih propisa i međunarodnih konvencija pokušava se smanjiti onečišćavanje s brodova kao i osigurati ekološki prihvatljivo zbrinjavanje po isteku njihovog životnog vijeka.

2.4.3. Poslovna politika pomorskih brodara

Poslovna politika obuhvaća determinirane (konkretne) ciljeve za određeno vrijeme, odnosno načela, sredstva, akcije i pripadajuće potencijale i resurse za ostvarivanje poslovnih ciljeva kojima bi se osigurao rast i razvoj [150]. Iz ove definicije razvidno je da se ne može govoriti o jedinstvenoj poslovnoj politici koju bi bilo moguće primjeniti za sva brodarska poduzeća jer se ona međusobno razlikuju u svojoj osnovnoj svrsi i ulozi na tržištu. Stoga je primjerenije postaviti samo model s ključnim aspektima poslovne politike brodara, a potom u njemu utvrditi prioritete za svaki element u skladu s usmjerenjima poduzeća.

Sustavnim pristupom poslovnu politiku moguće je podijeliti na prepoznatljive ključne elemente ili potpolitike [150]:

- *proizvodna* – utvrđuje ciljeve 'proizvodnje', sredstva i organizaciju za njihovo ostvarivanje, te kontrolu kao zaključni element
- *kadrovska* – ljudski potencijali unutar poduzeća koji obuhvaćaju sve zaposlene, njihove sposobnosti, znanja, vještine, motivaciju, vrijednosti, ..., ali i njihovu pripravnost na zajednički rad i suradnju
- *tržišna* – u zavisnosti s cikličkim promjenama na tržištu iziskuje stalnu prisutnost i temeljitu analizu u svrhu što boljeg zapošljavanja brodova
- *financijska* – predstavlja novčani iskaz poslovne politike s ciljem trajnog ostvarivanja primjerenog financijskog rezultata kako bi se omogućilo likvidno poslovanje uz stalan održivi razvoj i rast poduzeća
- *ekološka*[29] – u skladu s razvojem ekološke normizacije postavljaju se novi zahtjevi i troškovi na brodare kako bi poslovali bez ograničenja, kazni ili prisilnog zadržavanja u lukama

[29] Poglavito razmotrena u ovom radu poradi procjene implementacije modela Registra, nap.a. (*v. infra 6.1.*)

- *razvojna* – cikličke promjene na pomorskom tržištu i povećanje konkurencije čine okruženje brodarskog poduzeća dinamičkim i nepredvidivim, te iziskuju brodarev stalni razvoj i brzu prilagodbu kako u tehnološko/tehničkom (nabavka nove opreme i sredstava), tako i u organizacijskom smislu (racionalizacija i optimizacija poslovanja).

Pojam 'proizvodne' politike u ovom kontekstu određen je karateristikom poslovanja brodarskih poduzeća i djelatnošću prijevoza tereta i/ili putnika, te činjenice da se brodari izborom broda orijentiraju i na određene segmente tržišta (linijsko ili slobodno, rasuti ili tekući teret, kontejnerski ili putnički prijevoz i sl.) kojem se potom prilagođavaju. U istom smislu zahtjevaju se i odgovarajuća znanja zaposlenika poduzeća, a poglavito posade i njihove stručne osposobljenosti[30] koja je određena i međunarodnim konvencijama (STCW).

Povećanje konkurencije na pomorskom tržištu (i lokalnom i globalnom) zahtjeva i temeljitu analizu tržišnog okruženja u kojem brodar posluje. Ona uključuje kako analizu političkog, ekonomskog, društvenog i tehnološkog stanja u okruženju (engl. political, economical, social and technological – PEST analysis) tako i ocjenu strategije samog poduzeća koja se najčešće izvodi u obliku analize: snage, slabosti, šansi i prijetnji (engl. strengths, weaknesses, opportunities, threats – SWOT analysis), a njima se pojednostavlja usporedba s konkurencijom, te primjerenije vrednuju vlastite pružene usluge i utvrđivanje cijena. Financijskom politikom brodaru se osigurava likvidnost i dostupnost kapitala, omogućuje se ekonomski prihvatljiva eksploatacija brodova, osiguranje brodova, obnova flote, ali i razvoj i rast poduzeća [150].

Razvojem ekološkog zakonodavstva postavljaju se novi zahtjevi i troškovi na brodare koji će svoje brodove morati opremiti novom opremom kako bi zadovoljili donesene norme i osigurali opstojnost svojih brodova na tržištu na kojem će se one primjenjivati. Trošak goriva za pogon brodova značajni je čimbenik u ukupnim troškovima svakog brodara, a kako se novim ekološkim normama povećavaju zahtjevi za njegovom kvalitetom to će posljedično uzrokovati i rast cijene koja će se neminovno odraziti i na poslovanje. Razvojnom politikom, koja će proizaći kao sinteza učinjenih analiza, brodari mogu izraditi različite scenarije za moguća događanja na tržištu i pripremiti poduzeće kako za opstojnost tako i za održivi rast, te svoju budućnost učiniti manje nepredvidivom.

2.4.4. Ekološka prihvatljivost broda kao utjecajan čimbenik poslovne politike brodara

Za većinu brodarskih kompanija najveću vrijednost predstavljaju njihovi brodovi i kapital koji je u njih uložen. Brodari koji posjeduju manji broj brodova posebno su osjetljiva skupina koju promjene na tržištu mogu ozbiljno ugroziti, te su shodno tomu oni i najčešće prilagodljiviji u svom poslovanju. Ipak, značajnije promjene mogle bi njihovu opstojnost dovesti u pitanje. Nemogućnost odgovora pojedinih brodara za ispunjenjem zahtjeva dovesti će ih u poziciju u kojoj će biti prisiljeni prodati brodove koji takve zahtjeve ne zadovoljavaju. Ukoliko su izmjene na samim brodovima moguće oni će postati dostupni tržištu rabljenih brodova, a cijena će se određivati u zavisnosti s troškovima ugradnje potrebne tehnologije koja će im omogućiti daljnje komercijalno poslovanje. U suprotnom, brodari će tražiti mogućnost njihovog zaposlenja na nekom lokalnom tržištu bez ograničenja ili će te brodove prodavati na tržištu dotrajalih brodova koje je također zahvaćeno legislativom (zelena putovnica, recikliranje, itd.) i stoga otvoreno na korekcije u vrednovanju cijene otpada. (slika 1, str. 27.)

[30] Opširnije o zahtjevima, cf.: [12], [95], [117], [139], [150].

Potreba za održivim brodarstvom rezultirala je novim 'okolišno učinkovitim enrgetskim konceptom' koji se prema DNV-u označava kao 'trostruki – E' (engl. Triple-E: Environmental and Energy Efficiency) [179]. Na taj način, razvidno je da ekološka prihvatljivost broda (okolišno razboriti pristup) postaje utjecajan čimbenik pri kreiranju poslovne politike brodara koja osim izbjegavanja ograničenja u plovidbi, kazni i prisilnih zastoja u lukama, najveću korist nudi kroz smanjenje troškova (npr. plovidba smanjenom brzinom koja smanjuje trošak goriva) i sprječavanje onečišćenja na globalnoj razini.

2.4.5. Prilagodba brodara očekivanim promjenama

Ukupni torškovi broda mogu se podijeliti na: operativne troškove, troškovi održavanja, troškovi putovanja, troškovi manipulacije teretom i kapitalne troškove. U njima značajni udio od gotovo 40% predstavljaju upravo troškovi putovanja od kojih su troškovi goriva njihov najosjetljiviji dio[31]. Stupanjem na snagu novog ekološkog zakonodavstva, brodovi će u određenim područjima morati koristiti znatno kvalitetnije gorivo (u usporedbi s teškim dizelskim gorivom koje je najčešće u uporabi), a čija cijena je i znatno viša. Uporaba kvalitetnijeg goriva iz tehničkih razloga zahtjeva i uporabu drugačijeg ulja za podmazivanje motora što dodatno komplicira primjenu. Poglavito, na starijim brodovima često puta ne postoji mogućnost skladištenja, npr. različitih ulja za podmazivanje cilindara motora, pa se u strojarnicama (koje su najčešće minimiziranog volumena) moraju pronaći i odgovarajuća konstrukcijska rješenja kako bi se omogućila ugradnja nužne opreme (uređaji, cjevovodi, itd.). Ipak, pri donošenju propisa dopušten je i prijelazni period kojim se omogućuje brodarima vrijeme potrebno za prilagodbu i raspodjelu tako uzrokovanih troškova.

Za smanjenje emisija NOx-a i zadovoljenje zakonodavstvenih zahtjeva (Red III) danas je jedina pouzdana tehnologija – SCR (selektivna katalitička redukcija), skupa naknadna obrada ispušnih plinova koja zahtjeva instalacijski prostor u strojarnici - na nekim brodovima rijetko dostupan[32]. Za usklađivanje s BWM – ovim (upravljanje balastnim vodama) zahtjevima postoji nekoliko proizvođača koji su zatražili odobrenje IMO-a za njihovu opremu, ali uključuju slične probleme s prostorom za ugradnju i troškovima. Brodski plan recikliranja i 'Zelena putovnica' na starijim su brodovima izazovni zahtjevi koji uključuju dodatne troškove.

Neke od brodara koji posjeduju mali broj brodova takvi dodatni troškovi mogu znatno opteretiti u poslovanju, posebno ako u periodu prilagodbe dođe do pada vozarina i smanjenja potražnje brodskog prostora čime će njihova konkurentnost biti ugrožena. Brodari koji posjeduju veću flotu odavno su uočili promjene i prepoznali njihove zahtjeve, te počeli prilagođavati svoju poslovnu politiku pod novim okolnostima (npr. Maersk ili APL). Na temelju istraživanja, u ovom poglavlju predlažu se aktivnosti i smjernice koje mogu poslužiti brodarima kao putokaz u procesu prilagodbe novonastalim uvjetima na tržištu (slika 2, str. 28.).

Iz slike 2. može se vidjeti da je prije svega odgovornost na kompaniji za ekološki prihvatljive promjene u poslovnoj politici (prije svega u ekološkoj potpolitici koja će se odraziti na sve ostale), ako se želi natjecati na današnjem i budućem tržištu.

Navedene smjernice mogle bi postati sastavni dio poslovne politike brodara i kao takve mogu se implementirati u njihove strateške planove razvoja. Predlaže se da se rad

[31] Opširnije o troškovima brodara, cf.: [1], [30], [32],[34], [60], [77], [124].
[32] Opširnije o zahtjevima i tehnologijama smanjenje, cf.: [24], [34], [42], [54], [74], [107], [113 -114], [133], [145-146], [152], [190].

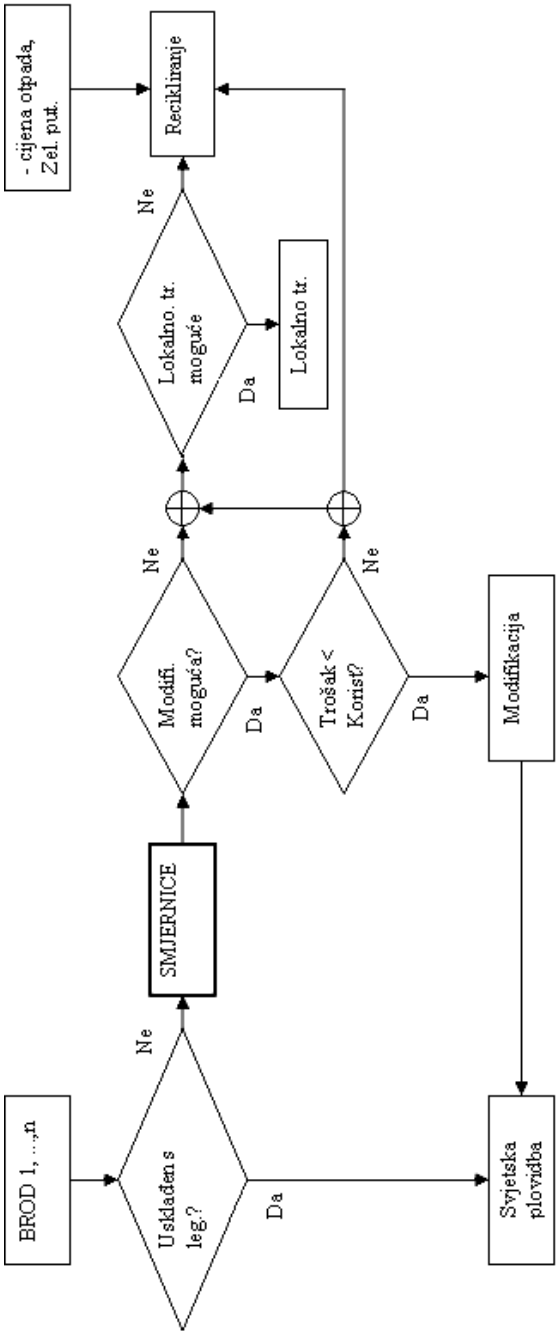
brodara ubuduće usmjeri na razvoj SEEMP-a[33] ugrađujući parametre efikasnosti kao povratne indekse okolišnog doprinosa i nadzor operativnih i ukupnih troškova brodova.

Cikličke promjene na pomorskom tržištu predstavljaju jednu od njegovih glavnih značajki koja uzrokuje presudne promjene unutar svakog njegovog segmenta i procesa koji se u njima odvijaju. Neizvjesnost njihovog nastupanja bitno utječe na procjenu budućeg razvoja, a s tim u svezi i na trenutnu vrijednosti brodova kao temeljne investicije brodara i osnovnog 'radnog sredstva' tog gospodarstva. Dodatnu otežavajuću okolnost i moguće smanjenje vrijednosti brodova (kao investiranog kapitala) donosi i razvoj ekološkog zakonodavstva kojim su nametnuti sve strožiji kriteriji u svezi sprječavanja onečišćenja okoliša.

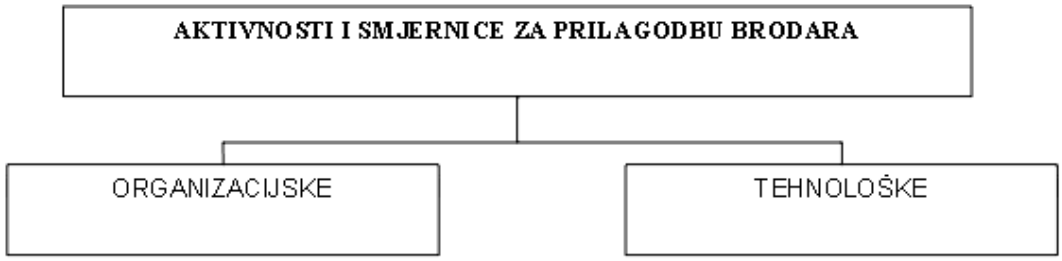
Novonastale okolnosti odražavaju se i na tržište brodova. Kod novogradnji će se o usklađenosti s propisima voditi računa već pri konstrukciji i izgradnji, pa će se cijena usklađivanja podvesti pod ukupnu cijenu broda. Međutim, kod rabljenih brodova morati će se utvrditi model izračuna kojim će se omogućiti stvarna procjena vrijednosti broda i njegove mogućnosti zarade u budućnosti, pri čemu se u njihovu vrijednost mora uračunati i cijena usklađivanja s novim ekološkim normama. U krajnjim slučajevima cijena prilagodbe broda može dovesti vlasnike starijih brodova na granicu komercijalne isplativosti ulaganja, pa se oni mogu odlučiti za rashodovanje i recikliranje i prije isteka njihovog životnog vijeka.

Kako bi brodarske kompanije što bolje 'amortizirale' efekte ekološke normizacije predlaže se znanstveni pristup problematici, odnosno smatra se potrebitim dizajnirati model procjene vrijednosti broda kojim bi se obuhvatio i utjecaj razvoja ekološkog zakonodavstva.

[33] SEEMP – engl. Ship Energy Efficiency Management Plan (Brodski plan učinkovitog upravljanja energijom).



Slika 1 Dijagram tijeka – procedura za brodare



- Optimiziranje vođenja broda (planiranje putovanja: utjecaj vremena – plovidba prema prognozi vremena, morskih struja ili prilagodba brzine i uzdužnog nagiba broda, itd.).
- Utvrđivanje i praćenje parametara efikasnosti (indeksi učinkovitosti i operacijski indeksi, SEEMP).
- Optimiziranje cjelokupnog dobavnog lanca i raspodjele flote (suradnja s dobavljačima tereta, unajmljivačima i agentima).
- Kontinuirano praćenje tržišta.
- Priprema 'zelene putovnice'.
- Pravilan odabir kadrova i politika plaća (obrazovanje vlastitih kadrova, vještine, uvježbavanje, iskustvo).
- Utvrđivanje nedostataka i provođenje nužnih promjena u organizacijskoj strukturi poduzeća (promptna prilagodba promjenjenim tržišnim uvjetima).

- Uvođenje politike zamjene starijih brodova novim/rabljenim ekološki prihvatljivijim.
- Naručivati novogradnje prema efikasnijim konstrukcijskim rješenjima trupa, brodskog vijka, pogona, itd.
- Korištenje novih energetski i ekološki efikasnijih tehnologija (WHR, BWM i oprema, itd.).
- Uporaba novih učinkovitijih premaza za trup.
- Omogućavanje 'hladnog pogona' na brodovima za vrijeme operacija s teretom i boravka u luci, kad je moguće (napajanje s kopna).
- Zamjena starih (dotrajalih) strojeva i uređaja novim i energetski učinkovitijim.
- Smanjenje potrošnje fosilnih goriva i uporaba alternativnih izvora kad je moguće.
- Uporaba ekološki prihvatljivih materijala.

Slika 2 Aktivnosti i smjernice za prilagodbu brodara

3. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA NA ČOVJEKA, OKOLIŠ I KLIMU

Utjecaj ispušnih plinova koji dolaze iz energetskih postrojenja u pomorskom prometu na globalnoj razini može se promotriti kroz različite pristupe i gledišta, no s ekološkog aspekta prepoznata je njihova štetnost na cjelokupnu biocenozu, čovjekova dobra i djelatnosti što zahtjeva pojedinačnu analizu njihovog utjecaja.

3.1. Utjecaj ispušnih plinova na atmosferski sastav

Ispušni plinovi iz brodskih energetskih sustava najčešće izlaze u atmosferu u obliku 'dimnog stoga' i tijekom plovidbe predstavljaju linijski izvor onečišćenja. Stoga se u neposrednom području ispuštanja njihovi karakteristični sastojci nastali kao produkti izgaranja pojavljuju u relativno visokim koncentracijama u odnosu na koncentracije prethodno zatečene u atmosferi. Nakon dospijeća u atmosferu započinje proces njihovog razrijeđivanja zbog miješanja s okolnim zrakom pri čemu se njihovi sastojci i kemijski transformiraju, dolazi do stvaranja sekundarnih tvari (npr. ozona), a kao takvi se potom uslijed mokre ili suhe depozicije uglavnom djelomično uklanjaju iz atmosfere. No, svi ti procesi zavise o primarnim koncentrcijama njihovih sastojaka u dimnom stogu, prethodno zatečenim (pozadinskim) koncentracijama u okolišnjoj atmosferi, trenutnim meteorološkim prilikama (npr. visini i stabilnosti morskog graničnog sloja atmosfere, smjeru i jačini vjetra ili naoblaci) i ostalim čimbenicima koji uključuju insolaciju, a u zavisnosti o geografskoj širini i dobi dana [72].

3.1.1. Kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere

Prema Eyring i sur. [87], kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere kao i u ostalim dijelovima troposfere zavisne su o primarnim emisijama tvari i njihovim naknadnim reakcijama. Neke od najvažnijih kemijskih reakcija koje se odvijaju u morskom graničnom sloju atmosfere prikazane su u tablici 5., a osnovni slijed, od značenja za klimatski aktivne komponente (npr. metan, ozon i sulfatne čestice) jest: nastanak ozona uz katalitičko djelovanje dušičnih oksida, plinovita i vlažna oksidacija sumpornih oksida u sulfatne aerosoli, raspad metana pomću hidroksilnih (OH) radikala, te halogeno-katalitički raspad ozona. OH radikali su ujedno i glavni oksidirajući agensi u troposferi. Nastaju uslijed ultraljubičaste fotolize ozona (reakcije R1-R2) kojom se oslobađa atomarni kisik koji potom kroz reakciju s vodenom parom dovodi do konverzije hidroperoksidnih radikala (HO_2) u OH kao posljedica reakcije s duščnim oksidima (reakcija R7). Iz toga je razvidno da ispušni plinovi iz brodskih energetskih sustava koji u sebi sadrže dušične okside povećavaju koncentraciju OH radikala u dva smjera: direktno kroz reakciju s HO_2 (R7) i indirektno stvarajući ozon[34] (R9). Stoga su i kemijske reakcije koje se odvijaju u morskom graničnom sloju vrlo osjetljive na promjene koncentracija dušičnih oksida i procese stvaranja troposferskog ozona čija je učinkovitost nastanka veća u čistom okolišu udaljenom od kopna.

[34] Reakcije dušičnih oksida i kisika, te stavaranje i pretvorba ozona poznate su i pod nazivom „reakcija vražjeg-kruga“ pri stavranju smoga [191].

Tablica 5. *Značajne kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere [87]*

Oznaka	Kemijska reakcija
R1	$O_3 + h\nu\ (\lambda < 290\ nm) \rightarrow O_2 + O(^1D)$
R2	$O(^1D) + H_2O \rightarrow 2\ OH$
R3	$OH + CO \rightarrow H + CO_2$
R4	$H + O_2 \rightarrow HO_2$
R5	$OH + CH_4 \rightarrow H_2O + CH_3$
R6	$CH_3 + O_2 \rightarrow CH_3O_2$
R7	$HO_2 + NO \rightarrow OH + NO_2$
R8	$CH_3O_2 + NO \rightarrow CH_3O + NO_2$
R9	$NO_2 + h\nu \rightarrow O(^3P) + NO$
R10	$O(^3P) + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$
R11	$RO_2 + HO_2 \rightarrow ROOH + O_2$
R12	$HO_2 + HO_2 \rightarrow H_2O_2 + O_2$
R13	$HO_2 + O_3 \rightarrow OH + 2O_2$
R14	$NO_2 + CH_3COO_2 \Leftrightarrow PAN$
R15	$NO_2 + OH + M \rightarrow HNO_3 + M$
R16	$X_2 + h\nu \rightarrow 2X$ (X= Cl ili Br)
R17	$X + O_3 \rightarrow XO + O_2$
R18	$XO + HO_2 \rightarrow HOX + O_2$
R19	$HOX + h\nu \rightarrow HO + X$
R20	$HOX \Leftrightarrow HOX\ (aq)$
R21	$HX \Leftrightarrow X^- + H^+$
R22	$HOX\ (aq) + X^- + H^+ \Leftrightarrow X_2 + H_2O$
R23	$NO_2 + XO \rightarrow XNO_3$
R24	$XNO_3 + H_2O\ (aq) \rightarrow HOX\ (aq) + HNO_3\ (aq)$
R25	$XNO_3 + X^-\ (aq) \rightarrow X_2\ (aq) + HNO_3\ (aq)$
R26	$N_2O_5 + H_2O\ (aq) \rightarrow HNO_3\ (aq) + HNO_3\ (aq)$
R27	$N_2O_5 + X^-\ (aq) \rightarrow XNO_2 + HNO_3\ (aq)$
R28	$SO_2 + OH + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
R29	$SO_2 \Leftrightarrow SO_2\ (aq)$
R30	$SO_2\ (aq) \Leftrightarrow HSO_3^-\ (aq) + H^+\ (aq)$
R31	$HSO_3^-\ (aq) \Leftrightarrow SO_3^{2-}\ (aq) + H^+\ (aq)$
R32	$HSO_3^-\ (aq) + H_2O_2\ (aq) \rightarrow SO_4^{2-}\ (aq) + H^+\ (aq)$
R33	$HSO_3^-\ (aq) + O_3\ (aq) \rightarrow SO_4^{2-}\ (aq) + H^+\ (aq) + O_2$
R34	$SO_3^{2-}\ (aq) + O_3\ (aq) \rightarrow SO_4^{2-}\ (aq) + O_2$
R35	$DMS + OH \rightarrow CH_3S(OH)CH_3$
R36	$DMS + OH + O_2 \rightarrow CH_3SO_2 + HCHO + H_2O$
R37	$DMS + NO_3 + O_2 \rightarrow CH_3SO_2 + HCHO + HNO_3$
R38	$CH_3S(OH)CH_3 \rightarrow MSA$ ili SO_2
R39	$CH_3SO_2 \rightarrow MSA$ ili SO_2

Nastanak ozona započinje reakcijom OH radikala s tvarima poput ugljičnog monoksida (CO) ili metana (CH_4) stvarajući HO_2 radikale i metilperoksidne radikale (CH_3O_2), (R3-R6). OH reakcije s kompleksnijim ugljikovodicima su analogne onima s metanom stvarajući organske peroksi radikale. Stoga, konačno formiranje ozona u morskom graničnom sloju atmosfere predstavlja razliku količina nastalih i razgrađenih tijekom reakcijskih ciklusa. Prisustvom dušičnih oksida (NO_x) u atmosferi i reakcijama peroksi radikala s duščnim monoksidom (NO) nastaje dušični dioksid (NO_2) koji se

fotolitički razlaže, te nastaje ozon i ponovo dušični monoksid, (R7-R10). Međutim, pri niskim koncentracijama dušičnih oksida dolazi do međusobnih peroksi reakcija R11 i R12, a ozon se u najvećem dijelu rastvara procesom fotolize (R1, R2), reakcijom s HO_2 (R13) i depozicijom na vlažnoj površini [87].

Osim brodova, postoje i drugi izvori dušičnih oksida u morskom okolišu, poglavito oni s izvora na kopnu koji su povezani sa značajnim koncentracijama acetilperoksi radikala gdje kroz reakciju s dušičnim oksidima (R14) nastaju acetilperoksi nitrati (PAN) čiji je životni vijek znatno duži od NO_x-a. Tako nastali acetilperoksi nitrati (PAN) mogu dospjeti u morske slojeve atmosfere gdje se razlažu i stvaraju dodatni izvor dušičnih oksida.

Kemijske reakcije ozona u morskom graničnom sloju atmosfere pod utjecajem su i reaktivnih halogenih tvari (Cl, Br, I) čiji su izvor autokatalitički halogeno-aktivirajući mehanizmi i fotoliza jodom bogatih organskih komponenata emitiranih iz makroalgi u obalnim područjima. U tom halogeno-aktivirajućem mehanizmu, plinoviti HOBr i HOCl 'ispiru' se nad morskim aerosolima gdje nastaje slabo rastvorljiv BrCl i Br_2 koji se povratno otpuštaju u plinovitu fazu (R16-R18, R20, R22). Halogeni atomi nastali fotolizom dihalogena ili jodom bogatih organskih komponenata reagiraju s ozonom stvarajući halogene monokside. Oni se potom recikliraju u plinovitu fazu slijedom reakcija R17-R19 (HOX, gdje je X= Br, Cl, ili I) pri čemu katalitički uništavaju ozon analogno kruženju atomarnog klora ili broma u stratosferi. Nastajanje halogenih nitrata XNO_3 (R23) i njihove heterogene reakcije s morskom soli (R24, R25) značajno smanjuju opstojnost dušičnih oksida (čak do 25%) u morskom graničnom sloju atmosfere [87].

Morski granični sloj atmosfere važan je i za nastanak aerosolnih čestica. Primarne aerosoli u obliku čestica morske soli nastaju raspuknućima morskih mjehurića ili direktno iz 'morske prašine' na 'krijestama' valova. Oksidacijom dimetil sulfida (DMS) koji otpuštaju fitoplanktoni nastaju sulfatne aerosoli (koje su aktivne pri stvaranju jezgre kondenzacije oblaka) i metilsulfonska kiselina (aerosol koja ne sudjeluje pri stavranju jezgre oblaka), (R35-R39). Većina oksidacije dimetil sulfida inicirana je OH radikalima (R35, R36) uz doprinos nitratnih radikala (NO_3) tijekom noći (R37). Stoga će ispušni plinovi iz brodskih energetskih sustava povećati oksidaciju dimetil sulfida i, posredno, stvaranje jezgara naoblake [87].

Direktne emisije sumpornog dioksida (SO_2) iz brodskih ispuha oksidiraju u sulfate u vlažnoj fazi (s kapljicama u oblacima ili česticama morske soli) uz pomoć vodikovog peroksida (H_2O_2) i ozona (R29-R34), te uz pomoć OH radikala u plinovitoj fazi (R28), pa će stoga i povećanje OH radikala uzrokovano emisijama dušičnih oksida dodatno povećati plinovite oksidacijske puteve. Ti putevi su značajni jer rezultiraju nastajanjem novih čestica koje utječu na opterećenje klime gdjegod vlažna oksidacija dodaje masu postojećim česticama [87].

Suha depozicija na morskoj površini odvija se za mnoge od ovdje navedenih tvari (O_3, NO_2, SO_2, sulfati), no u znatno manjem omjeru u odnosu na kopnene dijelove. Prema Eyring i sur. [87] za ozon je, na primjer, tipična brzina depozicije 1 mms^{-1}, a fotokemijski gubitak je sporiji u čistom okolišu. Collins i sur. [48] ukazuju da se gotovo trećina ozona nastalog kao posljedica ispuha iz brodskih energetskih sustava gubi uslijed depozicije, a prema Fairall i sur. [89] povećanje depozicije je trostruko veće pri turbulentnim uvjetima na moru.

3.1.2. Miješanje i kretanje zraka u morskom graničnom sloju atmosfere

Miješanje i kretanje zraka u morskom graničnom sloju atmosfere značajno se razlikuje od onog na kopnu, a najveći dio emisija iz brodskih ispušnih sustava zadržava se upravo u tom sloju. Stoga je za potrebe postavljanja modela 'Registra emisija' za područje

hrvatskog dijela Jadrana od značenja navesti i neka osnovna mikrometeorološka svojstva morskog graničnog sloja atmosfere.

Zbog velikog toplinskog kapaciteta mora i učinkovitosti njegovog miješanja, morski granični sloj atmosfere na otvorenom moru ima veliku temperaturnu ujednačenost, a razlika između temperature mora i zraka je neznatna. No, u obalnom području to nije uvijek tako. Kada je temperatura zraka znatno niža od površinske temperature mora, doći će do uzburkane konvekcije koja će uzrokovati vrlo nestabilne površinske uvjete u 'nastojanju' smanjenja te razlike, dok će strujanje toplog zraka iznad hladnije morske površine rezultirati vrlo stabilnim uvjetima.

Promatrajući vertikalnu strukturu Zemljine atmosfere može se uočiti da ne postoji oštra granica između atmosfere i međuplanetarnog prostora, te da ona s visinom postaje sve rjeđa. Prema Bedakoviću i Salopeku [153], atmosfera se u vertikalnom smjeru može podijeliti na slojeve na osnovi četiri kriterija:

- sastav zraka i pojava električni nabijenih čestica, podjela na:
  - *homosferu* (bez promjene omjera osnovnih plinova: N, O, Ar) i *heterosferu* (uz molekule osnovnih plinova pojavljuju se i atomarni dušik i kisik)
  - *ozonosferu* (20-25 km u kojem je najveća koncentracija ozona) i *ionosferu* (50-60 km u kojem se s povećanjem visine naglo povećava koncentracija električki nabijenih čestica)
- međudjelovanje atmosfere i Zemljine površine, podjela na:
  - *granični sloj* (ili 'sloj miješanja' ili 'sloj trenja', 1-1,5 km) u kojem u njegovom *prizemnom graničnom sloju* (do 100 m visine) na kretanje zraka utječe konfiguracija Zemljine površine i vertikalni temperaturni gradijent, dok u *prijelaznom sloju* (od 100 do 1000 m) osim površinskog trenja na kretanje utječe i gradijent gustoće i rotacija Zemlje
  - *slobodnu atmosferu* (iznad graničnog sloja) u kojoj se mogu zanemariti sile trenja zraka
- promjena temperature s visinom, podjela na:
  - *troposferu* (do cca 11 km) – sloj u kojem temperatura opada s visinom (prosječno 0,65^{o}C/100m) i može ga se podijeliti na: *donju* i *gornju troposferu* čija je međusobna granica približno od 6 do 8 km
  - *tropopauzu* – prijelazni sloj između troposfere i stratosfere čija visina je promjenjiva s obzirom na geografsku širinu, a zavisi i o godišnjem dobu i vremenskim uvjetima (npr. za Hrvatsku: od 9 do 11 km, iznad Ekvatora: 16 do 18 km, u polarnim područjima: od 8 do 10 km)
  - *stratosferu* (od 11 do cca 50 km) – sloj u kojem dolazi do umjerenog kolebanja (opadanja, porasta ili stagniranja) temperature (<0,2^{o}C/100m), a izotermičko stanje zadržava se u prosjeku do visine od 25 km kada zbog apsorpcije ultraljubičastog zračenja Sunca u sloju ozona - temperatura raste
  - *mezosferu* (od 50 do cca 80 km) – sloj u kojem temperatura ponovo opada (0,35^{o}C/100m)
  - *mezopauzu* (80 – cca 95 km) – prijelazni sloj u kojem se temperatura kreće u intervalu od -85^{o}C do -90^{o}C
  - *termosferu* (od cca 90 do cca 450-500 km) – sloj u kojem temperatura ponovno raste premašujući vrijednosti od 1000^{o}C (disocijacija molekula kisika na atomarni kisik uslijed apsorpcije Sunčevog zračenja)
  - *egzosferu* - iznad 500 km, a na visinama većim od 1000 km započinje širenje plinova u svemir
- utjecaj atmosfere na letjelice.

Najčešće se morski granični sloj percipira kao dobro izmješani sloj troposfere (s gornje strane ograničen inverznim slojem) u kojem pri vrhu dolazi do stvaranja naoblake, kumulusa, koji latentnom toplinom kondenzacije prodiru kroz inverzni sloj i omogućavaju prijelaz vlage i u više slojeve zbog čega njegova visina može biti od nekoliko stotina pa i do preko tisuću metara, a varijacija je uzrokovana upravo razmjenom između donje i gornje troposfere. Tijekom dana podoblačni sloj morskog graničnog sloja može se odijeliti od stratokumulusne naoblake uslijed njihovog zagrijavanja kratkovalnim zračenjem, da bi u poslijepodnevnim satima došlo do ponovnog miješanja, a proces je naročito izražen kod guste naoblake i utječe na razmjenu plinova između mora i atmosfere, te disperziju onečišćivača u određenom području[35].

Ekspanzija dimnog stoga iz brodskih energetskih sustava pretpostavlja ekspanziju u smjeru okomitom na njegovu glavnu os, a vertikalna ekspanzija je obično ograničena inverznim slojem. Iz navedenog je razvidno da meteorološki uvjeti koji prevladavaju u određenom području (npr. područje Jadrana) imaju znatan utjecaj na njegovu difuziju (relativno brzo raspršivanje onečišćivača neposredno uz izvor) i disperziju (širenje - uvelike prisutan proces u niskom slojevima atmosfere).

Za područje Jadrana treba istaknuti sljedeće utjecajne čimbenike: *makroskalne, mezoskalne* (alfa, beta, gama) i *mikroskalne* - atmosferske cirkulacije, vremenske fronte, cikloni, pojave visokog i niskog tlaka, obalne cirkulacije zraka ('smorac' i 'kopnenjak'), urbani toplinski otoci ili vjetrovi u kanalima, usjecima ili udolinama, ponašanje perjanice dima, turbulentna strujanja. Navedene pojave na različitim skalama različito utječu na širenje i transport onečišćenja, te se primarno utvrđivanje vremenskih uvjeta nameće kao nužnost. Horizontalne advekcije vjetrom, dnevne recirkulacije pod utjecajem lokalnih polja tlaka, sezonske i dnevne promjene sunčevog zračenja, vertikalno miješanje unutar morskog graničnog sloja, te promjena temperature i vlažnosti neki su od najutjecajnijih meteoroloških čimbenika. Ipak, treba istaknuti *kretanje zraka uzrokovano vjetrom* (kojeg se obično određuje smjerom i brzinom/intenzitetom), jer porastom brzine vjetra uz izvor onečišćenja dolazi do većeg raspršivanja ispuštenih polutanata i brzog smanjenja njihove koncentracije čime se direktno smanjuje i broj naknadnih kemijskih reakcija unutar stoga. Brzina horizontalnog vjetra ovisi o trenju odnosno topografskim uvjetima, te se pri 'grubljoj' podlozi brzina smanjuje, ali se povećava turbulentnost strujanja. Kada se promatra određeno područje i utjecaj lokanih vjetrova obično je moguće utvrditi obrazac njihovog kretanja koji omogućuje prepoznavanja topografski specifičnih područja (npr. mrtvih zona). Površinsko trenje u prizemnim slojevima uzrokuje promjenu smjera vjetra u smjeru kazaljke na satu, dok će u višim slojevima horizontalna termička struktura atmosfere moguće imati dominantan utjecaj, pa će na višim nadmorskim visinama doći do promjene smjera suprotno od kazaljke na satu, a horizontalno kretanje hladnog zraka u slojevima uzrokovati će promjenu pravca s visinom[36].

Brzina vjetra utječe na disperziju tako da je čimbenik razrjeđivanja proporcionalan njegovom intenzitetu, a ujedno dolazi i do mehaničke turbulencije koja povećava miješanje i razrjeđivanje. Brojni izrazi opisuju promjenu brzine s visinom, a prema Bedakoviću i Salopeku [153] u domeni onečišćenja zraka često se koristi sljedeći izraz:

$$u(z) = u_o\,(z/z_o)^p$$

gdje je *u(z)* brzina vjetra na visini z, u_o je brzina vjetra izmjerena anemometrom na visini z_o, a *'p'* je eksponent koji varira sa stabilnošću atmosfere. U tablici 6. navedene su vrijednosti eksponenta *p* prema Pasquill-ovim kategorijama stabilnosti.

[35] Opširnije o miješanju, utjecajima i specifičnostima za područje Jadrana, cf.: [69], [87], [119], [156], [205].
[36] Opširnije cf.: [153], [156], [205].

Tablica 6. *Promjena vrijednosti eksponenta 'p' ovisno o stabilnosti atmosfere [153]*

Stabilnost atmosfere	Eksponent 'p' za grubi teren	Eksponent 'p' za glatki teren
A – najnestabilnije	0,15	0,07
B	0,15	0,07
C	0,20	0,10
D	0,25	0,15
E	0,40	0,35
F - najstabilnija	0,60	0,55

Stabilnost ili turbulencija drugi je utjecajni čimbenik na rasprostiranje onečišćenja u morskom graničnom sloju atmosfere, a može biti posljedica mehaničkog trenja nastalog vjetrom ili termičke turbulencije uzrokovane uzdizanjem čestica vrlo vrućeg zraka s vruće Zemljine površine i spuštanjem (padanjem) velike količine sporijih (hladnijih) čestica iz okruženja. Vrtložna difuzija predstavlja najznačajniji prosec miješanja zraka u atmosferi uzrokujući smanjenje koncentracija onečišćivača u većem volumenu zraka uslijed miješanja s okolišnjim relativno čistim zrakom. Do razblaživanja onečišćenja dolazi u svim smjerovima uslijed horizontalne i vertikalne komponente strujanja (horizontalna ovisi o brzini i smjeru vjetra, topografiji područja i sl., dok vertikalna ovisi o temperaturnom gradijentu zraka po visini). Uspoređivanjem stvarne promjene temperature s visinom i suhe adijabatske promjene[37] mogu se razlikovati različiti slučajevi atmosferske stabilnosti i sukladno tomu tipovi raspršivanja onečišćenja [153]:

- raspršivanje pri *adijabatskoj promjeni* predstavlja ***neutralno stanje atmosfere***
- raspršivanje pri *iznadadijabatskoj promjeni* (temperatura opada više od $1^oC/100m$), pri čemu se onečišćenja povoljno raspršuju visoko i daleko od izvora, a takvo stanje naziva se ***nestabilnim stanjem atmosfere***
- raspršivanje pri *ispodadijabatskoj promjeni* (temperatura opada manje od $1^oC/100m$) predstavlja ***stabilno stanje atmosfere***, pri čemu se onečišćenja nakon dosizanja određene visine raspršuju horizontalno omogućujući uočavanje značajnijih koncentracija i daleko od izvora, a treba razlikovati dva slučaja:
    - raspršivanje pri *temperaturnoj inverziji* (temperatura raste s porastom visine) kada inverzni sloj spriječava normalno vertikalno strujanje zraka, a onečišćenje se zadržava ispod njega (širenje samo u horizontalnom smjeru) ostvarujući uvjete za povećanjem koncentracija onečišćivača u području, te se takvo stanje smatra vrlo nepovoljnim
    - raspršivanje pri *izotermnom stanju* kada je temperatura po visini konstantna.

Porastom razlike temperautre površine Zemlje i atmosferskog zraka (površina Zemlje se u odnosu na zrak brže zagrijava uslijed sunčeve topline) dolazi i do povećanja konvektivnog procesa vertikalnog miješanja uslijed ekspanzije toplog zraka uz površinu Zemlje (smanjenja njegove težine), te njegovog uspinjanja. Pri tom dolazi i do povećanja evaporacije biogenih organskih spojeva i vodenih površina čime je omogućeno da emisije onečišćenja vertikalnim miješanjem dospiju i u više slojeve troposfere.

Temperaturne razlike zračnih masa povezane su i s razlikama u tlaku gdje se mogu uočiti područja visokog (anticiklonalno polje - 'grebeni') i niskog (ciklonalno polje - 'doline') tlaka. Anticiklonalno polje visokog tlaka najčešće donosi stabilno vrijeme sa slabim vjetrovima omogućavajući zadržavanje onečišćenja nad većim područjima, dok ciklonalno polje niskog tlaka uzrokuje snažne konvekcije i dobro raspršivanje onečišćenja. Na granicama fronti dolazi do miješanja zraka i promjene temperature. Ohlađivanjem

[37] Adijabatska promjena podrazumijeva stanje pri kojem nema razmjene topline između zračne mase i okoliša, jer je zrak slab vodič topline, a temperatura zraka opada s visinom u približnom omjeru od $1^oC/100m$.

zraka bogatog vodenom parom dolazi do kondenzacije i stvaranja naoblake kojom se smanjuje količina dozračenog sunčevog zračenja potrebnog za fotooksidativne reakcije, no istovremeno ona pogoduje pretvorbi sumpornih i dušičnih oksida.

Za razliku od kretanja zračnih masa uzrokovanih velikim anticiklonalnim i ciklonalnim poljima (npr. bura ili jugo), za područje Jadrana karakteristična je i pojava obalne cirkulacije zraka, vjetrovi: *smorac* i *kopnenjak* (poglavito u ljetnim mjesecima) koji egzistiraju isključivo uz slabe dominantne vjetrove [156], [205]. Obalna cirkulacija od posebnog je značenja za širenje onečišćenja uzrokovanih emisijama iz pomorskog prometa, jer može bitno utjecati na njegov smjer i sukladno tomu koncentracije onečišćivača u gusto naseljenom obalnom području (poglavito u blizini velikih gradova).

Slijedom navedenog, moguće je zaključiti da će raspršivanje onečišćenja primarno ovisiti o brzini vjetra i njegovoj turbulentnoj strukturi, te o vertikalnom temperaturnom gradijentu. Redovitim mjerenjima moguće je utvrditi koncentracije onečišćenja na određenom području u određenom trenutku, pa i statističku obradu podataka koja može dati dobru podlogu za buduće procjene, no znanstvena istraživanja uvelike su usmjerena k postavljanju različitih modela koji će omogućiti prostorno-vremenske procjene koncentracija onečišćivača s dovoljnom preciznošću, a za različite početne uvjete onečišćenja (npr. modeli disperzije, modeli prihvaćanja, stohastički modeli ili tzv. 'box'-modeli) [153]. No, zajedničko za sve modele jest da zahtjevaju razumijevanje prethodno navedenih relevantnih meteoroloških parametara (smjer i brzina vjetra, turbulentna strujanja u atmosferi), a pri njihovoj primjeni nužno je i utvrditi izvore onečišćenja, pa je postavljenje modela 'Registra' ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava koji bi trebao omogućiti utvrđivanje početnog stanja i naknadni nadzor istih nad područjem hrvatskog dijela Jadrana jedan od preduvjeta njihove učinkovite primjene.

3.1.3. Procesi unutar dimnog stoga

Procesi unutar dimnog stoga pretpostavljaju promjene u atmosferi uzrokovane ispuštanjem onečišćenja na užem području (unutar stotinjak kilometara od izvora) i moraju se uzeti u obzir pri postavljanju globalnih modela zbog nelinearnosti atmosferskih procesa. Iako oni uključuju različite kemijske reakcije, za prikaz procesa promotriti će se reakcije između: dušikovih oksida i ozona, sumpornih komponenti, te krutih čestica.

Prema Eyring i sur. [87] brza oksidacija dušičnih oksida u koncentriranom dimu zbog povećanja OH radikala može dovesti do znatnog skraćenja njihovog životnog vijeka u usporedbi s životnim vijekom početnih koncentracija u atmosferi, jer će reakcija R7 (tablica 5.) povećati omjer miješanja i sukladno pospješiti njihov nestanak kroz glavnu reakciju uklanjanja ('potonuća' – engl. sink) - R15. Dodatno kemijsko razlaganje dušičnih oksida događa se kroz nastajanje peroksiacetil nitrata (PAN) uslijed formiranja NO_3 i N_2O_5 tijekom noći, te njihovom heterogenom oksidacijom na aerosoli, i kroz NO_2 oksidaciju s halogenim oksidima (R23) stvarajući halogene nitrate. U visoko koncentriranim dijelovima dimnog stoga, a u slučajevima kada do ispuštanja dolazi u područjima gdje već postoji visoka koncentracija OH radikala (područja prethodno onečišćena dušičnim oksidima), reakcija R15 koja je ujedno i reakcija uklanjanja ('potonuća') OH radikala može uzrokovati njihov nestanak što će za posljedicu imati produljenje životnog vijeka dušičnih oksida unutar stoga. Iz navedenog je očigledno da bi zanemarivanje procesa unutar dimnog stoga posredno moglo dovesti i do pogreške pri procjenama nastanka ozona korištenim u globalnim modelima i najčešće do povećanih vrijednosti od onih stvarnih.

Za razliku od dušičnih oksida, u globalnim modelima najčešće dolazi do nižih procjena omjera miješanja sumpornih oksida od onih stvarnih. To može biti uzrokovano i činjenicom da je oksidacija SO_2 pomoću OH radikala samo manji dio njihove oksidacije,

a ona može biti ograničena nastankom H_2SO_4 tijekom oksidacije. U svakom slučaju, izmjerene koncentracije SO_2 u 'ostarjelom' dimnom stogu značajno su manje od onih očekivanih s obzirom na sadržaj sumpora u gorivu, a prema Eyring i sur. [87] razlog tomu još treba utvrditi.

Istraživanja (npr. [88], [101]) o učincima heterogenih procesa djelomično rastvorljivih čestica ispuštenih iz brodskih energetskih sustava ukazuju na njihov potencijal smanjivanja životnog vijeka dušičnih oksida i nastanka ozona u dimnom stogu, ali samo pri visokim vrijednostima emisija. Stoga se za emisije, npr. čađe, iz brodskih ispuha može reći da imaju zanemarujući utjecaj na heterogene procese u odnosu na, npr., morsku sol ili sulfatne soli. Taj učinak može biti uzrokovan promjenama omjera miješanja dušičnih oksida, ozona i OH radikala u okolišnom zraku. Iz smanjenja koncentracije krutih (nehlapljivih) čestica tijekom 'starenja' dimnog stoga procjenjuje se njegov maksimalni vijek trajanja u dobro izmiješanom morskom graničnom sloju atmosfere na približno 24 sata.

3.1.4. Globalni učinci na atmosferski sastav

Iako postoje istraživanja i studije globalnog modeliranja distribucije i utjecaja onečišćenja, trenutno ne postoji dovoljno eksperimentalnih podataka koji bi potvrdili ili opovrgnuli različite skupine podataka o emisijama proizašle iz takvih istraživanja ili postavljenih modela[38]. Iz dostupnih eksperimentalnih podataka u usporedbi s modelima može se uočiti da su vrijednosti za, npr. dušične okside, najčešće preuveličane, a postojeća istraživanja modela dimnog stoga još nisu postavila nekakav redukcijski faktor koji bi bio primjenjiv u globalnim modelima. Stoga i učinci dodatno stvorenog / raspadnutog ozona uslijed emisija dušičnih oksida iz brodskih ispuha u velikoj mjeri zavise o promjenama njegove ukupne zalihosti u atmosferi. No, njegovo smanjenje znatno je homogenije na globalnoj razini nego li njegovo povećanje što ima sve veći utjecaj na promjenu klime.

Rezultati kemijsko-transportnog modela, [86], ukazuju da pomorski promet utječe s 5-20 % na koncentraciju sulfata koji ne potječu iz morske soli u obalnim područjima i na kopnu, što naglašava važnost njihovog ukjučivanja u studije i izračune koje se bave problematikom kvalitete zraka. Ti rezultati potvrđeni su i u nekim drugima studijama (npr. [48]), dok je utjecaj ostalih aerosola iz pomorskog prometa u toj usporedbi zanemariv, npr. za nitratne aerosoli: 0,1-2,3 % [105].

3.2. Utjecaj ispušnih plinova na zdravlje čovjeka i okoliš

Ukoliko se želi odrediti utjecaj ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava potrebno je ograničiti se na područja u kojima je pomorski promet najintenzivniji, a gotovo 70% pomorskog prometa odvija se u uskom obalnom području (do udaljenosti od 400 km od kraja [56]). Stoga su i obalna područja, a poglavito ona u blizini velikih gradova i luka najčešće i ekološki najopterećenija, jer onečišćenju koje dolazi s kopna doprinosi i onečišćenje iz pomorskog prometa [43]. Kada se pri tom promatra poluzatvoreno more poput Jadranskog, s pomorskim prometom u kontinuiranom porastu, u istraživanjima se njegov utjecaj mora uzeti u obzir.

[38] Opširnije cf.: [44], [48], [49], [55-58], [65], [69], [72], [81], [86], [90-92], [100], [115], [118], [125], [141-142].

3.2.1. Utjecaj na atmosferski sastav u određenom području

Pod istraživanjem utjecaja ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava na atmosferski sastav primarno se podrazumjevaju istraživanja u svezi povećanja koncentracija njegovih štetnih sastojaka koji ispuhom dolaze u atmosferu, a koje kod povećanih razina mogu uzrokovati štetne posljedice na čovjekovo zdravlje i okoliš.

Od najznačajnijih onečišćivača koji na taj način dospijevaju u atmosferu treba istaknuti sljedeće: dušične okside (NO_x = NO + NO_2), sumporne okside (SO_x = SO_2 + SO_3), ugljikove okside[39] (CO, CO_2), ugljikovodike (HC), krute čestice, lakohlapljive organske sastojke – LHOS i ostale brojne mikro i sekundarne onečišćivače (teški metali, poliaromatski ugljikovodici, poliklorirani bifenili, i dr.)

U brodskim energetskim sustavima do stvaranja dušičnih oksida dolazi tijekom procesa izgaranja goriva i to manjim dijelom oksidacijom atomarnog dušika koji se nalazi u gorivu i većim dijelom kao posljedica oksidacije molekularnog dušika iz zraka za izgaranje. No, za njihov nastanak preduvjet su i određeni uvjeti u komori izgaranja (npr. dovoljna količina kisika – optimalni omjer zrak/gorivo, visoka tempeartura – iznad 1200^oC i dovoljni vremenski period za njihov nastanak). Pri tomu primarno nastaje dušični oksid (NO) koji već tijekom prolaska kroz ispušni sustav djelomično (5-10%) oksidira u dušični dioksid (NO_2), a ispuhom u atmosferu nastaje i dušični suboksid (N_2O) fotooksidacijom N_2 putem O_3 uz prisustvo radikala u ograničenim količinama i oslobađanje molekule kisika. Dušični suboksid je inertan u troposferi, dok se u stratosferi razgrađuje direktnom fotolizom u reakciji s atomom O_2. [191]

Sumporni dioksid[40] (SO_2) nastaje uglavnom izgaranjem goriva koja sadrže sumpor, a dijelom i izgarnjem alkalnih ulja za podmazivanje motora [191]. Tijekom procesa potpunog izgaranja dolazi do oksidacije sumpora iz goriva ili alkalnih ulja u SO_2, a nastali SO_2 dalje oksidira u atmosferi u SO_3, te oba u kontaktu s vodom odgovarajuće stvaraju sumporastu (H_2SO_3) ili sumpornu (H_2SO_4) kiselinu čijim neutralizacijama nastaju sulfiti odnosno sulfati. Njihovo uklanjanje iz atmosfere najčešće se odvija putem suhe ili vlažne depozicije ('kisele kiše').

Ugljični dioksid[41] (CO_2) je prirodni sastojak atmosfere koji nastaje prirodnim ciklusima disanja ili tijekom procesa razlaganja organskih tvari, no razvojem industrije i sve većim korištenjem 'fosilnih' goriva očigledan je čovjekov doprinos tim prirodnim procesima, a posljedica je dodatno povećanje njegove koncentracije u atmosferi iz koje se prirodnim putem uklanja kroz proces fotosinteze ili otapanjem u vodi. S gledišta pomorskog prometa na danjašnjoj tehnološkoj razini gdje u energetskim postrojenjima dolazi do potpunog oksidiranja ugljika iz goriva, jedini način smanjenja njegove emisije u atmosferu jest kroz optimizaciju i smanjenje potrošnje goriva ili korištenjem alternativnih izvora energije. Za razliku od ugljičnog dioksida, ugljični monoksid[42] (CO) nastaje pri nepotpunom izgaranju goriva, a ono može biti posljedica lošeg održavanja pogonskih strojeva ili njihovog rada pri niskom opterećenjima. Ipak, na današnjoj razini tehnološkog razvoja pogonskih strojeva njegove emisije u atmosferu iz brodskih energetskih sustava su svedene na gotovo beznačajne vrijednosti (optimizacija i automatizacija vođenja i nadzora procesa izgaranja) [24], [191].

Kao posljedica nepotpunog izgaranja goriva i ulja za podmazivanje iz brodskih energetskih sustava dolazi i do emisija neizgorenih ugljikovodika (CH), ali i različitih

[39] Ugljični monoksid (CO) ili: ugljik (II) – oksid.
Ugljični dioksid (CO_2) ili: ugljik (IV) – oksid.
[40] Sumporni dioksid (SO_2) ili: sumpor (IV) – oksid.
[41] Ugljični dioksid (CO2) ili: ugljik (IV) – oksid.
[42] Ugljični monoksid (CO) ili: ugljik (II) – oksid.

drugih konfiguracija organskih spojeva i krutih čestica[43]. Iako, u vrlo niskim koncentracijama, zbog različite prirode njihovih komponenti dolazi do poteškoća u njihovoj kvantifikaciji jer zavise o uvjetima i parametrima izgaranja (npr. brzini, temperaturi, sadržaju kisika). Njihove emisije, najčešće se percipiraju kroz pojavu dima, njegovu boju ili prozirnost, a za njegovo kvantificiranje koriste se različite metode, npr.: Bosch dimni broj. S.A.E. dimni broj ili Bacharach (A.S.T.M.) dimni broj. Neizgoreni ugljikovodici mogu biti vrlo opasni onečišćivači atmosfere (poglavito npr. aromatski ugljikovodici) jer sudjeluju u tvorbi fotokemijskog smoga, no kod dobro podešenih motora njihovo pojavljivanje je na minimalnoj razini [24], [191].

Lakohlapljivi organski sastojci iz pomorskog prometa, kao i oni iz kopnenih izvora, uključeni su u fotokemijske reakcije koje djeluju na globalnu promjenu klime.

Pod ostalim onečišćivačima podrazumijevaju se organski mirkroonečišćivači (poliaromatski ugljikovodici, dioksini, furani) i teški metali (kadmij - Cd, krom - Cr, bakar - Cu, živa - Hg, nikal - Ni, cink - Zn, olovo - Pb, metaloidni arsen - As i selenij - Se) koji , iako se pojavljuju u tragovima (ppb) dospijećem u atmosferu mogu rezultirati ozbiljnim štetnim učincima. Osim navedenih u ovu skupinu uključeni su i ispuštene pare i plinovi (H_2S, NH_3, HCl), te otapala i benzinski ugljikovodici [101], [191].

Sve ove prethodno navedene tvari kada su izravno ispuštene iz izvora nazivaju se *'primarnim onečišćivačima zraka'*, no njihovim dospijećem u atmosferu, te međusobnim reakcijama i reakcijama sa sastojcima prethodno prisutnima u zraku nastaju novi spojevi tzv. *'sekundarni onečišćivači zraka'* (npr. nitratne ili sulfatne čestice, i dr.) koji imaju različite štetne učinke i na čovjekovo zdravlje i na okoliš [191] .

Na kraju, ipak, sastav i kvaliteta korištenog goriva, te tehnološka razina ugrađenih postrojenja imaju presudnu ulogu u koncentracijama štetnih tvari koje dospijevaju u atmosferu kao posljedica izgaranja fosilnih goriva u brodskim energetskim sustavima.

3.2.2. Utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš

Problemi lokalnog i regionalnog onečišćenja zraka u priobalnom području i lukama s gustim pomorskim prometom očituju se kroz njegov utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliš. No, utjecaj emisija štetnih plinova iz brodskih energetskih sustava koji dovodi do snižavanja kvalitete zraka uslijed atmosferskog transporta onečišćujućih čestica može se osjetiti čak i na udaljenostima od nekoliko stotina kilometara u unutrašnjosti. Taj transportni put posebno se očituje kroz povećane razine ozona, krutih čestica, teških metala, depoziciju sumpornih i dušikovih čestica koje uzrokuju acidifikaciju i/ili eutrofikaciju prirodnih ekosustava i slatkovodnih izvora ugrožavajući sveukupnu bioraznolikost[44].

Ozon je alotropska modifikacija kisika koja se u atmosferi nalazi u vrlo malim količinama, a prirodno nastaje u stratosferi pod utjecajem sunčevog ultraljubičastog zračenja. U tim višim slojevima atmosfere on služi kao zaštitni sloj jer zaustavlja prodiranje do zemljine površine, po ljudsko zdravlje i usjeve, štetnih UV-B zraka (uzrokuju rak kože, manju otpornost na infekcije, manje urode i prinose). No, zbog njegove otrovnosti, povećanje koncentracije u prizemnim slojevima (1 cm^3/m^3) može ugroziti ljudske živote [191].

Sumporni oksidi osim štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje (pri povećanim koncentracijama izazivaju kašalj, gušenje ili oštećenja plućnog tkiva, pa čak i ugrozu života), svojim prisustvom i transformacijama u atmosferi mogu ugroziti vegetaciju ('kisele kiše',

[43] Krute čestice su u literaturi podijeljene prema veličini u dvije skupine: promjera <2,5 μm (oznaka $PM_{2,5}$) i promjera <10 μm (oznaka PM_{10}).

[44] Opširnije o štetnim utjecajima, cf.: [3], [4], [6], [59], [123], [191].

razgradnja klorofila) ili svojim korozivnim djelovanjem oštećuju građevinske i kulturne objekte i ostala stvorena ljudska dobra.

Dušični oksidi djeluju nadražujuće na dišne organe, doprinose acidifikaciji i nastajanju 'kiselih kiša', te eutrofikaciji povećavajući koncentraciju i dostupnost dušika u tlu ugrožavajući na taj način i vegetaciju, a sudjeluju i u stvaranju smoga (reakcija tzv. 'vražjeg kruga'). Povećane koncentracije krutih čestica i teških metala mogu također uzrokovati probleme s disanjem, no mogu se pojaviti i znatno štetniji učini (mutageni, karcinogeni). Pri tom treba istaknuti da teški metali inaktivacijom enzima koji su uključeni u biokemijske procese uzrokuju njihovu inhibiciju, a djeluju u širokom rasponu od smanjenja biološke raznolikosti ekosustava u moru, do pomora riba, te mogu uzrokovati prestanak rada bubrega ili razvoj karcinoma kod ljudi.

Ugljični dioksid je u prirodi normalan sastojak zraka nastao u procesima disanja, asimilacije ili truljenjem vegetacijskog materijala, koji se uravnoteženo uklanja otapanjem u vodi i fotosintezom, no pri potpunom izgaranju u tehnološkim procesima on predstavlja osnovni produkt izgaranja, na čiju se koncentraciju može utjecati jedino smanjenjem potrošnje goriva. U koncentracijama većim od 5% izaziva vrtoglavicu, nesvjesticu, pa čak i smrt [59], [191]. No, potencijalna opasnost od povećanja njegove koncentracije u atmosferi iz tehnoloških izvora (kao doprinos prirodnim ciklusima) proizlazi iz mogućeg utjecaja na promjenu klime (pridonosi 'učinku staklenika' i preko 50%).

Pri nepotpunom izgaranju u tehnološkim sustavima kao produkt izgaranja može nastati ugljični monoksid koji je štetan već u malim koncentracijama - 0.1%, a smrtonosan već iznad 1%. No, na današnjem stupnju tehnološkog razvoja, njegov nastanak pri izgaranju sveden je na neznatne veličine i pojavljuje se tek pri niskim opterećenjima ili kod loše održavanih pogona. Uklanja se oksidacijom u ugljični dioksid, apsorpcijom i biološkim procesima.

Prema nekim istraživačkim studijama [47], emisije štetnih plinova iz brodskih energetskih sustava u usporedbi s izvorima na kopnu, globalno, manje sudjeluju u onečišćenju priobalnog područja s obzirom da se dio pomorskog prometa odvija i na većim udaljenostima od obale. No, u prometno opterećenim priobalnim područjima i većim lukama ta onečišćenja mogu biti dominantni izvor kojeg se ne smije ispustiti pri istraživanju i procjenama njegovog utjecaja koji se prije svega očituje u povećanom broju respiratornih smetnji, pojavi astme, pogoršanju prijašnjih bolesti i povećanim hospitalizacijama, mogućim srčanim i cirkulacijskim smetnjama, a nerijetko i preranom smrtnošću.

3.3. Utjecaj ispušnih plinova na klimu

Osim utjecaja na atmosferski sastav, ljudsko zdravlje i okoliš, ispušni plinovi iz pomorskog prometa utječu i na razvoj naoblake, povećanje prisilnog zračenja[45] i s tim u svezi promjenu temperature i klime.

3.3.1. Utjecaj na razvoj naoblake na globalnoj i regionalnoj razini

Od svih antropogenih izvora, ispušni dimovi iz brodskih energetskih sustava su najuočljivija predodžba utjecaja na stvaranje naoblake, poglavito uzduž najprometnijih pomorskih puteva, što potvrđuju i satelitski snimci predočeni u brojnim istraživanjima (npr. [67], [127]) koja, između ostalog, ukazuju da aerosolne čestice ispuštene iz brodskih

[45] Prisilno zračenje je uobičajena mjera za kvantificiranje klimatskih ujecaja iz različitih izvora, a izražava se u W/m^2. Prema Forster et al. [90] može se uočiti gotovo linearan odnos između prosječnog globalnog prisilnog zračenja i promjene u prosječnoj globalnoj temperaturi.

dimnjaka uzrokuju miješanje plinova unutar oblaka i potencijalno utječu na promjenu veličine njihove refleksije u odnosu na sunčevo zračenje, te aktivno sudjeluju u stvaranju jezgri kondenzacije unutar oblaka. Osim u brodskom ispušnom tragu aerosolne čestice uslijed disperzije mogu utjecati na stavranje naoblake i jezgara kondenzacije i na širem području, no to u znatnoj mjeri zavisi i o mikrofizičkim karakteristikama naoblake u kojoj disperziraju.

Kada je ambijentalna naoblaka kontinentalnog podrijetla (te zbog toga sadrži više jezgara kondenzacije nego morski zrak) tada je ona pod slabijim utjecajem i relativno 'neosjetljiva' na dodatne aerosolne emisije iz brodskih ispuha, dok se u suprotnom može uočiti povećanje koncentracije kapljica s čimbenikom 2, ali i redukcija veličine kapljica čak do 50% [87]. No, brodske emisije mogu povećati koncentracije jezgara kondenzacije u oblacima čak deseterostruko više nego u čistom zraku na razinu od oko 1000 jezgara na cm^3 [69]. Na određenoj atmosferskoj visini ukupna količina vode ravnomjerno je raspoređena unutar oblaka, nezavisno jesu li oni čisti ili onečišćeni, ali će zato voda u onečišćenima biti raspršena u obliku većeg broja manjih kapljica. Budući da je pojava kiše vrlo osjetljiva na početne veličine kapljica u oblacima, manja je vjerojatnost da će doći do okrupnjivanja tih malih kapljica u one veće dostatne za nastanak kišnih padalina, što će, konačno, rezultirati produljenjem 'životnog vijeka' oblaka, a na taj način i njegovom većom reflektivnošću.

Postavljenim simulacijskim modelom [105], uočeno je da se učinak promjena u broju, koncentraciji i veličini aerosolnih čestica zbog brodskih ispuha uglavnom ograničava na niže slojeve troposfere do visine od 1,5 km, što upućuje da su područja koja su često prekrivena niskom naoblakom i najosjetljivija na onečišćenja iz pomorskog prometa, a poglavito uzduž glavnih prometnih pravaca kako na globalnoj tako i na regionalnoj razini.

3.3.2. Brodski 'ispušni trag' i prisilno zračenje

Iznad glavnih pomorskih puteva kao posljedica nakupljanja onečišćujućih čestica i njihovog uzajamnog rasta (poput kondenzacije para sumporne ili sumporaste kiseline na postojećim česticama ili kao posljedica koagulacije) neke čestice iz ispuha mogu akumulirati i povećati svoje dimenzije i na taj način postati dodatni izvor kondenzacijskih jezgara naoblake. Promjene u kemijskoj kompoziciji, veličini i distribuciji uzrokuju povećanje optičke debljine sloja aerosola (sulfata, nitrata, i dr.), što se poglavito očituje u povećanom rasapu dopirućeg sunčevog zračenja.

Emisije onečišćujućih sastojaka u ispušnim plinovima iz pomorskog prometa (CO_2, SO_x, NO_x, i dr.) dovode do promjena atmosferskih koncentracija stakleničkih plinova (CO_2, CH_4, i dr.) i aerosola što uzrokuje pozitivan ili negativan[46] doprinos direktnom 'prisilnom zračenju' i s tim u svezi mogućoj promjeni klime. No, može se uočiti i indirektan doprinos kroz mikrofizičke promjene unutar naoblake. Budući da je CO_2 vrlo prisutan i dobro 'izmješan' stakleнički plin s dugim atmosferskim životnim vijekom (većim od 100 godina), emisije iz pomorskog prometa doprinose 'prisilnom zračenju' jednako kao i ostali izvori. Atmosferski životni vijek sumpornih i dušičnih oksida zantno je kraći (nekoliko dana), a njihovim transformacijama i reakcijama nastaju prethodno navedeni produkti nešto dužeg atmosferskog životnog vijeka (nekoliko dana do nekoliko tjedana), te je sukladno tomu njihov utjecaj na 'prisilno zračenje' poglavito regionalnog značenja i usko je povezan s izvornim distribucijama. Emisije NO_x-a i ozona dovode do povećanja koncentracija hidroksilnih radikala (OH) čime posredno utječu na omjer uklanjanja metana

[46] Pozitivan doprinos 'prisilnom zračenju' znači da određeni onečišćivač povećava razinu prisilnog zračenja, a negatvan doprinos znači da određeni onečišćivač smanjuje razinu prisilnog zračenja, nap.a.

(CH_4) iz atmosfere smanjujući doprinos 'prisilnom zračenju' (uzrokuju negativan doprinos) [87].

U svezi utjecaja onečišćenja iz pomorskog prometa na 'prisilno zračenje', nalazi pokazuju odstupanja, a veličina i točnost korištenih emisijskih inventara kao i korištena metodologija pri njihovoj izradi igra značajnu ulogu u njihovoj reprezentativnosti [44], [105]. No, kao zajednički zaključak može se navesti da je na današnjoj tehnološkoj razini doprinos pomorskog prometa na prisilno zračenje negativan i ne doprinosi njegovom povećanju, no to ni u kojem slučaju ne upućuje na zaključak da će njihov doprinos i ubuduće ostati isti.

3.3.3. Utjecaj na promjene temperature i klimu

Iako su prethodno navedena istraživanja uputila na negativan doprinos pomorskog prometa na prisilno zračenje i s tim u svezi promjenu klime uzrokovane učinkom staklenika odnosno globalnim povišenjem temperature, u njima se rijetko istražuje mogući utjecaj emisija crnih ugljičnih čestica (ugljične aerosoli) iz pomorskog prometa poglavito u odnosu na onečišćenje snježnih i ledenih područja (iako je prosječno godišnje zagrijavanje npr. Arktika 0,5 – 1,6 K [87]).

Provedena istraživanja (npr. [93]) dosadašnjih emisija različitih komponenti ispušnih plinova i njihov utjecaj na prisilno zračenje korisni su za ocjenu utjecaja na današnju promjenu klime, međutim ona se ne mogu direktno koristiti za procjenu utjecaja današnjih emisija na buduću promjenu klime, jer za to ne postoji jedinstven i korektan način, već to zavisi o tomu kako su postavljeni dugoročni ciljevi 'klimatske' politike na globalnoj razini.

Jedan od postavljenih sustava mjerenja potencijala globalnog zagrijavanja definiran je Kyoto Protokolom i zasnovan je na iskazivanju procjene doprinosa zagrijavanju u vremenskom horizontu od 100 godina (engl. global warming potential 100 – GWP_{100}), dok bi se prema drugom prijedlogu procjene mogle mjeriti potencijalom globalnog porasta temperature (engl. global temperature change potential – GTP [129], [130]), a on je namijenjen političkim tijelima i u skladu je s dugoročno postavljenim ciljevima ograničenja porasta Zemljine srednje površinske temperature (npr. u EU je postavljeni cilj njenog zadržavanja ispod 2^oC u odnosu na predindustrijsko razdoblje [87]).

Budući da mnogi ključni sastojci emisija iz pomorskog prometa imaju kratak atmosferski životni vijek pojavljuju se različiti fundamentalni problemi primjene globalnih prosječnih godišnjih sustava mjerenja iako se oni mogu jednostavno izračunati iz simulacijskih modela za različita razdoblja (GWP_{100}, GTP_{20}, GTP_{50}, GTP_{100}). Za emisije sumpornih i dušičnih oksida utvrđeno je da utječu na hlađenje, a u vremenskom intervalu od 50 godina simulacijski modeli pokazuju da će se neutralizirati negativni učinak ekvivalentnih emisija ugljičnog dioksida na zagrijavanje, te da će ukupni utjecaj biti neutralan, [87].

3.4. Mogućnosti smanjenja utjecaja ispušnih plinova

Da bi se postiglo smanjenje onečišćenja postoje različite opcije: od primjene novih tehnoloških rješenja kako za nove tako i za postojeće brodove (npr. ugradnja suvremenih motora s niskim razinama emisija ili modifikacija postojećih sustava kada je moguća) do korištenja alternativnih goriva (npr. LNG). Strategije nadzora emisija za pomorski promet još uvijek globalno nisu u širokoj uporabi izuzev regionalnih područja (ECA područja). Političari koji o njima odlučuju još uvijek nisu postigli konsenzus između mogućih opcija od kojih je jedna zasnovana na tehnološkim rješenjima (npr. obvezujući sustavi redukcije

emisija), a druga na izvedbenim rješenjima koja se temelje na učinkovitosti (npr. zahtjevati razinu kontrole koja se može postići kroz alternativne mjere nadzora; *v. infra 3.4.5.*). Osim navedenog upitno je i da li će regionalno donijeti propisi o smanjenju onečišćenja (npr. ograničenja emisija u lukama) utjecati na promjenu ponašanja i polučiti rezultate na globalnoj razini. Neka od dostupnih rješenja navode se u nastavku, a u načelu se razlikuju dva pristupa [24]:

a) *primarne metode* – odnose se na prostor izgaranja i smanjenje se postiže različitim načinima poboljšavanja procesa izgaranja
b) sekundarne metode – odnose se na ispušne plinove i njihovu naknadnu obradu.

3.4.1. Tehnološke opcije smanjenja emisija NOx-a

Emisije NO_x –a iz brodskih sustava u direktnoj su povezanosti s procesima izgaranja u brodskim dizelskim motorima koji najčešće rade pri niskim okretajima, sa sporim hodom stapa i imaju velike volumene cilindara. Razvojem tehnologije u posljednjih dvadesetak godina izlazna snaga po cilindru brodskih motora je gotovo udvostručena, dok se potrošnja goriva smanjila za gotovo 25% uglavnom kroz povećanje maksimalnih tlakova izgaranja, te poboljšanjima u sustavima nadzora i ubrizgavanja goriva, ispiranju cilindara, turbinama i dr.

Da bi izgaranje bilo učinkovito, gorivo koje se ubrizga u cilindar mora se dobro raspršiti i izmiješati s komprimiranim vrelim zrakom koji se u njemu nalazi kako bi se ostvario čim veći učinak u ekspanzijskom dijelu procesa u kojem se izgaranjem goriva ostvaruju visoke vršne temperature. No, za nastanak NOx-a preduvjet su i određeni uvjeti u komori izgaranja (*v. supra 3.2.1.*). Kod brodskih dizelskih sporookretnih motora vremenski period potreban za njihov nastanak je posebno dug u odnosu na ostale motore, pa zbog toga oni tipično imaju veće emisije dušičnih oksida, a kako je jedan od važnih čimbenika za transformaciju dušika u dušične okside visoka temperatura u komori izgaranja, njeno snižavanje nameće se kao jedan od pristupa pri pokušaju traženja rješenja.

Korištene tehnologije koje se primjenjuju s ciljem smanjenja emisija dušičnih oksida mogu se podijeliti u tri grupe [74], [107]:

1. one koje *zahtjevaju preinake* samih motora; npr. ugradnja poboljšanih rasprskača, promjena tlaka ubrizgavanja, promjena kompresijskog omjera, promjena trenutka ubrizgavanja ili vremena otvorenosti ventila, smanjenje temperature ispirnog zraka koristeći tzv. Miller-ov princip (usisni ventil se zatvara prije no što stap dosegne donju mrtvu točku, nap.a.), i mnoge druge, pa sve do npr. ugradnje dizel-električne propulzije
2. one koje se primjenjuju na sustav goriva ili zraka *prije ulaska u motor*; npr. dodavanje vode u proces izgaranja koja snižava vršne temperature izgaranja (emulzifikacija goriva i vode, ubrizgavanje vode, ovlaživanje ispirnog zraka) ili recirkulacija ispušnih plinova
3. one koje se primjenjuju *na ispušnim sustavima*; npr. selektivna katalitička redukcija[47] koja je trenutno i najučinkovitija metoda smanjenja emisije dušičnih oksida.

3.4.2. Tehnološke opcije smanjenja emisija SOx-a i krutih čestica

Sumporni oksidi kao sastojci u ispušnim plinovima iz pomorskog prometa (koji su jedan od preduvjeta za nastanak aerosoli) nastaju kao produkt oksidacije sumpora koji u

[47] Opširnije cf.: [42], [113].

proces izgaranja ulazi kao neželjeni sastojak u gorivu. Stoga se kao mjera njegovog smanjenja logično nameće ideja ograničenja njegovog sadržaja na ulasku u proces propisujući maksimalni dopušteni sadržaj. No, zbog visoke cijene proizvodnje goriva s niskom udjelom sumpora razamatraju se i druge mogućnosti poput hladnjaka-prečistača (engl. scrubber) koji smanjuju emisije kroz ispiranje ispušnih plinova. To se obično postiže s alkalnim otopinama poput npr. kalcijevog karbonata, natrijevog karbonata ili sodom kaustikom, a reakcije su na primjer sljedeće [24]:

$$Ca\,CO_3 + SO_3 \rightarrow Ca\,SO_4 + CO_2$$
$$Ca\,CO_3 + SO_2 + \tfrac{1}{2}\,O_2 \rightarrow Ca\,SO_4 + CO_2$$

U ovom primjeru, kalcijev karbonat se koristi kao 'deterdžent' i reagira s SO_2/SO_3 pri čemu nastaje kalcijev sulfat (kolokvijalni nazivi: sadra ili gips).

Tehnologija uporabe hladnjaka-prečistača zaokuplja sve veću pozornost kao alternativna metoda za sprječavanje onečišćenja sumpornim dioksidom, a zbog prirodne alkalnosti morske vode i visokog prethodnog sadržaja sumpora u njoj, ona se nameće kao jedna od dostupnih i troškovno pristupačnih opcija s učinkovitosti od 65 do 94 % (uz mogućnost održivog ostvarenja od 75-80 % čak i uz sadašnje parametre u sustavima [87]).

Sustavi za odvajanje (prečišćavanje) krutih čestica sadržanih u ispušnim plinovima obično sakupljaju čestice s ciljem njihovog naknadnog izgaranja, a pri tom se u zavisnosti od tehnološkog rješenja može, ali i ne mora, koristiti katalizator. Kod cestovnih vozila njihova je učinkovitost od 80 do 90 %. Uporaba dizelskog oksidacijskog katalizatora koji je dizajniran za pretvorbu krutih čestica koje sadrže ugljikovodike u tekućem obliku ili topivih organskih frakcija kroz dodatnu oksidaciju nakon izgaranja pokazuje da je njegova učinkovitost u zavisnosti o ukupno emitiranim česticama koje mogu biti oksidirane, a za cestovna vozila ona iznosi od 20 do 50 % dok je pri primjeni u pomorstvu ona na razini 10 – 30 % [87].

3.4.3. Alternativna goriva

Teško ostatno gorivo, uz mnoge prednosti i nedostatke, ali prije svega zbog svoje najpristupačnije cijene, u najčešćoj je uporabi kao pogonsko gorivo za sporookretne brodske dizelske motore, te se sva ostala goriva koja se mogu koristiti smatraju alternativnima gorivima koji uključuju: niskosumporna ostatna goriva, destilirana goriva ili njihove mješavine, plinovita goriva (npr. LNG, LPG, vodik), biljna ulja (sojino, palmino, kokosovo - namijenjena prvenstveno za manje pogone), bio-dizel (dobiven iz obnovljivih izvora i definiran kao monoalkilni ester dugolančanih masnih kiselina). No, osim alternativnih goriva za uporabu u postojećim i novim brodskim postrojenjima, provode se i istraživanja mogućih alternativnih izvora energije poput korištenja sunčeve energije ili vjetra.

Ipak, korištenje alternativnih goriva u pomorstvu u svrhu smanjenja onečišćenja iz pomorskog prometa nametnulo je raspravu o ukupnom djelovanju na okoliš, poglavito o utjecaju koji se ostvaruje kroz kumulativan doprinos onog dijela onečišćenja koji je uzrokovan proizvodnjom tih goriva. Stoga, razumijevanje stvarnih emisija iz pomorskog prometa zahtijeva analizu cjelokupnog ciklusa goriva od njegove ekstrakcije u obliku sirove nafte, pa sve do krajne uporabe prerađenog goriva na brodu jer svaka od faza prerade doprinosi ukupnom onečišćenju, a prije svega to se odnosi na onaj dio izgaranja goriva koji se koristi za dobivanje potrebne energije kako bi se sama prerada izvršila, te onaj dio koji se pri tom izgubi a da nije korišten za izgaranje (različite emisije usljed propuštanja npr. cjevovoda ili ispareni dio pri transportu i skladištenju). Jedan od pristupa za usporedbu tih višestupnjevitih energetskih i emisijskih ciklusa jest u obliku: „Modela

ukupne energetske i emisijske analize za pomorske sustave“ [60], [148]. Taj model uključuje sve faze 'od bušotine do broda' uzduž puta goriva: ekstrakciju, procesiranje, distribuciju i korištenje na brodu. Međutim. taj model ne analizira ukupni utjecaj, već vrši direktnu procjenu emisija za različite faze u ciklusu goriva, te se emisije mogu geografski locirati omogućujući procjenu regionalnih utjecaja u zavisnosti o tamošnjim ekološkim i društvenim uvjetima.

3.4.4. Smanjenje potrošnje goriva i emisije CO_2

Smanjenje potrošnje goriva i posljedično emisije CO_2 može se postići kroz različite oblike optimizacije izvedbe samog broda – *tehnološka rješenja*, ali i poboljšanjem organizacijske strukture brodarskih kompanija, te usklađivanjem aktivnosti uzduž cjelokupnog pomorskog transportnog sustava – *organizacijska rješenja* [122].

Optimiziranje vođenja broda kroz planiranje putovanja u kojem će se uzeti u obzir kodeks sigurnog upravljanja (ISM), utjecaj vremenskih prilika koje su na putu očekuju ili prilagodba brzine i uzdužnog nagiba broda u skladu s morskim strujama uzduž puta, imaju izravan doprinos smanjenju potrošnje goriva i mnogi brodari to već odavno primjenjuju u praksi. No, osim navedenog, optimiziranje cjelokupnog transportnog sustava (suradnja s dobavljačima tereta, unajmljivačima ili agentima i sl.) polučuje dodatnim pozitivnim učincima na smanjenje emisija na globalnoj razini. Najznačajniji učinak koji takvi oblici optimizacije proizvode, a ujedno je i motivirajući za sve sudionike pomorskog transporta (osim onih koji sustav opskrbljuju gorivom, nap.a.) jest u smanjenju troškova za utrošeno gorivo koje je jedna od najopterećujućih stavki u ukupnim troškovima transporta.

Tehnološke opcije u svrhu smanjenja potrošnje, za razliku od organizacijskih, brodarima uzrokuju i povećane troškove, s obzirom da je većina njih povezana s određenim modifikacijama za postojeće brodove ili s promjenama u konstrukcijama novih brodova (koje su uglavnom jednostavnije provedive jer se mogu unijeti još u fazi dizajniranja). Na primjer, optimiziranje izvedbe brodskog trupa, kormila i brodskog vijka imaju značajan učinak na smanjenje potrošnje goriva čak do 30 % [98]. No, kako nove tehnologije imaju i višu početnu cijenu njihov je financijski učinak značajan. Ipak, ulogu u smanjenju potrošnje može ostvariti kako brodar tako i njegova posada ispravnim održavanjem broda i svih njegovih sustava.

Razmatrajući moguću primjenu novih tehnoloških rješenja mogu se navesti i pokušaji primjena gorivih ćelija - za sada uglavnom na manjim plovilima, ili uporaba snage vjetra kroz primjenu nekih oblika vjetroturbina ili kroz 'tradicionalnu' uporabu jedara, te korištenje sunčeve energije kroz uporabu za sada još uvijek prilično skupih solarnih panela. U svakom slučaju, svi ti pokušaji su još uvijek na demonstracijskoj razini i nisu ušli u širu primjenu, no istraživanjima u budućnosti to se može i promijeniti.

3.4.5. Strategije smanjenja emisija i politički instrumenti

Zbog povećanog zanimanja i sve većih zahtjeva za smanjenjem onečišćenja iz brodskih energetskih sustava i lučkih operacija pomorstvo je zadobilo povećanu pozornost u međunarodnim okvrima. No, buduće emisije pod izravnim su utjecajem primjene mjera za njihov nadzor. Politički instrumenti za dostizanje postavljenih ciljeva u svezi zaštite mora i morskog okoliša mogu se razvrstati u dvije skupine:

- pristup kroz *zahtjeve i nadzor*
- pristup kroz *tržišno zasnovane mjere* ili *inicijativno zasnovane mjere*.

Mjere zasnovane na *zahtjevima i nadzoru* postavljene su kako bi se količinskim ograničavanjem postiglo smanjenje ispuštanja na izvorima onečišćenja odnosno postavili

jedoznačni standardni zahtjevi za upravljanje s emisijama. Za razliku od navedenog, *tržišno zasnovane mjere* koriste drugačiji pristup i usmjerene su ka iskorištavnju tržišnih mehanizama i ekonomskih inicijativa (financijske olakšice i/ili poticaji) kako bi se stimuliralo željeno ponašanje.

Iako oba pristupa imaju za cilj smanjenje onečišćenja, oni u početku nisu polučivali razultate jer su brodovalasnici kroz svoje troškovno-korisne analize uočavali da njihovo izlaganje povećanim troškovima (zbog npr. ugradnje određenog sustava za sprječavanje onečišćenja) nije odgovarajuće vrednovano u odnosu na one brodovalsnike koji to nisu učinili što je utjecalo na smanjenje njihove dobiti. Ipak, u novije vrijeme pokazuje se da direktne i indirektne inicijative polučuju rezultate, posebno u smislu ulaganja u opremu za sprječavanje onečišćenja.

Postoje različiti regulatorni modeli i instrumenti stimulacije, no najčešće su oni zasnovani ili na *tehnološkim* rješenjima ili na *izvedbenim* rješenjima. Tehnološka rješenja odnose se na definiranje metode, odnosno postavljene zahtjeve koji se moraju ostvariti uporabom određenog tehnološkog rješenja koje omogućava ostvarenje postavljene norme, dok su izvedbena rješenja takva da postavljaju tek zahtjeve na razine dopuštenih emisija, a primjena tehnologije ili metode je na izboru brodovlasnika. Najjednostavniji primjer *izvedbenog* rješenja su postavljeni limiti na sadržaj sumpora u ispušnim plinovima iz brodskih energetskih sustava prema Prilogu VI MARPOL-a 73/78, gdje brodovlasnik ima na izbor ili uporabu goriva s niskim udjelom sumpora ili može ugraditi opremu za pročišćavanje koja će osigurati da se u ispuhu neće premašiti dopuštena razina.

Raspon tržišno zasnovanih mjera prilično je širok i donositeljima političkih odluka dostupni su različiti 'instrumenti i alati' od uvođenja tzv. 'ekoloških' taksi ili 'financijskih kaznenih mjera' za onečišćivače, preko dopuštenja ili zabrana sudjelovanja na određenom tržištu, pa do različitih poticaja i stimulacija na državnoj razini, a sve to u smislu promjene ponašanja sudionika iz onog od nebrige prema okolišu ka onom koji će kroz poticajnu strukturu ostvariti motiv za onečišćivače.

Može se pretpostaviti da bi tržišno zasnovane mjere, ako bi bile dobro dizajnirane, u konačnici dale bolje rezultate od onih zasnovanih na postavljenim zahtjevima i nadzoru jer se ove potonje usmjerene ka smanjenju troškova, dok su tržišno zasnovane usmjerene i ka smanjenju troškova, ali i ka primjeni inovativnih rješenja. Na taj način tržišno zasnovane mjere podupiru nastojanja za pronalaženjem i primjenom inovativnih tehnoloških rješenja koja će omogućiti brodovlasnicima, ne samo zadovoljenje postavljenih normi, već i povećati njihovu konkurentnost na tržištu i ukupni prihod, a to znači da se takvim pristupom mogu ostvariti smanjenja onečišćenja čak i više od onih određenih postavljenim limitima.

Zato, tržišno zasnovane mjere imaju dobru podršku u međunarodnom pomorskom okruženju kroz uvođenja 'taksi u zaštiti okoliša', provođenja indeksacije brodova i diferencijaciju tonažnih taksi prema utjecaju na okloiš (npr. tzv. 'zelena taksa') ili kroz uspostavljanje 'tržišta emisijama' (npr., EU ETS – engl. EU emission trading scheme – EU shema trgovanja emisijama) (*v. infra 6.3.3.*).

3.5. Procjene budućih utjecaja

Procjene budućih utjecaja emisija provode se primjenom računalnih modela i različitih scenarija za određeno buduće razdoblje (npr. do 2030. ili do 2050. godine) u koje se unose izmjereni i statistički obrađeni podaci o dosadašnjim emisijama prikupljeni kroz različite istraživačke studije, te uzimaju u obzir postavljena ograničenja na međunarodnoj razini u svezi sprječavanja onečišćenja kako bi se dobili rezultati i projekcije budućih događanja. Za različito postavljene scenarije i rezultati su različiti, no oni mogu pomoći pri

donošenju strateških političkih odluka u svezi sprječavanja i smanjenja daljnjeg onečišćenja.

3.5.1. Promjene odnosa udjela emisija iz izvora na kopnu i pomorskog prometa

Prema Eyring i sur. [87], učinkovitost nastanka ozona kao posljedica emisija dušikovih oksida iz pomorskog prometa smanjuje se s povećanjem njegovih kopnenih koncentracija i magnitudom emisija, te se stoga očekuje da će utjecaj pomorskog prometa biti u zavisnosti o kopnenim emisijama. Sličan nelinearan utjecaj dušikovih oksida iz pomorskog prometa uočljiv je i kod koncentracija OH radikala i posljedično životnog vijeka metana u atmosferi. Prema Cofala i sur. [47], emisije sumpora iz pomorskog prometa sudjeluju s udjelom 10-20% u kopnenoj depoziciji sumpora u Europskom priobalnom području, a procjenjuje se da će se do 2020. godine taj utjecaj povećati na više od 30% u odnosu na početni scenario, a na nekim priobalnim područjima čak i više od 50%.

Ukoliko zakonodavstvene odluke i propisi na kopnu budu rezultirali smanjenjem emisija iz izvora na kopnu, utjecaj pomorskog prometa na globalnoj razini biti će sve veći, poglavito uzimajući u obzir njegov kontinuirani porast. Stoga se postavljanjem ograničenja na emisije štetnih plinova iz pomorskog prometa taj utjecaj želi čim više umanjiti.

3.5.2. Procjena utjecaja uslijed moguće promjene klime i plovnih puteva

Utjecaj emisija iz pomorskog prometa mogao bi se promijeniti uslijed moguće promjene klime i s time u svezi, promjene plovnih puteva. Pri tom se poglavito istražuju mogućnosti i potencijali eventualnog otvaranja tzv. 'sjeverne morske rute' kroz Barentsovo more između Europe i područja sjevernog Tihog oceana. No, kao posljedica promjene klime razmatraju se i mogućnosti povećanja razine mora uslijed topljenja i smanjenja ledenog područja na polovima, što za posljedicu može imati i promjene u lokacijama i količini ribljeg fonda na određenim područjima. Sve to može utjecati na promjenu dosadašnjeg stanja skladišta emisija iz pomorskog prometa, no za sada takvi scenariji još nisu provedeni.

Jedno od najpogođenijih područja je Arktik gdje je zabilježeno prosječno povećanje temperature u gotovo dvostrukom iznosu u odnosu na prosječna povećanja na ostalim dijelovima Zemljine površine što je za posljedicu imalo smanjenje ledenog pokrivača (poglavito u ljetnom periodu) čime se doista otvara mogućnost prisustva ljudskih aktivnosti od kojih su primarne: pomorski promet te crpljenje plina i nafte[48]. Iako su gospodarske aktivnosti poput pomorskog prometa u tom području postojale i ranije on je bio ograničen na vrlo kratak period tijekom godine kada je bio moguć. No, smanjenje debljine leda omogućilo bi održavanje plovnih puteva otvorenim kroz duži period tijekom godine, a zbog komercijalne isplativosti (smanjenje trajanja putovanja od gotovo 50% u odnosu na današnje rute [92]) brodari bi intenzvnije koristili novoovoreni plovni put, te bi se početno vrlo niske emisije posljedično povećale.

Povećanje intenziteta pomorskog prometa u arktičkom području uzrokovati će smanjenje emisija uzduž dosad korištenih ruta koje su u ekološkom smislu zapravo mnogo manje osjetljive od Arktika, stoga se očekuje da će globalne štete uzrokovane takvim pomakom biti znatno veće, a promjene će se odraziti i na obrazac dalekosežnog transporta onečišćivača atmosfere. Osim toga, depozicija neizgorenih crnih ugljičnih čestica (engl.

[48] Opširnije cf.: [100], [128].

black carbon) iz ispušnih plinova brodskih energetskih sustava na svjetlom ledenom pokrivaču može dodatno pojačati učinak globalnog zagrijavanja i promjene klime.

Globalno povećanje temperature atmosfere uzrokovati će i povećanje temperature mora, a posljedično topljenje leda promjenu saliniteta što će dovesti i do promjena u rastu algi i količinama planktona, te na taj način i pomaka u lokacijama i razmnožavanju ribljeg fonda, pa tako i promjenu lokacije ribljeg izlova. Ipak, svi navedeni scenariji su još uvijek hipotetski, a vjerojatnosti njihovog ostvarivanja, za sada još nisu procjenjene.

4. METODOLOGIJA PROCJENE EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU

Kao rezultat dosadašnjeg istraživanja objavljeni su nalazi različitih znanstveno-istraživačkih studija[49] u kojima su izračunati emisijski faktori štetnih plinova iz brodskih energetskih postrojenja kako bi se omogućila i pojednostavila procjena i kvantifikacija njihovog utjecaja i udjela u ukupnom onečišćenju atmosfere. Takva istraživanja uglavnom se mogu podijeliti u dvije skupine: ona koje su provedene na osnovi stvarno prikupljenih podataka s brodova i ona koje se temelje na prikupljanju podataka iz drugih izvješća i dostupnih baza podataka koji su potom objedinjeni i korišteni pri izračunima i procjeni.

4.1. Čimbenici koji utječu na emisije iz brodskih energetskih postrojenja

Istraživanja provedena na osnovi stvarno prikupljenih podataka s brodova rezultirala su pouzdanim čimbenicima emisije, no isključivo za promatrane ili njima vrlo slične slučajeve. Druga skupina istraživanja provedenih na temelju prikupljanja podataka iz različitih izvora (npr. dostupnih baza podataka ili prethodno provedenih istraživanja) donose sveobuhvatnije čimbenike emisije objedinjujući ih po skupinama za različite početne uvjete uz prihvatljivu pouzdanost. Kao izvori, pri prikupljanju podataka i usporedbi emisijskih čimbenika, najčešće se koriste baze podataka proizvođača motora (npr. Man B&W, Wärtsilä, itd.) ili prethodno provedena istraživanja (Lloyd's Register, Techne, EPA, IVL, Entec, IMO i sl.).

Proizvođači motora imaju točne podatke o motoru dobivene tijekom ispitivanja na probnom stolu i nakon ugrađivanja na brod tijekom probnih vožnji. No, tijekom eksploatacije obično dolazi do promjena u vrijednostima zbog niza vanjskih utjecaja (vremenski uvjeti, utjecaj morskih struja, održavanje samog broda i pogona i sl.) koji utječu na pouzdanost takvih podataka u procjeni. Zbog toga se u metodologijama procjene emisijskih čimbenika najčešće koriste upravo baze podataka iz kojih se prema postavljenim pretpostavkama statistički obrađuju podaci i na temelju dobivenih rezultata određuju se emisijski ćimbenici koji se potom koriste pri procjeni emisije štetnih plinova iz brodskih energetskih postrojenja.

Sva istraživanja koja su provedena na temelju prikupljanja podataka iz različitih dostupnih baza polaze od nekih osnovnih pretpostavki i procjena o karakteristikama brodova, gorivu koje koriste, načinu njihove plovidbe (plovidba, manevriranje ili boravak u luci) i njenom trajanju. Izračunati / izmjereni emisijski čimbenici zasnovani su na tipu korištenog goriva i predstavljaju konverzijsku vrijednost utrošenog goriva prema nastalim ispušnim plinovima zbog čega se u studijama utvrđuje i moguće odstupanje, te neizvjesnost statističkog izračuna. Na toj osnovi se kao glavni čimbenici koji utječu na emisiju ističu: vrsta energetskog postrojenja (npr. glavni dizelski motor, pomoćni dizelski motori, kotlovi, inceneratori i sl.), vrsta goriva koje se koristi, veličina motora, njegovo godište proizvodnje i izlazna snaga. Prikaz emisijskih čimbenika može se pronaći u dva oblika koji se temelje na dva različita odnosa:

a) onaj koji je zasnovan na odnosu nastale količine štetnog plina u ispuhu i utrošenog goriva i prikazan je kao omjer mase u kilogramima nastalog štetnog plina prema toni utrošenog goriva ($kg_{šp}/t_g$)

[49] Opširnije o istraživanjima, njihovim rezultatima i prijedlozima rješenja, cf.: [45-53], [55-58], [60], [63-65], [67-69], [71-78], [80-83], [85-88], [91-94], [97-98], [100-101], [105-107], [110-112], [115-116], [118-120], [125-127], [129-132], [135-137], [140-142], [148], [163].

b) onaj koji je zasnovan na odnosu nastale količine štetnog plina prema snazi energetskog postrojenja i prikazan je kao omjer mase u gramima nastalog štetnog plina prema jedinici ugrađene snage postrojenja ($g_{šp}$/kW).

Najčešće korištene studije pri kvantifikaciji emisije štetnih plinova iz brodskih energetskih postrojenja opisane su u nastavku, a potom su prikazane i korištene metodologije procjene. Kao izvor podataka o brodovima najčešće je u uporabi baza podataka Lloyd-ove pomorske informacijske jedinice (LMIU).

Iako se u rezultatima istraživnja mogu pronaći izračuni emisijskih čimbenika, kao i procjene ukupnih emisija iz brodskih energetskih postrojenja za različita svjetska područja, njihova primjena na primjeru nekog stvarnog broda se rijetko susreće. Primjena predloženih metodologija na starije brodove, poglavito one prije 1990. godine, a koji će i dalje ploviti do kraja svog životnog vijeka, kao i usporedba dobivenih rezultata s novijim brodovima nije uočena, te je stoga obrađena u ovom radu kao *'studija slučaja' (v. infra 4.3.2.)*.

4.1.1. Vrsta strojeva

Za brodska energetska postrojenja promatrana u smislu opskrbe energijom može se reći da su samodostatna i osiguravaju sve potrebe broda pri svim aktivnostima. Iz toga su svakako isključeni rijetki slučajevi kada je brod priključen na izvore napajanja s kopna (npr. kad je brod u doku ili u novije vrijeme, ako je dostupan visokonaponski izvor napajanja s kraja za vrijeme boravka u luci). Kao izvori emisija uzrokovanih izgaranjem[50] goriva na brodu najčešće se navode:

- glavni pogonski strojevi koji se koriste za propulziju broda, a mogu im se pridodati osovinski generatori (za proizvodnju električne energije u plovidbi umjesto pomoćnih motora), te kotlovi na ispušne plinove (za iskorištavanje otpadne topline ispušnih plinova u svrhu proizvodnje pare za grijanje). Pogonski strojevi su uglavnom 2-taktni ili 4-taktni, sporookretni[51] ili srednjeokretni (uz iznimku pogona plinskom ili parnom turbinom) i direktno povezani na propelersku/e osovinu/e (uz iznimku dizel električne propulzije kad pogone generatore koji proizvode električnu energiju za elektormotore koji pogone propelerske osovine), te su zaustavljeni za vrijeme boravka u luci (uzimajući u obzir iznimku za tankere koji, ponekad, mogu koristiti glavni pogonski stroj za operacije ukrcaja i iskrcaja tereta)
- pomoćni motori koriste se za pogon generatora struje koja služi za napajanje svih električnih uređaja na brodu (pumpe, dizalice, rasvjeta, ventilacija, itd.), a najčešće su 4-taktni dizelski srednjeokretni ili brzookretni motori (uz iznimku turbogeneratora). Kada na brodu postoji osovinski generator, pomoćni motori su u plovidbi najčešće zaustavljeni, a u radu su u manovri i za vrijeme boravka u luci
- generatori za nuždu koji se koriste u slučajevima 'raspada' energetskog sustava broda ili u drugim slučajevima kada iz nekog razloga nije dostupna opskrba električnom energijom od pomoćnih motora (generatora); pogonjeni su obično 4-taktnim dizelskim brzookretnim ili srednjeokretnim motorima, a napajaju najčešće samo nužne potrošače (npr. pumpe kormila, protupožarnu pumpu za nuždu i sl.)
- loživi kotlovi za proizvodnju pare za grijanje (ili pare za parnu turbinu ako je u uporabi), a mogu biti povezani s kotlovima na ispušne plinove (npr. ako se radi o

[50] Iako postoje i značajne emisije lakohlapljivih organskih sastojaka – LHOS, pri ukrcaju ili iskrcaju nafte na tankerima, one nisu uključene u ovim studijama, nap.a.

[51] Broj okretaja na osovini: Sporookretni : 60 – 300 min^{-1}; Srednjeokretni: 300 – 1000 min^{-1}; brzookretni: > 1000 min^{-1}, [73].

pomoćnim brodskim kotlovima), te se u manovri i za vrijeme boravka u luci uključuju povremeno

- inceneratori za spaljivanje brodskog otpada i otpadnog ulja koji se koriste povremeno i uglavnom su ugrađeni smo na velikim prekooceanskim brodovima.

Iako svi navedeni izvori imaju svoj utjecaj na ukupnu emisiju štetnih plinova s brodova, emisije iz kotlova (osim kod propulzije s parnim turbinama), inceneratora ili generatora za nuždu smatraju se zanemarivima u odnosu na emisije iz glavnih i pomoćnih motora, te su kao takve izostavljene u studijama i procjenama.

Kao pogonski motori na velikim brodovima najzastupljeniji su sporookretni i srednjeokretni motori, a kao pomoćni motori najčešće su u uporabi srednjeokretni i brzookretni. Parne turbine koje imaju relativno nisku efikasnost posljedično su zamijenjene dizelskim motorima koji su ujedno i jednostavniji za održavanje.

Emisije CO_2 i SO_x –a direktno su u svezi s korištenim gorivom, dok su emisije NO_x –a posebno ovisne o procesu izgaranja (odnosno tipu motora). Kod sporookretnih motora u procesu izgaranja duže je vrijeme trajanja visokih temperatura u cilindru što daje veću termičku učinkovitost, ali omogućuje i duži period za fiksaciju dušika u NO_x pri izgaranju[52]. Stoga se i nova pravila u IMO tehničkom kodeksu o dopuštenim NO_x emisijama [17], razvrstavaju upravo prema brzini okretanja motora.

4.1.2. Vrste goriva

Na brodovima se za energetske sustave koriste različite vrste goriva primarno klasificirane prema viskozitetu na: 'destilirana' (engl. 'marine distillates') i 'ostatna'[53] (engl. 'residual') goriva. Brodska destilirana goriva mogu se dalje podijeliti na brodska plinska ulja (engl. 'marine gas oil' – MGO) i brodski dizel (engl. 'marine diesel oil' - MDO)[54].

Brodska goriva razvrstana su prema međunarodnim standardima ISO 8217, no zbog utjecaja velikih kompanija u označavanju postoji jako monogo različitosti i u uporabi su različiti standardi (npr. ASTM – engl. American Society for Testing Material; BSS – engl. British Standard specification; DIN – njem. Deutsche Industrie Normen). Za usporedbu, može se navesti da brodska destilirana goriva imaju gustoću od 890 do 920 kg/m^3 na 15^{o}C, a teška goriva (miješana i ostatna) od 975 do 1050 kg/m^3 [34].

U studijama koje se navode u nastavku, procijenjeni su emisijski čimbenici koji su u direktnoj zavisnosti o korištenom gorivu, jer emisije CO_2 zavise o sadržaju ugljika (obično se koristi 86,5%-tni udio), a SO_x –a, zavise o sadržaju sumpora u gorivu (za destilirana goriva uzeta je vrijednost od 0.5%, a za ostatna od 2.7% masenog udjela). Osim navedenog mogu se postaviti korelacije i između sadržaja organskog dušika, vodika, cetanskog broja, udjelu vode ili npr. pepela.

4.1.3. Veličina pogonskog stroja, godina proizvodnje, njegovo stanje i izlazna snaga

Općenito, podaci o emisijama iz studija ukazuju da je teško odrediti korelaciju između veličine pogonskog stroja, godišta proizvodnje, njegovog stanja i izlazne snage, pa bi takve usporedbe rezultirale značajnom nesigurnošću u procjenama.

Specifične emisije u cijelom rasponu izlaznih snaga, bez obzira na veličinu motora, zapravo variraju u zavisnosti o promatranom onečišćivaču. Tako, na primjer, emisije SO_2 i CO_2 slijede krivulju specifične potrošnje goriva koja ostaje ujednačena kroz raspon snage,

[52] Opširnije o izgaranju cf.: [24], [34].
[53] Iako se u studijama koristi naziv 'ostatna' u literaturi je podjela obično izvršena na destilirana (MGO/MDO) i teška goriva (miješana i ostatna) [34], nap.a.
[54] Opširnije o podjeli u istraživanjima cf.: [73].

no pokazuje tendenciju minimuma kod rada na dizajniranim operacijskim opterećenjima (npr. 80% maksimalne trajne snage). Specifične emisije ugljikovodika, krutih čestica i ugljičnog monoksida pokazuju povećane razine kod niskih opterećenja, posebno nakon 'hladnog' upućivanja.

4.1.4. Primjena metoda za sprječavanje onečišćenja emisijama iz brodskih energetskih postrojenja

U istraživanjima provedenim prije 2000. godine takva primjena metoda za sprječavanje onečišćenja nije niti spominjana jer se one tada nisu niti koristile. Tek se u studijama nakon 2000. godine počinju navoditi korekcije u izračunima emisija uzimajući u obzir uvođenje metoda za sprječavanje onečišćenja emisijama iz brodskih energetskih postrojenja (npr. [52]).

Nakon stupanja na snagu Priloga VI Marpol 73/78 konvencije dolazi do značajnijih istraživanja i postupnog uvođenja tehnoloških rješenja u svezi sprječavanja onečišćenja zraka iz brodskih energetskih postrojenja. Koriste se različite metode kao npr.: uporaba hladnjaka-prečistača za odvajanje sumpornih oksida i krutih čestica[55] ili primarne i sekundarne metode smanjenja emisija NO_x –a iz dizelskih motora (npr. *primarne*: hlađenje ispirnog zraka i Millerovo superpunjenje, odgođeno ubrizgavanje, dodavanje vode, emulzija i direktno ubrizgavanje, recirkulacija ispušnih plinova; *sekundarne* – naknadna obrada ispušnih plinova: selektivna katalitička redukcija[56]).

S obzirom na sve strožije kriterije u svezi sprječavanja onečišćenja zraka iz brodskih energetskih postrojenja za očekivati je da će navedene metode biti ugrađene kao standardna oprema brodskih motora, bez obzira na njihovu trenutno visoku cijenu, a metodologije procjene emisija morati će predvidjeti i uključiti odgovarajuće korekcije za svaki pojedinačni slučaj.

4.2. Izvori podataka i pregled metodologija o emisijama iz brodskih energetskih postrojenja

Dostupna istraživanja (*v. supra pozivna bilješka 49. na str. 47.*) provedena su u najrazvijenijim gospodarstvima na globalnoj razini čije su zemlje i najopterećenije emisijama štetnih plinova koje ugrožavaju njihov okoliš i kvalitetu življenja u njima kako bi se utvrdio pojedinačni utjecaj štetnih emisija iz različitih segmenata tih gospodarstava i odredile adekvatne mjere sprječavanja daljnjeg onečišćenja. Nakon dugogodišnjeg mjerenja i donešenih propisa u svezi sprječavanja onečišćenja iz izvora na kopnu (industrijska postrojenja, kopneni prijevoz, poljoprivreda, itd.) uočena je potreba za donošenjem propisa koji se odnose na prijevoz morem i unutarnjim kopnenim vodama koji su potom provedeni usvajanjem Priloga VI - MARPOL 73/78 konvencije. Iako su pravila o sprječavanju onečišćenja donesena u nekim razvijenim zemljama i prije stupanja na snagu Priloga VI (npr. SAD – Kalifornija) treba naglasiti da su uključivanjem Međunarodne pomorske organizacije (IMO-a) ona postala važeća na međunarodnoj razini.

Za donošenje propisa, a potom i određivanje dopuštenih granica kako bi se smanjilo ukupno onečišćenje atmosfere, trebalo je procijeniti količine emisija iz brodskih energetskih postrojenja. Na osnovi najčešće citiranih studija koje su prikazane u nastavku

[55] Iako se ispituju različite metode uklanjanja sumpornih oksida iz ispušnih plinova, najprihvatljivija metoda za reduciranje sumpora u ispušnim plinovima je zapravo reduciranje udjela sumpora u samom gorivu, pa su s tim u skladu i donesene odredbe Priloga VI Marpola 73/78 o dopuštenim granicama sumpora u gorivu, nap.a.
[56] Vidjeti više u: Tireli 2005. [34], Bernečić i Radonja, 2011. [42].

rada, postavljene su metodologije za procjenu emisija koje su definirale emisijske čimbenike potom korištene za izračun u samoj procjeni.

4.2.1. Emisijski čimbenici Inženjerskog servisa Lloyd's Registra

Inženjerski servis Lloyd's Registra (engl. Lloyd's Register Engineering Service) proveo je niz istraživanja na brodovima u razdoblju od 1990. do 1995. godine čiji rezultati i danas predstavljaju najčešće korišteni izvor podataka pri izradi studija i utvrđivanju onečišćenja s brodova[57] [106]. Procedure mjerenja zasnovane su na standardnim procedurama Američke agencije za zaštitu okoliša, a u istraživanju su izmjereni i utvrđeni emisijski čimbenici iz brodskih motora za dušične okside (NOx), ugljični monoksid (CO), ugljikovodike (HC), ugljični dioksid (CO_2), sumorni dioksid (SO_2) i krute čestice (PM) [77]. Baza dobivenih podataka karakterizirana je:

- podijelom brodova po tipu (ro-ro, tankeri, za prijevoz kontejnera, za prijevoz rasutog tereta, za iskope, za tegljenje)
- razvrstavanjem ugrađenih motora na glavne i pomoćne koji su dodatno podijeljeni na sporookretne, srednjeokretne i brzookretne
- specifikacijom korištenog goriva (teško gorivo - HFO, srednje teško gorivo - IFO, lako teško gorivo - LFO, plinsko ulje – GO)
- brojem različitih mjerenja pojedinih onečišćivača (NOx, SO_2, CO_2, HC, PM)
- izmjerenim emisijskim čimbenicima za ustaljeno stanje pogona odnosno za opterećenje od 85% MTS-a (maksimalna trajna snaga). (Tablice 7. i 8.).

Tablica 7. *Emisijski čimbenici Inženjerskog servisa Lloyd's Registra u g/kWh i kg/t goriva za dizelske motore(1995.)[73]*

	NOx	NOx	CO	HC	CO_2	SO_2	PM	PM
	Sporookretni	Srednjeokretni					Teško gorivo *(FO)*	Plinsko ulje *(GO)*
Ustaljeno stanje pogona								
Kg/t_g	87	57	7,4	2,4	3170	20xS%*	7,6	1,2
g/kWh	17	12	1,6	0,5	660	4,2xS%	1,5	0,2

** S% - maseni udio sumpora u gorivu.*

Tablica 8. *Emisijski čimbenici Inženjerskog servisa Lloyd's Registra u kg/h (1995.) [73]*

	Porivni motori		Pomoćni motori
	Srednjeokretni	Sporookretni	
NOx	$4,25 \times 10^{-3} \times P^{1,15} \times N$	$17,50 \times 10^{-3} \times P \times N$	$4,25 \times 10^{-3} \times A^{1,15}$
CO	$15,32 \times 10^{-3} \times P^{0,68} \times N$	$0,68 \times 10^{-3} \times P^{1,08} \times N$	$15,32 \times 10^{-3} \times A^{0,68}$
HC	$4,86 \times 10^{-3} \times P^{0,69} \times N$	$0,28 \times 10^{-3} \times P \times N$	$4,86 \times 10^{-3} \times A^{0,69}$
SO_2*	$2,31 \times 10^{-3} \times P \times N$	-	-
SO_2**	$12,47 \times 10^{-3} \times P \times N$	$11,34 \times 10^{-3} \times P \times N$	-
SO_2	-	-	$2,36 \times 10^{-3} \times A \times C$

P = snaga motora (kW) x opterećenje (85% MTS);
N = broj motora;
A = pomoćna snaga (kW);
C = 1, 2, 3, 4 i 5 gdje su brodske BT razvrstane pojedinačno na < 1000, 1000-5000, 5000-10000, 10000-50000 i > 50000;
* - za motore < 2000 kW;
** - za motore > 2000 kW.

[57] Kritički osvrt na ovo istraživanje s naglašavanjem nekih specifičnosti iznijet je u studiji [73], nap. a.

4.2.2. TECHNE[58] procjena emisijskih čimbenika

U sklopu projekta Europske komisije pod nazivom MEET[59] iz 1998. autori Trozzi i Vaccaro proveli su pregled dostupnih emisijskih čimbenika i predložili metodologije procjene koje su kasnije korištene pri procjeni onečišćenja na određenim zemljopisnim lokacijama (npr. Mramorno more – Cengiz i Yalcin, 2008. [46]) [135], [136], [137] .

Predložena su dva oblika procjene emisija:

- pojednostavljeni - za procjenjivanje potroška goriva i emisije štetnih plinova na osnovi lako dostupnih statističkih podataka o pomorskom prijevozu
- detaljni – za procjenjivanje potroška goriva i emisije štetnih plinova zasebno za svaki pojedinačni brod koristeći odgovarajuće emisijske čimbenike, a poglavito za slučajeve kada su dostupni točniji podaci o načinu plovidbe (npr. u lučkim područjima gdje je poznato vrijeme koje je brod proveo u plovidbi, manovri ili u luci).

U detaljnoj metodologiji procjene predložene su tri skupine emisijskih čimbenika (plovidba, manovra, boravak u luci) za devet različitih tipova pogona / korištenog goriva, pri čemu su uzeti u obzir različiti postotni udjeli sadržanog sumpora u gorivu (za teško gorivo 3%, za dizel 1% i za plinsko ulje 0,2%). Osim toga navedene su i još dvije skupine emisijskih čimbenika: za ukrcaj / iskrcaj tankera i posebna za dizel – električne generatore.

Iznijeti emisijski čimbenici prikupljeni su iz različitih dostupnih izvora u vrijeme izrade metodologije (npr. Lloyd's Registar 1990.-1995., Norwegian Marine Technology Research Institute a/s 1989., Alexanderson i sur. 1993., Bouscaren 1990., Cooper i sur. 1996.). U tablicama 9., 10., 11., 12., i 13. prikazani su predloženi emisijski čimbenici:

Tablica 9. *Predloženi emisijski čimbenici pri plovidbi (kg/t_{goriva}) za detaljnu metodologiju [135]*

Vrsta pogona	NOx	CO	CO_2	VOC*	PM**	SOx
Parne turbine – BFO ('bunker' teško gorivo)	6.98	0.431	3200	0.085	2.5	20s
Parne turbine – MDO (destilirano gorivo)	6.25	0.6	3200	0.5	2.08	20s
Brzookretni dizelski motori	70	9	3200	3	1.5	20s
Srednjeokretni dizelski motori	57	7.4	3200	2.4	1.2	20s
Sporookretni dizelski motori	87	7.4	3200	2.4	1.2	20s
Plinske turbine	16	0.5	3200	0.2	1.1	20s
Unutarnji motori – plovila za razonodu – dizelski	48	20	3200	26	Zanemarivo	20s
Unutarnji motori – plovila za razonodu – benzinski	21.2	201	3200	13.9	Zanemarivo	20s
Vanbrodski motori - benzinski	1.07	540	3200	176	Zanemarivo	20s

* *VOC (engl. volatile organic compaunds) – lako hlapljivi organski sastojci – LHOS;*
** *PM (engl. particulate matters) – krute čestice – KČ.*

Tablica 10. *Predloženi emisijski čimbenici kod manovre (kg/t_{goriva}) za detaljnu metodologiju [135]*

Vrsta pogona	NOx	CO	CO_2	VOC	PM	SOx
Parne turbine – BFO	6.11	0.19	3200	0.85	2.50	20s
Parne turbine – MDO	5.47	0.27	3200	5.0	2.08	20s
Brzookretni dizelski motori	63	34	3200	4.5	1.5	20s
Srednjeokretni dizelski motori	51	28	3200	3.6	1.2	20s
Sporookretni dizelski motori	78	28	3200	3.6	1.2	20s
Plinske turbine	14	1.9	3200	0.3	1.1	20s

[58] TECHNE = Techne Consulting srl. – Environment and Energy Knowledge.
[59] MEET – Metodologije za procjenjivanje onečišćivača zraka iz transporta (engl. Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport)

Unutarnji motori – plovila za razonodu – dizelski	48	20	3200	26	Zanemarivo	20s
Unutarnji motori – plovila za razonodu – benzinski	21.2	201	3200	13.9	Zanemarivo	20s
Vanbrodski motori - benzinski	1.07	540	3200	176	Zanemarivo	20s

Tablica 11. *Predloženi emisijski čimbenici za vrijeme boravka u luci (kg/t_{goriva}) za detaljnu metodologiju [135]*

Vrsta pogona	NOx	CO	CO_2	VOC	PM	SOx
Parne turbine – BFO	4.55	0	3200	0.4	1.25	20s
Parne turbine – MDO	3.11	0.6	3200	0.5	2.11	20s
Brzookretni dizelski motori	28	120	3200	28.9	1.5	20s
Srednjeokretni dizelski motori	23	99	3200	23.1	1.2	20s
Sporookretni dizelski motori	35	99	3200	23.1	1.2	20s
Plinske turbine	6	7	3200	1.9	1.1	20s
Unutarnji motori – plovila za razonodu – dizelski	Zan.	Zan.	Zan.	Zan.	Zanemarivo	Zan.
Unutarnji motori – plovila za razonodu – benzinski	Zan.	Zan.	Zan.	Zan.	Zanemarivo	Zan.
Vanbrodski motori - benzinski	Zan.	Zan.	Zan.	Zan.	Zanemarivo	Zan.

Pri tom vrijednosti za krute čestice i one s promjerom manjim od 10 mikrona (PM_{10}) iznose 0.86% ukupnih krutih čestica za parne pogone gdje se koristi ostatno teško gorivo, 0.5% ukupnih krutih čestica za parne pogone s uporabom destiliranog goriva i 0.82% ukupnih krutih čestica za dizelske motore.

U fazi manovre predložen je za parne pogone isti omjer kao pri plovidbi uz korekciju prema izrazu: $E_{manovre} = a \cdot E_{plovidbe}$, gdje je a = 0.88 za NO_x, 0.44 za CO i 10 za VOC (LHOS).

Za vrijeme boravka u luci predlaže se za dizelske motore i plinske turbine uporaba istih čimbenika kao pri plovidbi, ali uz korekciju prema izrazu: $E_{luka} = a \cdot E_{plovidba}$, gdje je a= 0.41 za NO_x, 3.54 za CO i 6.43 za VOC (LHOS). Iz tablice je vidljivo da su emisijski čimbenici za untarnje i vanjske motore kod plovila za razonodu zanemarivi, no to ne mora biti slučajem kod velikog broja plovila u specifičnom području poput Jadrana.

Tablica 12. *Predloženi emisijski čimbenici za ukrcaj i iskrcaj tankera (kg/t_{goriva}) za detaljnu metodologiju [135]*

	NOx	CO	CO_2	VOC	PM	SOx
Ukrcaj i iskrcaj tankera	12	1	3200	0.01	2.11	20s

Tablica 13. *Predloženi emisijski čimbenici za brodske dizelski pogonjene električne generatore (kg/$t_{gor.}$) [135]*

Onečišćivač	Emisijski čimbenici (kg/t_{goriva}) *	Napomena
NO_x	$108.58 – 2.47\ P + 0.0136\ P^2 – 0.000018\ P^3 + 0.000684\ PL$	F test vrijednost je 117.7
CO	$20.72 – 0.218\ L – 0.0231\ P + 0.000345\ PL$	F test vrijednost je 27.1
CO_2	3200	
VOC (LHOS)	$3.27 + 2.164\ P – 0.0144\ P^2 + 0.0000203\ P^3 – 0.719\ L + 0.00476\ L^2$	F test vrijednost je 28.5
PM (KČ)	1.1	
SO_x	20 S	

* P = snaga motora (generatorska električna izlazna snaga) u kW; L = opterećenje u %-ima izlazne snage.

Za izračun emisije predlaže se korištenje sljedećeg izraza:

$$E_{ijklm} = S_{jkm}(GT) \cdot t_{jklm} \cdot F_{ijlm}$$

(GT – engl. gross tonnage – bruto tonaža broda - BT, nap.a.)

gdje je:

i – onečišćivač
j – tip goriva
k – tip broda (za uporabu u klasifikaciji potrošnje)
l – tip pogona (za uporabu karakterizacije emisijskih čimbenika)
m – način rada (plovidba, manovra, boravak u luci, ukrcaj iskrcaj tankera, pom. motori)
E_i – ukupna emisija onečišćivača 'i'
E_{ijklm} – ukupna emisija onečišćivača 'i' uz uporabu goriva 'j' na brodu tipa 'k' s pogonom tipa 'l' u načinu rada 'm'
$S_{jkm}(GT)$ – dnevna potrošnja goriva 'j' na brodu 'k' u načinu rada 'm' kao funkcija bruto tonaže broda
t_{jklm} – vrijeme u plovidbi broda tipa 'k' s pogonom 'l' koristeći gorivo tipa 'j' u načinu 'm'
F_{ijlm} – prosječni emisijski faktor onečišćivača 'i' iz goriva 'j' u pogonu 'l' i načinu rada 'm' (za SO_x uzimajući u obzir prosječni sadržaj sumpora u gorivu).

Za izračun dnevne potrošnje goriva $S_{jkm}(GT)$ koriste se jednadžbe linearne regresije potrošnje goriva pri maksimalnoj snazi prema bruto tonaži broda koje su dobivene uz prilično visoku korelaciju (iznad 70%)[60], a prikazane su u tablici 14.

Tablica 14. *Prosječna potrošnja pri maksimalnoj snazi i jednadžbe linearne regresije potrošnje pri maksimalnoj snazi prema bruto tonaži broda [135]*

Tip broda	Prosječna potrošnja (t/dan)	Potrošnja pri maksimalnoj snazi (t/dan) kao funkcija bruto tonaže (GT) *
Prijevoz rasutog tereta	33.80	$C_{jk} = 20.186 + 0.00049 \cdot GT$
Prijevoz tekućih tereta	41.15	$C_{jk} = 14.685 + 0.00079 \cdot GT$
Prijevoz općeg tereta	21.27	$C_{jk} = 9.8197 + 0.00143 \cdot GT$
Prijevoz kontejnera	65.88	$C_{jk} = 8.0552 + 0.00235 \cdot GT$
Putnički / Ro-Ro / teretni	32.28	$C_{jk} = 12.834 + 0.00156 \cdot GT$
Prijevoz putnika	70.23	$C_{jk} = 16.904 + 0.00198 \cdot GT$
Brzi 'ferry' brodovi	80.42	$C_{jk} = 39.483 + 0.00972 \cdot GT$
Prijevoz tereta unutarnjim vodama	21.27	$C_{jk} = 9.8197 + 0.00143 \cdot GT$
Brodovi na jedra	3.38	$C_{jk} = 0.42682 + 0.00100 \cdot GT$
Tegljači	14.35	$C_{jk} = 5.6511 + 0.01048 \cdot GT$
Ribarski brodovi	5.51	$C_{jk} = 1.9387 + 0.00448 \cdot GT$
Ostali brodovi	26.40	$C_{jk} = 9.7126 + 0.00091 \cdot GT$
Svi brodovi	**32.78**	$\mathbf{C_{jk} = 16.263 + 0.001 \cdot GT}$

* - gorivo 'j' ; tip broda 'k'.

Za izračun pri detaljnoj metodologiji koristi se sljedeći izraz:

[60] Opširnije cf.: [135].

$$S_{jkm}(GT) = C_{jk}(GT) \cdot p_m$$

gdje je:

$S_{jkm}(GT)$ - dnevna potrošnja goriva 'j' na tipu broda 'k' u načinu 'm' izražena kao funkcija bruto tonaže,

$C_{jk}(GT)$ - dnevna potrošnja goriva 'j' pri maksimalnoj snazi na brodu 'k' izražena kao funkcija bruto tonaže,

p_m - frakcija maksimalne potrošnje goriva u načinu 'm' (prikazana u tablici 15.).

Tablica 15. *Frakcije maksimalne potrošnje goriva pri različitim načinima rada [135]*

Način rada	Frakcija
Plovidba	0.80
Manovra	0.40
Boravak u luci: – osnovni	0.20
– putnički	0.32
– tankeri	0.20
– ostali	0.12
Tegljači: – asistencija brodovima	0.20
– umjerena aktivnost	0.50
– tegalj	0.80

Za iskrcaj tankera može se koristiti potrošnja od 0.7 kg/toni iskrcanog tereta [135].

Iako ova metodologija pruža korisne reference za izračun ukupne emisije s brodova, mogu se pronaći i primjedbe u svezi zastarjelosti korištenih podataka, dobivenih emisijskih čimbenika koji ne odgovaraju opće prihvaćenim trendovima u struci (npr. NO_x čimbenici za brzookretne motore od 70 kg/toni u usporedbi s 57 kg/toni za srednjeokretne motore ili 87 kg/toni za sporookretne motore jer je poznato da brzookretni motori proizvode manje NO_x –a zbog karakteristika izgaranja[61]).

4.2.3. Studija američke Agencije za zaštitu okoliša (EPA)

Američka agencija za zaštitu okoliša (US EPA) objavila je 2000. godine studiju pod nazivom: Analiza podataka o emisijama i potrošnji goriva za komercijalne pomorske brodove, a zasnovana je na korištenju podataka iz studija: Informacijskog servisa Lloyd's Registra, testnog programa američke Obalne straže, kanadske agencije za zaštitu okoliša kao i nekih drugih studija (npr. Booz-Allen & Hamilton, 1991.) [77].

Korištenjem i preoblikovanjem podataka iz navedenih studija iznijeti su emisijski čimbenici. Potom je provedena regresijska analiza kako bi se postavili algoritmi emisijskih čimbenika u funkciji opterećenja motora koji se, uz izvjesni stupanj opreznosti, mogu koristiti za sve brodske motore. Algoritmi emisijskih čimbenika za sve onečišćivače osim za SO_2 izvedeni su u sljedećem obliku:

$$E\ (g/kWh) = a \cdot (FL)^{-x} + b$$

gdje je:

E - emisija onečišćivača
a - koeficijent
b - odsječak

[61] Opširnije o karakteristikama, zahtjevima i primjedbama cf.: [17], [24], [73].

x - eksponent
FL - frakcija opterećenja motora.

Vrijednosti koeficijenata, odsječaka i eksponenata prikazane su u tablici 16.

Frakcija opterećenja jednaka je izlaznoj snazi motora podijeljenoj s maksimalnom snagom motora.

Za SO_2 regresija je izvedena u sljedećem obliku:

$$E\ (g/kWh) = a \cdot (\text{Protok sumpora iz goriva u } g/kWh) + b,$$

a potrošnja goriva izračunava se prema izrazu:

$$PG\ (g/kWh) = 14.12 / (\text{Frakcija opterećenja}) + 205.717.$$

Tablica 16. *Algoritmi emisijskih čimbenika brodskih motora i potrošnje goriva [77]*

Onečišćivač	Eksponent (x)	Odsječak (b)	Koeficijent (a)
PM	1.5	0.2551	0.0059
NO_x	1.5	10.4496	0.1255
NO_2	1.5	15.5247	0.18865
SO_2	np*	nsz**	2.3735
CO	1	nsz**	0.8378
HC	1.5	nsz**	0.0667
CO_2	1	648.6	44.1

* np – nije primjenjivo;
** nsz – nije statistički zanačajno;

Može se primjetiti da se u studiji navodi da nisu uočena statistički značajna odstupanja u emisijskim omjerima u zavisnosti o veličini motora, izlaznoj snazi ili o tome je li motor dvotaktni ili četverotaktni, već da je zavisnost utvrđena u odnosu na opterećenje motora što je vidljivo i iz predloženih jednadžbi. Emisije SO_2 zasnovane su na utrošku goriva jer one zavise isključivo o sadržaju sumpora u gorivu koje se koristi. Za izračun emisija iz pomoćnih motora korištena je frakcija opterećenja na maksimalnoj snazi što je jednako jedinici.

Neke od primjedbi, [73], na navedenu studiju ukazuju na različitosti u usporedbi s drugim studijama poglavito u svezi ne uočavanja statistički značajnih odstupanja u emisijama NO_x-a između sporookretnih i srednjeokretnih motora, gdje su, za razliku od ove, uočene veće emisije kod sporookretnih motora za čak 20 – 30 %.

4.2.4. Međunarodna pomorska organizacija (IMO)

Iako je Međunarodna pomorska organizacija (IMO) uglavnom koristila podatke o emisijama dobivene u sklopu studije Informacijskog servisa Lloyd's Registra, na njenu inicijativu 2000. godine ti podaci uspoređeni su s podacima dobivenim u drugim studijama: mjerenja Marintek-a, podataka prikupljenih direktno od proizvođača motora i djelomično od mjerenja Germanischer Lloyd–a. Rezultati prikupljenih podataka prikazani su u tablici 17. Studija je provedena pod nazivom: 'Studija emisije stakleničkih plinova s brodova' [98].

Podaci proizvođača za NO_x vrijednosti sporookretnih motora zasnovane su na kombinaciji specifičnih NO_x emisija i potrošnje goriva, a kako proizvođači obično prikazuju manje vrijednosti potrošnje goriva emisije NO_x –a u kg/t_{goriva} vrijednosti se smatraju visokima [73]. Zbog velike širine i različitosti u dobivenim podacima, gdje su uočena i značajna odstupanja, predloženo je da se podaci prikazuju u rasponima između

utvrđenih vrijednosti (npr. za sporookretne i srednjeokretne dizelske motore emisijski faktori za CO_2 u rasponu 3159–3175, za CO u rasponu 5,0–8,0, te za NO_x: sporookretni 85-96 i srednjeokretni 56-63 kg/t_{goriva}).

Tablica 17. *Usporedba emisijskih čimbenika iz brodskih postrojenja (kg/t_{goriva}) i specifična potrošnja goriva (g/kWh) [73]*

	Proizv. motora – sporookr.	Proizv. motora – srednjeokr.	Lloyd's sporookr.	Lloyd's [a] srednjeokr.	Marintek sporookr.	Marintek srednjeokr.	Ger. L. sporook.	Ger. L. srednjeokr.
NO_x [e]	105.4	61.2	80.4	57.5	-	63.8[b]	-	-
CO	3.3	2.8	8.7	7.9	-	6.1	-	-
HC	7.7	1.8	7.0	6.6	-	2.1	-	-
CO_2	-	-	3153	3165	-	3171	-	-
NO_x g/kWh	17.9	11.2	18.2	13.8	-	14.2	-	12.6[c]
spg[d]	170	184	230	243	-	222	-	207
St. Dev. za spg	2.1	7.6	15.9	15.1	-	4.3	-	-

[a] – Analizirano je samo 28 skupina podataka iz studije Informacijskog servisa Lloyd's Registra. Neki podaci (npr. oni za tegljače, jaružala i sl.) su odbačeni i ulazni podaci su obrađeni prema ISO 8178 metodologiji (npr. ISO 1996a)

[b] – Ova vrijednost može se usporediti s ranijim mjerenjima Marintek-a provedenim na 15 brodova u razdoblju 1989.-1990. godine, koji su dali srednju emisiju od 63 kg/t_{goriva} za NO_x

[c] – Na osnovi 17 skupina podataka za glavne motore

[d] – Spg – specifična potrošnja goriva; treba napomenuti da ove vrijednosti nisu nužno one koje su korištene za izvode NO_x emisija prikazanih u g/kWh

[e] – U skladu s izvješćem sva NO_x mjerenja se zasnivaju na NO.

4.2.5. Entec–ova metodologija procjene emisija s brodova

U sklopu projekta Europske komisije, 2002. godine od strane Entec-a provedena je studija pod nazivom: 'Kvantifikacija emisija s brodova u svezi s kretanjem brodova između luka u Europskoj Zajednici' [73]. U različitim istraživanjima ova studija se smatra jednom od sveobuhvatnijih, a primjenjena metodologija preporučena je i u 'Pregledu metoda koje se koriste pri izračunu skladišta emisija s pomorskih brodova' [76], a korištena je i u nekim nedavnim istraživanjima (npr. [49] ili [63]).

Kao osnova, korišteni su podaci iz studija Lloyd's Registra (1990. - 1995.) i studije koju je proveo IVL - Švedski institut za istraživanje okoliša 2002. godine. Istraživanje je provedeno na različitim skupinama brodova i za različite načine rada što je podrazumijevalo korištenje podataka o kretanju brodova. Kao izvor podatatka o karakteristikama brodova korištena je baza podataka Lloyd's Registra, a za kretanje su korišteni podaci Lloydove pomorske obavještajne jedinice koja sadrži podatke za brodove veće od 500 BT. Za izradu su korišteni podaci iz 2000. godine kao zadnji potpuni i dostupni.

LMIU baza podataka sadrži podjelu brodova u skupine po sličnim karakteristikama koja je korištena u studiji, no isključeni su oni brodovi za koje podaci nisu bili potpuni (isključenih brodova bilo je oko 3.2% od ukupnog broja brodova u bazi). U tablici 18. prikazane su kategorije brodova i njihova prosječna servisna brzina [73].

Za utvrđivanje aktivnosti pojedinih brodova zatraženi su podaci iz više od 100 različitih lučkih ureda od kojih su korisni dobiveni od njih 14. Podaci o dolascima i

odlascima brodova u/iz luka doprinijeli su procjenjivanju trajanja lučkih aktivnosti, na osnovu kojih je sistematizirana tablica 19. [73].

Tablica 18. *Kategorije brodova i njihova prosječna servisna brzina [73]*

Tip broda	LMIU oznaka	Broj brodova	Isklj. brodovi	Pros. brz. (km/h)
Ukapljeni plin	A11	781	11	31.2
Kemikalije	A12	1712	19	25.3
Uljni tereti	A13	3706	77	26.0
Ostali za tek. terete	A14	124	0	24.0
Rasuti teret	A21	4617	19	26.5
Rasuti / uljni	A22	186	0	25.0
Samoiskrcivi rasuti	A23	79	0	25.7
Ostali za ras. terete	A24	373	6	23.9
Opći teret	A31	9702	410	22.8
Putnički / opći teret	A32	42	3	27.0
Kontejneri	A33	2503	22	35.7
Rashlađeni teret	A34	1094	37	31.4
Ro-Ro teret	A35	1274	16	28.6
Putnički / Ro-Ro	A36	496	17	28.4
Putnički	A37	386	27	38.5
Ostali za suhi teret	A38	197	6	25.1
Ulov ribe	B11	1024	109	25.7
Ostali ribarski	B12	185	5	24.7
Offshore opskrbni	B21	577	22	24.6
Ostali offshore	B22	165	38	23.1
Istraživački	B31	217	25	25.1
Tegalj / guranje	B32	777	53	23.8
Jaružanje	B33	164	13	21.2
Druge aktivnosti	B34	266	36	25.2
Druge aktivnosti	W11	11	0	18.1
Druge aktivnosti	W12	7	2	15.1
Druge aktivnosti	W13	2	1	22.2
UKUPNO	27	30667	974	-

Iz prethodno opisanih metodologija vidljivo je da emisijski čimbenici pokazuju eksponencijalnu ovisnost o opterećenju motora, pa je shodno tomu trebalo utvrditi emisijske čimbenike za svaki tip broda u zavisnosti o pojedinom načinu rada. Stoga su prikazani emisijski čimbenici za vrijeme dok je brod u plovidbi i za vrijeme manovre ili boravka u luci. Emisijski čimbenici za manovru i boravak u luci uključuju i operacije ukrcaja /iskrcaja tereta. Pregledom dostupnih podataka utvrđeno je da prosječno svega 5% brodova koristi glavni motor za vrijema boravka u luci, a 100% brodova koristi ga u manovri. Na toj osnovi općenito je prihvaćena uporaba 80%-tnog čimbenika opterećenja za plovidbu i 20%-tnog[62] opterećenja za manovru i lučke aktivnosti uz primjenu podataka iz IVL studije i Lloyd's Registra. Uočen je nedostatak podataka o emisijama pri niskom opterećenju (< 40% MTS), pa je za određivanje emisijskih čimbenika za manovru i lučke aktivnosti veliku ulogu odigrala 'profesionalna prosudba'. Konačni pristup umnoška emisijskih čimbenika za plovidbu utvrđen je sa sljedećim multiplikacijskim čimbenicima: 0.8 za NO_x, 3.0 za HC i 3.0 za PM (krute čestice) za sve dizelske motore i parne turbine. Za plinske turbine korišteni su multiplikacijski čimbenici: 0.5 za NO_x, 5.0 za HC i 5.0 za PM. Konačno, specifična potrošnja goriva za nisko opterećenje uvećana je za 10% (što ujedno povećava SO_2 i CO_2 emisiju). Rezultirajući emisijski čimbenici odgovaraju svim

[62] Upozorava se na različitost postotka lučkog opterećenja za tankere uz objašnjenje pristupa (opširnije cf.: [51]).

mogućim kombinacijama tipova motora i vrste goriva, ali je zbog navedenih pretpostavki povećan i stupanj neizvjesnosti, te se preporuča povećana pozornost [73].

Tablica 19. *Pretpostavljeno vrijeme (h) lučkih aktivnosti na osnovi izvješća lučkih ureda [73]*

Tip broda	LMIU oznaka	Manovra	Ukrcaj / iskrcaj	Boravak u luci*	Ukupno vrijeme
Ukapljeni plin	A11	1.0	12.0	12.0	25.0
Kemikalije	A12	0.8	8.0	10.0	18.8
Uljni tereti	A13	1.5	19.8	18.0	39.3
Ostali za tek. terete	A14	1.0	22.0	24.0	47.0
Rasuti teret	A21	1.0	30.0	22.0	53.0
Rasuti / uljni	A22	1.0	84.0	6.5	91.5
Samoiskrcivi rasuti	A23	1.0	6.0	6.5	13.5
Ostali za ras. terete	A24	1.0	12.0	9.5	22.5
Opći teret	A31	1.0	17.0	21.5	39.5
Putnički / opći teret	A32	0.8	9.6	4.0	14.4
Kontejneri	A33	1.0	9.0	5.3	15.3
Rashlađeni teret	A34	1.0	14.2	9.7	24.9
Ro-Ro teret	A35	1.0	7.0	8.3	16.3
Putnički / Ro-Ro	A36	1.0	6.0	4.0	11.0
Putnički	A37	0.8	9.6	4.0	14.4
Ostali za suhi teret	A38	1.1	36.4	4.0	41.5
Ulov ribe	B11	0.7	12.0	48.0	60.7
Ostali ribarski	B12	0.7	12.0	48.0	60.7
Offshore opskrbni	B21	2.0	22.0	24.0	48.0
Ostali offshore	B22	0.5	22.0	24.0	46.5
Istraživački	B31	0.9	0.0	7.3	8.2
Tegalj / guranje	B32	1.7	25.0	8.0	34.7
Jaružanje	B33	3.0	113.2	26.3	142.5
Druge aktivnosti	B34	1.1	25.0	26.3	52.4
Druge aktivnosti	W11	0.5	0.6	26.3	27.4
Druge aktivnosti	W12	0.5	0.6	26.3	27.4
Druge aktivnosti	W13	0.5	0.6	26.3	27.4

* Boravak u luci podrazumijeva vrijeme provedeno u luci na vezu uz minimalnu snagu i nije uključeno u vrijeme ukrcaja ili iskrcaja tereta.

Izračun emisijskih čimbenika za SO_2 i CO_2 napravljen je uz pretpostavku potpunog izgaranja ugljika i sumpora iz goriva. Pretpostavljen je sadržaj sumpora od 0.5% u MGO (plinskom ulju), 1.0% u MDO (dizelu za brodske motore) i 2.7% u RO (ostatnom gorivu) što je bilo u skladu s podacima dostavljenim od IMO-a. U svim gorivima prihvaćen je sadržaj CO_2 od 86.7% što odgovara CO_2 emisiji od 3179 kg/t_{goriva}[63]. Sve tablice sadrže i podatke o specifičnoj potrošnji goriva u g/kWh što omogućuje određivanje emisijskih čimbenika u kg/t_{goriva}.

U tablicama 20. i 21. prikazani su emisijski čimbenici glavnih motora postavljenih u odnos s vrstom korištenog goriva za slučajeve plovidbe i manovre/boravka u luci, a u tablici 22. oni za pomoćne motore gdje je prikazan manji broj kombinacija jer oni uglavnom koriste dizelsko gorivo i najčešće su srednjeokretni ili brzookretni, a niti jedan pomoćni motor u LMIU bazi nije naveden kao sporookretni dizelski motor, plinska niti parna turbina [73] .

[63] Npr. 1000 x 0.867 x 44/12 = 3179.

Tablica 20. *Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu tip motora / vrsta goriva za operaciju **plovidbe – galvni motori** [73]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	HC	Specifična potrošnja goriva
SSD / MGO*	17.0	0.9	588	0.6	185
SSD / MDO	17.0	3.7	588	0.6	185
SSD / RO	18.1	10.5	620	0.6	195
MSD / MGO	13.2	1.0	645	0.5	203
MSD / MDO	13.2	4.1	645	0.5	203
MSD / RO	14.0	11.5	677	0.5	213
HSD / MGO	12.0	1.0	645	0.2	203
HSD / MDO	12.0	4.1	645	0.2	203
HSD / RO	12.7	11.5	677	0.2	213
GT / MGO	5.7	1.5	922	0.1	290
GT / MDO	5.7	5.8	922	0.1	290
GT / RO	6.1	16.5	970	0.1	305
ST / MGO	2.0	1.5	922	0.1	290
ST / MDO	2.0	5.8	922	0.1	290
ST / RO	2.1	16.5	970	0.1	305

* Značenje oznaka: SSD – sporookretni dizelski motor; MSD – srednjeokretni dizelski motor; HSD – brzookretni dizelski motor; GT – plinska turbina; ST – parna turbina; MGO – plinsko ulje; MDO – dizelsko gorivo za brodske motore; RO – ostatno gorivo.

U tablici 20. može se uočiti da nedostaju čimbenici za krute čestice (PM) za koje su u vrijeme izrade podaci bili nedostupni, ipak predviđa se da će kod većine velikih dizelskih motora više od 80% emitiranih krutih čestica biti veličine PM_{10} ili manje.

Prikazani emisijski čimbenici u tablicama izraženi su u g/kWh, a ukoliko ih se želi prikazati u obliku kg/t_{goriva} potrebno je navedene emisijske čimbenike (g/kWh) podijeliti sa specifičnom potrošnjom goriva pomnoženom s 0.001 (npr. NO_x čimbenik za sporookretne dizelske motore koji koriste ostatno gorivo za vrijeme plovidbe treba izračunati kao: 18.1 / (195 x 0.001) = 92.8 kg/t_{goriva})

Tablica 21. *Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu na tip motora / vrstu goriva za operaciju **manovre i boravak u luci – galvni motori** [73]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	HC	PM	Specifična potrošnja goriva
SSD / MGO*	13.6	1.0	647	1.8	0.9	204
SSD / MDO	13.6	4.1	647	1.8	0.9	204
SSD / RO	14.5	11.6	682	1.8	2.4	215
MSD / MGO	10.6	1.1	710	1.5	0.9	223
MSD / MDO	10.6	4.5	710	1.5	0.9	223
MSD / RO	11.2	12.7	745	1.5	2.4	234
HSD / MGO	9.6	1.1	710	0.6	0.9	223
HSD / MDO	9.6	4.5	710	0.6	0.9	223
HSD / RO	10.2	12.7	745	0.6	2.4	234
GT / MGO	2.9	1.6	1014	0.5	0.5	319
GT / MDO	2.9	6.4	1014	0.5	0.5	319
GT / RO	3.1	18.1	1067	0.5	1.5	336
ST / MGO	1.6	1.6	1014	0.3	0.9	319
ST / MDO	1.6	6.4	1014	0.3	0.9	319
ST / RO	1.7	18.1	1067	0.3	2.4	336

* Značenje oznaka: SSD – sporookretni dizelski motor; MSD – srednjeokretni dizelski motor; HSD – brzookretni dizelski motor; GT – plinska turbina; ST – parna turbina; MGO – plinsko ulje; MDO – dizelsko gorivo za brodske motore; RO – ostatno gorivo.

Tablica 22. *Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu na tip motora / vrstu goriva* ***za pomoćne motore*** *(**sva tri načina rada**) [73]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	HC	PM	Specifična potrošnja goriva
MSD / MGO*	13.9	1.1	690	0.4	0.3	217
MSD / MDO	13.9	4.3	690	0.4	0.3	217
MSD / RO	14.7	12.3	722	0.4	0.8	227
HSD / MGO	10.9	1.1	690	0.4	0.3	217
HSD / MDO	10.9	4.3	690	0.4	0.3	217
HSD / RO	11.6	12.3	722	0.4	0.8	227

* Značenje oznaka: MSD – srednjeokretni dizelski motor; HSD – brzookretni dizelski motor; MGO – plinsko ulje; MDO – dizelsko gorivo za brodske motore; RO – ostatno gorivo.

Na temelju ovako prikazanih emisijskih čimbenika izvedeni su i emisijski čimbenici za svaku posebnu kategoriju broda u zavisnosti o aktivnostima (načinu rada), no detaljna procedura nije predočena. Izvedeni emisijski čimbenici predstavljaju kombinaciju u kojoj i glavni i pomoćni motori zajedno rade u pogonu iako glavni motori najčešće ne rade za vrijeme boravka u luci. Izvedeni emisijski čimbenici za različite brodske aktivnosti (načine rada: plovidbu, boravak u luci i manovru) prikazani su u tablicama 23., 24. i 25. [73].

Tablica 23. *Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost* ***plovidbe*** *[73]*

Plovidba	NOx	SO_2	CO_2	HC	**spg**	NOx	SO_2	CO_2	HC
	g/kWh					**kg/tgoriva**			
A11 Ukapljeni plin	8.5	12.4	822	0.3	258	41	49	3179	1.4
A12 Kemikalije	16.5	11.0	645	0.6	203	83	54	3179	2.8
A13 Uljni tereti	14.9	11.7	689	0.5	217	75	54	3179	2.5
A14 Ostali za tek. terete	16.6	10.9	641	0.6	202	83	54	3179	2.8
A21 Rasuti teret	17.9	10.6	624	0.6	196	92	54	3179	3.0
A22 Rasuti / uljni	16.8	10.3	643	0.6	202	86	52	3179	2.9
A23 Samoiskrcivi rasuti	14.3	11.5	695	0.5	218	71	53	3179	2.4
A24 Ostali za ras. terete	17.4	10.6	631	0.6	198	88	53	3179	2.9
A31 Opći teret	16.3	10.9	644	0.6	203	81	54	3179	2.7
A32 Putnički / opći teret	15.8	11.1	653	0.5	205	77	54	3179	2.7
A33 Kontejneri	17.5	10.7	631	0.6	199	89	54	3179	3.0
A34 Rashlađeni teret	17.4	10.7	631	0.6	198	88	54	3179	2.9
A35 Ro-Ro teret	15.6	11.2	659	0.5	207	76	54	3179	2.6
A36 Putnički / Ro-Ro	13.3	9.8	686	0.4	216	63	46	3179	2.0
A37 Putnički	13.2	11.7	696	0.5	219	62	54	3179	2.2
A38 Ostali za suhi teret	11.1	12.9	757	0.4	238	53	54	3179	1.9
B11 Ulov ribe	13.9	11.5	685	0.5	215	65	53	3179	2.1
B12 Ostali ribarski	13.3	12.3	722	0.5	227	66	54	3179	2.2
B21 Offshore opskrbni	14.0	11.0	675	0.5	212	66	52	3179	2.3
B22 Ostali offshore	13.5	11.1	682	0.4	215	63	52	3179	2.1
B31 Istraživački	14.2	11.4	673	0.5	212	67	54	3179	2.3
B32 Tegalj / guranje	13.7	10.8	673	0.4	212	65	51	3179	2.0
B33 Jaružanje	14.1	11.4	674	0.5	212	67	54	3179	2.3
B34 Druge aktivnosti	12.5	10.7	705	0.4	222	59	48	3179	2.0
W11 Druge aktivnosti	14.0	11.5	678	0.5	213	66	54	3179	2.3
W12 Druge aktivnosti	12.7	11.5	677	0.2	213	60	54	3179	0.9

Tablica 24. *Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost* ***boravka u luci*** *[73]*

Boravak u luci	NOx	SO_2	CO_2	HC	PM	**spg**	NOx	SO_2	CO_2	HC	PM
	g/kWh						**kg/tgoriva**				
A11 Ukapljeni plin	7.5	13.4	884	0.9	2.1	278	33	49	3179	3.7	7.8
A12 Kemikalije	13.3	12.1	710	1.5	2.2	223	60	54	3179	6.7	9.7
A13 Uljni tereti	12.1	12.8	754	1.4	2.2	237	55	54	3179	6.3	9.6

A14 Ostali za tek. terete	13.3	12.0	707	1.5	2.2	222	60	54	3179	7.0	10.0
A21 Rasuti teret	13.8	12.0	706	1.0	1.5	222	62	54	3179	4.5	6.8
A22 Rasuti / uljni	13.4	11.9	715	0.9	1.4	225	60	53	3179	4.3	6.5
A23 Samoiskrcivi rasuti	13.1	12.3	727	0.5	1.0	229	58	54	3179	2.4	4.4
A24 Ostali za ras. terete	13.6	12.0	709	1.0	1.5	223	61	54	3179	4.6	6.9
A31 Opći teret	13.3	12.1	716	0.9	1.5	225	59	54	3179	4.1	6.5
A32 Putnički / opći teret	13.2	12.2	721	0.6	1.1	227	59	54	3179	2.9	5.0
A33 Kontejneri	13.7	12.1	710	1.0	1.5	223	62	54	3179	4.4	6.7
A34 Rashlađeni teret	13.5	12.1	714	0.7	1.2	225	60	54	3179	3.4	5.5
A35 Ro-Ro teret	13.0	12.3	723	0.9	1.4	227	58	54	3179	3.9	6.3
A36 Putnički / Ro-Ro	11.3	11.2	746	1.0	1.8	235	49	48	3179	4.4	7.6
A37 Putnički	11.6	12.6	750	1.0	1.8	236	50	54	3179	4.4	7.7
A38 Ostali za suhi teret	11.8	12.9	761	0.7	1.4	239	52	54	3179	2.9	5.6
B11 Ulov ribe	13.4	12.2	722	0.4	0.8	227	59	54	3179	1.8	3.6
B12 Ostali ribarski	11.3	13.2	776	1.1	2.0	244	51	54	3179	5.1	8.4
B21 Offshore opskrbni	12.0	11.9	734	1.1	1.7	231	52	52	3179	4.6	7.5
B22 Ostali offshore	12.0	12.2	737	0.9	1.6	232	52	53	3179	3.8	6.9
B31 Istraživački	11.8	12.5	736	1.2	2.0	232	51	54	3179	5.2	8.7
B32 Tegalj / guranje	11.8	12.0	734	1.0	1.8	231	51	52	3179	4.2	7.7
B33 Jaružanje	11.9	12.4	736	1.2	2.0	232	51	54	3179	5.1	8.4
B34 Druge aktivnosti	11.1	11.5	756	1.0	1.7	238	48	48	3179	4.2	7.2
W11 Druge aktivnosti	12.7	12.4	729	0.8	1.3	229	55	54	3179	3.2	5.7
W12 Druge aktivnosti	11.2	12.5	738	0.5	1.9	232	48	54	3179	2.3	8.2

Tablica 25. *Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost* ***manovre*** *[73]*

Manovra	NOx	SO_2	CO_2	HC	PM	**spg**	NOx	SO_2	CO_2	HC	PM
	g/kWh						**kg/tgoriva**				
A11 Ukapljeni plin	7.4	13.5	887	0.9	2.1	279	32	49	3179	3.7	7.8
A12 Kemikalije	13.3	12.1	710	1.5	2.2	223	60	54	3179	6.9	9.9
A13 Uljni tereti	12.0	12.8	754	1.4	2.3	237	55	54	3179	6.4	9.7
A14 Ostali za tek. terete	13.3	12.0	706	1.6	2.3	222	60	54	3179	7.1	10.2
A21 Rasuti teret	14.3	11.7	688	1.7	2.3	217	66	54	3179	7.8	10.6
A22 Rasuti / uljni	13.5	11.4	708	1.6	2.2	223	62	52	3179	7.3	10.1
A23 Samoiskrcivi rasuti	12.0	12.5	751	1.1	1.9	236	54	53	3179	5.2	8.2
A24 Ostali za ras. terete	13.9	11.6	695	1.6	2.3	219	64	53	3179	7.6	10.4
A31 Opći teret	13.1	12.0	709	1.6	2.3	223	59	54	3179	7.0	10.2
A32 Putnički / opći teret	12.8	12.2	718	1.4	2.1	226	57	54	3179	6.2	9.2
A33 Kontejneri	14.0	11.8	696	1.6	2.3	219	65	54	3179	7.6	10.4
A34 Rashlađeni teret	13.9	11.8	697	1.5	2.2	219	63	54	3179	7.1	9.9
A35 Ro-Ro teret	12.5	12.3	724	1.5	2.3	228	56	54	3179	6.7	10.0
A36 Putnički / Ro-Ro	10.6	10.8	754	1.3	2.1	237	46	46	3179	5.4	9.0
A37 Putnički	10.7	12.9	764	1.4	2.3	240	46	54	3179	5.8	9.8
A38 Ostali za suhi teret	9.3	14.0	821	1.1	2.2	258	40	54	3179	4.7	8.9
B11 Ulov ribe	13.0	12.2	725	0.6	1.1	228	57	54	3179	2.6	4.8
B12 Ostali ribarski	10.7	13.5	792	1.3	2.4	249	49	54	3179	6.0	9.9
B21 Offshore opskrbni	11.2	12.1	742	1.4	2.3	233	48	52	3179	6.1	9.7
B22 Ostali offshore	10.9	12.2	749	1.3	2.2	236	47	52	3179	5.4	9.5
B31 Istraživački	11.4	12.6	740	1.4	2.4	233	49	54	3179	6.2	10.2
B32 Tegalj / guranje	11.0	11.8	740	1.2	2.3	233	48	51	3179	5.3	9.7
B33 Jaružanje	11.4	12.5	741	1.4	2.4	233	49	54	3179	6.2	10.1
B34 Druge aktivnosti	10.1	11.8	774	1.2	2.2	243	43	48	3179	5.3	9.0
W11 Druge aktivnosti	11.5	12.6	742	1.4	2.2	233	49	54	3179	5.9	9.5
W12 Druge aktivnosti	10.2	12.6	744	0.6	2.4	234	44	54	3179	2.5	10.1

U tablicama su prikazani specifični emisijski čimbenici iz kojih je moguće izračunati ukupnu emisiju određenog onečišćivača za svaku skupinu brodova odnosno za svaki pojedinačni brod prema sljedećem izrazu [76]:

$$E = P \times EF \times LF \times T$$

gdje je:

E – emisija (g)
P – snaga motora na maksimalnom opterećenju (kW)
EF – emisijski faktor (g/kWh)
LF – čimbenik opterećenja (eng. load factor) (%)
T – vrijeme provedeno u pojedinoj aktivnosti (načinu rada) (h).

Ukupan iznos emisije može se dobiti zbrojem svih iznosa emisija za svaku pojedinačnu emisiju.

Stupanj neizvjesnosti za navedene emisijske čimbenike primarno proizlazi iz:

- broja i reprezentativnosti mjerenja korištenog pri izvodima emisijskih čimbenika u usporedbi s ukupnim brojem i tipom brodskih motora u uporabi
- neizvjesnosti mjerenja unutar skupa dobivenih podataka o emisijskim čimbenicima koji će odstupati za različite tehnike mjerenja, pa stoga i za onečišćivače i same aktivnosti
- postavljenih pretpostavki pri donošenju čimbenika za određenu aktivnost (npr. rad glavnog pogona za vrijeme boravka u luci)
- primjenjivosti općeg ćimbenika za određenu kategoriju broda (npr. neizvjesnost će biti veća za skladišta koja 'pokrivaju' manji broj brodova).

Osim navedenog, sadržaj sumpora u gorivu naveden je prema podacima IMO-a za tri različita goriva, no stvarni sadržaj sumpora u gorivu može znatno odstupati, a i pretpostavka njegovog potpunog izgaranja u SO_2 unosi dodatna odstupanja (isto vrijedi i za potpuno izgaranje ugljika).

4.2.6. Studija skladišta emisija s brodova za Mediteransko more, CONCAWE – Entec

Na zahtjev CONCAWE[64] udruženja studija je provedena od strane Entec-a 2007. godine u svrhu utvrđivanja skladišta emisija s brodova za područje Mediteranskog mora [49]. Kao osnova za usporedbu uzeti su podaci o skladištu emisija iz 2005. godine, a potom su razarađeni mogući budući scenariji skladišta emisija (za period do 2010 i za period do 2020. godine). Osim toga, Entec je za CONCAWE razvio i Microsoft Access alat za izradu baza podataka s konačnim rezultatima o skladištu emisija u koji je moguće unositi izmjene i nadopune za korištene pretpostavke (uključujući i one za sadržaj sumpora u gorivu), a sadrži i omjere mogućeg porasta kako bi se omogućilo generiranje novih skupina podataka i buduće usporedbe.

Primjenjena metodologija u osnovi se neznatno razlikuje od njihove predložene metodologije iz 2002. godine, no emisijski čimbenici su revidirani 2005. godine i kao takvi korišteni u izračunima. Osim utvrđivanja emisija za NO_x, SO_2 i CO_2, studija je obuhvatila i ne-metanske lako hlapljive organske sastojke – NMLHOS izvedene kao 99%-tni udio u HC[65], te primarne krute čestice $PM_{2.5}$ izvedene kao 90% - tni udio ukupnih krutih čestica – PM [66].

[64] CONCAWE – Europsko udruženje naftnih kompanija za zaštitu okoliša, zdravlja i sigurnosti pri rafiniranju i distribuciji. (engl. **Con**servation of **C**lean **A**ir and **W**ater in **E**urope – Zaštita čistog zraka i voda u Europi), nap.a.

[65] Za takvu primjenu odlučeno je na osnovi Cooper-ove studije, [50], u kojoj se na osnovi šest mjerenja provedenih na tri sporookretna motora navodi: da se približno 2% ukupnih LHOS sastoji od CH_4, te je u studiji konzervativnom procjenom prihvaćena vrijednost 1%.

[66] U skladu s emisijskim čimbenicima uključenim u Regionalni informacijski i simulacijski model onečišćenja zraka (RAINS).

Za utvrđivanje aktivnosti opet se koristi LMIU baza podataka, no kako ona ne uključuje brodove manje od 500 BT kako bi i oni bili uključeni pretpostavljeno je 10% - tno povećanje emisija u plovidbi (na moru), a podaci o manovri i boravku u lukama zatraženi su iz većih luka unutar istraživanog područja. Ukupna emisija (u kt/a - kilo tonama godišnje) izračunata je na osnovi sljedećeg izraza [49]:

$$\text{Ukupna emisija (kt/a)} = \text{Emisija}_{(\text{Plovidba})} + \text{Emisija}_{(\text{Luka})} + \text{Emisija}_{(\text{Manovra})}.$$

U navedenom izrazu se svaka od emisija računa zasebnim izrazom kako slijedi:

- <u>emisije u plovidbi prema izrazu</u>:

$$E_{plov.}(g) = D(km)/\, v(km/h) \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh)],$$

gdje je:

D - udaljanost prijeđena u određenom području – procjenjena na osnovi luke polaska, pretpostavljene rute i luke dolaska
v - prosječna brzina broda u zavisnosti o kategoriji (tablica 26.)
ME - instalirana snaga porivnog stroja[67]
LF_{ME} - prosječni čimbenik opterećenja glavnog stroja u plovidbi (prema studiji iznosi 80% MTS)
AE - instalirana snaga pomoćnih motora[68]
LF_{AE} - prosječni čimbenik opterećenja pomoćnih motora u plovidbi (prema studiji iznosi 50% MTS-a za osovinske generatore i 30% MTS-a za pomoćne motore)

[67] Instalirana snaga porivnog stroja potrebna je za izračun udjela glavnog stroja u ukupnoj emisiji. Snaga stroja, brzina broda i prijeđena udaljenost korišteni su za izračun ME kWh, što je potom pomnoženo s emisijskim čimbenicima za izračun ukupne emisije onečišćivača.
Za svaku kategoriju broda identificirani su trendovi kako bi se dobila odgovarajuća procjena za slučaj kada točni podaci nisu dostupni. Trendovi su prepoznati na osnovu dijagramske zavisnosti instalirane snage i bruto tonaže (GT) za svaku kategoriju. U dijagramima se najčešće pojavljuje odnos između instalirane snage i ukupne nosivosti, no podaci o ukupnoj nosivosti manje su dostupni (nedostaju za 4% brodova) od onih o bruto tonaži (nedostaju za 2% brodova). Usporedba podataka za slučajeve kada su oba podatka bila dostupna ukazuje da je izračunata instalirana snaga unutar 10%-tne razlike nezavisno o tome da li je korišten podatak o ukupnoj nosivosti ili onaj o bruto tonaži [49].

[68] Instalirana snaga pomoćnih motora potrebna je za izračun njihovog udjela u ukupnoj emisiji koristeći istu metodu kao i za glavne motore. No, podaci o instaliranim pomoćnim motorima nisu bili dostupni u 27% slučajeva. Da bi se i za takve slučajeve procjenila instalirana snaga pomoćnih motora postavljen je omjer između instaliranih snaga pomoćnih i glavnih motora za poznate slučajeve u svakoj kategoriji broda i potom se za izračun instalirane snage pomoćnih motora koristio umnožak instalirane snage glavnog motora i dobivenog kategorijskog omjera.
U bazama podataka su za pomoćne motore dostupni podaci u rubrici 'Pomoćni generatori' izraženi u kVA ili kW jedinicama. Kako LMIU definira pomoćne motore kao: *'motore različite od propulzijske svrhe, koji se obično odnose na dizelske motore za proizvodnju električne energije'*, pretpostavljeno je da se kW jedinice odnose na električnu snagu (kWe) zbog sklada s jedinicama kVA. Brodski pomoćni motori generiraju izmjeničnu struju, pa se stoga električna snaga u kVA mora pomnožiti s čimbenikom snage da bi se dobila kWe vrijednost. Za brodske dizelske generatore standardni čimbenik snage je 0.8 (prema preporuci LMIU i potvrđeno iz kataloga proizvođača). Emisijski čimbenici izračunavaju se na osnovi mehaničke (osovinske) snage, a ne na osnovi električne snage, pa je stoga nužno uračunati električnu efikasnost proizvodne jedinice. MaK i B&W za svoje generatore navode efikasnost od 95% za nove motore pod testnim uvjetima, pa je za normalne operativne uvjete uzimajući u obzir i njihovo starenje tijekom uporabe uzeta efikasnost od 90%. Stoga se instalirana snaga na osovini izračunava kao [49]:

kVA x 0.8 = kWe
kWe / 0.9 = kW (na osovini).

EF - emisijski čimbenik pridružen za svaki brod za operaciju plovidbe u zavisnosti o tipu goriva i broju okretaja motora (revidirani čimbenici iz 2005. godine prikazani u tablicama 27., 28. i 29.).

- emisije u luci i u manovri prema izrazu:

$$E_{luka}(g) = T(h) \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh)],$$
$$E_{manovra}(g) = ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh),$$

gdje je:

T - prosječno vrijeme zadržavanja u luci pri svakom dolasku za određenu kategoriju broda
ME - instalirana snaga porivnog stroja
LF_{ME} - prosječni čimbenik opterećenja glavnog stroja u luci/manovri (prema studiji iznosi 20% MTS-a i u manovri i u luci)
AE - instalirana snaga pomoćnih motora
LF_{AE} - prosječni čimbenik opterećenja pomoćnih motora u luci/manovri (prema studiji iznosi 50% MTS-a u manovri i 60% MTS-a u luci);
EF - emisijski čimbenik pridružen za svaki brod za operaciju boravak u luci/manovra u zavisnosti o tipu goriva i broju okretaja motora (revidirani čimbenici iz 2005. godine prikazani u tablicama 27., 28. i 29.).

Vrijeme potrebno za manovru različito je za svaku luku i zavisi o njenoj lokaciji i pristupnom putu, kao i o specifičnim karakteristikama broda i njegovim manevarskim sposobnostima. Stoga je takva procjena izostavljena i pretpostavlja se da je vrijeme porovedeno u manovri za sve brodove i luke ukupno jeadn sat što je vidljivo i iz navedenog izraza. Vrijeme provedeno u luci određuje se iz podataka u LMIU na osnovi podataka o dolasku i odlasku, no kada oni nisu dostupni pretpostavljeno vrijeme boravka uzima se kao 9,6 sati.

Tablica 26. *Prosječna brzina broda u zavisnosti o kategoriji (revidirani pod. 2005. godine) [49]*

Tip broda	LMIU oznaka	Tip broda korišten u studiji	Pros. brz. (km/h)
Ukapljeni plin	A11	Tanker	29.7
Kemikalije	A12	Tanker	26.2
Uljni tereti	A13	Tanker	26.3
Ostali za tek. terete	A14	Tanker	23.1
Rasuti teret	A21	Brod za rasuti teret	26.7
Rasuti / uljni	A22	Brod za rasuti teret	25.5
Samoiskrcivi rasuti	A23	Brod za rasuti teret	26.9
Ostali za ras. terete	A24	Brod za rasuti teret	24.7
Opći teret	A31	Brod za opći teret	23.5
Putnički / opći teret	A32	Putnički	28.6
Kontejneri	A33	Kontejnerski	39.8
Rashlađeni teret	A34	Brod za opći teret	32.9
Ro-Ro teret	A35	Ro-Ro brod	32.8
Putnički / Ro-Ro	A36	Putnički	40.0
Putnički	A37	Putnički	37.6
Ostali za suhi teret	A38	Brod za opći teret	25.6
Ulov ribe	B11	Ribarski	24.0
Ostali ribarski	B12	Ribarski	26.4
Offshore opskrbni	B21	Offshore brod	25.5
Ostali offshore	B22	Offshore brod	23.7
Istraživački	B31	Ostali	24.7

Tegalj / guranje	B32	Ostali	23.2
Jaružanje	B33	Ostali	22.0
Druge aktivnosti	B34	Ostali	22.7
Druge aktivnosti	W11	Tanker	17.9
Druge aktivnosti	W12	Brod za opći teret	27.8
Druge aktivnosti	W13	Ostali	18.5

Kako je istraživanje provedeno za potrebe procjene skladišta emisija za područje Mediteranskog mora u njega su uključeni i podaci o grčkim trajektnim linijama, a kao osnova korišteni su podaci o njihovom plovidbenom redu i pretpostavljeno je njihovo zadržavanje u luci od jednog sata.

Tablica 27. *Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva u g/kWh za* ***glavni motor u plovidbi*** *[49]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	VOC	PM	Specifična potrošnja goriva
SSD / MD*	16.4	0.7	588	0.6	0.3	185
SSD / RO	17.5	10.5	620	0.6	1.7	195
MSD / MD	12.8	0.8	645	0.5	0.3	203
MSD / RO	13.5	11.5	677	0.5	0.8	213
HSD / MD	11.6	0.8	645	0.2	0.3	203
HSD / RO	12.3	11.5	677	0.2	0.8	213
GT / MD	5.5	1.2	922	0.1	0.0	290
GT / RO	5.9	16.5	970	0.1	0.1	305
ST / MD	1.9	1.2	922	0.1	0.3	290
ST / RO	2.0	16.5	970	0.1	0.8	305

* Značenje oznaka: SSD – sporookretni dizelski motor; MSD – srednjeokretni dizelski motor; HSD – brzookretni dizelski motor; GT – plinska turbina; ST – parna turbina; MD – brodsko destilirano gorivo; RO – ostatno gorivo.

Tablica 28. *Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh za* ***glavni motor u manovri i u luci*** *[49]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	VOC	PM	Specifična potrošnja goriva
SSD / MD	13.1	0.8	647	1.8	0.9	204
SSD / RO	14.0	11.6	682	1.8	2.4	215
MSD / MD	10.2	0.9	710	1.5	0.9	223
MSD / RO	10.8	12.7	745	1.5	2.4	234
HSD / MD	9.3	0.9	710	0.6	0.9	223
HSD / RO	9.89	12.7	745	0.6	2.4	234
GT / MD	2.8	1.3	1014	0.5	0.5	319
GT / RO	3.0	18.1	1067	0.5	1.5	336
ST / MD	1.6	1.3	1014	0.3	0.9	319
ST / RO	1.6	18.1	1067	0.3	2.4	336

Tablica 29. *Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh za* ***pomoćne motore u plovidbi, u manovri i u luci*** *[49]*

Kombinacija motor/gorivo	NO_x	SO_2	CO_2	VOC	PM	Specifična potrošnja goriva
M/H SD / MD*	12.0	0.9	690	0.4	0.3	217
M/H SD / RO	12.7	12.3	722	0.4	0.8	227

* Baza podataka o brodovima ne specificira tip pogona pomoćnih motora, pa je pregledom kataloga različitih proizvođača utvrđeno da su oni uglavnom srednjeokretni ili brzookretni, te je pretpostavljena jednolika distribucija (50:50) unutar Mediteranske flote i kao takva unijeta u procjenu emisijskih čimbenika. Stoga se u tablici koristi oznaka M/H SD (engl. medium/high speed diesel) – srednjeokretni/brzookretni dizelski motori.

Uspoređujući parametre iz tablice 27. s parametrima iz tablice 20. u ovom radu mogu se uočiti određene razlike koje se odnose na prikaz emisijskih čimbenika, gdje su izostavljeni parametri kombinacije pogonskog stroja i plinskog ulja (MGO) odnosno brodskog dizelskog goriva (MDO) umjesto kojega je uvrštena kombinacija brodskih destiliranih goriva objedinjujući obje prethodne, a u onečišćivače su uvršteni VOC umjesto HC[69]. Osim navedenog u prikaz su uključeni i emisijski čimbenici za krute čestice koji su prethodno zbog nedostatka podataka bili izostavljeni.

U razvoju dobivenih podataka procjene su prilagođene u skladu s ažuriranim podacima, te je za emisije NO_x –a kao posljedice izgaranja dijela dušika iz zraka i udjela iz goriva (odnosno: 'toplinskog' i 'organskog' dušika[70]) naglašena veća emisija kod sporookretnih motora zbog njihovog dužeg rada na visokim temperaturama. Omjer NO_x : NO_2 kreće se u rasponu 0.05 - 0.10 (npr. prema studiji [51] NO_2 iznosi 5 – 10 % ukupne emisije NO_x –a) iako se primarno za NO_2 uzimala okvirna vrijednost od 8% ukupne emisije. Da bi se uzeo u obzir viši sadržaj dušika, te manja ogrijevna moć ostatnog goriva prema dizelskom gorivu, emisije NO_x –a uvećane su za 6% kod ostatnog goriva u odnosu na dizelsko gorivo. Osim navedenog, obuhvaćena su i pravila NO_x Tehničkog kodeksa koja se odnose na motore izgrađene nakon 1.1.2000. godine ili su nakon tog datuma bili podvrgnuti većoj izmjeni, pa je za takve motore pretpostavljena smanjena emisija od 17% u odnosu na one izgrađene prije navedenog datuma. Zbog nedostatka podataka o ukupnom broju izmijenjenih motora u promatranoj floti smanjenje vrijedi samo za nove brodove, dok je za postojeće korištena pretpostavka na temelju pretpostavljene prosječne godišnje zamjene starih brodova novim od 4% (uzimajući u obzir prosječni vijek trajanja broda od 25 godina). Stoga su NO_x emisijski čimbenici smanjeni za 3.4%[71] kako bi se uračunali novoizgrađeni brodovi do 2005.

Izračun udjela sumpornog dioksida (SO_2) temelji se na pretpostavci njegovog sadržaja od 0.2% u brodskim destiliranim gorivima (za razliku od prethodno pretpostavljenog sadržaja od 0.5% za MGO i 1% za MDO, nap. a.) odnosno 2.7% u ostatnim gorivima. Od značenja je napomenuti da je u studiji pretpostavljeno da na brodovima nisu ugrađene tehnologije smanjenja emisije sumpornih oksida (npr. hladnjaci prečistači).

Emisijski čimbenici za CO_2 nisu promijenjeni i zasnovani su na 86.7%-tnom udjelu ugljika u brodskim gorivima što rezultira s emisijom od 3179 kg/t_{goriva}.[72]

Emisija krutih čestica (PM) za srednjeokretne i brzookretne motore kada se oni koriste kao glavni motori u plovidbi aproksimirana je vrijednostima za pomoćne motore jer se uglavnom koriste isti motori u oba slučaja.

Specifična potrošnja goriva u zavisnosti je o ogrijevnoj moći korištenog goriva i vrsti motora, a uglavnom ostaje konstantna unutar raspona snage (povećana je pri nižim opterećenjima, a optimirana na predviđena kontinuirana radna opterećenja). Za ogrijevne moći goriva korištene su sljedeće vrijednosti: ostatno gorivo (RO) – 40.96 MJ/kg, brodsko dizelsko gorivo (MDO) – 42.19 MJ/kg i za plinsko ulje (MGO) – 42.65 MJ/kg što je rezultiralo u 5%-tno većoj specifičnoj potrošnji pri korištenju ostatnog goriva u usporedbi s korištenjem destiliranog goriva.

Zbog svih navedenih pretpostavki, zavisnosti emisijskih čimbenika o načinima mjerenja, te razlici u broju i tipu ugrađenih motora autori su utvrdili i stupanj neizvjesnosti za sve čimbenike.

[69] Vidjeti pozivnu bilješku 65. na str. 64. ovog rada.
[70] Opširnije cf.: [34].
[71] U svakoj od 5 godina, 4% flote ima nove motore (17% smanjenje NO_x): 5 x 4% x 17% = 3.4% [49].
[72] Studija Lloyd's Registra koristila je udio 86.5%, a IMO studija (2005.) koristi 86.2% što predstavlja neznatnu varijaciju [49].

4.2.7. Skladište brodskih emisija Ujedinjenog kraljevstva, DEFRA- Entec

U studenom 2010. godine objavljeno je konačno izvješće pod nazivom: „Skladište brodskih emisija Ujedinjenog kraljevstva“ koju je na zahtjev Odjela za okoliš, hranu i ruralna pitanja (DEFRA[73]) provela kompanija Entec [63]. Svrha je utvrđivanje početnog skladišta brodskih emisija (za osnovu je uzeta 2007. godina) koje bi omogućilo određivanje budućih politika u svezi emisija iz brodskih energetskih postrojenja, a obuhvaćene su i moguće projekcije razvoja.

Primjenjena je gotovo identična prethodno korištena metodologija [49], no primjenjeni su noviji podaci u svezi prosječne brzine brodova (tablica 30.). Pri tom su korišteni zadnji podaci iz Lloyd's baze podataka, te korigirani emisijski čimbenici uz uporabu podataka iz 2007. g. (tab. 31., 32. i 33.). Potom je izvršena usporedba s razultatima drugih istraživanja, a provedena su i usklađivanja u skladu s revizijom MARPOL 73/78- Prilog VI. [63]

Tablica 30. *Sažetak iz različitih izvora za prosječne brzine broda (u čvorovima) [63]*

Kategorija broda	Lloyd's baza (ova studija)	Cosco[a]	US EPA	Maes et al., EMEP/Entec	NTUA LMT[b]	Konzultacija operatora
Rasuti teret	14.1	10 - 13	17.6	14 / 14.3	13	14.1[c]
Kontejnerski	21.2	19.8 – 22.5	21.3	20 / 19.3	15.5	18.4 – 20.0 (svjetska plovidba – UK)
Ribarski	13.0	-	-	-	-	-
Opći teret	13.2	10 – 13	14.7	14 / 12.3	-	-
Ostali	12.8	10 – 13 (brodovi posebne namjene)	9.4 – 14.1 (tegljači – različiti)	-	-	-
Putnički	20.6	-	18.1	20 / 20.8	-	-
Ro-Ro teret	18.0	10 – 13 (prijevoz automobila)	13.8 – 13.9 (prijevoz automobila – RoRo)	18 / 15.4	14 – 23.5 (RoRo – RoPax)	-
Tankeri	14.3	10 - 13	13.6	14 / 14.0	12 – 17 (Sirova nafta – LNG)	14.5 – 15.0 (ukrcan – iskrcan)
Rashlađeni teret	-	-	18.9	20 / 16.9	17.5	-

[a] COSCO – engl. China Ocean Shipping Company (Loyd's List 20.6.2008.)
[b] NTUA LMT – engl. National Technical University of Athens – Laboratory for Maritime Transport (2008.)
[c] Zodiac Maritime – osobna komunikacija autora studije, 4.8.2008.
[d] Maersk – osobna komunikacija autora studije, 7.8.2008.
[e] Shell – osobna komunikacija autora studije, 4.8.2008.

[73] DEFRA – engl. Department for Environment, Food and Rural Affairs – Odjel za okoliš, hranu i ruralna pitanja.

Tablica 31. *Emisijski čimbenici za **glavni motor** (g/kWh) **u plovidbi** iz 2007. [63]*

Motor / gorivo	NOx – motori prije 2000.	NOx – motori nakon 2000.	NOx – prosječno za flotu	SO2	CO2	VOC	PM	Spg
SSD / MGO	17.0	14.1	16.0	0.7	588	0.6	0.3	185
SSD / MDO	17.0	14.1	16.0	5.6	588	0.6	0.3	185
SSD / RO	18.1	15.0	17.0	10.5	620	0.6	1.7	195
MSD / MGO	13.2	11.0	12.4	0.8	645	0.5	0.3	203
MSD / MDO	13.2	11.0	12.4	6.2	645	0.5	0.4	203
MSD / RO	14.0	11.6	13.1	11.5	677	0.5	0.8	213
HSD / MGO	12.0	10.0	11.3	0.8	645	0.2	0.3	203
HSD / MDO	12.0	10.0	11.3	6.2	645	0.2	0.4	203
HSD / RO	12.7	10.5	11.9	11.5	677	0.2	0.8	213
GT / MGO	5.7	4.7	5.3	1.2	922	0.1	0.0	290
GT / MDO	5.7	4.7	5.3	8.7	922	0.1	0.0	290
GT / RO	6.1	5.1	5.7	16.5	970	0.1	0.1	305
ST / MGO	2.0	1.7	1.9	1.2	922	0.1	0.3	290
ST / MDO	2.0	1.7	1.9	8.7	922	0.1	0.4	290
ST / RO	2.1	1.7	2.0	16.5	970	0.1	0.8	305

Iz tablice 31. vidljivo je da su pri donošenju emisijskih čimbenika uzete u obzir nove odredbe MARPOL 73/78 Priloga VI, te su emisijski čimbenici za NO_x podijeljeni prema godištu konstrukcije motora na one prije i nakon 2000. godine, no unijete su i prosiječne vrijednosti za flotu. Isti pristup zadržan je i pri razvrstavanju emisijskih čimbenika za slučaj manovre / boravka u luci i za pomoćne motore (tablice 32. i 33.)

Tablica 32. *Emisijski čimbenici za **glavni motor** (g/kWh) u **manovri / boravku u luci** iz 2007. [63]*

Motor / gorivo	NOx – motori prije 2000.	NOx – motori nakon 2000.	NOx – prosječno za flotu	SO2	CO2	VOC	PM	Spg
SSD / MGO	13.6	11.3	12.8	0.8	647	1.8	0.9	204
SSD / MDO	13.6	11.3	12.8	6.2	647	1.8	1.2	204
SSD / RO	14.5	12.0	13.6	11.6	682	1.8	2.4	215
MSD / MGO	10.6	8.8	9.9	0.9	710	1.5	0.9	223
MSD / MDO	10.6	8.8	9.9	6.8	710	1.5	1.2	223
MSD / RO	11.2	9.3	10.5	12.7	745	1.5	2.4	234
HSD / MGO	9.6	8.0	9.0	0.9	710	0.6	0.9	223
HSD / MDO	9.6	8.0	9.0	6.8	710	0.6	1.2	223
HSD / RO	10.2	8.5	9.6	12.7	745	0.6	2.4	234
GT / MGO	2.9	2.4	2.7	1.3	1014	0.5	0.5	319
GT / MDO	2.9	2.4	2.7	9.6	1014	0.5	0.7	319
GT / RO	3.1	2.6	2.9	18.1	1067	0.5	1.5	336
ST / MGO	1.6	1.3	1.5	1.3	1014	0.3	0.9	319
ST / MDO	1.6	1.3	1.5	9.6	1014	0.3	1.2	319
ST / RO	1.7	1.4	1.6	18.1	1067	0.3	2.4	336

Tablica 33. *Emisijski čimbenici za **pomoćne motore** (g/kWh) **u plovidbi, manovri i boravku u luci** iz 2007. [63]*

Motor / gorivo	NOx – motori prije 2000.	NOx – motori nakon 2000.	NOx – prosječno za flotu	SO2	CO2	VOC	PM	Spg
M/H SD / MGO	13.9	11.5	13.0	0.9	690	0.4	0.3	217
M/H SD / MDO	13.9	11.5	13.0	6.5	690	0.4	0.4	217
M/H SD / RO	14.7	12.2	13.8	12.3	722	0.4	0.8	227

Zbog različitosti u broju reprezentativnih mjerenja i ukupnog broja motora u uporabi, neizvjesnosti uzrokovanih različitim mjernim tehnikama i aktivnostima, te korištenih pretpostavki, utvrđena su i moguća odstupanja koja su u nekim slučajevima čak i ± 50%.

Usporedbe radi, iznijeti su različiti emisijski čimbenici, pri čemu su odvojeno uspoređivani emisijski čimbenici s obzirom na korišteno gorivo (posebno za ostatno i destilirano gorivo). Uspoređene su vrijednosti, te utvrđen postotak odstupanja koji npr. kod emisijskih čimbenika za SO_2 pri korištenju ostatnog goriva iznosi čak 85.2% (Defra: 54.0 g/kWh, ERG[74]: 8 g/kWh) što predstavlja značajno odstupanje. Za NO_x i NO_2 odstupanja su manja (9.7% za ostatno gorivo), no navedena odstupanja vjerojatno su uzrokovana različitošću u pristupu jer su u emisijski čimbenici prikazani jedino u obliku NO_x –a, dok u uspoređenim istraživanjima to nije eksplicitno navedeno. Osim navedenog provedena je i usporedba ostalih vrijednosti gdje nisu uočena veća odstupanja (za ostatno gorivo, 8.6% za CO_2, ili 2.6% za PM) [63].

Uspoređujući dobivene emisijske čimbenike zaključeno je kako uočena odstupanja mogu prouzročiti značajnu neizvjesnost pri izračunu ukupnog skladišta emisija u zavisnosti o primjenjenoj metodologiji, no ističu da ne postoji jedinstveni međunarodni režim izračuna i da su čimbenici iznijeti u studiji limitirani na najkvalitetnije dostupne podatke.

4.2.8. TECHNE – poboljšana metodologija

U svrhu održavanja i poboljšanja EMEP/EEA vodiča za izračun skladišta emisija zračnih onečišćivača, [71], odnosno dijela koji se odnosi na pomorstvo (Poglavlje 1.A.3.d) ostvarena je suradnja između TECHNE kompanije[75] i Aristotelovog Sveučilišta iz Thessaloniki-ja[76] koja je rezultirala poboljšanom metodologijom procjene emisija iz brodskih energetskih sustava [137].

Budući da se emisije mogu procijeniti na različitim razinama kompleksnosti, prema 'Smjernicama za nacionalna skladišta stakleničkih plinova' unutar IPCC[77] smjernica iz 2006. godine, one se mogu razdijeliti u tri reda: od najjednostavnijeg 1. reda koji koristi samo unaprijed postavljene emisijske čimbenike, preko 2. reda gdje se emisijski čimbenici zamjenjuju specifičnim čimbenicima za pojedinu državu ili tehnološkim čimbenicima što može zahtjevati daljnju podjelu aktivnosti preko raspona različitih tehnologija, do 3. reda u kojem se koriste najnovije znanstvene spoznaje u sofisticiranijem pristupu i modelima. *(v. infra 6.2.)*

U skladu s navedenim, prva metoda je i najmanje pouzdana i nije za uporabu kod procjene ključnih kategorija, dok je druga detaljnija i prihvatljiva pri takvim procjenama. Treća metoda je najkompleksnija i uključuje detaljne podatke o aktivnostima i emisijskim čimbenicima, a postoji široki raspon korištenih metodologija kao i najnovijih 'dinamičkih modela' (npr. uz uporabu AIS–a [81]).

U metodi 1. reda, osim glavnih, pojavljuju se i procijenjeni emisijski čimbenici za mikroonečišćivače (teški metali, PCB, HCB, PCDD/F, PAH[78]). Sažetak emisijskih

[74] ERG – Eastern Research Group, INC. (2007.)
[75] TECHNE, Techne Consulting srl. – Environment and Energy Knowledge [137].
[76] Eng. Aristotle University of Thessaloniki – AUTH.
[77] IPCC - engl. Intergovermental Panel on Climate Change.
[78] Teški metali: Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn;
PCB – poliklorirani bifenili,
HCB – heksaklorbenzeni;
PCDD – poliklorirani dibenzodioksini (dioksini);
PCDF – poliklorirani dibenzofurani (furani).
(Više o emisijskim čimbenicima za mikroonečišćivače: Cooper 2004. [22], Cooper i Gustafsson 2004. [5])

čimbenika za **metodu 1.reda** podijeljen je u tri tablice u zavisnosti o korištenom gorivu (tablice 34., 35., i 36.).

Tablica 34. *Red 1. – emisijski čimbenici za brodove koji koriste **ostatno gorivo** [137]*

Red 1 – postavljeni emisijski čimbenici					
Onečišćivač	Vrijednost EF	Jedinica	95%-tni interval pouzdanosti		Referenca
			Donja	Gornja	
NOx	79.3[(2)]	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
CO	7.4	kg/tgoriva	NA	NA	Lloyd's Reg. (1995.)
NMVOC	2.7[(2)]	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
SOx	20 · S [(1)]	kg/tgoriva	NA	NA	Lloyd's Reg. (1995.)
TSP	6.2	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
PM10	6.2	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
PM2.5	5.6	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
Pb	0.18	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cd	0.02	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Hg	0.02	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
As	0.68	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cr	0.72	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cu	1.25	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Ni	32	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Se	0.21	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Zn	1.20	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
PCDD/F	0.47	TEQmg/tgoriva[79]	NA	NA	Cooper (2005.)
HCB	0.14	mg/tgoriva	NA	NA	Cooper (2005.)
PCB	0.57	mg/tgoriva	NA	NA	Cooper (2005.)

[(1)] S = udio sumpora u gorivu; prije 2006.: 2.7% mas. udio (izvor: Lloyd's Registar 1995.) Za Europsku Zajednicu prema Direktivi 2005/33/EC:

a) 1.5% mas. udio od 11.8.2006. za Baltičko more i od 11.8.2007. za Sjeverno more i Engleski kanal za sve brodove

b) 1.5% mas. udio od 11.8.2006. za EZ teritorijalna mora, ekskluzivne ekonomske zone i zone nadzora onečišćenja putničkih brodova na regularnim linijama 'iz' ili 'u' bilo koju luku Zajednice barem u odnosu na brodove koji viju njihovu zastavu i za brodove pod drugim zastavama za vrijeme boravka u lukama EZ

c) 0.1% mas. udio od 1.1.2010. za brodove na unutarnjim vodama i vezu u lukama Zajednice.

[(2)] Emisijski čimbenici za NOx i NMVOC su vrijednosti iz 2000. g. za srednjeokretne motore u plovidbi.

[(3)] Prosječne vrijednosti između Lloyd's Registra (1995.) i Cooper-Gustafsson (2004.).

Tablica 35. *Red 1. – emisijski čimbenici za brodove koji koriste **MDO/ MGO gorivo** [137]*

Red 1 – postavljeni emisijski čimbenici					
Onečišćivač	Vrijednost EF	Jedinica	95%-tni interval pouzdanosti		Referenca
			Donja	Gornja	
NOx	78.5[(2)]	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
CO	7.4	kg/tgoriva	NA	NA	Lloyd's Reg. (1995.)
NMVOC	2.8[(2)]	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
SOx	20 · S [(1)]	kg/tgoriva	NA	NA	Lloyd's Reg. (1995.)
TSP	1.5	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
PM10	1.5	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
PM2.5	1.4	kg/tgoriva	NA	NA	Entec (2007.)
Pb	0.13	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cd	0.01	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Hg	0.03	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
As	0.04	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cr	0.05	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]
Cu	0.88	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost [(3)]

[79] TEF – faktor ekvivalentne otrovnosti; TEQ – veličina ekvivalentne otrovnosti; TEQ = PCDD/F · TEF, o.a.

Ni	1	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost (3)
Se	0.10	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost (3)
Zn	1.20	g/tgoriva	NA	NA	Prosječna vrijednost (3)
PCDD/F	0.13	TEQmg/tgoriva	NA	NA	Cooper (2005.)
HCB	0.08	mg/tgoriva	NA	NA	Cooper (2005.)
PCB	0.38	mg/tgoriva	NA	NA	Cooper (2005.)

(1) S = udio sumpora u gorivu; prije 2000.: 0.5% mas. udio (izvor: Lloyd's Registar 1995.) Za Europsku Zajednicu prema Direktivi 2005/33/EC:

a) 0.2% mas. udio od 1.7.2000. i 0.1% mas. od 1.1.2008. za dizelsko gorivo ili plinsko ulje korišteno na prekooceanskim brodovima (osim za brodove koji prelaze granice između trećih zemalja i zemalja članica)

b) 0.1% mas. udio od 1.1.2010. za brodove na unutarnjim vodama i vezu u lukama Zajednice.

(2) Emisijski čimbenici za NO_x i NMVOC su vrijednosti iz 2000. g. za srednjeokretne motore u plovidbi.

(3) Prosječne vrijednosti između Lloyd's Registra (1995.) i Cooper-Gustafsson (2004.).

Osim navedenih čimbenika koji se koriste za procjenu utjecaja brodova navedeni su i emisijski čimbenici za 'brodove' koji koriste benzinsko gorivo[80]. Oni su navedeni u tablici 36.

Tablica 36. *Red 1. – emisijski faktori za 'brodove' koji koriste **benzinsko gorivo** [137]*

Red 1 – postavljeni emisijski čimbenici					
Onečišćivač	Vrijednost EF	Jedinica	95%-tni interval pouzdanosti		Referenca
			Donja	Gornja	
NO_x	9.4	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
CO	573.9	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
NMVOC	181.5	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
SO_X	20 · S	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
TSP	9.5	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
PM_{10}	9.5	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.
$PM_{2.5}$	9.5	kg/tgoriva	NA	NA	Winther & Nielsen, 2006.

Napomena, [137]: Tablica sadrži prosječne vrijednosti između 2-taktnih i 4-taktnih motora, pretpostavljajući omjer 75% 2-taktnih i 25% 4-taktnih motora. Ako je dostupno više podataka treba koristiti metodu reda 2.

U **metodi 2. reda** pristup je zasnovan na podjeli ukupno korištenog goriva između nacionalne i međunarodne plovidbe. U svrhu primjene detaljnijih emisijskih čimbenika za NO_x i NMVOC, statističke podatke o dolascima u luku treba podijeliti prema tipu motora koristeći nacionalnu statistiku i prosječne čimbenike za tip goriva i brodske aktivnosti (načine/faze rada). Statistički podaci o dolascima u luku za EZ sakupljaju se i dostavljaju Eurostat-u od svih članica u skladu s Direktivom pomorske statistike (engl. Council Directive 96/64/EC). Kvartalna izvješća o kretanju putnika i dobara razvrstana prema odredištu, strankama i tipu tereta dostupna su u Eurostat Newcronos pomorskoj bazi podataka (engl. Eurostat Newcronos Maritime Database). Podaci su referentni samo za glavne luke, no sadrže 90% ukupnog prometa.

Ova metoda predviđa i obuhvaća skupinu novih ili modificiranih brodova u floti prema istom modelu kao u [49] od 3.4% zamijenjenih na godišnjoj razini[81], te postavlja osnovne emisijske čimbenike za različite kombinacije tipa pogonskog stroja i korištenog goriva definirajući specifičnu potrošnju goriva za svaku kombinaciju (tablica 37.).

[80] Iako je u studiji korišten izraz 'brodovi' treba napomenuti da se to uglavnom odnosi na brodice ili rekreacijska plovila, budući da oni najčešće koriste benzinsko gorivo, a za ukupnu procjenu skladišta emisija potrebno je izračunati i njihov udio, nap.a.

[81] *V. supra 4.2.6.*, pozivna bilješka 71. na str. 68.

Da bi se procijenili emisijski čimbenici nužni su sljedeći podaci:

1. prikupiti nacionalne statističke podatke o dolascima u luku prema tipu broda (tab. 38.)
2. izračunati ukupnu instaliranu snagu prema tipu broda kao u tablici 38.
3. podijeliti ukupnu instaliranu snagu za svaki tip broda prema klasi odnosa brzine okretanja i korištenog goriva kao u tablici 39.
4. izračunati ukupnu instaliranu snagu prema klasi odnosa brzine okretanja i korištenog goriva kao sumu izvedenih vrijednosti u 3. koraku
5. pretpostaviti proporcionalni odnos između utrošenog goriva i ukupno instalirane snage kako bi se mogla dodijeliti statistička potrošnja goriva (iz tablice 37.) za svaku klasu odnosa brzine okretanja i korištenog goriva
6. procijeniti nacionalne emisije uz uporabu emisijskih čimbenika iz tablice 37.

Tablica 37. *Emisijski čimbenici za metodu 2. reda za NO_x, NMVOC, PM i specifična potrošnja goriva za različite kombinacije tipa pogonskog stroja i korištenog goriva [137]*

Red 2. - postavljeni emisijski čimbenici							
Tip pogona	Tip goriva	NO_x – 2000 (kg/t)	NO_x – 2005 (kg/t)	NMVOC (kg/t)	TSP-PM_{10} (kg/t)	$PM_{2.5}$ (kg/t)	SPG (g_{goriva}/kWh)
Plinska turbina	BFO	20.0	19.3	0.3	0.3	0.3	305
	MDO/MGO	19.7	19.0	0.3	0.0	0.0	290
Brzookretni dizelski m.	BFO	59.6	57.7	0.9	3.8	3.4	213
	MDO/MGO	59.1	57.1	1.0	1.5	1.3	203
Srednjeokr. dizelski m.	BFO	65.7	63.4	2.3	3.8	3.4	213
	MDO/MGO	65.0	63.1	2.4	1.5	1.3	203
Sporookr. dizelski m	BFO	92.8	89.7	3.0	8.7	7.8	195
	MDO/MGO	91.9	88.6	3.2	1.6	1.5	185
Parna turbina	BFO	6.9	6.6	0.3	2.6	2.4	305
	MDO/MGO	6.9	6.6	0.3	1.0	0.9	290

Napomena: za rekreacijska i servisna plovila emisijski čimbenici i sama metodologija za metodu 2. reda ostaju isti.

Tablica 38. *Procijenjena prosječna instalirana snaga stroja (ukupna snaga za sve pogone) prema kategoriji broda [137]*

Kategorija broda	Snaga glavnog stroja (kW)	
	Flota 1997.	Flota 2010.
Tekući tereti	6.695	6.543
Rasuti tereti	8.032	4.397
Kontejneri	22.929	14.871
Opći tereti	2.657	2.555
Ro-Ro tereti	7.898	4.194
Putnički	3.885	10.196
Ribarski	837	734
Ostali	2.778	2.469
Tegljači	2.059	2.033

Tablica 39. *Postotak instalirane snage pogonskog stroja prema klasi odnosa brzine okretanja i korištenog goriva (flota 2010.) [137]*

Kategorija broda	SSD MDO /MGO	SSD BFO	MSD MDO /MGO	MSD BFO	HSD MDO /MGO	HSD BFO	GT MDO /MGO	GT BFO	ST MDO /MGO	ST BFO
Tekući tereti	0.87	74.08	3.17	20.47	0.52	0.75	0.00	0.14	0.00	0.00
Rasuti tereti	0.37	91.63	0.63	7.29	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Kontejneri	1.23	92.98	0.11	5.56	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00

Opći tereti	0.36	44.59	8.48	41.71	4.30	0.45	0.00	0.10	0.00	0.00
Ro-Ro tereti	0.17	20.09	9.86	59.82	5.57	2.23	2.27	0.00	0.00	0.00
Putnički	0.00	3.81	5.68	76.98	3.68	1.76	4.79	3.29	0.00	0.02
Ribarski	0.00	0.00	84.42	3.82	11.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostali	0.48	30.14	29.54	19.63	16.67	2.96	0.38	0.20	0.00	0.00
Tegljači	0.00	0.00	39.99	6.14	52.80	0.78	0.28	0.00	0.00	0.00

Metoda 3. reda revidirana je u skladu s detaljnim izračunom korištenim u CONCAWE/Entec (2007.), [49], čime je ostvaren ujednačeni pristup na Europskoj razini, a uključuje: izračun i za glavne i za pomoćne motore za sve brodske aktivnosti (plovidba, manovra, boravak u luci) i njihove različite čimbenike opterećenja za pojedine aktivnosti. Kada je poznata potrošnja goriva (PG) za pojedinu fazu (plovidba, manovra, boravak u luci), emisija se može izračunati prema sljedećem izrazu [137]:

$$E_{faze}\,(kg) = PG_{faze}\,(t) \cdot EF_{oneč.}\,(kg/t).$$

Kada nije poznata potrošnja goriva za pojedinu fazu tada se emisija može izračunati na bazi instalirane snage. Dakle, emisija (E) se izračunava iz detaljnog poznavanja instalirane snage za glavni (ME) i pomoćne (AE) motore, čimbenika opterećenja (LF), emisijskih čimbenika (EF) i ukupnog vremena (T) provedenog u svakoj fazi prema sljedećem izrazu, [137]:

$$E_{faze}\,(kg) = T(h) \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(kg/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(kg/kWh)].$$

Za fazu plovidbe vrijeme se izračunava iz kvocjenta udaljenosti (D) i prosječne brzine ($V_{pros.}$) prema izrazu:

$$T_{plovidbe}\,(h) = D\,(km) / V_{pros.}\,(km/h).$$

U tablici 40. prikazani su emisijski čimbenici za uporabu kod korištenja metode 3. reda u g/t_{goriva}, a u tablici 41. emisijski čimbenici u g/kWh.

Tablica 40. *Emisijski čimbenici za metodu 3. reda za različite kombinacije motora, goriva i aktivnosti (kg/t_{goriva}) [137]*

Stroj	Faza	Tip stroja	Tip goriva	NO_x EF 2000 (kg/t)	NO_x EF 2005 (kg/t)	NMVOC EF (kg/t)	TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$ EF (kg/t)
Glavni	Plovidba	Plinska turbina	BFO	20.9	19.3	0.3	0.3
			MDO/MGO	19.7	19.0	0.3	0.0
		Brzooketni dizelski m.	BFO	59.6	57.7	0.9	3.8
			MDO/MGO	59.1	57.1	1.0	1.5
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	65.7	63.4	2.3	3.8
			MDO/MGO	65.0	63.1	2.4	1.5
		Sporook. dizelski m.	BFO	92.8	89.7	3.0	8.7
			MDO/MGO	91.9	88.6	3.2	1.6
		Parna turbina	BFO	6.9	6.6	0.3	2.6
			MDO/MGO	6.9	6.6	0.3	1.0
	Manovra / luka	Plinska turbina	BFO	9.2	8.9	1.5	4.5
			MDO/MGO	9.1	8.8	1.5	1.6
		Brzooketni dizelski m.	BFO	43.6	39.7	2.5	10.3
			MDO/MGO	43.0	44.3	2.6	4.0
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	47.9	46.2	6.3	10.3
			MDO/MGO	47.5	45.7	6.6	4.0
		Sporook. dizelski m.	BFO	67.4	65.1	8.2	11.2
			MDO/MGO	66.7	64.2	8.6	4.4

		Parna turbina	BFO	5.1	4.8	0.9	7.1
			MDO/MGO	5.0	5.0	0.9	2.8
Pomoćni	Plovidba / manovra / luka	Brzooketni dizelski m.	BFO	51.1	49.4	1.7	3.5
			MDO/MGO	50.2	48.6	1.8	1.4
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	64.8	62.5	1.7	3.5
			MDO/MGO	64.1	62.0	1.8	1.4

Napomena: Entec (2002.) i Entec (2007.) emisijski čimbenici za NMVOC izvedeni su kao 98%-tna vrijednost izvorne emisije HC-a na osnovi izvješća IPCC (1997.) za CH_4.

U metodi 3. reda dostupne su dvije različite procedure počevši od potrošnje goriva ili instalirane snage. Procedura procjene emisija na osnovi potrošnje goriva primjenjiva je kada su dostupne detaljne informacije o potrošnji za svaku kombinaciju broda i tipa pogona u različitim fazama ili aktivnostima, a u suprotnom koristi se procedura na osnovi instalirane snage.

Za proceduru u kojoj se koristi potrošnja goriva potrebno je:

1. prikupiti podatke o potrošnji pojedinačno za svaki brod, tip pogona, vrstu goriva i aktivnosti na godišnjoj razini u zavisnosti o dostupnim izvorima podataka i zahtjevanoj točnosti studije
2. potom izračunati emisije za svaku kategoriju broda, tip pogona i vrstu goriva koristeći emisijske čimbenike iz tablice 42.

Tablica 41. *Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva za metodu 3. reda za različite kombinacije motora, goriva i aktivnosti (g/kWh) [137]*

Stroj	Faza	Tip stroja	Tip goriva	NO_x EF 2000 (g/kWh)	NO_x EF 2005 (g/kWh)	NMVOC EF (g/kWh)	TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$ EF (g/kWh)	Spec. Potr. Gor. (g/kWh)
Glavni	Plovidba	Plinska turbina	BFO	6.1	5.9	0.1	0.1	305.0
			MDO/MGO	5.7	5.5	0.1	0.0	290.0
		Brzooketni dizelski m.	BFO	12.7	12.3	0.2	0.8	213.0
			MDO/MGO	12.0	11.6	0.2	0.3	203.0
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	14.0	13.5	0.5	0.8	213.0
			MDO/MGO	13.2	12.8	0.5	0.3	203.0
		Sporook. dizelski m.	BFO	18.1	17.5	0.6	1.7	195.0
			MDO/MGO	17.0	16.4	0.6	0.3	185.0
		Parna turbina	BFO	2.1	2.0	0.1	0.8	305.0
			MDO/MGO	2.0	1.9	0.1	0.3	290.0
	Manovra / luka	Plinska turbina	BFO	3.1	3.0	0.5	1.5	336.0
			MDO/MGO	2.9	2.8	0.5	0.5	319.0
		Brzooketni dizelski m.	BFO	10.2	9.3	0.6	2.4	234.0
			MDO/MGO	9.6	9.9	0.6	0.9	223.0
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	11.2	10.8	1.5	2.4	234.0
			MDO/MGO	10.6	10.2	1.5	0.9	223.0
		Sporook. dizelski m.	BFO	14.5	14.0	1.8	2.4	215.0
			MDO/MGO	13.6	13.1	1.8	0.9	204.0
		Parna turbina	BFO	1.7	1.6	0.3	2.4	336.0
			MDO/MGO	1.6	1.6	0.3	0.9	319.0
Pomoćni	Plovidba / manovra / luka	Brzooketni dizelski m.	BFO	11.6	11.2	0.4	0.8	227.0
			MDO/MGO	10.9	10.5	0.4	0.3	217.0
		Srednjeok. dizelski m.	BFO	14.7	14.2	0.4	0.8	227.0
			MDO/MGO	13.9	13.5	0.4	0.3	217.0

Napomena: Entec (2002.) i Entec (2007.) emisijski čimbenici za NMVOC izvedeni su kao 98%-tna vrijednost izvorne emisije HC-a na osnovi izvješća IPCC (1997) za CH_4.

Za procjenu emisija na osnovi instalirane snage potrebno je:

1. prikupiti podatke o kretanju broda: luke polazišta i odredišta, te vrijeme polaska i dolaska za svaki brod na godišnjoj razini u zavisnosti o dostupnim izvorima i zahtjevanoj točnosti studije
2. ustanoviti rute putovanja i udaljenosti između luka za što se mogu koristiti različite dostupne publikacije, kao npr. 'GIS' podaci (eng. Geographical Information System), 'Thomas Reed Publications' (1992.), IMO – 'Ships Routing' za određivanje ruta putovanja odnosno 'Reed's Marine Distance Tables' (Thomas Reed publications, 1992.) za udaljenosti
3. prikupiti podatke o karakteristikama svakog broda: tip, vrsta i instalirana snaga pogonskog stroja i pomoćnih motora, te vrsta korištenog goriva; takvi podaci dostupni su u nacionalnim bazama podataka država pod čijim zastavama brodovi plove ili iz baze Lloyd's Registra za sve brodove iznad 100 GT-a; kada podaci o instaliranoj snazi glavnih motora nisu poznati, mogu se koristiti podaci iz tablice 42. gdje su prikazani omjeri prosječno instalirane snage u zavisnosti o GT-i, odnosno tablice 43. gdje je prikazan omjer između prosječno instalirane snage pomoćnih motora u zavisnosti o instaliranoj snazi glavnog pogonskog stroja za različite kategorije brodova
4. ustanoviti ukupno vrijeme plovidbe za svaki brod na temelju podataka o polasku i dolasku ili na osnovi prosječnih brzina za određenu kategoriju broda (tablica 44.)
5. ustanoviti ukupno vrijeme provedeno u manovri ili boravku u luci na osnovi podataka prikupljenih od lučkih vlasti ili na osnovi prosječnog vremena zasebno za svaku kategoriju broda (tablica 44.)
6. izračunati emisije zasebno za svaki brod[82] u zavisnosti o njegovoj kategoriji, tipu pogona i vrsti korištenog goriva umnažajući vrijeme provedeno u svakoj fazi ustanovljeno u točkama 4. i 5. s instaliranom sngom za glavni i pomoćne motore (prema točci 3.) uračunavajući čimbenike opterećenja pomnožene s emisijskim čimbenicima (tablica 41.); takav izračun podrazumijeva odvojeno računanje za glavni i pomoćni motor, ali i konačni zbroj dobivenih emisija uzimajući u obzir čimbenike njihovih opterećenja u zavisnosti o brodskim aktivnostima (tablica 45.).

Tablica 42. *Instalirana snaga pogonskog stroja kao funkcija bruto tonaže (GT) [137]*

Kategorija broda	Svjetska flota 2010.	Svjetska flota 1997.	Flota u Mediteranskom moru (2006.)
Tekući tereti	$14.755 \cdot GT^{0.6082}$	$29.821 \cdot GT^{0.5552}$	$14.602 \cdot GT^{0.6278}$
Rasuti tereti	$35.912 \cdot GT^{0.5276}$	$89.571 \cdot GT^{0.4446}$	$47.115 \cdot GT^{0.504}$
Kontejneri	$2.9165 \cdot GT^{0.8719}$	$1.3284 \cdot GT^{0.9303}$	$1.0839 \cdot GT^{0.9617}$
Opći tereti	$5.56482 \cdot GT^{0.7425}$	$10.539 \cdot GT^{0.6760}$	$1.2763 \cdot GT^{0.9154}$
Ro-Ro tereti	$164.578 \cdot GT^{0.4350}$	$35.93 \cdot GT^{0.5885}$	$45.7 \cdot GT^{0.5237}$
Putnički	$9.55078 \cdot GT^{0.7570}$	$1.39129 \cdot GT^{0.9222}$	$42.966 \cdot GT^{0.6035}$
Ribarski	$9.75891 \cdot GT^{0.7527}$	$10.259 \cdot GT^{0.6919}$	$24.222 \cdot GT^{0.5916}$
Ostali	$59.049 \cdot GT^{0.5485}$	$44.324 \cdot GT^{0.5300}$	$183.18 \cdot GT^{0.4028}$
Tegljači	$54.2171 \cdot GT^{0.6420}$	$27.303 \cdot GT^{0.7014}$	-

Napomena: izvori podataka - Techne studije za flotu 2010. i 1997., Entec (2007.) za Mediteransku flotu 2006. (za flotu 1997. korištena je konverzija 1 GT = 1.875 GRT).

[82] Izračun se izvodi prema prethodno navedenom izrazu za svaku fazu: $E_{faze} = T\,(h) \cdot [ME ... + AE...]$, nap.a.

Tablica 43. *Procijenjeni prosječni omjer između instalirane snage pomoćnih motora u zavisnosti o instaliranoj snazi glavnog pogona [137]*

Kategorija broda	Svjetska flota 2010.	Flota u Mediteranskom moru (2006.)
Tekući tereti	0.30	0.35
Rasuti tereti	0.30	0.39
Kontejneri	0.25	0.27
Opći tereti	0.23	0.35
Ro-Ro tereti	0.24	0.39
Putnički	0.16	0.27
Ribarski	0.39	0.47
Ostali	0.35	0.18
Tegljači	0.10	-

Napomena: izvori podataka - Techne studija za flotu 2010., Entec (2007.) za Mediteransku flotu 2006.

Tablica 44. *Pretpostavke za prosječnu brzinu plovidbe i prosječno vrijeme trajanja aktivnosti manovre i boravka u luci [137]*

Kategorija broda	Prosječna brzina plovidbe (km/h)	Prosječno vrijeme manovre (h)	Prosječno vrijeme boravka u luci (h)
Tekući tereti	26	1.0	38
Rasuti tereti	26	1.0	52
Kontejneri	36	1.0	14
Opći tereti	23	1.0	39
Ro-Ro tereti	27	1.0	15
Putnički	39	0.8	14
Ribarski	25	0.7	60
Ostali	20	1.0	27

Napomena: izvor podataka – Entec (2002.)

Tablica 45. *Procijenjeno opterećenje u %-ima maksimalne trajne snage (MCR) za glavni pogonski stroj i pomoćne motore pri različitim aktivnostima [137]*

Aktivnost (faza)	%-tak opt. MCR-a za glavni pogonski stroj	% vremena kad su glavni pogonski strojevi u radu	%-tak opt. MCR-a za pomoćne motore
Plovidba	80	100	30
Manovra	20	100	50
Boravak u luci (osim tankera)	20	5	40
Boravak u luci (tankeri)	20	100	60

Napomena: izvor podataka – Entec (2002.).

4.2.9. Pristup izradi metodologija procjene

Za procjenu potrošnje goriva i emisija iz brodskih energetskih postrojenja koriste se dvije metode.

Prva metoda koristi podatke o ukupno prodanom gorivu u kombinaciji s emisijskim čimbenicima koji se odnose na gorivo i obično se naziva: 'metoda odozgora prema dolje' (engl. *top-down method*). Uporaba podataka o prodanom gorivu za procjenu emisija, koja se još naziva i metoda zasnovana na gorivu (engl. *fuel-based method*), bila bi vrlo pouzdana pri procjeni ukupne potrošnje goriva i odnosne emisije kada bi se moglo pouzdati u podatke iz izvješća o prodaji[83]. Međutim, postoji sumnja u pouzdanost takvih podataka i njihovoj usporedbi sa stvarnom potrošnjom goriva u pomorstvu. U samom začetku uočljiv je problem različitih definicija pojma 'međunarodnog bunkera' (međunarodne opskrbe gorivom) gdje IEA u potrošnju goriva uključuje i ratne brodove, a

[83] Takvi podaci dostupni su iz baza kao npr.: Energy Information Administration (EIA), International Energy Agency (IEA) i United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

EIA uključuje i neka međunarodna zrakoplovna goriva u svojim prikazima o svjetskoj potrošnji goriva. Osim toga, procjene emisija CO_2 iz pomorskog prometa na globalnoj razini izvedene iz energetske statistike značajno odstupaju od onih izvedenih na osnovi aktivnosti brodova. Jedan od glavnih razloga koji uzrokuju sumnju u takve podatke je i činjenica da su u mnogim zemljama oni nepouzdani zbog mogućnosti različitih grupiranja podataka o gorivu i razvrstavanju unutar određenih kategorija što može uzrokovati značajnu statističku pogrešku i stoga su teško primjenjivi na globalnoj razini. Procjene emisija na osnovi ukupne prodaje goriva, čak i kada su podaci ispravni, vjerojatno su prihvatljivija metoda za primjenu na području određene zemlje (nazavisno da li u pomorstvu, željezničkom ili nekom drugom obliku transporta), a manje na globalnoj razini [120].

Primarno, zbog navedenih razloga, počela se koristiti **druga metoda** zasnovana na aktivnostima brodova (engl. *activity-based method*) koja se još naziva i metoda 'odozdola prema gore' (engl. *bottom-up method*). Taj pristup vidljiv je i u prethodno navedenim metodologijama i zasniva se na aktivnostima flote gdje se procjena emisija izračunava uključujući sve moguće kategorije brodova i tipove njihovih energetskih postrojenja. Stoga ona iziskuje podatke o kretanju brodova i njihovim karakteristikama (tip i veličina broda, vrsta pogonskog stroja i godina proizvodnje, koja vrsta goriva se koristi, i dr.), kao i podatke o potrošnji goriva i emisijskim čimbenicima. Ova metoda ima mnogo različitih varijanti koje uglavnom zavise o načinu sistematiziranja prikupljenih podataka, modeliranju ili korištenim pretpostavkama.

4.3. Primjena metodologija

Iako se mogu pronaći različite studije i metodologije procjene emisija iz brodskih energetskih postrojenja, može se uočiti tek vrlo mali broj istraživanja u svezi njihove primjene u stvarnim uvjetima za pojedinačne brodove. Procjene emisija uz uporabu nekih od metodologija uglavnom su povezane uz izračune skladišta emisija za određena područja, a rezultati su prikazani tablično. To pretpostavlja pojedinačne izračune za brodove, no sami izračuni i usporedba sa stvarnim mjerenjima na brodu rijetko su dostupni. Ipak, neke od studija postoje (npr. [55], [111]).

4.3.1. Primjeri provedenih studija

Na zahtjev CARB-a, u svrhu provjere vjerodostojnosti dostupnih i primjenjivanih metodologija za procjenu emisija s brodova provedena je usporedba izračuna emisija, [55], za dva broda (m/v New Spirit – brod za rasuti teret, 2002., 26562 GT i m/v Sine Maersk – brod za prijevoz kontejnera, 1998., 91600 GT) prema metodologiji procjene zasnovanoj na aktivnostima broda i vrijednosti dobivenih mjerenjem[84]. Pokazano je da postoji dobra podudarnost između emisija izračunatih primjenom metodologija izračuna uz korištenje emisijskih čimbenika i emisija izmjerenih direktno na brodu, no uočena je slabija podudarnost pri usporedbi s rezultatima dobivenim na osnovi snimanja ispušnih plinova, a pretpostavljeni razlog je u nedovoljnom poznavanju procesa miješanja ispušnih plinova i zraka po ispuhu u atmosferu. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 46.

[84] Za brod m/v Sine Maersk – direktno mjerenje na brodu, a za m/v New Spirit – mjerenje na osnovi snimanja ispuha (indirektno).

Tablica 46. *Procjenjene emisije glavnog motora u **tonama na dan** koristeći objavljene emisijske omjere i izmjerene (empirijske) emisijske omjere za: a) m/v Sine Maersk [1]; b) m/v New Spirit [2] izmjereno indirektnom metodom u plovidbi pri cca 62% maksimalne brzine [55]*

//	CO_2	NO_x	SO_2	PM	HC	CO
Sine Maersk – koristeći objavljene omjere Sine Maersk – izmjerene vrijednosti na brodu Postotak razlike	619 608 2%	19 22 - 12%	11 9 19%	2.0 1.8 11%	0.6 0.1 508%	1.5 0.2 640%
New Spirit – koristeći objavljene omjere New Spirit – indirektno izmjerene vrijednosti Postotak razlike		0.7 0.5 41%	0.4 0.3 23% (33%)	0.07 0.03 114%		

[1] Za m/v Sine Maersk, podaci MAN B&W izvješća uključuju podatke za brzinu motora, ali ne i za brzinu broda, te je stoga podatak o maksimalnoj brzini pretpostavljen kao 80% instalirane snage.

[2] Za m/v New Spirit indirektno izmjerene vrijednosti (snimanjem ispuha) u plovidbi odgovaraju za cca 30% snage; jedan od mogućih razloga je da je brod bio u ekonomskom načinu plovidbe koji je tipičan za brodove za rasuti teret. Odgovarajuća maksimalna plovidba povisila bi pretpostavljene omjere, a time i dobivene emisije, ali to ne bi promijenilo postotak razlike. Kada se izvrši usklađivanje za udio sumpora u gorivu između objavljenih i indirektno izmjerenih omjera razlika je 23%, a ukoliko se ne provede usklađivanje razlika bi bila 33%.

Može se primijetiti da su izmjerene relativno visoke razlike u omjerima za CO i HC, no to nije neočekivano s obzirom na relativno male emisije tih plinova kod velikih sporookretnih motora i ograničenih izvora tih podataka u testnim mjerenjima [55].

Drugi primjer istraživanja, [111], koji je proveden primarno u svrhu utvrđivanja učinkovitosti hladnjaka – prečistača u odvajanju sumpornih oksida i krutih čestica, u ovom radu je teško primjenjiv za usporedbu jer nisu promatrani ostali onečišćivači.

4.3.2. Primjena metodologije procjene emisija na primjeru broda i usporedba rezultata (studija slučaja)

U prethodnim primjerima ustanovljena je dobra podudarnost između utvrđenih vrijednosti emisija izmjerenih na brodu i onih dobivenih primjenom metodologija za izračun emisija, a to omogućuje korištenje izračuna prema predloženim metodologijama i u idućem primjeru. S obzirom na uočenu nedostupnost primjera izračuna emisija na stvarnim brodovima, a poglavito na brodvima izgrađenim prije 1990. godine koji još uvijek plove, u nastavku je prikazan proračun emisija za Brod 1[85] za prijevoz rashlađenog tereta koji s obzirom na karakteristike može imati različito optetrećenje u zavisnosti o teretu koji prevozi[86].

Karakteristike broda:

- brod za prijevoz rashlađenog tereta
- godina prizvodnje: 1987.
- bruto tonaža (GT): 5839
- glavni stroj: sporookretni, Mitsui B&W, 5L50 MC-E, MCR/RPM: 4600kW/133 RPM, (bez osovinskog generatora, ali ugrađen kompozitni kotao na ispušne plinove)

[85] Podaci o brodu poznati autoru, nap.a.; podaci o ugrađenim strojevima, uređajima i opremi: [157], [161-162], [186-189], [195], [203-204], [212].

[86] Brodovi za rashlađeni teret mogu prevoziti i druge terete, no opterećenje pogona u različitim uvjetima bitno se razlikuje (npr. prijevoz banana iziskuje veliko opterećenje pomoćnih strojeva, dok prijevoz nerashlađenog tereta zahtjeva minimalno opterećenje pomoćnih motora), te se pojavljuje značajna razlika i u potrošnji goriva što se direktno odražava na emisije, nap.a.

- pomoćni motori: 3 x srednjeokretni, Yanmar, 6M200 L-ET, MCR/RPM: 3 x 480kW/720 RPM, 600 kVA, 480 kW
- gorivo: spec. gust. 988.3 kg/m^3 na 15 ^{o}C, S = 2.7% (mogućnost uporabe i u manovri)
- servisna brzina i potrošnja goriva prema podacima vlasnika prikazani su u tablici 47.

Tablica 47. *Podaci vlasnika broda o servisnoj brzini i potrošnji goriva [218]*

Aktivnost	Teret	Brzina (km/h)	Motor / Opterećenje	Potrošak goriva (kg/dan)
Plovidba maksimalnom servisnom brzinom	Samo balast	31.48	ME / 80% MCR-a AE / 30% MCR-a	16500 1500
Plovidba maksimalnom servisnom brzinom	Banane	31.48	ME / 80% AE / 80%	17000 * 3000

* Napomena: navedena potrošnja goriva na dan nije u skladu s prosječnom potrošnjom goriva za tu kategoriju brodova jer se izračunom specifične potrošnje za izlaznu snagu motora od 4600 kW dobije vrijednost od 153.98 g/kWh, a takva vrijednost znatno odstupa od uobičajenih vrijednosti. Stoga je za pretpostaviti da je prikazana manja potrošnja od stvarne, pa se u primjeru koriste izrazi za izračun emisija koji nisu zavisni o specifičnoj potrošnji goriva. (nap.a.)

Primjer izračuna emisija broda izvršen je uz primjenu Entec-ove metodologije prema navedenim izrazima[87] :

$E_{plov.}(g) = D(km)/ v(km/h) \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh)]$,

$E_{luka}(g) = T(h) \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh)]$,

$E_{manovra}(g) = 2 \cdot [ME(kW) \cdot LF_{ME}(\%) \cdot EF(g/kWh) + AE(kW) \cdot LF_{AE}(\%) \cdot EF(g/kWh)]$.

Iz predloženih podataka vidljivo je da navedenom brzinom brod dnevno prijeđe 755.52 km. Za pomoćne motore izračunava se snaga na osovini prema izrazima: kVA x 0.8 = kWe odnosno kWe / 0.9 = kWosov., iz čega se dobije ukupna instalirana snaga od 1599.9 kWosov.. U navedenom izrazu iz odnosa udaljenosti - D (km) i brzine - v (km/h) sređivanjem se dobije vrijednost u satima što predstavlja vrijeme provedeno u plovidbi, a ono se kao takvo može izračunati iz podataka o polasku odnosno dolasku u luku koji su obično točniji i lakše odredivi nego navedeni podaci. Jedan od bitnih razloga za uporabu vremena trajanja plovidbe umjesto odnosa udaljenosti i brzine je i sve veća primjena određivanja rute plovidbe u skladu s vremenskim prilikama koje se očekuju na putovanju, kao i izračun utjecaja morskih struja na plovidbu broda, te optimiziranje rute plovidbe i u tom smislu jer su uštede u potrošnji goriva tada značajne, a to se direktno odražava na emisije. Stoga je u navedenom primjeru izračun emisija usklađen s vremenom trajanja plovidbe.

[87] Napomene: 1. Značenje pojedinih oznaka navedeno je prethodno u tekstu
2. Izraz za izračun emisija u manovri pomnožen je s 2, a razlog je naveden u nastavku (nap.a.).

Tablica 48. – *Popis putovanja izvršenih u 2009. g. za Brod 1 (prema podacima vlasnika) [198]*

Putovanje Br.	Luka	Ukrcaj pilota na dolasku u luku	Iskrcaj pilota na odlasku iz luke	Boravak u luci i manovra (2h)
Put. 012009	Nouadhibou	24/12/08 11:30	01/01/09 16:24	8 d 4 h 54’
	Abidjan	09/01, 16:30	20/01, 19:12	11 d 2 h 42’
	Tema	21/01, 22:18	25/01, 21:12	3 d 22 h 54’
	Douala	27/01, 13:18	10/02, 13:30	14 d 0 h 12’
	Cape Town	17/02, 10:24	20/02, 22:45	3 d 12 h 21’
Put. 022009	Las Palmas	08/03, 22:10	13/03, 08:00	4 d 9 h 50’
	Flushing	18/03, 06:45	19/03, 21:45	1 d 15 h
Put. 032009	Runevig	21/03, 23:00	30/03, 02:00	8d 3 h
	Velsen	01/04, 05:00	04/04, 01:15	2 d 20 h 15’
	Abidjan	16/04, 15:50	21/04, 16:30	5 d 0 h 40’
	Lagos	23/04, 05:15	04/05, 18:00	11 d 12 h 45’
Put. 042009	Nouakchott	11/05, 05:30	23/05, 10:45	12 d 5 h 15’
	Abidjan	28/05, 03:00	13/06, 00:30	15d 21 h 30’
	Tema	14/06, 06:30	20/06, 18:00	6 d 11 h 30’
	Cotonou	21/06, 05:30	30/06, 19:10	9 d 13 h 40’
Put. 052009	Las Palmas	13/07, 13:15	20/07, 23:15	7 d 10 h
	Ijmuiden	26/07, 10:45	31/07, 20:00	5 d 9 h 15’
Put. 062009	Las Palmas	06/08, 04:00	11/08, 23:00	5 d 19 h
	Point Noire	21/08, 08:00	24/08, 16:45	3 d 8 h 45’
	Port Harcourt	26/08, 17:30	24/09, 17:00	28 d 23 h 30’
Put. 072009	Dakar	02/10, 08:30	08/10, 19:40	6 d 11 h 10’
	Nouadhibou	10/10, 01:35	13/10, -	-
	Flushing	19/10, 18:00	20/10, 08:10	0 d 14h 10’
	Karmoy	21/10, 15:00	23/10, 03:20	1 d 12 h 20’
	Tromso	25/10, 06:30	29/10, 21:00	4 d 14 h 30’
	Lodingen	30/10, 04:20	31/10, 21:00	1 d 16 h 40’
	Las Palmas	11/11, 23:00	12/11, 21:22	0 d 22 h 22’
	Port Harcourt	23/11, 03:15	29/11, 16:00	6 d 12 h 45’
	Lagos	30/11, 19:15	07/12, 19:21	7 d 0 h 06’
Put. 082009	Nouadhibou	16/12, 17:55	18/12, 12:30	1 d 18 h 35’
Put. 092009	Rijeka	26/12, 08:30	-	

Tijekom 2009. godine brod koji je uzet za primjer u izračunu izvršio je putovanja prikazana u tablici 48. koja sadrži i vremena boravka u luci. Vrijeme trajanja pojedine faze plovidbe moguće je izračunati iz podataka o iskrcaju pilota nakon završene manovre pri odlasku iz luke polazišta i vremena ukrcaja pilota na brod pri dolasku u luku odredišta. Za vrijeme provedeno u manovri uračunat je jedan sat pri odlasku iz luke polazišta i jedan sat pri dolasku u luku odredišta jer se za privez/odvez navedenog broda najčešće koristi pomoć tegljača (brod nije opremljen vijkom sa zakretnim krilcima niti pramčanim ili krmenim porivnicima), a tih ukupno dva sata oduzeto je od vremena provedenog u luci jer su u prikupljenim podacima označena vremena ukrcaja pilota na brod pri dolasku i njegovog napuštanja broda pri odlasku.

Za primjer izračuna uzeto je putovanje br. 082009 iz Nouadhibou-a do Rijeke. Iz tablice je vidljivo da je brod započeo fazu plovidbe 18. 12. 2009. godine u 12:30 nakon faze manovre i iskrcaja pilota prilikom napuštanja polazišne luke, a da je završio plovidbu 26.12.2009. godine u 8:30 početkom faze manovre i ukrcajem pilota pri dolasku u odredišnu luku. Vrijeme provedeno u plovidbi (od 18.12.2009. u 12:30 sati do 26.12.2009. u 8:30 sati) iznosi ukupno 7.83 dana (188 sati).U luci Nouadhibou proveo je ukupno 1 dan, 16 sati i 35 min (40,51 h). Dakle ukupna emisija za navedeno putovanje izračunati će se iz zbroja emisija tijekom boravka u luci Nouadhibou, emisija u fazama manovre na odlasku

iz luke Nouadhibou i pri dolasku u luku Rijeka, te emisija tijekom plovidbe. Za vrijeme boravka u luci navedeni brod ne koristi glavni motor.

U izračunu su se koristili emisijski čimbenici i čimbenici opterećenja za pojedine aktivnosti iz Entec-ove studije (2007.), [49] koji su obnovljeni u odnosu na prethodne studije, a izdvojeni su i prikazani u tablici 49. (emisijski čimbenici) odnosno tablici 50. (čimbenici opterećenja).

Tablica 49. *Izdvojeni emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh iz Entec-ove studije (2007.) [73], za promatrani slučaj*

Motor	NO_x (prije 2000.)	SO_2	CO_2	VOC	PM	SPG
GM – SSD/RO (plovidba) (tab. 25.)	18.1	10.5	620	0.6	1.7	195
GM – SSD/RO (manovra) (tab. 26.)	14.5	11.6	682	1.8	2.4	215
PM – MSD/RO (sve aktivnosti) (tab. 27.)	14.7	12.3	722	0.4	0.8	227

Tablica 50. *Procijenjeno opterećenje prema Entec-ovoj studiji (2007.) [73], u %-ima maksimalne trajne snage (engl. Maximum Continuous Rating – MCR) za glavni pogonski stroj i pomoćne motore pri različitim aktivnostima, a za promatrani slučaj.*

Aktivnost (faza)	%-tak opt. MCR-a za glavni pogonski stroj	% vremena kad su glavni pogonski strojevi u radu	%-tak opt. MCR-a za pomoćne motore
Plovidba	80	100	30
Manovra	20	100	50
Boravak u luci	0	0	40

Izračun:

E (luka)

$E_{NO_x} = 40.51 \cdot [\,4600 \cdot 0 \cdot 0 + 1599.9 \cdot 0.4 \cdot 14.7] = 381094.2601$ g ≈ **381.1** kg
$E_{SO_2} = 40.51 \cdot [\,4600 \cdot 0 \cdot 0 + 1599.9 \cdot 0.4 \cdot 12.3] = 318874.7891$ g ≈ **318.9** kg
$E_{CO_2} = 40.51 \cdot [\,4600 \cdot 0 \cdot 0 + 1599.9 \cdot 0.4 \cdot 722] = 18717690.87$ g ≈ **18717.7** kg
$E_{VOC} = 40.51 \cdot [\,4600 \cdot 0 \cdot 0 + 1599.9 \cdot 0.4 \cdot 0.4] = 10369.91184$ g ≈ **10.4** kg
$E_{PM} = 40.51 \cdot [\,4600 \cdot 0 \cdot 0 + 1599.9 \cdot 0.4 \cdot 0.8] = 20739.82368$ g ≈ **20.7** kg

E (manovra)

$E_{NO_x} = 2 \cdot [\,4600 \cdot 0.2 \cdot 14.5 + 1599.9 \cdot 0.5 \cdot 14.7] = 50198.53$ g ≈ **50.2** kg
$E_{SO_2} = 2 \cdot [\,4600 \cdot 0.2 \cdot 11.6 + 1599.9 \cdot 0.5 \cdot 12.3] = 41022.77$ g ≈ **41.0** kg
$E_{CO_2} = 2 \cdot [\,4600 \cdot 0.2 \cdot 682 + 1599.9 \cdot 0.5 \cdot 722] = 2410007.8$ g ≈ **2410.0** kg
$E_{VOC} = 2 \cdot [\,4600 \cdot 0.2 \cdot 1.8 + 1599.9 \cdot 0.5 \cdot 0.4] = 3951.96$ g ≈ **3.95** kg
$E_{PM} = 2 \cdot [\,4600 \cdot 0.2 \cdot 2.4 + 1599.9 \cdot 0.5 \cdot 0.8] = 5695.92$ g ≈ **5.7** kg

E (plovidba)

$E_{NO_x} = 188 \cdot [\,4600 \cdot 0.8 \cdot 18.1 + 1599.9 \cdot 0.3 \cdot 14.7] = 13848749.09$ g ≈ **13848.7** kg
$E_{SO_2} = 188 \cdot [\,4600 \cdot 0.8 \cdot 10.5 + 1599.9 \cdot 0.3 \cdot 12.3] = 8374202.628$ g ≈ **8374.2** kg
$E_{CO_2} = 188 \cdot [\,4600 \cdot 0.8 \cdot 620 + 1599.9 \cdot 0.3 \cdot 722] = 494090007.9$ g ≈ **494090.0** kg
$E_{VOC} = 188 \cdot [\,4600 \cdot 0.8 \cdot 0.6 + 1599.9 \cdot 0.3 \cdot 0.4] = 451197.744$ g ≈ **451.2** kg
$E_{PM} = 188 \cdot [\,4600 \cdot 0.8 \cdot 1.7 + 1599.9 \cdot 0.3 \cdot 0.8] = 1248315.488$ g ≈ **1248.3** kg

E (ukupno)

$E_{NOX\,(uk)} = E_{NOX\,(luka)} + E_{NOX\,(manovra)} + E_{NOX\,(plovidba)} =$ **14280.0** kg
$E_{SO2\,(uk)} = E_{SO2\,(luka)} + E_{SO2\,(manovra)} + E_{SO2\,(plovidba)} =$ **8734.1** kg
$E_{CO2\,(uk)} = E_{CO2\,(luka)} + E_{CO2\,(manovra)} + E_{CO2\,(plovidba)} =$ **515217.7** kg
$E_{VOC\,(uk)} = E_{VOC\,(luka)} + E_{VOC\,(manovra)} + E_{VOC\,(plovidba)} =$ **465.55** kg
$E_{PM\,(uk)} = E_{PM\,(luka)} + E_{PM\,(manovra)} + E_{PM\,(plovidba)} =$ **1274.7** kg.

Prikazujući dobivene vrijednosti u tonama na dan za npr. aktivnost plovidbe dobiju se sljedeće vrijednosti: $E_{NOX\,(plovidba)} = 1.8$ t/dan, $E_{SO2\,(plovidba)} = 1.07$ t/dan, $E_{CO2\,(plovidba)} = 63.1$ t/dan, $E_{VOC\,(plovidba)} = 0.06$ t/dan, $E_{PM\,(plovidba)} = 0.16$ t/dan, a one su prihvatljivo usporedive s vrijednostima za m/v Sine Maersk i m/v New Spirit uvažavajući razlike u kategorijama broda i instaliranim pogonima.

U ovom primjeru ukazano je na različitost pristupa pri izračunu emisija u aktivnosti plovidbe, gdje je za izračun vremena provedenog u plovidbi umjesto omjera udaljenosti i brzine kretanja uzeto u obzir stvarno vrijeme trajanja plovidbe od iskrcaja pilota u polazišnoj luci do ukrcaja pilota u luci odredišta. Kao osnovni razlog tomu navedeno je, u pomorstvu sve prisutnije, optimiranje rute putovanja prema vremenskim prilikama i utjecaju morskih struja (što nužno ne predstavlja i najkraću zemljopisnu udaljenost), koje se pokazalo kao vrlo učinkovito u uštedi goriva i sigurnosti plovidbe, a posredno i u smanjenju emisija iz brodskih energetskih postrojenja.

5. PRIJEDLOG MODELA REGISTRA EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA U POMORSKOM PROMETU ZA PODRUČJE HRVATSKOG DIJELA JADRANA

Prepoznavanjem osnovnih obilježja pomorskog prometa na području hrvatskog dijela Jadrana, te uočavanjem njegovih specifičnosti u smislu različitosti opterećenja i raznovrsnosti tijekom godine, kao i posebnih meteoroloških uvjeta, predlaže se model 'Registra emisija' koji omogućuje utvrđivanje početnog stanja i 'otiska' ispušnih plinova, kao i njihov kontinuirani nadzor na osnovi trenutno dostupnih tehnologija.

5.1. Osnovna obilježja pomorskog prometa u području hrvatskog dijela Jadrana

Svojim osobitim geografskim položajem i dubokom uvučenošću u europski kontinent, Jadransko more oduvijek je bilo važan pomorski transportni pravac. U današnje vrijeme, obilježje se pomorskog prometa može predočiti kroz nekoliko karakterističnih obrazaca:

- međuregionalni promet uzduž Jadranskog mora između Otrantskih vrata na južnom dijelu i glavnih sjevernojadranskih luka (npr. Venezia, Trieste, Koper, Rijeka)
- poprečni promet između luka na zapadnoj i luka na istočnoj strani Jadrana (npr. Ancona-Split, Bari-Dubrovnik)
- dužobalni promet uzduž istočne i zapadne obale Jadrana
- povremeni i neregularni promet koji uključuje velike kruzer brodove, brojne jahte, ribarske brodove i različite manje brodice.

5.1.1. Operacijski čimbenici

Iako su ukupne aktivnosti povezane uz Jadransko more vrlo raznolike, ističu se: trgovački pomorski promet, rekreacijsko-turističke aktivnosti, ribarstvo i marikultura, te aktivnosti crpljenja plina iz podmorja.

Trgovački pomorski promet u Jadranu karakteriziran je relativnim kontinuitetom na godišnjoj razini i pokazuje manje sezonske promjene u obrascima ili intenziteu. Najčešće se on odvija uzduž Jadranskog mora od južnog prema sjevernom dijelu zbog geografske razmještenosti najrazvijenijih luka koje se nalaze upravo na najsjevernijem dijelu i omogućuju brži i jednostavniji intermodalni transport tereta za one europske zemlje koje gravtitiraju ovom području. No, mogu se uočiti i prometni pravci koji povezuju luke između istočne i zapadne obale, kao i oni između luka uzduž iste strane obale.

Rekreacijsko-turističke aktivnosti povezane uz pomorski promet prvenstveno se odnose na industriju turističkih kružnih putovanja brodovima, nautički turizam i plovidbu rekreacijskih brodica. Na području Jadrana registrirano je više od 145.000 jahti i brodica, a također dostupno je i oko 100.000 vezova u brojnim marinama i lokalnim lučicama [158]. Međutim, ove aktivnosti za razliku od trgovačkog pomorskog prometa imaju izraziti sezonski karakter s maksimalnim intenzitetom u ljetnim mjesecima.

Ribarstvo se može podijeliti u odnosu na ribolovna područja, gdje se mogu uočiti dvije grupe od kojih u prvu spadaju ribarske brodice koje izlov vrše u plitkim priobalnim vodama u blizini matičnih luka, a karakteristična je za istočnu obalu, te druga grupa koju čine veći ribarski brodovi koji love na cijelom otvorenom području Jadrana, a oblježje je ribara sa njegove zapadne obale. Obje grupe ne pokazuju sezonske promjene niti u obrascu niti u intenzitetu. Ipak, druga se grupa većih ribarskih brodova u obrascu prometa dijelom

preklapa s trgovačkim pomorskim obrascem prometa jer se glavna područja izlova nalaze upravo uzduž longitudunalnog smjera. Procjenjuje se da je na Jadranu danas ukupno oko 9.600 ribarskih brodica i brodova [158].

Aktivnosti crpljenja energetskih resursa (plina) iz podmorja rasprostiru se uzduž cijelog Jadrana, s trenutno oko 150 instalacija od kojih su najznačajnije locirane na sjevernom dijelu (gotovo 70%), a preostale u središnjem dijelu (oko 25%), dok je na južnom dijelu svega poneka [158].

5.1.2. Kategorije brodova, distribucija i intenzitet prometa

S obzirom na veličinu brodova i obrasce trgovačke plovidbe mogu se razlikovati tri vrste brodova: a) veliki trgovački brodovi koji u Jadransko more dolaze iz luka izvan njegovog područja i/ili izvan Sredozemnog mora; b) srednje veliki trgovački brodovi (do 10.000 DWT) koji uglavnom plove područjem Sredozemnog mora, te c) mali brodovi koji prevoze teret isključivo između luka u Jadranu.

Procjena distribucije brodova na godišnjoj razini prema vrstama pokazuje na: 30%-tni udio brodova za prijevoz generalnog tereta, 30% putničkih brodova, 20% uljnih tankera, tankera za prijevoz štetnih i opasnih tvari u razlivenom stanju i tankera za prijevoz plina, 10% brodova za prijevoz rasutog tereta i 10% ostalih brodova [158]. No, potrebno je naglasiti da se u ljetnom periodu udio putničkih brodova, velikih kruzera i jahti značajno povećava u odnosu na ostatak godine kada je znatno niži.

Na dnevnoj je razini u plovidbi Jadranskim morem prosječno 127 trgovačkih brodova veličine od 100 GT, od čega je 45 brodova uključeno u transport između jadranskih luka, a 82 broda prolaze Jadranom, a uključeni su u transport izvan i prema području Jadrana [158]. Pri tomu nije uzet u obzir: trajektni promet, brodovi za opskrbu platformi, ribarski brodovi, jahte, rekreacijska plovila kao niti veliki kruzer brodovi koji imaju izrazito sezonski karakter plovidbe, te se stoga promatraju zasebno.

5.1.3. Karakteristike pomorskog prometa u Jadranu

Iz prethodno navedenih karakterističnih obrazaca plovidbe Jadranskim morem u uvodu ovog poglavlja vidljivi su najzanačajniji prometni pravci, pri čemu najveći broj ukupnih pristajanja otpada na talijanske luke s udjelom od 65%, dok je za hrvatske luke udio 20%, a potom slijede slovenske sa 7%, dok je za sve ostale (Bosna i Hercegovina, Crna Gora i Albanija) udio svega 8%.

U tankerskom prometu mogu se razlikovati dvije grupe transporta: *transport sirove nafte* i *transport njenih produkata*, pri čemu se u svakom trenutku u Jadranu prosječno nalazi 15 tankera. Najveći udio u transportu sirove nafte uzduž cijelog Jadrana otpada na talijansku luku Trieste s približno 500 pristajanja na godišnjoj razini i uvozom od gotovo 35 milijuna tona godišnje, a potom značajnu ulogu ima i hrvatska luka Omišalj s godišnjim prosječnim brojem pristajanja od 110 brodova i prosječnim uvozom od 6 milijuna tona, te nakon toga Ravenna (4,8 mil. t/god.), Ancona (4,5 mil. t/god.) i Koper (3 mil. t/god). Prosječna veličina brodova koji pristaju u navedene luke je između 100.000 i 150.000 DWT, a veći brodovi mogu se prihvatiti jedino u luci Omišalj (do 350.000 DWT). Svi ti brodovi tijekom plovidbe kroz Jadransko more slijede glavne plovidbene rute. Tankeri za prijevoz produkata sirove nafte znatno su manje veličine i prosječno se kreću od 20.000 do 30.000 DWT, dok je veličina brodova u razvozu produkata između rafinerija i dužobalnih skladišta još manja i prosječno se kreće u rasponu od 3.000 do 8.000 DWT. Najzančajnije proizvodne lokacije produkata sirove nafte su u okolici Ravenne, Ancone i Venezie u Italiji, te one u Riječkom zaljevu u Hrvatskoj, a ukupne godišnje prevezene količine

procjenjuju se na 3 milijuna tona. Godišnje količine prevezenog prirodnog ukapljenog plina (LNG) i naftnog ukapljenog plina (LPG) procjenjuju se na 1.3 milijuna tona, no prema očekivanjima izgradnje novih terminala te bi se količine u dogledno vrijeme mogle znatno povećati [158].

Putnički promet u području Jadrana moguće je podijeliti na: brodove koji održavaju redovite linije, kruzere i na manje turističke/rekreacijske brodove i brodice. One brodove koji održavaju redovite servisne linije (a koji su najčešće ro-ro putnički brodovi) mogu se podijeliti u dvije skupine: brodovi koji redovitim linijama povezuju suprotne strane Jadranskog mora i brodove koji povezuju jadranske luke s lukama izvan područja Jadrana. Iz prve skupine može se istaknuti luke Ancona i Bari u Italiji, potom luke Zadar, Split i Dubrovnik u Hrvatskoj, te Bar u Crnoj Gori i Durres u Albaniji. Na godišnjoj razini najveća frekvencija ovih brodova može se uočiti u ljetnom periodu kada u dnevnoj plovidbi sudjeluje i do 15 brodova. Ro-ro putnički brodovi koji povezuju jadranske luke s lukama izvan područja Jadrana uglavnom isplovljavaju iz luka Trieste i Ancona u Italiji, te luke Koper u Sloveniji. Kruzeri i manji turistički/rekreacijski brodovi i brodice pokazuju potpuno različit obrazac plovidbe, pri čemu su najznačajnije luke doticaja kruzera Venezia i Dubrovnik koji u ljetnom periodu bilježe i do 10 poziva brodova na dnevnoj razini. Ostale luke u Jadranu bilježe znatno niže brojeve poziva i tek povremene dolaske. Zbog atraktivnosti istočne obale Jadranskog mora, brojnih prirodnih ljepota i nacionalnih parkova, hrvatski dio Jadranskog mora tijekom ljetnih mjeseci bilježi i značajan promet manjih turističkih i rekreacijskih brodova i brodica čiji se dnevni broj procjenjuje na 400 do 500 plovila u zavisnosti o trenutnim vremenskim prilikama i zahtjevima putnika.

Kontejnerski promet uglavnom je usmjeren prema najvećim kontejnerskim lukama od kojih su na sjevernom dijelu Jadrana najznačajnije Venezia, Trieste, Koper i Rijeka, a na južnom dijelu Brindisi, Ravenna, Ancona, Ploče i Bar. Ukupni volumen kontejnerskog prometa procjenjuje se na 2,6 milijuna TEU-a od čega cca 1,8 milijuna otpada na talijanske luke, 0,5 milijuna na slovenske, 0,2 na hrvatske, a 0,1 na crnogorske i albanske [158].

Najveća *ribarska* flota na Jadranu pripada talijanskoj ribarskoj industriji s približno 5.000 brodova relativno ravnomjerno raspoređenih uzduž zapadne obale Jadrana. Hrvatska ribarska flota sastoji se od približno 4.100 brodova i brodica raspoređenih u priobalnom području hrvatskog dijela Jadrana. Slovenska ribarska flota sadrži 186 plovila (uglavnom brodica), crnogorska 21 ribarski brod i cca 200 brodica, te albanska približno 270 brodova i brodica [158].

5.2. Potreba utvrđivanja trenutnog stanja i 'otiska' ispušnih plinova

Zbog velikog broja luka u Jadranu koje su gotovo ravnomjerno raspoređene uzduž cijele obale koja ga okružuje postavljanje općenitog obrasca prometa je složen i zahtjevan posao što jednako tako zahtjeva poseban napor pri procjeni rizika od onečišćenja koje može nastati kao posljedica pomorskog prometa.

Jedan od pokretačkih momenata pri procjeni rizika po okoliš je svakako onaj od mogućih izljeva ulja uslijed eventualnih sudara ili nasukanja uljnih tankera koji pri plovidbi Jadranom do sjevernih luka (cca 420 NM) moraju proći i kroz područja s vrlo gustim prometom, a da pri tomu postoje svega nekoliko područja s ograničenjima u plovidbi zbog ograničene dubine (npr. ograničenja za velike tankere na prilazu luci Trieste) [9], [151]. No, zabrinjavajuća je pojava ilegalnih izljeva uočenih uzduž glavnih prometnih pravaca (tijekom subregionalne kampanje za Jadransko more (AESOP) 2005. g. uočeno je 66, a 2006. uočeno je 58 mogućih izljeva) unatoč proglašenog statusa Posebnog područja prema MARPOL 73/78 – Prilog I, za cjelokupno Sredozemno more uključujući i Jadran,

što navodi na potrebu povećanja međudržavne suradnje pri identifikaciji počinitelja i njihovom sankcioniranju.

Iako ne postoje novija istraživanja o ispustima sanitarnih otpadnih voda ili smeća u području Jadranskog mora, općepoznato je da ona u velikoj mjeri zavise o broju putnika, te su sukladno tomu najopterećenija područja ona uz najatraktivnije turističke destinacije poput Venezie ili Dubrovnika (gdje pristižu brojni veliki kruzeri s prosječno više od 800.000 putnika/god.), te ona koja su zbog svoje prirodne ljepote posebno atraktivna nautičarima (npr. Kornati) [158].

Kako je Jadransko more poluzatvoreno more u kojem je uočena pojava nedomicilnih štetnih, patogenih i invazivnih vrsta za koje se pretpostavlja da su posljedica pomorskog prometa (unijeti putem izmjene balastnih voda), postoji regionalna suglasnost država koje ga okružuju o podnošenju 'Prijedloga' IMO-u za proglašenjem Jadranskog mora 'Posebno osjetljivim morskim područjem' (PSSA), [158], gdje bi se uvođenjem posebnih mjera zaštite nastojalo spriječiti daljnje onečišćenje.

Zbog nedvojbeno utvrđenog utjecaja emisije štetnih plinova iz pomorskog prometa na čovjeka, okoliš i klimu, razvidnog iz različitih do sada navođenih znanstvenih istraživanja, a s obzirom na zahtjeve nadopune globalnih procjena izradom točnijih skladišta emisija na lokalnim razinama potpuno je opravdano provesti istraživanje koje bi rezultiralo točnim podacima o onečišćenju atmosfere na razini hrvatskog dijela Jadrana, na sličan način kako je to 'za more' učinjeno u studiji: *'Nulto stanje mora'* - Instituta za oceanografiju i ribarstvo iz Splita za Jadransko more 2011. [99].

Utvrđivanje takvog 'otiska' (engl. footprint) postavilo bi osnovu za daljnja motrenja i nadzor nad emisijom, te otvorilo mogućnost sprječavanja i smanjenja onečišćenja. Brojni su razlozi zbog kojih bi države koje ga okružuju to i morale učiniti: posebnosti i rijetkosti prirodnog okruženja, veliki broj stanovništva koji ovise o čistom moru i okolišu (prirodno, socijalno, gospodarski), visoka bioraznolikost ugrožena niskom produktivnošću, arheološko i tehnološko naslijeđe i mnogi drugi. No, to zahtjeva i integrirani pristup kroz međudržavnu suradnju, a na primjeru prijedloga za proglašenjem Jadrana 'posebnim područjem' (PSSA) vidljivo je da je on moguć.

Karakteristike pomorskog prometa, sezonska promjena intenziteta naročito u putničkom i nautičkom prometu, te specifični meteorološki uvjeti nameću potrebu postavljanja posebnog modela utvrđivanja takvog 'otiska' koji bi, za razliku od općeprihvaćenih globalnih modela, omogućio utvrđivanje 'otiska' uvažavajući navedene posebnosti i posljedično razultirao bazom točnijih i pouzdanijih podataka, što predstavlja i osnovni cilj ovog rada.

5.3. Nadzor i praćenje pomorskog prometa na području Jadrana

5.3.1. Globalni pristupi nadzoru i praćenju pomorskog prometa

Iz prethodnih poglavlja vidljivo je da emisije štetnih plinova iz brodskih energetskih sustava imaju utjecaj na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini. Pri tom se znanstvenici uglavnom koriste različitim emisijskim inventarima (skladištima) kako bi utvrdili i kvantificirali njihov potencijalni utjecaj na čovjeka, okoliš i klimu.

Neki od značajnijih projekata i baza podataka najčešće korištenih pri kvantifikaciji emisija su:

- Lloydov istraživački program emisija brodskih ispušnih plinova (engl. Lloyd's Marine Exhaust Emission Research Programme [106])
- Okolišna baza podataka za globalna atmosferska istraživanja – EDGAR (engl. Environmental Database for Global Atmospheric Research [118], [65])

- Sveobuhvatni set podataka oceanske atmosfere – COADS (engl. Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set [53])
- Automatizirani sustav uzajamne pomoći spašavanja brodova – AMVER (engl. Automated Mutual-Assistance Vessel Rescue System [72])
- Međunarodni sveobuhvatni set podataka oceanske atmosfere – ICOADS (engl. International Comprehensive Ocean-Atmospheric Data Set [141] – trenutna verzija COADS-a) i
- Brodski prometni, energetski i okolišni model – STEEM (engl. Ship Traffic, Energy and Environment Model [142]).

U osnovi oni se razlikuju po pristupu od kojih npr. Lloydov polazi od karakteristika broda, dok je npr. EDGAR izveden iz glavnih svjetskih plovidbenih ruta i njihovih prometnih intenziteta i predstavlja jedan od prvih modela koji polaze od brodskih aktivnosti ili statistike prodanog goriva. COADS i AMVER zasnivali su se na dobrovoljnim neobvezujućim izvješćima brodova i pokazali su visoku različitost u regionalnoj distribuciji (poglavito zbog nesudjelovanja svih brodova u slanju izvješća i prekomjernom slanju izvješća s pojedinih brodova što je uzrokovalo statističke pogreške i pogreške distribucije), te je COADS 'usavršen' u današnju verziju – ICOADS koja je odvojila ponovljena izvješća s brodova koji su utjecali na pristranost uzorka, povećala ukupan broj uzoraka i njegovu heterogenost.

Ipak, oba pristupa imaju svoje prednosti i nedostatke. Pristup procjeni na osnovi glavnih plovidbenih ruta ili prodanog goriva jest brži i zahtjeva manje resursa, te je stoga i jeftiniji, no on je i nepouzdan zbog korištenja statističkih baza podataka o prodanom gorivu koje u svijetu nisu jednoobrazne. Iako se čini da je stoga pristup koji polazi od karakteristika broda pouzdaniji, njegov osnovni nedostatak jest u gotovo nemogućoj primjeni na globalnoj razini zbog nejednakih ruta kojima brodovi plove.

Model STEEM *(v. infra 6.2.)* je zapravo prva mreža koja kvantificira i geografski predstavlja međunarodni (međulučki) pomorski promet. On koristi tehnološki napredni geografski informacijski sustav (GIS) i automatski rješava problem ruta na globalnoj razini slijedeći glavne plovidbene rute.

5.3.2. Tehnološka rješenja i globalni modeli nadzora i procjena emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu

Povećanjem ukupnog broja uzoraka u predstavljnim modelima (npr. ICOADS) i njihove heterogenosti, te izdvajanjem dupliciranih izvješća dobivene su kvalitetnije skupine podataka, no ograničenja nisu otklonjena. Zbog toga se očekuje da bi se izradom inventara na regionalnim i lokalnim (nacionalnim) razinama polučili točniji podaci koje bi se potom moglo uključiti u globalne modele što bi trebalo navedena ograničenja, ako ne otkloniti u potpunosti, onda barem značajno umanjiti.

Regionalni i lokalni (nacionalni) inventari koji bi pokrivali priobalnu plovidbu i potom bili uključeni u globalne modele, posebno su vrijedni u područjima gdje je priobalna plovidba s relativno kratkim rutama intenzivna (npr. Jadransko more), a poglavito iz razloga što brodovi manji od 100 GT koji su karakteristični upravo kod takvih plovidbi u globalnim modelima uopće nisu unijeti u izračun.

Učinkoviti nadzor i pouzdaniji modeli mogući su i uz primjenu novih tehnoloških rješenja poput sustava dalekosežne identifikacije i praćenja (LRIT) i sustava automatske identifikacije (AIS) [81], [82].

LRIT je osnovan kao međunarodni sustav 2006. godine od strane IMO-a kao rezolucija MSC.202(81) koja nadopunjava poglavlje V - SOLAS konvencije (odredba 19-1) i obavezan je za sve zemlje članice IMO-a. Primjenjuje se u međunarodnoj plovidbi i

odnosi se na sve putničke brodove (uključujući i brze brodice), sve teretne brodove od 300 GT i više, te sve mobilne jedinice koje vrše odobalna bušenja podmorja. Brodovi moraju svoju poziciju dojaviti Administraciji države čiju zastavu viju najmanje četiri puta na dan, što je na većini brodova omogućeno automatski uz korištenje postojećih satelitskih komunikacija, a podaci o brodu su dostupni na zahtjev onim državama koji u skladu s odredbom imaju legitiman interes. Sustav uključuje: postojeću satelitsku komunikacijsku opremu instaliranu na brodu, pružatelja komunikacijske usluge (CSP), pružatelja aplikacijske usluge (ASP), LRIT podatkovnog centra, LRIT plana distribucije podataka, te međunarodne razmjene LRIT podataka.

AIS je automatski sustav praćenja čija je primarna namjena izbjegavanje sudara na moru, a koristi se na brodovima i u sustavima nadzora pomorskog prometa za identifikaciju i lociranje brodova uz pomoć elektroničke razmjene podataka između brodova u neposrednoj blizini i/ili kopnenih baznih stanica nadopunjući radarske sustave. IMO od 2004. godine, prema SOLAS konvenciji zahtjeva da u međunarodnoj plovidbi svi brodovi od 300 GT i više, te svi putnički brodovi bez obzira na veličinu imaju ugrađen AIS. Sustav sačinjava: standardni VHF primopredajnik s pozicijskim sustavom (npr. GPS ili LORAN-C) s uključenim ostalim navigacijskim senzorima kao što su žiro-kompas ili pokazatelj 'kuta okretanja'.

Iako je u začetku AIS bio dizajniran za kratkodometne operacije u svrhu izbjegavanja sudara i kao pomoć u navigaciji, danas je moguće primati AIS signale putem satelita gotovo na globalnoj razini. Taj sustav poznat je kao S-AIS i potpuno je različit od LIRT sustava. Jedina sličnost je u prostornom povezivanju za potrebe utvrđivanja lokacije broda, no pri tom se od broda ne zahtjeva nikava 'akcija' izuzev da njegov AIS sustav bude uključen. Istovremeno, LIRT zahtjeva aktivno uključenje pojedinog broda što može biti korisna indikacija u smislu legalnosti njegovog djelovanja. Stoga su informacije prikupljene iz oba sustava (S-AIS i LIRT) međusobno komplementarne, te jedne ne obezvrijeđuju druge niti na koji način, već upravo suprotno povećavaju točnost poglavito u napučenim i prometno opterećenim morskim područjima.

5.3.3. Dostupna tehnološka rješenja nadzora i praćenja pomorskog prometa na području Jadrana

Iz prethodnog razmatranja vidljiva je dostupnost navedenih tehnoloških rješenja na globalnoj razini, pa tako i na razini hrvatskog dijela Jadranskog mora. No, za potrebe modela predstavljenog u ovom radu od značenja je ukazati na mogućnosti primjene i drugih rješenja (dostupnih baza podataka) koja nadopunjuju globalna tehnološka rješanja i njima ostvarene baze podataka s, prije svega, lokalnim i točnijim podacima.

Prema Zakonu o izmjenama i dopunama Pomorskog zakonika (NN 146/2008) [213], a u svezi s primjenom europske direktive o uspostavljanju sustava nadzora pomorskog prometa ostvaren je temelj za uspostavljanje „Službe nadzora i upravljanja pomorskim prometom“ (VTS) s pridruženim tehničko informacijskim sustavom (VTMIS) u sastavu Ministarstva mora, prometa i infrastrukture. Sustav je namijenjen cjelokupnom praćenju, upravljanju i organizaciji pomorskog prometa, obuhvaća unutarnje morske vode, teritorijalno more i zaštićeni ekološko-ribolovni pojas Republike Hrvatske, a sastoji se od: pomorskog obalnog sustava automatske identifikacije brodva (AIS – bazne stanice), pomorskog radarskog sustava, pomorskog radiokomunikacijskog sustava, te drugih sustava kojima se osigurava uvid u plovidbene okolnosti na moru i ostvaruje interakcija sa sudionicima u pomorskom prometu. Osnovu njegove organizacijske strukture čine tri VTS centra (Rijeka, Split, Dubrovnik) iz kojih se ostvaruju njegove osnovne funkcije [164]:

- nadzor pomorskog prometa koji se sastoji od:

  - prikupljanja podataka o pomorskim objektima i pomorskom prometu
  - davanje podataka pomorskim objektima
- upravljanje pomorskim prometom koje se sastoji od:
  - davanja plovidbenih savjeta i podrške u plovidbi pomorskim objektima
  - organizaciju plovidbe i upravljanje pomorskim prometom.

Prema geografskim obilježjima VTS je podijeljen na tri zone: *vanjsku, središnju* i *unutrašnju*, čime se pretpostavlja obuhvaćanje [164]:

- užeg područja glavnih luka (**područje manevriranja**)
- međuotočno područje prilaza glavnim lukama (**područje upravljanja**)
- područje otvorenog mora uzdužnih plovidbenih ruta i prilaznih ruta unutrašnjim morskim vodama (**područje nadzora**).

Ulaskom u određeno područje brodovi imaju obvezu izvještavanja VTS centra, slušanja VHF kanala koji se koriste u VTS području, te slijediti upute primljene od nadležnog VTS službenika (časnika). Pri tom je obvezno sudjelovanje svih brodova duljih od 24 metra (osim ribarskih i ratnih brodova). Iznimke od obvezatnog javljanja postoje za: putničke, ro-ro brodove i vrlo brze brodove kad održavaju redovne linije, te brodove kojima je odredište izvan Republike Hrvatske, a da pri prolasku ulaze u područje nadzora.

Prema „Zakonu o morskom ribarstvu“ (NN 56/10, 127/10, 55/11, 50/12), [214], gdje se u članku 58. navodi obveza uspostavljanja satelitskog sustava nadzora plovila (VMS), te u članku 59. uspostava nadzornog („monitoring“) centra vidljivo je da je takvo tehnološko rješenje dostupno i za ribarske brodove u području hrvatskog dijela Jadrana. Poslovi centra vezani su uz:

- provedbu i održavanje Geoinformacijskog sustava ribarstva i VMS sustava
- provedbu i održavanje sustava za prikupljanje i upravljanje svim podacima u ribarstvu
- dostavu podataka međunarodnim organizacijama kojih je Republika Hrvatska članica
- razmjenu podataka s ribarstvenim monitoring centrima drugih zemalja
- ostale poslove koje odredi ministar.

Sukladno Zakonu, a prema „Pravilniku o sustavu nadzora i praćenja ribarskih plovila“, [165], [201], donesenom od strane Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja Republike Hrvatske, u članku 4. navodi se zahtjev da „svako ribarsko plovilo koje prelazi duljinu od 15 metara preko svega, mora od 31. prosinca 2010. godine imati instaliran uređaj sposoban automatski prenositi podatke FMC-u“ (FMC – ribarski monitoring centar, nap.a.). Stoga se u predstavljenom modelu u ovom radu pretpostavlja mogućnost integracije podataka iz njihove baze na nacionalnoj razini.

Stalni, linijski putnički i trajektni transport kako između hrvatskih luka, tako i između prekojadranskih (poprečnih linija) moguće je nadzirati pomoću njihovih plovidbenih redova, a kružna putovanja su zbog česte prenapučenosti karakterističnih odredišta (Dubrovnik, Venezia) unaprijed najavljena i rezervirana, te na taj način posredno već nadzirana (podaci dostupni pri lučkim upravama, nap.a.).

Visoka prometana opterećenost hrvatskog dijela Jadranskog mora tijekom ljetnog perioda rekreacijskim plovilima, jahtama ili manjim turističkim brodovima i slično, ipak nije pod nadzorom navedenih sustava, te se za procjenu njihovog utjecaja na ukupno onečišćenje mora koristiti drugačiji pristup. U modelu predstavljenom u ovom radu za procjenu njihovog utjecaja predlaže se pristup nadzoru na osnovi utrošenog goriva, gdje se pretpostavlja uvođenje '*Očevidnika*' prodanog goriva na opskrbnim pomorskim stanicama na kojima se takva plovila opskrbljuju gorivom, a u kojem bi se osim podataka o 'prodanom gorivu' unosili i npr. podaci o plovilu i ugrađenim pogonskim strojevima (ime ili registarska oznaka, tip, vrsta, snaga, radni sati motora i sl.) na osnovi kojih bi se mogle

izračunati njihove emisije ispušnih plinova (primjenom metode izračuna 'odozgora prema dolje'). Pri tom je uzeto u obzir da su takva plovila namijenjena u turističke i rekreacijske svrhe, te se zbog prirodnih ljepota i atraktivnosti područja najčešće i zadržavaju u prostoru hrvatskog dijela Jadrana. Podaci prikupljeni na takav način omogućili bi dodatnu bazu podataka koja se, potom, može integrirati s ostalim dostupnim u okviru navedenih sustava. Uvođenje takvog '*Očevidnika*' i donošenje regulative jest pravno pitanje, a konzultacijom s pravnim stručnjacima na Pomorskom fakultetu u Rijeci zaključeno je da je ono izvedivo.

5.4. Struktura modela Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana

Do strukture modela Registra emisija ispušnih plinova u pomorskom prometu za područje hrvatskog dijela Jadrana može se doći utvrđivanjem njegovih organizacijskih i tehnoloških pretpostavki koje, uz uvažavanje prepoznatih specifičnosti područja, imaju izravan utjecaj na određivanje metodologije procjene emisija.

5.4.1. Organizacijske pretpostavke

Organizacijske pretpostavke modela mogu se predstaviti temeljem razlučivanja uloge tri osnovna elementa: zakonodavnih i institucijskih pretpostavki, te operativnih tijela nužnih za njegovo provođenje.

5.4.1.1. Zakonodavne pretpostavke

Od ukupne duljine Jadranske obale na kopnu i otocima čak 75,8 % pripada Republici Hvatskoj. Unatoč obvezi svih država koje imaju izravan pristup i izlaz na more da očuvaju morski okoliš, vidljivo je da moguća onečišćenja ipak najviše terete Hrvatsku. Prema Konvenciji UN-a o pravu mora iz 1982. i 'Pravu zaštite morskog okoliša' kao zasebnoj pravnoj disciplini koja se odnosi na proučavanje pravnog režima i zaštite mora kao dijela okoliša, Republika Hrvatska je dužna brinuti o sprječavanju, smanjivanju i nadziranju onečišćenja. Pri tom se pravni režim zaštite morskog okoliša često proučava prema 'ishodištima onečišćenja' odnosno prema područjima ili objektima odakle potječu onečišćenja (s kopna, iz zraka ili zrakom, s brodova, onečišćenja potapanjem i onečišćenja prouzročena djelatnostima u podmorju) [8].

Iako je većina međunarodnih ugovora[88] posvećenih onečišćenju mora s brodova usvojena u okviru Konvencije o pravu mora iz 1982. (UNCLOS), u posljednje vrijeme osobita pozornost posvećuje se i preporukama usvojenim na Konferenciji UN-a o čovjekovom okolišu i razvoju održanoj 1992. u Rio de Janeiru u kojima su u Agendi 21 usvojena načela održivog razvoja *(v. supra 2.2.)* [41].

[88] Napomene:
- mnogobrojne ostale međunarodne konvencije u području zaštite morskog okoliša ovdje nisu posebno navedene, nap.a.
- prvi međunarodni propis posvećen zaštiti morskog okoliša s brodova bila je OILPOL konvencija iz 1954.
- na Konferenciji UN-a o čovjekovu okolišu održanoj u Stockholmu 1972. – tzv. Stockholmska deklaracija (engl. United Nations Conference on the Human Environment) poziva se države na poduzimanje odgovarajućih mjera za sprječavanje onečišćenja mora
- deklaracija iz Johannesburga 2002. (engl. World Summit on Sustainable Development – WSSD) sadrži Program za daljnju provedbu Agende 21.

Konvencije kao međunarodni ugovori postaju obvezatne za sve države potpisnice od trenutka ispunjavanja uvjeta za njihovo stupanje na snagu, a njihove smjernice ili preporuke predstavljaju 'neobvezatne instrumente' koji pružaju uputstva prema kojima države razvijaju obvezatna međunarodna pravila, zaključuju međunarodne ugovore i stvaraju običajnopravna pravila.

Značajan doprinos u stvaranju međunarodne pomorske regulative dolazi i od Međunarodne pomorske organizacije (IMO), a Republika Hrvatska jest jedna od njenih članica. Kao ključnu 'ustanovu' za zaštitu i očuvanje okoliša na globalnoj razini treba istaknuti Program UN-a za okoliš iz 1973. (UNEP) koji je inicirao programe za regionalna mora od kojih je za Republiku Hrvatsku naročito značajan Mediteranski akcijski plan (MAP). Zakonski okvir za integriranu pomorsku politiku na razini EU-a čini '**akcijski plan za integriranu pomorsku politiku'** (10. listopada 2007. COM (2007) 575 – Direktiva). To je temeljni dokument kojim Europska komisija postavlja okvir i osnovne ciljeve pomorske politike čiji je osnovni **cilj**: *održivo korištenje mora i oceana, istovremeno omogućavajući rast ekonomije vezane za pomorstvo i obalna područja*.

Razvrstaj propisa u svezi s onečišćenjem mora s brodova moguće je provesti temeljem više kriterija [8]:

- prema *izvorima* na: **međunarodne** i **domaće;** pri tom su međunarodni propisi sadržani u konvencijama, a domaći u nacionalnom zakonodavstvu u kojem je Republika Hrvatska jednim dijelom temeljem sukcesije, a drugim temeljem samostalnog potvrđivanja postala strankom većine IMO – konvencija posvećenih sprječavanju onečišćenja mora s brodova; osim međunarodnih propisa treba istaknuti i propise Europske unije, gdje je nužno napomenuti da je usvajanje međunarodne pomorske politike i dalje u okviru Međunarodne pomorske organizacije, a pravna regulativa Europske unije jest njezina nadopuna; uredbe i direktive Europske unije prihvaćaju standarde usvojene konvencijama, no njima se nastoji ubrzati njihova primjena ili pozvati države članice na njihovo brže prihvaćanje; značajnu ulogu u navedenom nastojanju ima Europska agencija za pomorsku sigurnost (EMSA) koja je osnovana kao posebno nadzorno tijelo Europske unije čija je temeljna zadaća pratiti učinkovitost primjene pravila o sigurnosti pomorskog prometa i prevencije onečišćenja mora s brodova, kao i nadzora, primjene i učinkovitosti pojedinih mjera na području Europske unije; ona nema zakonodavnu funkciju, no svoju ulogu ostvaruje kao izvršitelj i kontrolor pomorske politike država članica i kao nadzornik implementacije odgovarajućih propisa Europske unije u nacionalna zakonodavstva
- prema *naravi* na: **opće** i **specijalizirane**; za razliku od specijaliziranih koji se ugalvnom odnose isključivo na jedno područje (na primjer, MARPOL 73/78, ili SOLAS), opći u sebi osim zaštite morskog okoliša sadrže i druge propise (na primjer, Pomorski zakonik [200], koji osim propisa o zaštiti morskog okoliša sadrži i druge propise u svezi s plovidbom, iskorištavanjem brodova, sigurnošću plovidbe i sl.)
- prema *namjeni* odnosno cilju koji se želi postići u okviru sprječavanja onečišćenja na:
    - propise posvećene **sprječavanju onečišćenja** (npr. MARPOL 73/78)
    - propisi **o suzbijanju i ograničavanju onečišćenja** koji sadrže mjere koje treba poduzeti ukoliko dođe do onečišćenja, a u svrhu ublažavanja posljedica (npr. Barcelonska konvencija 1995. – hitno obavještavanje, suradnja, planovi intervencija, regionalna suradnja i sl.)
    - propisi **represivne naravi** koji uređuju pravne posljedice nastalog onečišćenja (npr. uspostavljanje posebnih sustava građanskopravne

odgovornosti za štetu zbog onečišćenja mora – npr. CLC ili FUND konvencija 1992.), ali i uvođenje posebnih prekršajnih i kaznenopravnih sankcija (npr. Direktiva EU 2005/35/EC o uvođenju kaznenih sankcija za onečišćenje mora s brodova).

Prema Ustavu Republike Hrvatske, [209], izričitom odredbom čl. 52.: 'more, morska obala i otoci predstavljaju dobra od osobitog ekološkog značenja koja su od interesa za Republiku Hrvatsku i imaju njenu osobitu zaštitu'. Osim toga, prema Zakonu o zaštiti okoliša – ZZO, [217], zaštita morskog okoliša u pravnom sustavu provodi se kao zaštita posebnog dijela / sastavnice okoliša (zrak, voda, more, tlo, krajobraz, biljni i životinjski svijet, te zemljina kamena kora). U članku 24. ZZO-a obuhvaćene su mjere zaštite mora uključujući morski ekosustav i obalno područje kao nedjeljive cjeline, te između ostalog sprječavanje onečišćenja mora s brodova i drugih ishodišta uslijed pomorskog prometa. Isto tako navodi se da zaštita mora od onečišćenja podrazumijeva upravljanje morskim okolišem tako da se ne uzrokuje šteta morskom okolišu, osiguravanjem održive marikulture, trajnim praćenjem i posebnom zaštitom odgovarajućih područja mora, podmorja i obale te ispunjavanjem obveza iz međunarodnih ugovora.

Republika Hrvatska zaštitu morskog okoliša od onečišćenja mora s brodova provodi na temelju Konvencije o pravu mora iz 1982. posebnim propisima koje donosi kao *država zastave* (gdje osigurava da brodovi koji viju hrvatsku zastavu zadovoljavaju odgovarajuće međunarodne standarde u svezi sa sigurnošću na moru, zaštitom ljudskih života i sprječavanja onečišćenja mora), *obalna država* (gdje donosi odgovarajuće propise u cilju zaštite Jadranskog mora) i *država luke* (podrazumijeva ovlaštenja koja ima država u čijoj luci se nalazi brod koji je počinio povredu propisa izvan područja mora u kojima ona ima suverenitet ili suverena prava).

Odredbama Pomorskog zakonika Republike Hrvatske (dio II.) [200] u pravnom smislu uređuju se morski i podmorski prostori Republike Hrvatske i odnosi u njima, na način da se u čl. 6. st. 1 i st. 2. navodi da se 'suverenitet Republike Hrvatske na moru prostire na unutarnje morske vode i teritorijalno more, zračni prostor iznad njih, te dno i podzemlje tih morskih prostora'. Pri tom unutarnje morske vode obuhvaćaju: luke i zaljeve na obali kopna i otoka, te dijelove mora između crte niske vode na obali kopna i ravne polazne crte za mjerenje širine teritorijalnog mora, a teritorijalno more jest morski pojas širok 12 nautičkih milja, računajući od polazne crte u smjeru gospodarsog pojasa. No, u svom gospodarskom i epikontinentalnom pojasu Republika Hrvatska ima samo određena suverena prava i jurisdikciju.

U epikontinentalnom pojasu koji obuhvaća morsko dno i morsko podzemlje izvan vanjske granice teritorijalnog mora u smjeru pučine do granica epikontinentalnog pojasa sa susjednim državama, Republika Hrvatska ostvaruje suverena prava radi njegovog istraživanja i radi iskorištavanja prirodnih bogatstava tog područja.

Iako je institut gospodarskog pojasa unijet u IV. poglavlju drugog dijela Pomorskog zakonika, Republika Hrvatska nije proglasila puni sadržaj gospodarskog pojasa koji obalna država može steći na temelju međunarodno pravnog režima tog pojasa temeljem Konvencije UN-a iz 1982. godine, već je odlukom Hrvatskog sabora 2003. uspostavila zaštićeno ekološko-ribolovni pojas (ZERP) u kojem su proglašeni samo neki sadržaji gospodarskog pojasa [8], [200]:

- suverena prava istraživanja i iskorištavanja, očuvanja i gospodarenja živim prirodnim bogatstvima voda izvan granica teritorijalnog mora,
- jurisdikciju glede znanstvenog istraživanja mora
- jurisdikciju glede zaštite i očuvanja morskog okoliša.

Dakle, uspostavom ZERPA sadržaj gospodarskog pojasa nije u potpunosti proglašen, a nedostaju [8]:

- jurisdikcija glede prava i nadzora gradnje i uporabe umjetnih otoka, uređaja i naprava na moru
- suverena prava radi korištenja mora, morskih struja i vjetrova.

Na taj način smo se zapravo lišili suverenih prava radi proizvodnje energije korištenjem mora, morskih struja i vjetra.

Kako zbog geografske širine Jadranskog mora nije moguće proglasiti ZERP do maksimalne širine od 200 nautičkih milja, on se mora razgraničiti s državama u neposrednom okruženju. No, pri tom su neke države članice Europske unije (Italija i Slovenija) uložile primjedbe i ishodovale odgodu njegove primjene prema članicama EU-a do iznalaženja zajedničkog dogovora. Stoga, se odgovarajući propisi unutar ZERPA za sada primjenjuju samo na brodove koji ne viju zastave država članica EU.

Temeljem Zakona o pomorskom dobru i morskim lukama (ZPDML), [216], unutarnje morske vode i teritorijalno more, njihovo dno i podzemlje, kao i morska obala i luke spadaju u *pomorsko dobro* koje kao opće dobro od interesa za Republiku Hrvatsku uživa njezinu posebnu zaštitu, upotrebljava se i koristi pod uvjetima i na način propisan navedenim zakonom.

Na osnovi navedenih zakona doneseno je i niz podzakonskih akata kao provedbenih propisa (pravilnici i naredbe kao provedbeni propisi tijela državne uprave, ali i uredbe kao propisi tijela izvršne vlasti – vlade RH).

Slijedom navedenog vidljivo je da u Republici Hrvatskoj postoje odgovarajuće zakonske pretpostavke koje omogućuju uspostavu i primjenu nadzora nad onečišćenjem hrvatskog dijela Jadrana uslijed emisija ispušnih plinova uzrokovanih pomorskim prometom, za čiju je provedbu postavljen model 'Registra emisija' u ovom radu.

5.4.1.2. Institucijske pretpostavke

Republika Hrvatska je unitarna država podijeljana na županije koje predstavljaju regionalnu, odnosno područnu samoupravu, a sve do 2001. godine one su imale dvojaku funkciju: obavljanje zadataka delegiranih s državne razine i obavljanje vlastitih samoupravnih zadataka.

U hrvatskom zakonodavstvu županije se prepoznaju kao regionalne samouprave, dok se u europskom kontekstu svrstavaju na lokalne razine (NUTS[89] III). Tijekom procesa prilagodbe kojem je Republika Hrvatska morala urediti svoje ustrojstvo u cilju pristupanja Europskoj uniji, Državni zavod za statistiku (DZS) pokrenuo je proces konzultacija o mogućim scenarijima za podjelu Hrvatske na NUTS II regije što je rezultiralo sporazumom iz 2007. godine kojim je Hrvatska podijeljena na tri statističke regije, a one se sastoje od više administrativnih regionalnih jedinica, odnosno županija: Sjeverozapadna Hrvatska (6 županija), Srednja i Istočna (Panonska) Hrvatska (8 županija), te Jadranska Hrvatska (7 županija). Pri tom je usvojeno nekoliko izmjena i dopuna Zakona o lokalnoj i područnoj samoupravi, a posljednja donesena 2005. uvodi novu kategoriju lokalnih jedinica: veliki gradovi s 35.000 ili više stanovnika [23].

Kao buduća članica Europske unije, Republika Hrvatska imati će obvezu preuzimanja i njenih dostupnih zakonodavnih instrumenata, odnosno:

- pravila koja izravno obvezuju zemlje članice
- direktiva koje se primjenjuju u državnim zakonima (više od 300 onih čija je svrha zaštita morskog okoliša i obale).

[89] NUTS – (franc. *Nomenclature d'unités territoriales statistiques)* – kratica za 'statističku klasifikaciju prostornih jedinica pri EUROSTAT-u [23]

Prema temeljnim smjernicama za postizanje održivog razvoja u priobalnom području *(v. supra 2.2.)* kroz integrirano upravljanje, te preporukama EU-a, kao ključni čimbenici za njegovu provedbu prepoznati su: zakonska infrastruktura, sustav informacija, politika EU-a, tehnološka i tehnička rješenja, participacija svih sudionika, teritorijalna i sektorska suradnja. Posebno značenje u povezivanju s integriranim upravljanjem priobalnim područjem na razini EU-a imaju sljedeće sektorske politike, [23]:

- integrirana pomorska politika, utjecaj integriranog upravljanja priobalnim područjem na razvoj pomorstva
- politika zaštite okoliša
- kohezijska politika i strukturni fondovi.

Pri tom integrirana pomorska politika ujedinjuje više pomorskih aktivnosti: luke, brodarstvo, ribarstvo, energetiku, nadzor i praćenje stanja na moru, okoliš, turizam, istraživanja i dr. Prethodno spomenuti *akcijski plan za integriranu pomorsku politiku* sažima određene primarne ciljeve kojima se Europska komisija obvezuje osigurati konkurentnost i sigurnost sektora (pripremu i kreiranje strategije pomorstva, pripremu priručnika za primjenu propisa zaštite okoliša, i dr.). Kao jedan od **instrumenata** za uspješno planiranje integrirane politike predpostavlja se povezivanje *pomorskog prostornog planiranja* kao osnovnog alata za postizanje održivog razvoja morskog i priobalnog područja s *integriranim upravljanjem priobalnim područjem*[90]. Kako je ipak integrirano upravljanje priobalnim područjem u nadležnosti samih zemalja članica, naglašava se potreba za predanošću dostizanja cilja osim na razini Europske unije i na razini zemalja koje nisu članice. Pri tom su donesene i *smjernice za provedbu* kroz razvoj vlastitog pristupa, uključivanje svih relevantnih dionika, aktivno sudjelovanje regionalne i lokalne vlasti, te kreiranje interne strukture za usklađivanje pomorskih pitanja u okviru već postojećih struktura vlasti, a *mehanizmi financiranja* zasnovani su na osnovi projekata, strukturnih fondova, programima zajednice te nacionalnim financijskim sredstvima zemalja članica.

Politika zaštite okoliša izrazito je međunarodnog karaktera gdje zajednički problemi zahtjevaju i zajednička rješenja, a priobalna područja u politici zaštite okoliša na razini Europske unije sastavnica su drugih politika i programa. Ipak mogu se istaći 'Strategija za morski okoliš' i različite inicijative za priobalna područja poput Barcelonske konvencije i Protokola.

Kohezijska politika temelji se na pretpostavci da je redistribucija sredstava između bogatih i siromašnih regija u EU odgovarajući pristup ujednačavanja ekonomskog razvoja s ciljem smanjenja razlika u različitim regijama. Tako su na primjer, od značenja za Hrvatsku, u okviru 3. cilja 'Kohezijske politike' (Europska teritorijalna suradnja i integrirano upravljanje priobalnim područjem) uz financiranje iz pretpristupnog programa IPA za Hrvatsku odobreni: Jadranski prekogranični program (2007. – 2013.) i Transnacionalni program – Mediteran (2007. – 2013.) [23].

Kao osnova za izračun sredstava koje se dodjeljuje EU članici u okviru strukturnih instrumenata koriste se statističke teritorijalne jedinice (NUTS), za čije se određivanje koriste parametri o geografskoj površini i broju stanovnika. Stoga se upravo novom raspodjelom na razini Republike Hrvatske i *uspostavom zasebne Jadranske regije* zapravo pruža mogućnost primjene načela integriranog upravljanja priobalnim područjem na regionalnoj razini u njenom cjelokupnom priobalnom području, te su donošenje razvojne strategije, analiza i praćenje politike Europske unije, određivanje zajedničkih ciljeva i primjena integriranog upravljanja, zapravo primarne pretpostavke.

[90] Opširnije o upravljanju priobalnim područjem cf. [23].

U Republici Hrvatskoj je integrirano upravljanje priobalnim područjem definirano 'Zakonom o zaštiti okoliša' [217], a uređenje i zaštita priobalnog područja i 'Uredbom o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora' [207]. Međutim, zapravo ne postoje posebni organizacijski oblici integriranog upravljanja priobalnim područjem, već se specifični zadaci zaštite obalnih resursa i razvojnog usmjerenja obavljaju u okvirima državnih, sektorskih ili drugih institucija pri čemu su zaštita prirode i okoliša, te prostorno planiranje institucionalno odvojeni. Vidljivo je da su poslovi planiranja razvoja i poslovi zaštite okoliša, te odgovarajuća regulativa zapravo disperzirani na nekoliko mjesta i u većem broju institucija, a to uzrokuje probleme u koordinaciji i ponavljanja čime se nameće potreba pojednostavljenja postupaka. Pri tom su nadležna ministarstva (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Ministarstvo grditeljstva i prostornog uređenja, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture) i državne upravne organizacije ključni čimbenici s gledišta djelovanja u priobalnom području, no u okviru svojih nadležnosti određene aspekte pokrivaju i drugi resori (npr. Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo turizma, Ministarstvo gospodarstva, Državni hidrografski zavod, Državni hidrometeorološki zavod, javna poduzeća u sektorima voda, šuma, cesta i dr.). Disperziranost je vidljiva i iz činjenice da, na primjer, Hrvatski sabor ima odbore: za prostorno uređenje i zaštitu okoliša, za pomorstvo, promet i veze, za turizam i dr.; dokumente prostornog uređenja i zaštite okoliša ocjenjuje državni Savjet prostornog uređenja pri Ministarstvu graditeljstva i prostornog uređenja i Savjet za okoliš pri Ministarstvu zaštite okoliša i prirode; sve do regionalnih i lokalnih razina (županijskih zavoda, ureda ili javnih ustanova, te lokalnih jedinica samouprave) [23].

Vidljivo je da postoji 'prostorna neusklađenost' između područja koji zahtjevaju provedbu konkretne aktivnosti i administrativno-teritorijalne raspodjele, te se kao pretpostavka provedbe integriranog upravljanja priobalnim područjem (u sklopu kojeg je predviđena i implementacija modela Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana predstavljena u ovom radu) nameće potreba za: institucionalnim povezivanjem ministarstava na nacionalnoj razini, poboljšanjem razumijevanja i komunikacije između interesnih skupina i dionika, razvojem objedinjenih baza podataka i optimiziranjem vremena potrebnog za donošenje odluka.

5.4.1.3. Operativna tijela

Zaštita i poslovi u svezi sa zaštitom morskog okoliša od onečišćenja mora s brodova u Republici Hrvatskoj samo jednim dijelom spadaju pod nadležnost Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture, a ostalim dijelovima pod nadležnost Ministarstva zaštite okoliša i prirode, Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja, te njihovih područnih jedinica i operativnih tijela. Ipak, određene poslove glede provedbe i nadzora u primjeni pravnog režima zaštite Jadranskog mora (nadzor nad plovidbom u unutarnjim morskim vodama, teritorijalnom moru i zaštićenom ekološko-ribolovnom pojasu, intervencija u slučaju iznenadnog onečišćenja mora, provođenja prava progona stranog broda, poduzimanje radnji u slučaju kršenja neškodljivog prolaska stranog broda i dr.) spadaju u nadležnost Ministarstva obrane i Ministarstva unutarnjih poslova te 'Obalne straže Republike Hrvatske'.

Republika Hrvatska je ratificirala većinu međunarodnih propisa i propisa Europske unije i na taj način uskladila svoju pravnu regulativu vezanu uz pomorstvo s onom na međunarodnoj razini. Neke od konkretnih mjera koje su uvedene, a mogu se istaknuti u smislu nadzora nad pomorskim prometom su:

- uvođenje sustava obvezatnog javljanja brodova (ADRIAREP) koji je stupio na snagu 1. srpnja 2003. godine, a vrijedi na cijelom području Jadranskog mora, i

prema njemu su (sjeverno od 40° 25' N geografske širine, odnosno prelaskom između različitih sektora u Jadranu) svi tankeri od 150 BT i više, te svi brodovi od 300 BT i više koji prevoze opasne ili onečišćujuće rasute ili upakirane tvari, dužni izvršiti javljanje vlastima u cilju podrške sigurnijoj plovidbi i zaštiti morskog okoliša kroz izmjenu informacija između broda i 'kopna'; ukoliko bilo koji pozitivno identificirani brod propusti dostaviti izvješće i informacije, šalje se izvješće 'Administraciji' države čiju brod zastavu vije kako bi se istražili uzroci i eventualno podigla tužba u skladu s nacionalnim zakonodavstvom, a informacije se prosljeđuju i lučkim upravama

- uvođenje sustava odvojene i usmjerene plovidbe (sustav je usvojen u svibnju 2004. godine na 78. sjednici IMO Odbora za sigurnost plovidbe
- uvođenje sustava nadzora i upravljanja pomorskim prometom – VTMIS
- definiranje luka zakloništa (Pomorski Zakonik 2004. i Pravilnik iz 2008. koji je donesen u skladu sa smjernicama IMO-a prema Rezoluciji Skupštine IMO-a A949(23))
- usvajanje odredaba o sprječavanju onečišćenja balastnim vodama (za koje je Republika Hrvatska u suradnji s zemljama u okruženju podnijela i prijedlog IMO-u za proglašenje Jadranskog mora posebnim područjem koji uključuje i predviđene mjere zaštite, nap.a.)
- uvođenja sustava nadzora nad ribarskim plovilima u nacionalnoj plovidbi i uspostavljanje informacijskog sustava u svrhu nadzora;
- međunarodna suradnja načelom članstva ili participacije Republike Hrvatske u okviru različitih organizacija i institucija kojima je svrha sigurnost na moru i sprječavanje onečišćenja morskog okoliša, te izrada strategije djelovanja i priprema planova za nuždu u slučajevima potrebe za međunarodnim djelovanjem (npr. Regionalni centar za žurne intervencije u slučaju iznenadnih onečišćenja Mediterana - REMPEC ili Podregionalni plan u slučaju nužde donijet trilateralnom komisijom između Italije, Slovenije i Hrvatske i dr.).

Za potrebe izrade Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana vidljivo je da osnovu za prikupljanje podataka čini postojanje nadzora nad pomorskim prometom koji je u velikom dijelu već uveden kroz implementirane sustave poput VTMIS-a ili nadzora nad ribarskim plovilima. No, oni pokrivaju samo veća plovila (ograničenja s obzirom na minimalnu veličinu uključenih brodova u izvješćivanje), dok su manja plovila (brodice, turističke brodice, ribarske brodice, jahte, javna plovila i dr.) izostavljena. Linijska plovidba jest pod nadzorom i u model se može unijeti na osnovi javno dostupnih rasporeda plovidbe.

U skladu s Pomorskim zakonikom, nadzor i upravljanje pomorskim prometom provodi se radi povećanja sigurnosti pomorske plovidbe, učinkovitosti pomorskog prometa i zaštite morskog okoliša, ali se može koristiti i kao informacijski komercijalni sustav koji daje informacije agentima, špediterima i dr., a sve poradi boljeg poslovanja.

Osnovni problem pri prikupljanju podataka jest u nepostojanju jedinstvenog centra u kojem bi se dostupni podaci objedinjavali, a koji bi omogućio njihovu analizu iz koje bi se sintetizirala odgovarajuća rješenja u smislu sprječavanja onečišćenja, dostizanja održivosti u razvoju i povećanja kvalitete življenja na obalnom području.

Postavljenim modelom u ovom radu, a u skladu s njegovom osnovnom namjenom, pretpostavlja se naimenovanje **VTMIS** centra (u koji se dostavlja većina podataka o pomorskom prometu) kao središnjeg operativnog tijela u kojem bi se organizirala jedinstvena baza podataka uz osigurani konitnuirani pristup i dostavljanje informacija iz ostalih dostupnih izvora i baza podataka (npr. informacijskog sustava nadzora ribarskih brodica ili rasporeda plovidbe linijskih plovila iz lučkih uprava i sl.). No, postoji i

mogućnost uključivanja Obalne straže[91] kao operativnog tijela i mogućeg čimbenika u provođenju nadzora i dostavljanja informacija o plovidbi u području hrvatskog dijela Jadrana.

5.4.2. Tehnološke pretpostavke

U prethodnim razmatranjima (*v. supra 5.3.3.*) navedena su dostupna tehnološka rješenja u smislu nadzora nad pomorskim prometom, no u promatranom području dostupna je mogućnost korištenja čitavog niza komunikacijskih sredstava i uređaja od VHF-a do GMDSS-a uključujući i dostupnost NAVTEX servisa.

S gledišta integracije modela u sustav integriranog upravljanja obalnim područjem naglašava se da ono mora biti podržano različitim izborima metoda, sredstava i tehnika od: *sustavne analize složenih političkih opcija* koja pomaže u početnoj fazi planiranja analiziranjem problema i završava nacrtom mogućeg razvoja određenog problema, preko *prikupljanja podataka (teledetekcije)* i korištenja *geoinformacijskih sustava*, do uporabe različitih *tehnika vrednovanja* u svrhu donošenja procjena i *sredstava provedbe* [23].

Kako bi integrirano upravljanje priobalnim područjem bilo učinkovito nužna pretpostavka je upravo prikupljanje i praćenje podataka, te uvođenje sustava kontrole koji ga nadzire, prati njegov razvoj i poduzima korektivne akcije kada se uoče odstupanja od postavljenih ciljeva. Kada podaci nisu prikupljeni, potrebno je osmisliti i provesti praćenje, a taj se dio prepušta *znanstvenicima i institucijama*. Upravo izostanak podataka o emisijama štetnih plinova iz pomorskog prometa prepoznat je u pripremi ovog rada, a predloženi model 'Registra emisija' omogućiti će njihovo prikupljanje i sistematizaciju kako bi se utvrdilo točnije početno stanje i pristupilo naknadnom kontinuiranom praćenju i nadzoru. U tom smislu navode se četiri osnovna podsustava u sustavu kontrole [23]:

- politički sustav koji određuje dugoročne ciljeve upravljanja priobalnim područjem i kriterije za primjenu raznih scenarija
- zakonodavni sustav, sve važeće međunarodne konvencije, državni zakoni i regionalne/lokalne odredbe kojima bi se provela ova politika
- financijski sustav koji osigurava potrebna novčana sredstva
- izvršni sustav koji definira raspon odgovornosti za sve aktivnosti vezane za upravljanje priobalnim područjem.

Iako je u načelu svaka država razvila drugačiji kontrolni sustav, nositelj uprave ima odgovornost za njegovo učinkovito funkcioniranje.

Slijedom navedenog vidljivo je da postoje dostupna tehnološka rješenja za prikupljanje podataka (izuzev podataka o prometu rekreacijskih brodica, manjih ribarica, jahti, javnih plovila i sl.), no osnovni je nedostatak u činjenici da su prikupljeni podaci pohranjeni u nekoliko institucija, te je njihovo objedinjavanje nužna pretpostavka koja se postavljenim modelom u ovom radu otklanja na način da se pri VTMIS-u osnuje objedinjena baza podataka u koju bi se dostavljale sve nužne informacije. Pri tom se, za potrebe pomorskog prometa brodova pretpostavlja mogućnost suradnje VTMIS centra s odgovarajućim centrima u svijetu i dostupnost globalno korištenih baza podataka o brodovima (npr. povezanost s Lloyd-ovim pomorskom informacijskom jedinicom – LMIU, *v. supra 4.1.*). Dok se za potrebe podataka o ribaricama pretpostavlja suradnja i dostupnost podataka iz uspostavljenih nacionalnih baza GIS-a i VMS za ribarske brodove.

Podaci o utrošenom gorivu u putničkom i linijskom pomorskom prometu, kao i za manje brodice, jahte, javna plovila i sl. trebali bi se dostavljati iz baze podataka o prodanom gorivu pri dobavljačima goriva (uz pretpostavku osnivanja i stavljanja iste u

[91] Opširnije o Obalnoj straži i mogućnosti uključivanja u predmetni sustav nadzora cf.: [103], [215].

funkciju). Skupinu odobalnih instalacija moguće je uvrstiti u istu kategoriju podataka prema utrošenom gorivu, s iznimkom fiksne lokacije i adekvatog razumijevanja njihovog utjecaja na okoliš. Podaci o utrošenom gorivu za strane brodice i jahte unosili bi se u bazu podataka pri dobavljačima goriva, a evidencija o potrošnji mogla bi se zahtjevati pri izdavanju 'vinjete' prilikom prve prijave po dolasku (npr. uvođenjem *'čip-kartice'* kojom bi se evidentirala svaka kupovina goriva, a koja bi omogućila identifikaciju pri kupovini u svrhu procjene emisija).

5.4.3. Metodologija procjene emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana

5.4.3.1. Specifični uvjeti primjene metodologija

Metodologije za izračun emisija ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava na globalnoj razini primjenjive su i u području hrvatskog dijela Jadrana gdje se primjenom izračuna prema karakteristikama broda uz korištenje utvrđenih emisijskih čimbenika mogu dobiti podaci o emisijama za svaki pojedini brod od njegovog ulaska do izlaska iz područja, nezavisno o njegovoj vrsti ili veličini.

Ipak, specifični uvjeti prepoznaju se na osnovi karakteristika pomorskog prometa u području hrvatskog dijela Jadrana gdje se u ljetnom periodu može uočiti kontinuirani porast broja velikih kruzera brodova, a nautički turizam je turistička aktivnost u kontinuiranom porastu[92]. Pri tom posebnu pozornost zahtjevaju upravo manja plovila koja nisu nadzirana navedenim sustavima jer se u postavljenom modelu pretpostavlja i mogućnost njihovog nadzora kako bi se dobili čim točniji podaci o emisijama. Karakteristika pomorskog prometa takvih plovila je izuzetna nepredvidljivost u njihovim plovidbenim rutama. Najveća gustoća takvog prometa je u ljetnom periodu kada su meteorološki uvjeti uglavnom stabilni i ne dolazi do većih miješanja i turbulencija zraka, te je i zadržavanje ispušnih plinova nad područjem najduže, a s time i njihov utjecaj na onečišćenje najveći. Upravo nepredvidljivost plovidbe i brojnost plovila u ljetnom periodu upućuje na potrebu za drugačijim pristupom pri procjenjivanju njihovog udijela u ukupnom onečišćenju. Stoga se u modelu 'Registra emisija' pretpostavlja korištenje metode 'odozgora prema dolje' koja se zasniva na količini prodanog goriva i adekvatnom izračunu emisija.

S obzirom na ograničenja u plovidbi kod manjih brodica u skladu s dopuštenjem za plovidbu unijetom pri registraciji i sukladno malim kapacitetima skladištenja goriva na takvim plovilima, razvidno je da će prodano gorivo biti utrošeno u lokalnom području, te se emisije mogu uračunavati na lokalnoj/regionalnoj razini.

Za strane brodice i jahte koje uplovljavaju u područje u modelu 'Registra emisija' uzeta je u obzir aproksimacija izjednačavanja utrošenog goriva pri dolasku (do prve prijave) i onog ostatnog na izlasku, a evidencija je pretpostavljena pri dobavljačima goriva (npr. 'čip-karticom'), pri čemu se kao osnova za izračun koristi podatak o količini prodanog goriva.

[92] U obalnim državama koje okružuju Jadransko more registrirano je više od 145.000 jahti, a na godišnjoj razini Jadran dodatno posjeti više od 30.000 jahti iz drugih područja dok je u manjim lukama i marinama u području dostupno oko 100.000 vezova [158].

5.4.3.2. Prijedlog modela 'Registra emisija' uvažavajući specifične uvjete primjene

Za potrebe definiranja modela Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana, kao *zasebnog sustava* koristiti će se opća teorija sustava kao metoda, a prema G.J. Kliru i R.A. Orchardu [22] sustav se jednoznačno određuje na osnovi dvije skupine podataka:

- cjeline svih elemenata i njihovih međusobnih veza – UC-struktura
- strukture stanja i prijelaza između stanja – ST-struktura.

Osnovna epistemološka pretpostavka u općoj teoriji sustava jest činjenica da se 'objekt istraživanja' ne može poznavati niti u njegovoj potpunoj jednostavnosti niti u potpunoj kompleksnosti. U empirijskoj znanosti ono što nije pod razmatranjem smatra se okolinom objekta. Pri tom se pristupa promatranju ili mjerenju vrijednosti određenih veličina koje se vežu uz određene atribute objekta, a te vrijednosti mogu biti numeričke i nenumeričke prirode. Samim mjerenjem ili promatranjem u obzir se uzima i prostorno-vremenska odrednica (specifikacija vrijeme – prostor). Točnosti i učestalost (frekvencija) bilježenja izabranih veličina predstavlja razinu prostorno-vremenske rezolucije ili razinu razlučivanja. Za neke veličine vremenska i/ili prostorna specifikacija potpuno su nebitne, tj. u potpunosti je moguće da aktivnost sustava nije direktna posljedica mjerenja ili promatranja, npr. ako su izabrane veličine statističke prirode, aktivnost se može odnositi na neko procesiranje podataka u okviru klase sustava.

Ako su veličine izabrane i ako je svakoj dodijeljena razina razlučivanja, tada je njihova vrijednost matrica, tj. varijacija vrijednosti veličine u vremenu (počevši od $t=0$), koja se naziva *aktivnost sustava*. Dakle, aktivnost sustava jest kontinuirani prikaz nečega od čega se uzimaju uzorci, gdje se rezolucijom određuje broj točaka, a iz rezultata se određuju vremenski nepromjenjivi odnosi tih veličina. Promatranjem aktivnosti sustava pokušavaju se, zapravo odrediti one relacije između promatranih veličina koje su zadovoljene tijekom čitavog vremenskog intervala. Te relacije su, dakle, vremenski nepromjenjive ili vremenski invarijantne realacije, a promatranjem se nastoje utvrditi svojstva koja ih određuju i način na koji su one sastavljene od jednostavnijih relacija. Pri tom treba razlikovati tri moguća ponašanja sustava [22]:

- *permanentno* ili *realno* ponašanje sustava koje je definirano apsolutnim odnosima (relacijama) koje su definirane u cijelom vremenskom intervalu aktivnosti
- *relativno permanentno* ili *poznato* ponašanje sustava koje je definirano relativnim odnosima koji su zadovoljeni svugdje unutar određenih aktivnosti, odnosno: kada je aktivnost definirana onda relacija unutar nje mora biti sadržana, te je upravo ovo ponašanje ono od izravnog zanimanja (interesa) istraživanja
- *povremeno* ili *lokalno* ponašanje sustava predstavlja relacije koje su zadovoljene unutar jednog dijela određene aktivnosti, a sastavni je dio relativno permanentnog ponašanja sustava.

Organizacija sustava jest skup svih svojstava sustava koja proizvode ponašanje sustava, dok je *struktura* onaj dio organizacije koji ostaje permanentan, utvrđen ili konstantan i čini osnovu za permanentno ili relativno permanentno ponašanje. Onaj dio strukture koji je osnova za permanentno ponašanje, a naziva se *realna struktura* jest onaj dio koji u stvarnosti nikad nije moguće u potpunosti prepoznati u sustavu koji se promatra, dok je dio strukture koji predstavlja osnovu za relativno permanentno ponašanje dokučiv i naziva se *hipotetička struktura*. Promatranjem sustava kao cjeline vidljivo je da se svaki sustav može rastaviti (razvrstati/dekomponirati) na elemente od kojih svaki predstavlja zasebni sustav s ponašanjem prema zakonitostima tog sustava.

Razmatranjem UC strukture uočljivo je da veze između dva elementa predstavljaju skup svih zajedničkih vanjskih veličina između tih elemenata (njihov presjek), a ST strukturom definiraju se sva moguća stanja i svi mogući prijelazi između njih, te ukoliko je moguće i vjerojatnosti tih prijelaza ili se sustav vodi iz jednog stanja u drugo onda kada prijelazi nisu stohastički. Pri tom veze između elemenata predstavljaju zapravo *informacijske interakcije*.

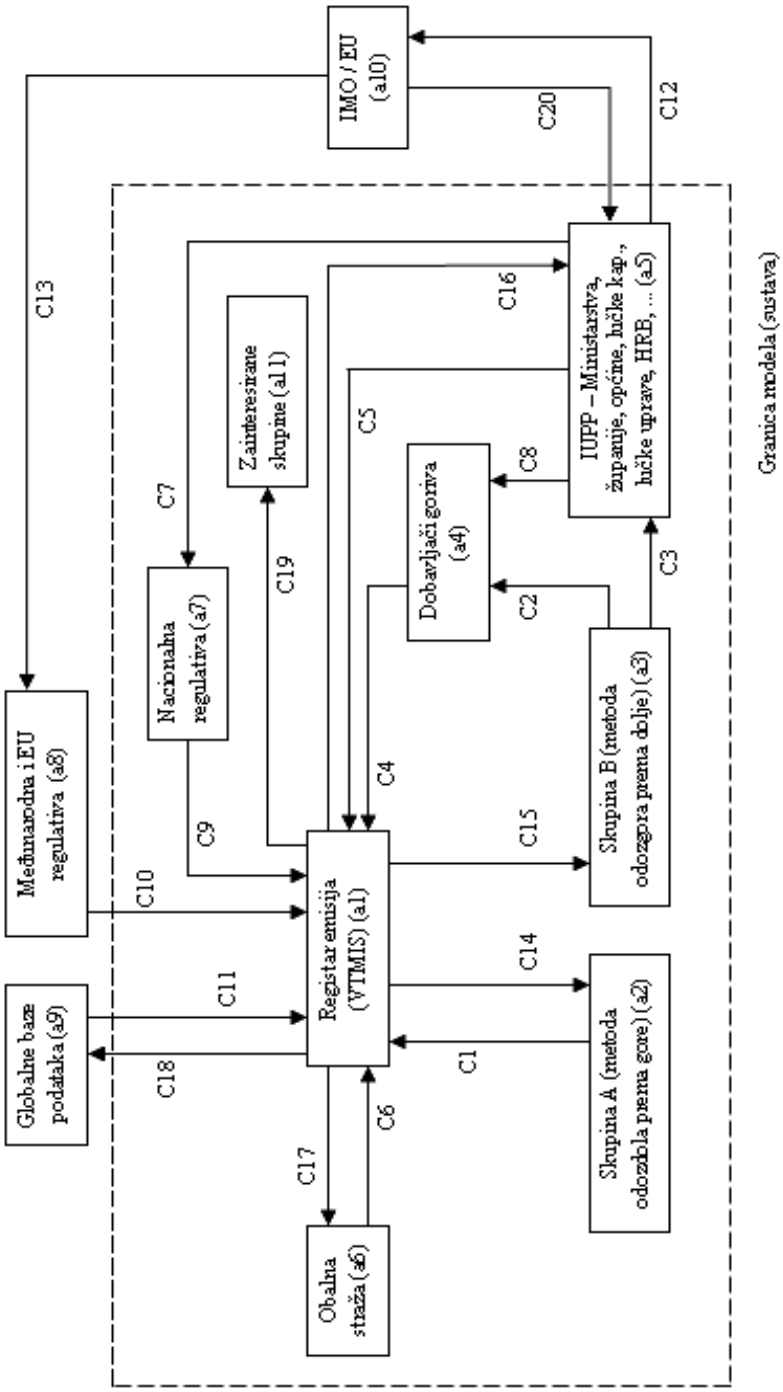
Progarmi su onaj dio organizacije koji je promjenjiv i koji u svakom trenutku „t“ predstavlja trenutno stanje sustava, skup nekih drugih stanja i skup prijelaza iz trenutnog stanja u stanja koja se razmatraju u vremenu, te se mogu razlikovati tri vrste programa [22]:

- *kompletni programi* – obuhvaćaju sva stanja i prijelaze između njih
- *potprogrami* – obuhvaćaju trenutno stanje i jedan podskup svih mogućih prijelaza
- *trenutni programi* – obuhvaćaju trenutno stanje zajedno sa svim prijelazima iz tog stanja.

Promjene u sustavu nastaju uslijed postojanja zavisnih i nezavisnih veličina u samom sustavu. Pri tom se nezavisne veličine mijenjaju nezavisno o promatranom sustavu, a mijenjanje je posljedica promjena u okolini (okruženju) sustava. Iz toga je vidljivo da se sustav može kontrolirati izvana na način da se kontroliraju nezavisne varijable i u tom slučaju postaje *kontrolirani sustav*. Analogno navedenom, veličine zavisne samo o promatranom sustavu ne mogu se kontrolirati iz okruženja, te je sustav *neutralan* s obzirom na promjene izvana, što ukazuje na važnost određivanja *granica* promatranog sustava.

Dakle, sustav može sadržati beskonačno mnogo elemenata, te se za jasno definiranje mora utvrditi objekt istraživanja, odrediti gledište, te definirati veličine koje će se promatrati i na kojoj razini razlučivosti će se one promatrati (pri tom se uzima u obzir i frekvencija uzimanja uzoraka). Stoga se sustav može definirati s četiri osnovna svojstva [22]: *promatrani skup veličina*, *razina razlučivanja*, *vremenski invarijantne relacije između promatranih veličina*, te *karakteristika koje određuju te relacije* iz čega je moguće razlučiti kakvo će biti njegovo ponašanje s određenog točno utvrđenog gledišta.

Slijedom navedenog, prikazom UC strukture (slika 3, str. 103.) i ST strukture (slika 4, str. 105.) definiran je i prijedlog modela Registra ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana pri tom uvažavajući, kako organizacijske i tehnološke pretpostavke postavljene u uvodu poglavlja, tako i specifične uvjete primjene.



Slika 3 UC – struktura modela

Gdje je značenje oznaka sljedeće:
a1 – Registar emisija pri VTMIS-u
a2 – Skupina A brodova (na koju se primjenjuje metoda 'odozdola prema gore' – engl. 'botom-up method')
a3 – Skupina B plovila (na koju se primjenjuje metoda 'odozgora prema dolje' – engl. 'top-down method: linijski promet, ribarice, jahte, charter skupina, manja turistička plovila, rekreacijske brodice, radne brodice, javna plovila, odobalne instalacije)
a4 – Dobavljači goriva (Očevidnik/Registar prodanog goriva plovilima Skupine B)
a5 – IUPP – sukladno vertikalnoj i horizontalnoj raščlambi i nadležnostima (Ministarstva, županije, općine, lučke kapetanije, lučke uprave, HRB, meteorološki zavod, hidrografski inststut, ...)
a6 – Obalna straža
a7 – Nacionalna regulativa
a8 – Međunarodna / EU regulativa i smjernice
a9 – Globalne baze podataka (npr. LMIU)
a10 – IMO / EU komisija
a11 – Zainteresirane skupine (sukladno namjeni VTMIS-a, podatke je moguće dostaviti i određenim zainteresiranim skupinama, npr. u znanstvene ili obrazovne svrhe, ili različitim nezavisnim udrugama za zaštitu okoliša, nevladinim organizacijama, ili čak i komercijalnim društvima u komercijalne svrhe, ...)
C1 – Podaci o plovilima iz Skupine A (ADRIAREP, VTS, AIS, S-AIS, ...)
C2 – Podaci o plovilima Skupine B za razvoj baze podataka pri dobavljačima goriva (identifikacija, npr. 'čip kartica')
C3 – Podaci o plovilima iz Skupine B (opći podaci pri upisnicima ili prijavi/odjavi);
C4 – Podaci o prodanom gorivu za Skupinu B
C5 – Podaci o plovilima iz Skupine B za razvoj baze podataka (Registra) pri VTMIS-u, te ostali podaci nužni za učinkovito djelovanje (npr. vremenske prognoze u cilju utvrđivanja rasprostiranja emisija u određenom području i dr.)
C6 – Podaci o identifikaciji i nadzoru od Obalne straže
C7 – Podaci o nužnosti izmjena u nacionalnoj regulativi
C8 – Podaci o načinu vođenja očevidnika prodanog goriva
C9 – Podaci o nacionalnoj regulativi
C10 – Podaci o međunarodnoj i EU regulativi
C11 – Podaci iz globalnih baza podataka
C12 – Podaci o emisijama i eventualni zahtjevi za izmjenama u regulativi (npr. proglašenje PSSA)
C13 – Podaci o nužnosti izmjena u međunarodnoj regulativi
C14 – Podaci o ograničenjima ili npr. zahtjevima za usmjeravanje plovidbe
C15 – Podaci o ograničenjima ili npr. zahtjevima za usmjeravanjem plovidbe
C16 – Podaci o emisijama na području hrvatskog dijela Jadrana
C17 – Podaci o ograničenjima i zahtjevi za nadzorom
C18 – Podaci o emisijama za nadopunu globalnih baza podataka
C19 – Podaci o emisijama za ostale zainteresirane skupine (npr. znanstvene ustanove, udruge „zelenih“, komercijalne svrhe, ...)
C20 – Podaci o izmjenama u regulativi.

Ulazi u sustav (model):
1. Međunarodna i EU regulativa
2. Globalne baze podataka
3. Podaci o izmjenama u regulativi.

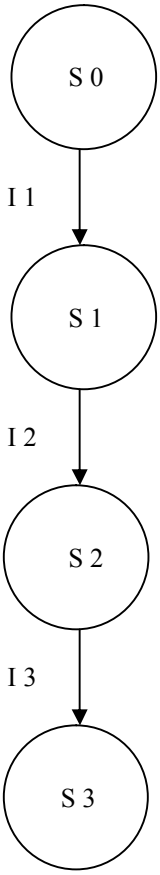
Moguća stanja sustava (modela):

S0 – nepostojanje modela niti Registra (sadašnje stanje)
S1 – postavljeni i prihvaćeni model koji omogućuje izvedbu Registra
S2 – izrada Registra – utvrđivanje početnog (nultog) stanja
S3 – kontinuirani nadzor nad emisijama i održavanje Registra – ažurirani Registar.

Prijelazi između stanja (tablica 51.):

Tablica 51. *Prijelazi između stanja*

Stanje	Prijelaz	Izlaz
S0 - nepostojanje modela niti Registra	I1 – postavljanje znanstveno prihvaćenog modela za izradu Registra	S1 - postavljeni i prihvaćeni model
S1 – prihvaćeni model	I2 – Izrada Registra – utvrđivanje početnog (nultog) stanja	S2 – utvrđeno početno (nulto) stanje
S2 – utvrđeno početno (nulto) stanje	I3 – kontinuirani nadzor i održavanje Registra	S3 – ažurirani Registar emisija



Slika 4 ST – struktura modela

6. IMPLEMENTACIJA MODELA 'REGISTRA EMISIJA' I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Pri razmatranju primjenjivosti predloženog modela moraju se promotriti njegovi mogući utjecaji na sve dionike u pomorskom prometu i sve zainteresirane strane na obalnom području hrvatskog dijela Jadrana, od brodara do lokalnih zajednica.

6.1. Procjena primjenjivosti modela

Prema predstavljenom modelu Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana vidljivo je da će nadzor omogućiti uvid u stvarno stanje kao i moguće mjere sprječavanja onečišćenja od čega će Republika Hrvatska i lokalne zajednice imati višestruku korist. No, moguće mjere za sprječavanje onečišćenja predviđene modelom (npr. zahtjev za proglašenjem PSSA na području) odraziti će se i na poslovanje brodara (Skupina A) koji posluju u tom području (*v. supra 2.4*).

Razvojem Registra i nadzora nad emisijama koji mogu za posljedicu imati mjere sprječavanja onečišćenja postavljaju se novi zahtjevi i troškovi na brodare koji će svoje brodove morati opremiti novom opremom kako bi zadovoljili donesene norme i osigurali opstojnost svojih brodova na tržištu na kojem će se one primjenjivati. Trošak goriva za pogon brodova značajni je čimbenik u ukupnim troškovima svakog brodara, a kako se novim ekološkim normama povećavaju zahtjevi za njegovom kvalitetom to će posljedično uzrokovati i rast cijene koja će se neminovno odraziti i na poslovanje.

Vlasnici plovila iz Skupine B (manjih turističkih brodova, jahti, brodica, i dr.) uglavnom koriste gorivo s niskim udjelom sumpora koje se dostavlja od lokalnih dobavljača goriva čije su cijene podložne korekcijama u skladu s promjenama na tržištu, no uvođenjem predstavljenog modela 'Registra emisija' uvodi se mogućnost nadzora nad njegovom potrošnjom, te sukladno (i uobičajeno prema načelu sprječavanja onečišćenja po modelu „onečišćivač plaća“) i mogućnost uspostavljanja različitih modela stimulacije ekološki prihvatljivih i destimulacije ekološki neprihvatljivih plovila. Od posebnog značenja je i evidencija o emisijama i posredno, potrošnji goriva u linijskoj plovidbi (trajekti, putnički brodovi i sl.), na javnim plovilima (npr. policija), radnim brodicama, komercijalnim brodicama i sl. koja će omogućiti uvid u njihov udio u onečišćenju, te sukladno utjecati na strategiju razvoja na državnoj razini (npr. modele stimulacije zamjene ekološki neprihvatljivih plovila onim ekološki prihvatljivijim uz korištenje novih tehnologija).

Slijedom navedenog primjereno je procjenu primjenjivosti modela promotriti kroz analizu njegovih: snaga, slabosti, mogućnosti i prijetnji (SWOT) (tablica 52.):

Tablica 52. *SWOT analiza modela Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana.*

Snage	Slabosti	Mogućnosti	Prijetnje
Omogućavanje utvrđivanja točnijeg početnog (nultog) stanja emisija	Nedostatak jedinstvene baze podataka i očevidnika prodanog goriva za plovila Skupine B	Kroz IUPP i nacionalnu regulativu omogućiti uvođenje obveze vođenja očevidnika prodanog goriva za plovila Skupine B	Povećani financijski izdaci zbog uvođenja očevidnika i izgradnje relevantne baze podataka. Mogući otpori dobavljača i vlasnika plovila
Omogućavanje	Iako se nadzor naziva	Prikaz onečišćenja	Nemogućnost

kontinuiranog nadzora	kontinuirani on je diskontinuiran u smislu vremenskog perioda u kojem će gorivo na plovilima Skupine B biti utrošeno	emisijama na mjesečnoj, kvartalnoj, polugodišnjoj ili godišnjoj razini, kao i poboljšanje sustava analizom prikupljenih podataka i na taj način omogućavanje bolje statističke raspodjele	pravovremene reakcije npr. usmjeravanjem plovidbe pri povećanom onečišćenju dok se statističkom raspodjelom ne utvrdi adekvatan statistički obrazac
Podjela na skupine i omogućavanje uvođenja po fazama	Nemogućnost istovremenog uključivanja svih sudionika pri, npr. određivanju početnog stanja	Prikaz udjela u onečišćenju po skupinama i mogućnost optimizacije mjera za sprječavanje onečišćenja	Uvođenje po fazama odgađa utvrđivanje točnijih vrijednosti onečišćenja i konačnu funkcionalnost Registra
Jedinstvena baza podataka o emisijama	Njena funkcionalnost zavisi o dostupnosti i ažurnosti podataka iz predviđenih izvora	Provođenje nužnih integracija kroz sustav IUPP-a	Povećani financijski izdaci za osnivanje i povezivanje izvora, tehničku opremu i odgovarajuće kadrove
Omogućavanje informatizacije sustava i postavljanja algoritama za izračun opterećenja emisijama u određenom području (distribuciju emisija)	Nedostatak adekvatnih predložaka zahtjeva znanstveni pristup u pronalaženju odgovarajućih rješenja	Uključivanje znanstvenika i znanstvenih institucija u razvoj i informatizaciju sustava	Povećani financijski izdaci za razvoj sustava i opremu
Omogućavanje uvođenja mjera za sprječavanje onečišćenja i sukladno kvalitetniji život u području	Potrebna je podrška država u okruženju kao i međunarodnih organizacija (IMO, REMPEC) i EU-a	Potrebna je politička potpora na nacionalnoj razini i kroz IUPP ostvarenje suglasnosti država u okruženju (i EU-a), te zajedničke aplikacije prema međunarodnoj zajednici. Omogućavanje vremenskog perioda za prilagodbu brodara	Otpor onih interesnih skupina koje će mjerama biti opterećene. U početku, moguće smanjenje intenziteta komercijalnog dijela pomorskog prometa zbog potreba prilagodbe brodara
Usklađenost sa smjernicama međunarodnih konvencija u svezi smanjenja onečišćenja na globalnoj razini i dostizanja održivog razvoja	Nema	Mogućnosti primjene obrasca za sva globalno slična područja i okruženja (ogledni primjer)	Nema

Slijedom analize moguće je zaključiti da je postavljeni model primjenjiv i uvažava specifične uvjete okruženja. Pretpostavljene snage i mogućnosti predstavljaju prednosti i donose korist kako sprječavanju onečišćenja tako i održivom razvoju lokalne zajednice, a uočene slabosti i prijetnje moguće je premostiti kroz sustav IUPP-a uz političku i

financijsku potporu, kako iz nacionalnih, tako i iz dostupnih međunarodnih fondova predviđenih za takve projekte.

6.2. Implementacija modela

Iz prethodnog poglavlja, vidljivo je da se Implementacija modela 'Registra' može provesti kroz zasebne faze po Skupinama, a zasniva se na globalno razvijenim metodologijama procjena emisija iz brodskih energetskih sustava *(v. supra 4.2.8.)*: 'odozdola prema gore' za Skupinu A i 'odozgora prema dolje' za Skupinu B, uvažavajući specifične uvjete primjene na prethodno opisani način *(v. supra 5.4.3.)*, a prostorno pridruživanje i rasprostranjenost mogu se odrediti 'klasičnim' metodama ili mogu biti zasnovani na STEEM modelu *(v. supra 5.3.1.)*.

Nekoliko su prednosti koje nudi STEEM model [58]:

1. prostorni rasap pomorskog prometa izveden je iz empirijskih lokacija i nije slučajan
2. procjene energije, utroška goriva i emisija ne oslanjaju se na statističke globalne podatke o svjetskoj floti i operacijskim profilima (obrascima), već se koriste točni regionalni povijesni podaci o brodskim aktivnostima, karakteristikama brodova i plovnim udaljenostima
3. koristi napredne tehnološke mogućnosti uz podršku geoinformacijskog sustava što omogućava izradu skladišta emisija na više razina
4. omogućava nadopunjavanje skladišta emisija s trenutnim brodskim emisijama i podacima o brodovima za vrijeme ponovnog prolaska područjem
5. rezultati koje producira model točniji su od onih koje daju globalni modeli zasnovani na metodi 'odozgora prema dolje', a čak mogu biti točniji i od regionalnih studija zasnovanih na evidenciji pomorskog prometa
6. troškovno je prihvatljiviji od ostalih dostupnih modela i izračuna skladišta emisija 'klasičnim' metodama (pojedinačnim prikupljanjem i obradom podataka za svaki brod).

U modelu je iskustvena mreža pomorskog prometa postavljena na način da usklađuje prometne pravce s brodskim aktivnostima, ali i definira odnose između pojedinih: **ruta**, **prometnih čvorova** (predstavljaju presjecišta prometnih pravaca i luka) i **segmenata** (predstavljaju prometni pravac između dva susjedna čvora), a promet izlazi i ulazi u segmenate isključivo kroz prometne čvorove. Pri tom je ruta definirana kao aktualni neprekidni put kojim brod plovi između polazišne i odredišne luke. Matematički je model predstavljen uz određane pretpostavke na sljedeći način [58][93]:

„Pretpostavi li se da postoje ***m*** segmenata i ***n*** ruta u promatranoj iskustvenoj pomorskoj mreži rezultat njihovog umreževanja jest matrica označena s ***A***, a može se prikazati u obliku:

$$A = \begin{matrix} b_{1,1} & b_{1,2} & b_{1,3} & \dots & b_{1,n} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & b_{2,3} & \dots & b_{2,n} \\ b_{3,1} & b_{3,2} & b_{3,3} & \dots & b_{3,n} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ b_{m,1} & b_{m,2} & b_{m,3} & \dots & b_{m,n} \end{matrix} \quad \textbf{(1)}$$

[93] Navod je u slobodnom prijevodu autora, nap.a.

gdje je: $b_{m,n}$, binarna varijabla koja pokazuje da li je segment ***m*** ujedno i dio rute ***n*** (ukoliko jest vrijednost je „1“, a ukoliko nije vrijednost je „0“).

Aktualni broj putovanja na svakoj ruti u bilo kojem vremenskom periodu, gdje su 'putovnja' definirana kao kretanje u jednom smjeru na pojedinoj ruti, može se izvesti iz baze podataka o kretanjima broda. Odnos između ruta i putovanja može se označiti matricom ***B***.

$$B = \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ . \\ . \\ . \\ t_n. \end{matrix} \qquad (2)$$

gdje je: t_n , broj putovanja na ruti ***n*** unutar jednog vremenskog perioda.

U zavisnosti o potrebi i dostupnosti podataka, može se pretpostaviti: ili da su brodovi identični (kao jedna skupina ili u podgrupama prema tipu broda, karakteristikama goriva itd.) ili u model ugraditi individualne karakteristike za svaki brod. Broj putovanja ili indikator volumena prometa dopunjen brodskim atributima na svakom segmentu može se označiti matricom ***C***.

$$C = A \; x \; B = \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ . \\ . \\ . \\ v_m. \end{matrix} \qquad (3)$$

gdje je: v_m , broj putovanja ili indikator volumena prometa u segmantu ***m*** unutar jednog vremenskog perioda.

Kako bi se procijenila potrošnja goriva i emisije u atmosferu izvan područja luka, pretpostavlja se da brodovi plove tipičnom plovidbenom brzinom, što se u većini slučajeva pokazuje istinitim. Upotrebljeno gorivo i emisije iz pojedinog putovanja mogu se procijeniti primjenom trenutno dostupnih najprimjenjivijih modela u praksi koji su zasnovani na poznatim udaljenostima, brodskim karakteristikama i njihovim operativnim profilima. Ukupne emisije e_n na ruti ***n*** u jednom vremenskom periodu u kojem postoji t_n putovanja mogu se procijeniti jednadžbom (4), a utrošeno gorivo f_n jednadžbom (5).

$$e_n = \sum_{i=1}^{t_n} f\,(d_n, s_i, m_i, a_i, l_m, l_a, e_p, \ldots) \qquad (4)$$

$$f_n = \sum_{i=1}^{t_n} f\,(d_n, s_i, m_i, a_i, l_m, l_a, sfoc_f, \ldots) \qquad (5)$$

gdje je:

d_n – duljina rute ***n***

s_i – brzina broda

m_i – snaga glavnog motora
a_i – snaga pomoćnog motora
l_m, l_a – faktori opterećenja za glavne i pomoćne motore
e_p – emisijski faktor za onečišćivač ***p***
$sfoc_f$ – specifični utrošak goriva za gorivo tipa ***f.***

Jadnadžbe (4) i (5) označuju da su ukupna emisija e_n i utrošeno gorivo f_n na ruti ***n*** u jednom vremenskom periodu u funkciji duljine rute, karakteristika broda na toj ruti, operativnom profilu broda i ostalim razmatranim varijablama poput npr. kvalitete goriva. Gdje procjene ne zahtjevaju specifične brodske karakteristike, za procjenu utrošene energije, utrošenog goriva ili emisija na ruti, mogu se koristiti prosječne vrijednosti za određeni tip broda (npr. tankeri, brodovi za prijevoz kontejnera, brodovi za rasuti teret i sl.) (v. supra 4.2.8., nap.a.).

Utrošena energija, gorivo ili emisije uzduž svake rute može se označiti kao mat. ***D***.

$$D = \begin{matrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ . \\ . \\ . \\ e_n. \end{matrix} \qquad (6)$$

Utrošeno gorivo i emisije po jedinici duljine određeni su dijeljenjem ukupnih emisija uzduž rute s prijeđenom udaljenošću na toj ruti, koja je zbroj duljina svih segmenata rute. Duljina svakog segmenta može se dobiti uporabom GIS alata i može se označiti kao matrica ***E***.

$$E = \begin{matrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ . \\ . \\ . \\ l_m \end{matrix} \qquad (7)$$

gdje je: l_m duljina segmenta ***m***.

Udaljenost svake rute može se odrediti umnoškom transponirane matrice ***A*** i matrice ***E*** i označena je kao matrica ***F.***

$$F = A' \, x \, E = \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ . \\ . \\ . \\ d_n \end{matrix} \qquad (8)$$

gdje je: ***A'*** transponirana matrica ***A***, a d_n je udaljenost na ruti ***n***.

Utrošena energija, gorivo ili emisije po jedinici duljine rute ***n*** može se odrediti pomoću jednadžbe (8) i označiti kao u_n.

$$u_n = e_n / d_n \quad \textbf{(9)}$$

Utrošena energija i emisije po jedinici duljine za sve rute označene su kao mat. ***G***.

$$G = \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ . \\ . \\ . \\ u_n. \end{matrix} \quad \textit{(10)}$$

Ukupna energija, utrošeno gorivo ili emisije iz svakog segmenta unutar jednog vremenskog perioda može se dobiti zbrajanjem izračuna za sva putovanja na tom segmentu u tom vremenskom periodu. Ukupna energija, utrošeno gorivo ili emisije po jedinici duljine za sve segmente označeni su kao matrica ***H***.

$$H = A \; x \; G = \begin{matrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ . \\ . \\ . \\ h_m \end{matrix} \quad \textit{(11)}$$

gdje je: h_m utrošena energija, gorivo ili emisije po jedinici duljine za segment ***m***.
(h_m indicira distribuciju emisija preko mreže pomorskih pravaca.)

Ukupno utrošena energija, gorivo ili emisije za segment ***m*** može se izračunati iz jednadžbe (12) i označiti kao k_m.

$$k_m = l_m \; x \; h_m \quad \textit{(12)}$$

Ukupno utrošena energija, gorivo ili emisije za svaki segment mogu se dalje alocirati za svaku mrežu (raster) kako bi se dobila prostorna distribucija i ukupno skladište emisija (inventar) po određenoj površini (području) u slučaju da je segment uspostavljen u obliku poligona.“

6.3. Uvod u ASAP[94] projekt

Znanstveni rad pod istim nazivom nastao je kao produkt zajedničkog rada znanstvenika na Pomorskom fakultetu u Rijeci i sadrži glavne odrednice njihovog istraživačkog rada u području zaštite mora i morskog okoliša, a model 'Registra emisija'

[94] ASAP – eng. Adriatic Sea Area Protection - As soon As Possible - akronim naziva na engleskom jeziku zbog potrebe uključivanja različitih zainteresiranih stranaka, nap.a.

predložen u ovom doktorskom radu predstavlja osnovu za daljnja istraživanja i razvoj predloženog projekta.

6.3.1. Uravnoteženje razvoja pomorstva s brigom za zdravlje i okoliš na području Jadrana

Prema objavljenim rezultatima studija u svezi procjena emisija onečišćivača zraka na Mediteranskom moru (npr. [49], [97], [110]) ili između europskih luka (npr. [51]) ili globalno (npr. [120]), brodske emisije su značajan izvor onečišćenja zraka. Provedene istraživačke studije koje su uzele u obzir najveće luke na Mediteranskom moru ukazuju na rast pomorskog prometa i posljedično onečišćenja zraka gdje Jadransko more nije iznimka (posebno u tankerskom, kontejnerskom prometu i kružnim putovanjima). Zdravstveni problemi i negativan utjecaj na okoliš koji dolazi od brodskih emisija prepoznati su globalno i posljedično su uzrokovali strogo 'okolišno' zakonodavstvo. Neke odredbe zahtijevaju od brodovlasnika potražnju za modifikacijama na njihovim brodovima ukoliko žele nastaviti sa svjetskom plovidbom.

Procjena brodskih emisija u području Jadrana je osnova projekta i trebala bi biti provedena kroz sljedeće korake:

- priprema nacionalnih inventara (skladišta) emisija u skladu s EMEP/EEA vodičem; predlaže se metoda 'odozdo prema gore' za brodove (na osnovi brodskih karakteristika) i metoda 'odozgo prema dolje' za jahte, brodice za razonodu i ribarske brodove (na osnovi prodanog goriva na nacionalnoj razini)
- priprema 'Registra emisija' omogućujući modifikacije regulacijskih limita, dodavanje onečišćivača koje treba mjeriti, promjenu opreme ili korištene metodologije
- uspoređivanje dobivenih podataka s drugim studijama i inventarom (skladištem) kopnenih emisija;
- priprema prijedloga za traženje IMO zaštite područja (ECA, SECA, NECA[95]) u skladu s dobivenim podacima[96] (uključujući napore 'Stranaka' za sprječavanjem onečišćenja zraka na kopnu i moru)
- organiziranje sustava kontinuiranog motrenja (lokacije, metode, oprema, osoblje) koje treba biti okončano pripremom informacijskog sustava zasnovanog na AIS-u koji bi trebao omogućiti praćenje i nadzor *brodskih emisija* od ulaska u Jadransko more, kroz operacijska kretanja, do izlaska iz Jadranskog mora (uključujući mogućnosti planiranja plovidbe prema vremenskim uvjetima, plovidbu smanjenom brzinom, različite uvjete nakrcanosti broda, itd.); u tom kontekstu, očekuje se uska suradnja s hrvatskim VTMIS-om.

Postoji nekoliko objavljenih studija u svezi uporabe AIS-a u tu svrhu (npr. [81], [82]) koje nude praćenje u realnom vremenu što omogućuje matematičko modeliranje uz primjenu hidrometeoroloških uvjeta i/ili stvarnih uvjeta prometa i dr.. Predloženi model biti će objašnjen u sljedećem poglavlju.

Zahtjev za IMO zaštitom (SECA/NECA) treba obuhvatiti sve uložene napore 'Stranaka' na sprječavanju onečišćenja i na kopnu i na moru. Predlaže se da se napori na kopnu usmjere prema implementaciji 'hladnog pogona' zbog obostranih koristi za brodovlasnike i lokalnu zajednicu.

[95] ECA – engl. emission controlled area – područje nadzirane emisije
SECA – engl. sulphur emission controlled area – područje nadzirane emisije sumpora
NECA – engl. nitrogen emission controlled area – područje nadzirane emisije dušika.
[96] Preliminarni nalazi ukazuju da je takva zaštita već potrebna, nap.a.

6.3.2. Informacijski sustav za nadziranje i nadogradnju 'Registra emisija'

Da bi se 'Registar emisija' za Jadransko more mogao adekvatno i pravovremeno ažurirati, potrebno je osigurati odgovarajući informacijski sustav (IS) pomoću kojeg bi se motrili svi brodovi koji plove Jadranom, a koji su od posebnog značenja kada je riječ o onečišćenju atmosfere. Takav IS bi mogao biti nezavisan od svih do sada postojećih, ali bi puno ekonomičnije i brže rješenje bila nadogradnja već postojećeg sustava za automatsku identifikaciju plovnih objekata (AIS). Time se nameće potreba da se prije svega ispitaju mogućnosti korištenja AIS sustava za monitoring emisija brodova. Drugim riječima, trebalo bi ispitati da li trenutni kapaciteti AIS-a zadovoljavaju sve potrebe koje proizlaze iz identifikacije parametara koji definiraju količinu emisije. Ako ne, trebalo bi definirati prijedloge za njegovo poboljšanje [121].

Procjena brodskih emisija danas se uglavnom provodi pomoću metoda 'odozdo prema gore' ili 'odozgo prema dolje'. Postojeća regulativa još ne zahtjeva od brodovlasnika da koriste opremu za direktno mjerenje količine onečišćivača, te su rezultati kontinuiranog mjerenja teško dostupni. Iz tog razloga, osnovna pozornost bi se posvetila parametrima koji su dostupni na brodu, a s ukupnom emisijom značajno koreliraju, te bi se lako mogli dostaviti u IS putem AIS-a i mogu se koristiti za predikciju budućih emisija. Prethodno napravljena mjerenja mogla bi se koristiti za različite statističke analize, analize vremenskih serija po različitim vremenskim intervalima i sl., a uz istovremenu dinamičku nadopunu baze novim podacima iz AIS-a. To bi omogućilo i razvoj bitno preciznijih i pouzdanijih matematičkih modela za emisiju od onih postojećih [81]. Buduća mjerenja bi se koristila za dinamičku analizu ovisnosti između količine emisije i svih ostalih značajnih parametara koji bi putem AIS-a dolazili s broda u IS, te za daljnje kontinuirano ažuriranje 'Registra emisija'. Na taj način bi se osigurali svi potrebni preduvjeti za razvoj takvog dinamičkog modela, pomoću kojeg bi se za svaki brod tijekom plovidbe Jadranskim morem mogla napraviti vrlo precizna predikcija količine emisije [121].

6.3.3. Prepoznavanje potrebe za IMO zaštitom područja i zahtjev za zaštitom

Na globalnoj razini potreba za održivim razvojem prvi je puta pokrenuta 1974. godine na skupu stručnjaka UNESCO-a kroz *Cocoyoc Declaration*, te je od tada održivi razvoj postao osnova svake razvojne strategije, a svaka nacionalna strategija razvoja ima u sebi program ekološkog i ekonomskog usklađenja s konceptom održivosti. Pri tom se pretpostavlja da na današnjoj razini spoznaja nikome ne bi smio biti cilj svjesno uništavanje okoline i prirodnih resursa. Ipak u praksi se pokazalo da se to ne događa bez intervancije vlasti koja najčešće primjenjuje dva načina zaštite (*v. supra 3.4.5.*) [23]:

- zakonima i propisima – strategija koja se primjenjuje na svim razinama vlasti i u sve svrhe
- stimulacijama koje se mijenjaju tijekom vremena – primjena različitih ekonomskih instrumenata.

Glavne značajke zakona i propisa (ili 'regulatornih instrumenata') su njihova određenost i uniformnost kriterija (npr. korištenje određenih dozvola prema točno utvrđenim kriterijima), dok se ekonomskim instrumentima (koji podrazumijevaju politiku vlasti) nastoji stvoriti monetarni stimulans kako bi potencijalni onečišćivač u svom vlastitom intersu svojevoljno smanjio onečišćenje. Takvi monetarni stimulansi mogu se pojavljivati u dva osnovna oblika: kao novi dohodak ili kao izbjegnuti trošak.

Iako oba načina zaštite imaju i svoje prednosti i nedostatke, glavna razlikovnost može se uočiti u činjenici da regulatorni instrumenti 'ne stvaraju novac' dok se

ekonomskim instrumentima podržavaju težnje za bržim izmjenama stanja, te su se pokazali efikasnijima, promotivnijima, stimulativnijima, a u nekim slučajevima i restriktivnijima. Na globalnoj razini ipak postoji razlika u primjeni, jer pojedine države različito pristupaju zaštiti prirode. U Republici Hrvatskoj njena se zaštita još uvijek zasniva na primjeni 'naredbodavno-nadzornih instrumenata' iako postoji niz mogućnosti primjene ekonomskih instrumenata poput [23] :

- ekoloških poreza – to su porezi nametnuti od strane države čiji je prihod, za razliku od ostalih poreza, namijenjen troškovima zaštite okoliša, a uveden je načelom 'onečišćivač plaća'
- ekoloških pologa – kao kombinacija dodatne naknade i potpore (stimulacije) na cijenu proizvoda potencijalnog onečišćivača u smislu prethodnog polaganja, a vraća se potrošaču u slučaju da je onečišćenje izbjegnuto (čak i u slučajevima kada su ostaci prikupljeni i zbrinuti u organizirani sustav prikupljanja otpada)
- utrživih dozvola (tržišno kreiranje) – tržišni instrumenti politike zaštite okoliša koji se ostvaruju kupovanjem prava za trenutno ili moguće onečišćenje koje vlasnik prava može prodati na tržištu i nekom drugom (npr. trgovanje 'kvotama' CO_2)
- subvencija – koje predstavljaju financijske stimulanse koji poticajno djeluju na onečišćivače kako bi promijenili svoje ponašanje, a mogu se podijeliti na:
    - dotacije (novčane potpore) – koje se češće smatraju zakonskim nego ekonomskim instrumentima, a primjenjuju se prilikom uvođenja nove ekološki prihvatljivije tehnologije
    - meki zajmovi – koji se u vidu 'ekoloških zajmova' odobravaju po nižim kamatnim stopama za ekološki učinkovitije projekte
    - porezne olakšice – koje na nacionalnoj razini stimuliraju poduzetnike koji pri svojim aktivnostima poduzimaju učinkovite mjere zaštite okoliša.

Brojne su prednosti ekonomskih instrumenata koji preusmjeravaju sredstva na one djelatnosti koje su tehnološki naprednije i ekološki prihvatljivije, a njima gospodarstvu postaju i atraktivnije. Troškovno su učinkovitiji jer potiču izravna plaćanja onih koji onečišćuju okoliš i povećevaju prihode za njegovu zaštitu, a smanjuju javne rashode, te pridonose ostvarivanju općih ciljeva politike kako pri zaštiti okoliša tako i povećanju učinkovitosti djelovanja vlada. Ipak, oni imaju i određene nedostatke jer izostankom jedinstvenog standarda ne djeluju na koncentrirana onečišćenja na nekom prostoru, a u slučajevima neodređenosti tehnologije nadzora onečišćenja, zakonodavci se oslanjaju na praćenje emisija na temelju kojih se nadzire njihova primjena, pa ukoliko ne postoji odgovarajući sustav praćenja, nisu učinkoviti. Stoga se postavljenim modelom 'Registra emisija' u ovom radu upravo omogućuje učinkovitiji nadzor kojim je moguće izbjeći takav nedostatak i ostvariti preduvjet njihovog uvođenja.

Jednom utvrđeni otisak emisija iz pomorskog prometa na području hrvatskog dijela Jadrana omogućiti će kako usporedbu s referentnim vrijednostima na globalnoj razini tako i uvid u njegov omjer prema kopnenim izvorima, a s obzirom na ukupno onečišćenje. Upravo takvi podaci nužni su za prepoznavanje eventualne potrebe za uvođenjem mjera zaštite i postaju osnovom za prijedlog IMO-u u slučaju potrebe za proglašenjem Jadrana posebnim područjem prema Prilogu VI Marpol-a 73/78 – područje nadziranih emisija (ECA). Pri tom se mora uzeti u obzir da se kod analize prijedloga moraju dostaviti sve donijete mjere kako na nacionalnoj razini tako i u okviru integralnog upravljanja priobalnim područjem na nadnacionalnoj razini (u suradnji s državama iz okruženja).

6.3.4. Buduća istraživanja i smjernice mogućih rješenja

Projekt ASAP je u cjelini prikazan kao blok-dijagram na slici 5, str 117. Iako je uglavnom temeljen na prethodnim istraživanjima autora, projekt je otvoren za bilo kakve korisne sugestije i modifikacije u skladu s daljnjim istraživanjem autora, kao i u skladu s općim znanstvenim, stručnim ili javnim mijenjem.

Predlaže se provođenje projekta kroz najužu suradnju između zainteresiranih strana i njihovog Integriranog upravljanja priobalnim područjem uz potporu Europske Unije (unutar koje već postoje razvijeni sustavi i metodologije) uvažavajući činjenicu da je nacionalna strategija svake zainteresirane zemlje usmjerena prema pridruživanju. Nekoliko je ključnih koraka koje treba pratiti:

- priprema nacionalnih inventara (skladišta) emisija koji trebaju rezultirati 'Registrom brodskih emisija'
- priprema informacijskog sustava za motrenje i procjenu brodskih emisija temeljenu na dinamičkoj analizi i matematičkim modelima
- prepoznavanje potrebe za IMO zaštitom područja i zahtjevanje takve zaštite (postoji nekoliko objavljenih znanstvenih studija na tu temu, npr. [138], [149]);
- priprema rješenja: obalnih, odobalnih, naknade za onečišćenje okoliša.

Odobalna rješenja trebala bi se realizirati uspostavom tzv. ECA područja, tj. područja nadzirane emisije (u skladu s IMO zahtjevima i MARPOL 73/78 – Prilog VI odredbama).

Nacionalni inventari (skladišta) emisija i 'Registar brodskih emisija', osim njihove uporabe kao ulaznih podatatka za informacijski sustav, bili bi osnova za izračun eksternih (posrednih) troškova uzrokovanih onečišćivačima iz brodskih emisija.

Jednom utemeljeni, kontinuirani nadzor kroz 'Informacijski sustav nadzora emisija' (EMIS) ponuditi će najtočnije skupine podataka s obzirom na onečišćivače iz brodskih emisija kao i modifikaciju u postavljanju emisijskih limita omogućujući predikciju i daljnji razvoj predloženih mjera (ukoliko to bude potrebno). Predlaže se i mogućnost uvođenja 'okolišne naknade' za brodove koji nisu usklađeni sa zakonodavstvom.

S obzirom na predložena obalna rješenja, nekoliko je aspekata koje treba uzeti u obzir:

- utjecaj na ljudsko zdravlje i okoliš
- utjecaj na gospodarstvo (brodarstvo, kružna putovanja, turizam, itd.)
- utjecaj na lokalni društveni i tehnološki razvoj.

U skladu s IMO i EC regulativom, od brodova na privezu u lukama Europske Unije zahtjeva se uporaba goriva sa smanjenim sadržajem sumpora (0.1% od 1.1.2010.) čija je cijena znatno viša od uobičajenog ostatnog goriva (sadržaj sumpora u HFO gorivu globalno je limitiran na 3.5% od 1.1.2012.).

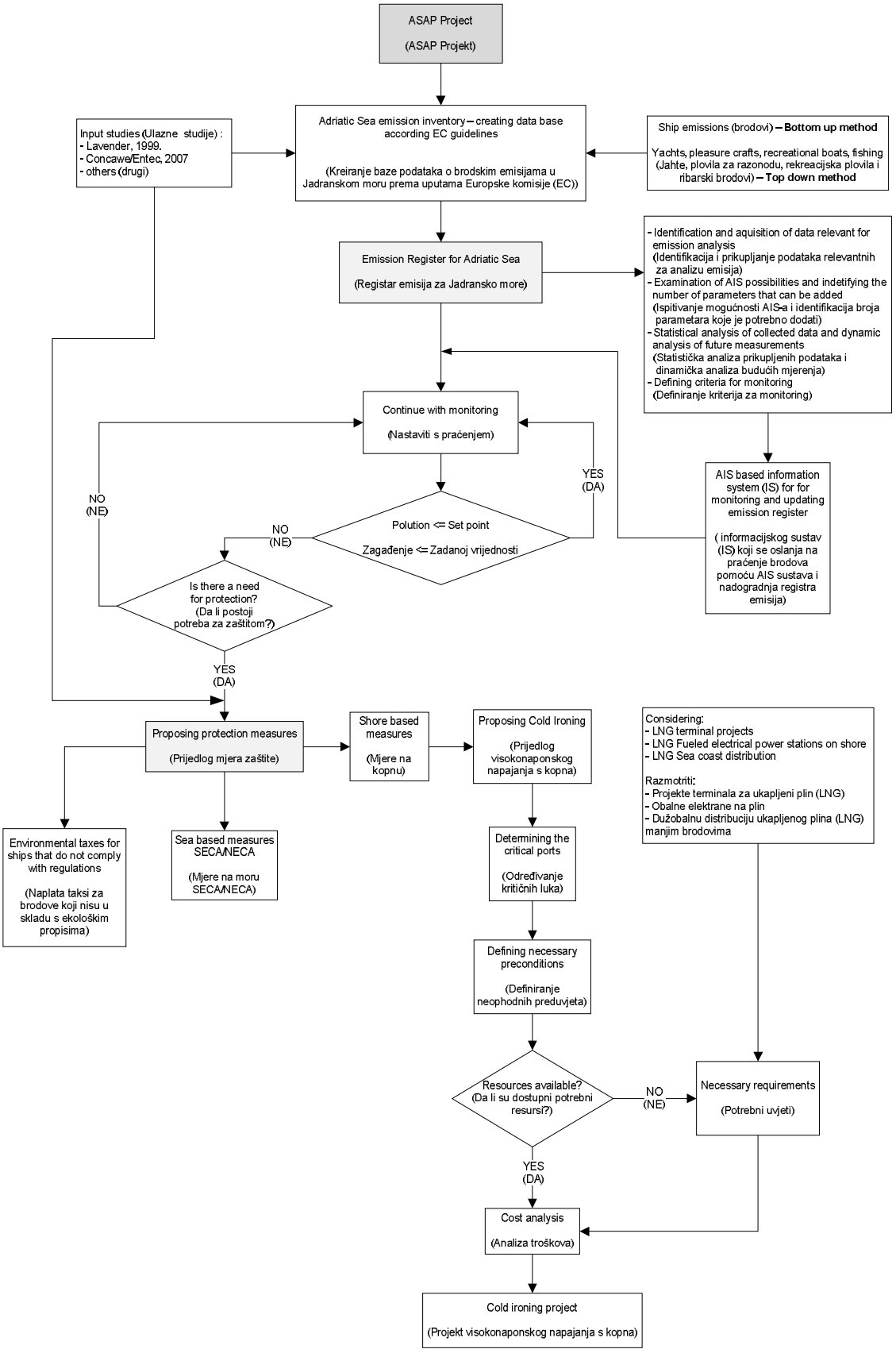
Rješenje koje može uravnotežiti ove novonastale troškove za brodare, te koristiti lokalnoj zajednici, jest omogućavanje viskonaponskih kopnenih priključaka za brodove na privezu u lukama. Uzimajući u obzir da električna energija proizvedena na brodovima znači više troškove od bilo koje dobavljane s kopna, za pretpostaviti je da bi takvo postrojenje trebalo biti dobrodošlo za brodare, a ujedno nudi dobrobit za zdravlje i okoliš kao i za lokalnu zajednicu kroz dodatni prihod. Problem s visokonaponskim kopnenim priključcima postoji na starijim brodovima koji obično nemaju priključak za kopno na brodu dovoljne snage za opskrbu svih dnevnih potreba (na velikim putničkim brodovima za kružna putovanja to može biti i do 15 MVA), no neki brodovlasnici su prepoznali taj problem tražeći mogućnosti modifikacije na električnoj mreži postojećih brodova, te konstrukcijom novih brodova koji tu mogućnost imaju odmah po napuštanju brodogradilišta (novogradnje).

Lokalne zajednice trebaju tražiti takve nove ekološki prihvatljive i energetski učinkovite brodove za njihovu budućnost omogućujući im kopnene priključke koje zahtijevaju. Da bi to postigle, mnoge luke će morati rekonstruirati svoje priveze, no lokalne električne mreže u nekim slučajevima nemaju električne stanice (centrale) dovoljnog kapaciteta za takvu proizvodnju. Na osnovi nekoliko projekata LNG terminala na Jadranskom moru koji su u tijeku (npr. Trieste, Omišalj) i Sjevernoeuropskog infrastrukturnog LNG projekta, LNG je razlučan kao buduće ekološki najprihvatljivije gorivo. Stoga, izgleda da je dobra prilika izgraditi odgovarajuće LNG terminale uzduž područja i udaljene električne stanice s LNG-jem kao gorivom, te organizirati distribuciju za njihova lokalna skladišta. Takve elektrčne stanice mogle bi se koristiti pri visokom zahtjevu opterećenja s brodova na vezu ili dobavljati električnu energiju u lokalnu mrežu ako je potrebno.

Projekt bi trebao uključiti tri vrste učesnika:

- operacijska tijela (glavni partner sa suradnicima koji rade na problematici onečišćenja i procesu prevencije i nadzora)
- institucijska tijela, javni/državni subjekti s dužnostima / ovlastima obrane teritorija (npr. regije, ili Obalna straža) ili sa zadatkom uvođenja / promocije međunarodnih protokola (npr. Ministarstva)
- subjekti s potrebnim znanjem za podršku u fazi analize, studije protokola, specifikaciji tehnoloških zahtjeva, raspodjeli i kapitalizaciji (sveučilišta – fakulteti, istraživački centri).

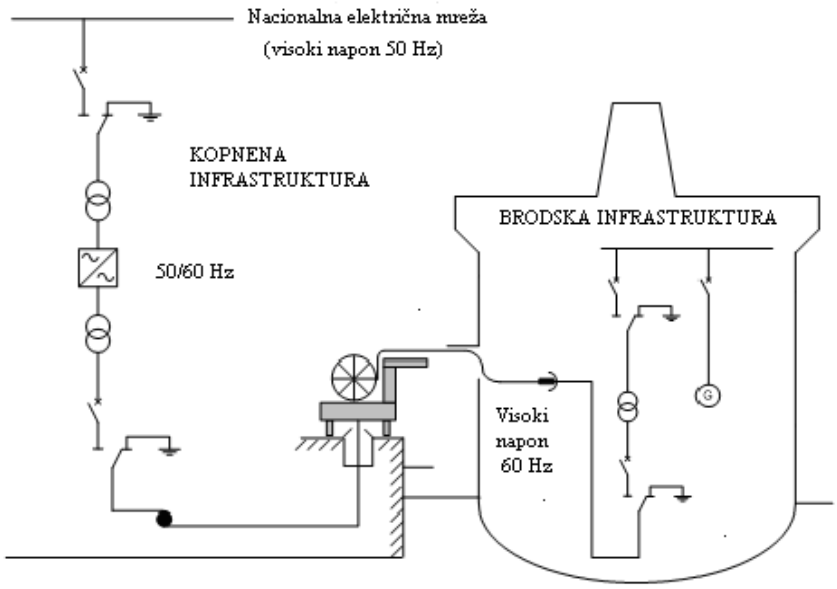
Očigledno, takav projekt zahtijeva velike investicije i treba podršku i pažljivu strategiju za realizaciju, no koristi koje nudi predstavljaju izazov.



Slika 5 Shematski dijagram projekta ASAP
Izvor:[121]

6.3.5. Uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka

Jedna od ključnih metoda za zaštitu obalnih ekosustava i populacije u blizini lučkih terminala, a koja je predložena u 'ASAP' projektu, je uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka. Ta tehnologija omogućuje brodovima koji borave u luci upotrebu električne energije iz nacionalne kopnene mreže putem visokonaponskih priključaka koji su smješteni direktno na operativnoj obali (slika 6). Nakon što se sabirnice glavne brodske rasklopne ploče sinkroniziraju i spoje s kopnenom mrežom, brodski pomoćni motori mogu se zaustaviti, čime se količina emisija praktički smanjuje na nulu [61], [121].



Slika 6 Visokonaponski kopneni priključak
Izvor: [121]

Postoji više dobrih razloga za prijedlog i odabir upravo ove metode. Luke koje već koriste ovu tehnologiju imaju vrlo pozitivna iskustva u pogledu njene učinkovitosti, poglavito luka Göteborg gdje su visokonaponski kopneni priključci uvedeni još 2001., što daje dovoljno dug vremenski okvir za njeno pravilno vrednovanje [147]. Ekonomska korist u odnosu na korištenje skupog goriva s niskim udjelom sumpora za vrijeme boravka u lukama Europske Unije (prema uredbi 2005/33/EC) vrlo je jasna, znajući da je prosječna cijena brodskog dizel goriva iznad 1,000 US$/MT uz stalno prisutan trend rasta [211]. Međunarodni standard razvijen od strane IEEE, IEC i ISO organizacija koji bi uskoro trebao stupiti na snagu, zasigurno će znatno pojednostaviti proces uvođenja visokonaponskih kopnenih priključaka u lukama. Posljednji, ali važan čimbenik koji ide u prilog korištenju električne energije s kopna za vrijeme boravka u luci je i odluka Europske komisije o ukidanju poreza na električnu energiju za sve brodare i lučke operatore čiji brodovi koriste ovu tehnologiju [160].

Prvi koraci koji je potrebno poduzeti u procesu uvođenja visokonaponskih kopnenih priključaka su određivanje kritičnih luka i definiranje nužnih preduvjeta koje te luke moraju zadovoljavati. Pri tome je svakako najvažniji čimbenik dostupnost potrebne električne snage kojom se može opskrbljivati luka bez negativnih utjecaja na ostale potrošače spojene na lokalnu električnu mrežu. Ostala dva važna čimbenika, pogotovo sa stanovišta ekonomske isplativosti, su stanje postojećih napojnih vodova za napajanje

lučkog elektroenergetskog sustava i dostupnost slobodnog zemljišta za smještaj podstanica s pretvaračima frekvencije i transformatorima.

Nakon što se dobije uvid u stanje postojećih resursa, potrebno je sprovesti studiju izvedivosti za kritične luke. Ta studija trebala bi uključiti sve mjerodavne stranke, u prvom redu akademske institucije, lučke uprave, nacionalnog operatera električne mreže, te nadležne vladine institucije na lokalnoj i nacionalnoj razini. Trebalo bi također razmotriti pored direktnih troškova implementacije i tzv. posredne troškove koji nastaju zbog štete koju brodske emisije uzrokuju lokalnoj zajednici i ekosustavima na godišnjoj razini.

Direktni troškovi mogu se lako izračunati jednom kad su poznati svi gore navedeni uvjeti i obično se svode na odabir najpovoljnije ponude od strane proizvođača opreme i izvođača radova. S druge strane, posredni troškovi ovise o više čimbenika i ne mogu se odrediti bez preciznih podataka iz 'Registra emisija'. Slična studija o utjecaju brodova za kružna putovanja na zagađenje zraka, naručena od strane Europske komisije 2009. godine, [199], pokazala je da posredni troškovi mogu biti vrlo visoki, posebno za luke koje se nalaze u blizini gradskih središta i područja s razvijenim turizmom. Što su posredni troškovi veći, to je veća i ekonomska isplativost uvođenja napajanja s kopna.

Uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka nije jednostavan zadatak, pogotovo u lukama gdje je potrebno izvršiti značajne modifikacije postojećih resursa, stoga njegovo planiranje može predstavljati dugotrajan proces. Iz tog razloga, dio studije izvedivosti koji uključuje evaluaciju postojećih resursa i izračun posrednih troškova trebalo bi sprovesti neovisno kako bi se dobili preliminarni rezultati prije nego baza podataka o emisijama bude u funkciji. Nakon što i podaci iz te baze budu dostupni, mogu se izračunati posredni troškovi te uključiti u postojeći dio studije izvedivosti kako bi se mogla donijeti konačna odluka o ekonomskoj isplativosti takve instalacije.

Ukoliko se u određenim lukama ne bi mogla osigurati odgovarajuća elektroenergetska podrška za visokonaponski kopneni priključak (HVSC) od strane pojedine države, tj. od nacionalnog distributera električne energije, trebalo bi svakako razmotriti i ostale alternativne pristupe proizvodnje i distribucije električne energije u takvim lukama. Takvi alternativni pristupi prije svega pretpostavljaju korištenje ukapljenog prirodnog plina (LNG) kao primarnog energenta u tzv. obalnim LNG električnim centralama. Na taj se način ekološki neprihvatljivi ugljen i tekuće gorivo zamjenjuju sa značajno prihvatljivijim energentom. Dobava prirodnog plina prema takvim lukama bi se mogla osigurati odgovarajućim dužobalnim plinovodima nakon realizacije i početka eksploatacije nekoliko LNG terminala na Jadranu koji su u planu (Omišalj, Trieste). Također bi se mogla razmotriti i mogućnost projektiranja manjih mobilnih LNG terminala (MOB) u takvim lukama [121].

Predloženi koncept 'ASAP' projekta temeljen je na preliminarnim rezultatima istraživanja autora usmjerenim prema sprječavanju onečišćenja zraka iz brodskih emisija, pri čemu su bili suočeni s dva suprotna zahtjeva koja je trebalo uravnotežiti: rast pomorskog prijevoza i brigu za zdravlje i okoliš na Jadranskom moru.

Poznavajući činjenicu da rast pomorskog prijevoza ima ogroman utjecaj na razvoj lokalnih zajednica i prepoznavajući učinke 'okolišnog zakonodavstva' na brodarske kompanije, jednako kao i razumijevanje javne brige za zdravlje i okoliš kao i brodske potrebe, razvijen je koncept projekta koji bi trebao biti u mogućnosti uravnotežiti koristi za sve zainteresirane stranke. Projekt zahtjeva pažljivo planiranje i podršku od strane Europske unije gdje već postoje razvijene metode, ali također i visoku razinu suradnje među zainteresiranim strankama. Prema dostupnim pokazateljima, u fazi pripreme nacionalnog inventara (skladišta) emisija i 'Registra emisija' ne očekuju se visoki troškovi, ali uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka i LNG opskrbni koncept su izazovni i zahtjevaju dobro definiranu financijsku podršku. Tehničke zahtjeve i troškove opreme za

uvođenje visokonaponskih kopnenih priključaka potrebno je odrediti u okviru nezavisne studije za svaku pojedinačnu luku, čiji rezultati se potom mogu uključiti u 'ASAP' projekt. Značaj projekta kao i njegovog javnog priopćavanja, usmjerava na daljnje istraživanje sadržaja i razvoj detaljnih struktura.

7. ZAKLJUČAK

Zavaran početnom sposobnošću apsorpcije različitih ekosustava, čovjek nije primjetio utjecaj svojih aktivnosti na njih, osim moguće, na lokalnoj razini. Holističkim pristupom i promatranjem Zemlje kao jedinstvenog ekosustava prepoznat je i globalni učinak onečišćenja prouzrokovanog ljudskim aktivnostima. Zbog nemogućnosti održavanja rapidno rastuće ljudske populacije na ograničenim resursima, kao moguće rješenje nametnula se nužnost ostvarenja razvoja na održivoj osnovi. Održivost kao općeprihvaćeni koncept osim navedenih prioriteta uključuje i upravljanje koje ima za cilj osigurati budućim generacijama mogućnost korištenja njihovog 'dijela' resursa i naslijeđe čistog okoliša. U ekonomskom smislu to znači razvoj koji neće uzrokovati nepopravljivu štetu za okoliš i iscrpljivanje zaliha na Zemlji.

Najgušće naseljena područja na Zemlji su priobalna područja i u njima je antropogeni utjecaj na okoliš najintenzivniji i najnegativniji. Veliki gradovi najčešće smješteni na priobalnom području su ekološki najteže opterećena područja jer za opstojnost zahtjevaju veliku količinu pitke vode, hrane, energenata i drugih resursa, a istodobno onečišćuju okoliš smećem, otpadom, otpadnim vodama, bukom, emisijom štetnih plinova, prašinom, smogom i drugim štetnim tvarima. Proučavanjem mogućnosti iznalaženja rješenja za dostizanje održivog razvoja dolazi se do zaključka da je on jedino ostvariv kroz sveobuhvatni pristup kako na lokalnoj tako i na globalnoj razini, a mišljenje je da je takav pristup provediv kroz IUPP. No, da bi se ostvario održiv ekološki, ekonomski i u konačnici društveno-kulturni razvoj, nužno je osigurati politiku koja će omogućiti upravljanje kako promjenama da se do njega dođe tako i budućim aktivnostima kojima će se on održati.

IUPP, kao 'alat provedbe', koristi informirano sudjelovanje i suradnju svih pojedinaca i organizacija vitalno uključenih u doprinosu društvenim ciljevima na određenom području i poduzimanju akcija prema ostvarenju tih ciljeva. Dugoročno IUPP traži uspostavljanje ravnoteže među okolišnim, ekonomskim, socijalnim, kulturnim i rekreacijskim ciljevima, a unutar ograničenja postavljenih prirodnom dinamikom. Pri tom se integracija mora postići na vertikalnim i horizontalnim razinama, što predstavlja izazov pri provođenju. Upravljački okvir najčešće se određuje zemljopisnim značajkama koje zahtjevaju visoki stupanj integriranosti, nerijetko i na međudržavnim razinama, te će uglavnom biti specifičan za svako posebno područje.

Pomorstvo se kao međunarodna gospodarska grana moralo prilagoditi nastalim promjenama i prepoznavanju potrebe za održivim razvojem. Pozitivnim razmišljanjima i uvođenjem IUPP-a kao koncepta na globalnoj razini trebalo je doprinijeti kroz promjene i u pomorstvu. Pod okriljem IMO-a donijete su znakovite izmjene u ekološkom zakonodavstvu čime bi se utjecaj brodova na ukupno onečišćenje smanjio na najmanju moguću mjeru, ipak uzimajući u obzir tehnološku i komercijalnu dostupnost, te omogućavajući prilagodbu brodara kako bi se izbjegli mogući poremećaji na svjetskom tržištu.

Globalni rast ekološke osviještenosti i prepoznavanje antropogenog utjecaja na klimatske promjene, efekt staklenika ili posljedično, porast razine mora u priobalnoj zoni, kao i dostupnost informacija o ekološkim incidentima može samo povećati zahtjeve za smanjivanjem onečišćenja koje će se odraziti i na pomorstvo. Trenutno stupanje na snagu određenih međunarodnih normi i povlačenje iz uporabe velikog broja brodova koji u ovom trenutku ne ispunjavaju zahtjeve dovelo bi do kolapsa trgovine na svjetskoj razini, pa se takva primjena niti ne očekuje. Stoga se, razvojem ekološkog zakonodavstva postavljaju novi zahtjevi i troškovi na brodare koji će svoje brodove morati opremiti novom opremom

kako bi zadovoljili donesene norme i osigurali opstojnost svojih brodova na tržištu na kojem će se one primjenjivati.

Cikličke promjene na pomorskom tržištu predstavljaju jednu od njegovih glavnih značajki koja uzrokuje presudne promjene unutar svakog njegovog segmenta i procesa koji se u njima odvijaju. Neizvjesnost njihovog nastupanja bitno utječe na procjenu budućeg razvoja, a s tim u svezi i na trenutnu vrijednosti brodova kao temeljne investicije brodara i osnovnog 'radnog sredstva' tog gospodarstva. Neke od brodara koji posjeduju mali broj brodova dodatni troškovi mogu znatno opteretiti u poslovanju, posebno ako u periodu prilagodbe dođe do pada vozarina i smanjenja potražnje brodskog prostora čime će njihova konkurentnost biti ugrožena. U krajnjim slučajevima cijena prilagodbe broda može dovesti vlasnike starijih brodova na granicu komercijalne isplativosti ulaganja, pa se oni mogu odlučiti za rashodovanje i recikliranje i prije isteka njihovog životnog vijeka. Zbog toga je prije svega odgovornost na kompaniji da donese i primjeni ekološki prihvatljive promjene u poslovnoj politici (prije svega u ekološkoj potpolitici koja će se odraziti na sve ostale), ako se želi natjecati na današnjem i budućem tržištu, a navedene smjernice u ovom radu mogle bi postati sastavni dio poslovne politike brodara i kao takve mogu se implementirati u njihove strateške planove razvoja.

Utjecaj ispušnih plinova koji dolaze iz energetskih postrojenja u pomorskom prometu na globalnoj razini može se promotriti kroz različite pristupe i gledišta, no s ekološkog aspekta prepoznata je njihova štetnost na cjelokupnu biocenozu, čovjekova dobra i djelatnosti što zahtjeva pojedinačnu analizu njihovog utjecaja. Oni najčešće izlaze u atmosferu u obliku 'dimnog stoga' i tijekom plovidbe predstavljaju linijski izvor onečišćenja. Stoga se u neposrednom području ispuštanja njihovi karakteristični sastojci nastali kao produkti izgaranja pojavljuju u relativno visokim koncentracijama u odnosu na koncentracije prethodno zatečene u atmosferi. Nakon dospijeća u atmosferu započinje proces njihovog razrijeđivanja zbog miješanja s okolnim zrakom pri čemu se njihovi sastojci i kemijski transformiraju, dolazi do stvaranja sekundarnih tvari (npr. ozona), a kao takvi se potom uslijed mokre ili suhe depozicije uglavnom djelomično uklanjaju iz atmosfere.

Kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere, kao i u ostalim dijelovima troposfere, zavisne su o primarnim emisijama tvari i njihovim naknadnim reakcijama. Neke od najvažnijih kemijskih reakcija koje se odvijaju u morskom graničnom sloju atmosfere jesu: nastanak ozona uz katalitičko djelovanje dušičnih oksida, plinovita i vlažna oksidacija sumpornih oksida u sulfatne aerosoli, raspad metana pomću hidroksilnih (OH) radikala, te halogeno-katalitički raspad ozona. Pri tom su OH radikali ujedno i glavni oksidirajući agensi u troposferi. Ipak, kemijske reakcije koje se odvijaju u morskom graničnom sloju vrlo su osjetljive na promjene koncentracija dušičnih oksida i procese stvaranja troposferskog ozona čija je učinkovitost nastanka veća u čistom okolišu udaljenom od kopna. Kemijske reakcije ozona pod utjecajem su i reaktivnih halogenih tvari (Cl, Br, I) čiji su izvor autokatalitički halogeno-aktivirajući mehanizmi i fotoliza jodom bogatih organskih komponenata emitiranih iz makroalgi u obalnim područjima.

Morski granični sloj atmosfere važan je i za nastanak aerosolnih čestica koje su aktivne pri stvaranju jezgre kondenzacije oblaka. Primarne aerosoli u obliku čestica morske soli nastaju raspuknućima morskih mjehurića ili direktno iz 'morske prašine' na 'krijestama' valova.

Direktne emisije sumpornog dioksida (SO_2) iz brodskih ispuha oksidiraju u sulfate u vlažnoj fazi (s kapljicama u oblacima ili česticama morske soli) uz pomoć vodikovog peroksida i ozona, te uz pomoć OH radikala u plinovitoj fazi, pa će stoga i povećanje OH radikala uzrokovano emisijama dušičnih oksida dodatno povećati plinovite oksidacijske puteve.

Morski granični sloj najčešće se percipira kao dobro izmiješani sloj troposfere (s gornje strane ograničen inverznim slojem) u kojem pri vrhu dolazi do stvaranja naoblake, kumulusa, koji latentnom toplinom kondenzacije prodiru kroz inverzni sloj i omogućavaju prijelaz vlage i u više slojeve zbog čega njegova visina može biti od nekoliko stotina pa i do preko tisuću metara, a varijacija je uzrokovana upravo razmjenom između donje i gornje troposfere.

Ekspanzija dimnog stoga iz brodskih energetskih sustava pretpostavlja ekspanziju u smjeru okomitom na njegovu glavnu os, a vertikalna ekspanzija je obično ograničena inverznim slojem. Stoga meteorološki uvjeti koji prevladavaju u određenom području (npr. područje Jadrana) imaju znatan utjecaj na njegovu difuziju i disperziju. Pri tom će raspršivanje onečišćenja primarno ovisiti o brzini vjetra i njegovoj turbulentnoj strukturi, te o vertikalnom temperaturnom gradijentu. Redovitim mjerenjima moguće je utvrditi koncentracije onečišćenja na određenom području u određenom trenutku, pa i statističku obradu podataka koja može dati dobru podlogu za buduće procjene, no znanstvena istraživanja usmjerena su ka postavljanju različitih modela koji će omogućiti prostorno-vremenske procjene koncentracija onečišćivača s dovoljnom preciznošću, a za različite početne uvjete onečišćenja.

U visoko koncentriranim dijelovima dimnog stoga, a u slučajevima kada do ispuštanja dolazi u područjima gdje već postoji visoka koncentracija OH radikala, reakcija uklanjanja ('potonuća') OH radikala može uzrokovati njihov nestanak što će za posljedicu imati produljenje životnog vijeka dušičnih oksida unutar stoga. Stoga bi zanemarivanje procesa unutar dimnog stoga posredno moglo dovesti i do pogreške pri procjenama nastanka ozona korištenim u globalnim modelima i najčešće do povećanih vrijednosti od onih stvarnih. Iz dostupnih eksperimentalnih podataka u usporedbi s modelima može se uočiti da su vrijednosti za, npr. dušične okside, najčešće preuveličane, a postojeća istraživanja modela dimnog stoga još nisu postavila nekakav redukcijski faktor koji bi bio primjenjiv u globalnim modelima. Stoga i učinci dodatno stvorenog / raspadnutog ozona uslijed emisija dušičnih oksida iz brodskih ispuha u velikoj mjeri zavise o promjenama njegove ukupne zalihosti u atmosferi. No, njegovo smanjenje znatno je homogenije na globalnoj razini nego li njegovo povećanje što ima sve veći utjecaj na promjenu klime.

Pod istraživanjem utjecaja ispušnih plinova iz brodskih energetskih sustava na atmosferski sastav primarno se podrazumjevaju istraživanja u svezi povećanja koncentracija njegovih štetnih sastojaka koji ispuhom dolaze u atmosferu, a koje kod povećanih razina mogu uzrokovati štetne posljedice na čovjekovo zdravlje i okoliš. Od njih su najznačajniji: dušični, sumporni i ugljikovi oksidi, ugljikovodici, krute čestice, lakohlapljivi organski sastojci, i ostali brojni mikro i sekundarni onečišćivači koji predstavljaju nove spojeve, a koji nastaju dospijećem 'primarnih onečišćivača' u atmosferu te njihovim međusobnim reakcijama i reakcijama sa sastojcima prethodno prisutnima u zraku i imaju različite štetne učinke i na čovjekovo zdravlje i na okoliš. Pri tom, ipak, sastav i kvaliteta korištenog goriva, te tehnološka razina ugrađenih postrojenja imaju presudnu ulogu u koncentracijama štetnih tvari koje dospijevaju u atmosferu kao posljedica izgaranja fosilnih goriva u brodskim energetskim sustavima.

Emisije štetnih plinova iz brodskih energetskih sustava u usporedbi s izvorima na kopnu, globalno, manje sudjeluju u onečišćenju priobalnog područja s obzirom da se dio pomorskog prometa odvija i na većim udaljenostima od obale. No, u prometno opterećenim priobalnim područjima i većim lukama, ta onečišćenja mogu biti dominantni izvor kojeg se ne smije ispustiti pri istraživanju i procjenama njegovog utjecaja koji se prije svega očituje u povećanom broju respiratornih smetnji, pojavi astme, pogoršanju prijašnjih bolesti i povećanim hospitalizacijama, mogućim srčanim i cirkulacijskim smetnjama, a nerijetko i preranom smrtnošću.

Od svih antropogenih izvora, ispušni dimovi iz brodskih energetskih sustava su najuočljivija predodžba utjecaja na stvaranje naoblake, poglavito uzduž najprometnijih prometnih puteva, što potvrđuju i satelitski snimci. Između ostalog, oni ukazuju da aerosolne čestice ispuštene iz brodskih dimnjaka uzrokuju miješanje plinova unutar oblaka i potencijalno utječu na promjenu veličine njihove refleksije u odnosu na sunčevo zračenje, te aktivno sudjeluju u stvaranju jezgri kondenzacije unutar oblaka.

Emisije onečišćujućih sastojaka u ispušnim plinovima iz pomorskog prometa dovode do promjena atmosferskih koncentracija stakleničkih plinova i aerosola što uzrokuje pozitivan ili negativan doprinos direktnom 'prisilnom zračenju' i s tim u svezi mogućoj promjeni klime. U svezi utjecaja onečišćenja iz pomorskog prometa na 'prisilno zračenje', nalazi pokazuju odstupanja, a veličina i točnost korištenih emisijskih inventara kao i korištena metodologija pri njihovoj izradi igra značajnu ulogu u njihovoj reprezentativnosti. No, kao zajednički zaključak može se navesti da je na današnjoj tehnološkoj razini doprinos pomorskog prometa na prisilno zračenje negativan i ne doprinosi njegovom povećanju, no to ni u kojem slučaju ne upućuje na zaključak da će njihov doprinos i ubuduće ostati isti. Provedena istraživanja dosadašnjih emisija različitih komponenti ispušnih plinova i njihov utjecaj na 'prisilno zračenje' korisni su za ocjenu utjecaja na današnju promjenu klime, međutim ona se ne mogu direktno koristiti za procjenu utjecaja današnjih emisija na buduću promjenu klime jer za to ne postoji jedinstven i korektan način, već to zavisi o tomu kako su postavljeni dugoročni ciljevi 'klimatske' politike na globalnoj razini.

Kao posljedica promjene klime razmatraju se i mogućnosti povećanja razine mora uslijed topljenja i smanjenja ledenog područja na polovima, što za posljedicu može imati i promjene u lokacijama i količini ribljeg fonda na određenim područjima. Sve to može utjecati na promjenu dosadašnjeg stanja skladišta emisija iz pomorskog prometa.

Povećanje intenziteta pomorskog prometa u arktičkom području uzrokovati će smanjenje emisija uzduž dosad korištenih ruta koje su u ekološkom smislu zapravo mnogo manje osjetljive od Arktika, stoga se očekuje da će globalne štete uzrokovane takvim pomakom biti znatno veće, a promjene će se odraziti i na obrazac dalekosežnog transporta onečišćivača atmosfere.

Strategije nadzora emisija za pomorski promet još uvijek globalno nisu u širokoj uporabi izuzev regionalnih područja (ECA područja). Političari koji o njima odlučuju još uvijek nisu postigli konsenzus između mogućih opcija od kojih je jedna zasnovana na tehnološkim rješenjima, a druga na izvedbenim rješenjima koja se temelje na učinkovitosti. Osim navedenog, upitno je i da li će regionalno donijeti propisi o smanjenju onečišćenja utjecati na promjenu ponašanja i polučiti rezultate na globalnoj razini. Od dostupnih tehnoloških rješenja za smanjenje emisija ističu se ona koja se odnose na prostor izgaranja i smanjenje se postiže različitim načinima poboljšavanja procesa izgaranja (*primarne metode)* i ona koja se odnose na ispušne plinove i njihovu naknadnu obradu (*sekundarne metode)* od kojih je za smanjenje emisija dušičnih oksida trenutno najučinkovitija selektivna katalitička redukcija.

Korištenje alternativnih goriva u pomorstvu u svrhu smanjenja onečišćenja iz pomorskog prometa nametnulo je raspravu o ukupnom djelovanju na okoliš, poglavito o utjecaju koji se ostvaruje kroz kumulativan doprinos onog dijela onečišćenja koji je uzrokovan proizvodnjom tih goriva. Stoga, razumijevanje stvarnih emisija iz pomorskog prometa zahtjeva analizu cjelokupnog ciklusa goriva od njegove ekstrakcije u obliku sirove nafte, pa sve do krajne uporabe prerađenog goriva na brodu jer svaka od faza prerade doprinosi ukupnom onečišćenju, a prije svega to se odnosi na onaj dio izgaranja goriva koji se koristi za dobivanje potrebne energije kako bi se sama prerada izvršila, te onaj dio koji se pri tom izgubi, a da nije korišten za izgaranje.

Smanjenje potrošnje goriva i posljedično emisije CO_2, može se postići kroz različite oblike optimizacije izvedbe samog broda, ali i poboljšanjem organizacijske strukture brodarskih kompanija, te usklađivanjem aktivnosti uzduž cjelokupnog pomorskog transportnog sustava. Najznačajniji učinak koji takvi oblici optimizacije proizvode, a ujedno je i motivirajući za sve sudionike pomorskog transporta jest u smanjenju troškova za utrošeno gorivo koje je jedna od najopterećujućih stavki u ukupnim troškovima transporta. Razmatrajući moguću primjenu novih tehnoloških rješenja, mogu se navesti i pokušaji primjena gorivih ćelija - za sada uglavnom na manjim plovilima ili uporaba snage vjetra kroz primjenu nekih oblika vjetroturbina ili kroz 'tradicionalnu' uporabu jedara, te korištenje sunčeve energije kroz uporabu za sada još uvijek prilično skupih solarnih panela. U svakom slučaju, svi ti pokušaji su još uvijek na demonstracijskoj razini i nisu ušli u širu primjenu, no istraživanjima u budućnosti to se može i promijeniti.

Politički instrumenti za dostizanje postavljenih ciljeva u svezi zaštite mora i morskog okoliša mogu se razvrstati u dvije skupine: na mjere zasnovane na *zahtjevima i nadzoru* postavljene kako bi se količinskim ograničavanjem postiglo smanjenje ispuštanja na izvorima onečišćenja odnosno postavili jedoznačni standardni zahtjevi za upravljanje s emisijama i *tržišno zasnovane mjere* koje koriste drugačiji pristup i usmjerene su k iskorištavnju tržišnih mehanizama i ekonomskih inicijativa kako bi se stimuliralo željeno ponašanje. Za pretpostaviti je da bi tržišno zasnovane mjere, ako bi bile dobro dizajnirane, u konačnici dale bolje rezultate od onih zasnovanih na postavljenim zahtjevima i nadzoru jer se ove potonje usmjerene ka smanjenju troškova, dok su tržišno zasnovane usmjerene i ka smanjenju troškova, ali i ka primjeni inovativnih rješenja.

Ukoliko zakonodavstvene odluke i propisi na kopnu budu rezultirali smanjenjem emisija iz izvora na kopnu, utjecaj pomorskog prometa na globalnoj razini biti će sve veći, poglavito uzimajući u obzir njegov kontinuirani porast.

Sva istraživanja koja su provedena na temelju prikupljanja podataka iz različitih dostupnih baza polaze od nekih osnovnih pretpostavki i procjena o karakteristikama brodova, gorivu koje koriste, načinu njihove plovidbe i njenom trajanju. Izračunati / izmjereni emisijski čimbenici zasnovani su na tipu korištenog goriva i predstavljaju konverzijsku vrijednost utrošenog goriva prema nastalim ispušnim plinovima zbog čega se utvrđuje i moguće odstupanje, te neizvjesnost statističkog izračuna. Na toj osnovi se kao glavni čimbenici koji utječu na emisiju ističu: vrsta energetskog postrojenja, vrsta goriva koje se koristi, veličina motora, njegovo godište proizvodnje i izlazna snaga.

Nakon stupanja na snagu Priloga VI Marpol 73/78 konvencije dolazi do postupnog uvođenja tehnoloških rješenja u svezi sprječavanja onečišćenja zraka iz brodskih energetskih postrojenja, a za očekivati je da će razvijene metode biti ugrađene kao standardna oprema brodskih motora, bez obzira na njihovu trenutno visoku cijenu, a metodologije procjene emisija morati će predvidjeti i uključiti odgovarajuće korekcije za svaki pojedinačni slučaj.

Za donošenje propisa, a potom i određivanje dopuštenih granica kako bi se smanjilo ukupno onečišćenje atmosfere, trebalo je procijeniti količine emisija iz brodskih energetskih postrojenja, a u tu svrhu postavljene su metodologije za procjenu emisija koje su definirale emisijske čimbenike, potom korištene za izračun u samoj procjeni. Prva koristi podatke o ukupno prodanom gorivu u kombinaciji s emisijskim čimbenicima koja bi bila vrlo pouzdana pri procjeni ukupne potrošnje goriva i odnosne emisije kada bi se moglo pouzdati u podatke iz izvješća o prodaji, dok je druga zasnovana na aktivnostima brodova gdje se procjena emisija izračunava uključujući sve moguće kategorije brodova i tipove njihovih energetskih postrojenja, te stoga ona iziskuje podatke o kretanju brodova i njihovim karakteristikama (tip i veličina broda, vrsta pogonskog stroja i godina proizvodnje, vrsta goriva), kao i podatke o potrošnji goriva i emisijskim čimbenicima.

Pristup procjeni na osnovi glavnih plovidbenih ruta ili prodanog goriva jest brži i zahtjeva manje resursa, te je stoga i jeftiniji, no on je i nepouzdan zbog korištenja statističkih baza podataka o prodanom gorivu koje u svijetu nisu jednoobrazne. Iako se čini da je stoga pristup koji polazi od karakteristika broda pouzdaniji, njegov osnovni nedostatak jest u gotovo nemogućoj primjeni na globalnoj razini zbog nejednakih ruta kojima brodovi plove.

Uočeni nedostatak studija s razrađenom primjenom metodologije rezultirao je primjerom na stvarnom brodu i eksplicitnim izračunom emisija za njegovo jedno putovanje koji je pokazao dobru podudarnost rezultata sa sličnim objavljenim istraživanjima, te pouzdanost primjene metodologije sa stvarnim mjerenjima na brodu. U prikazu je ukazano na različitost pristupa pri izračunu emisija u aktivnosti plovidbe, gdje je u postavljenom primjeru za izračun vremena provedenog u plovidbi umjesto omjera udaljenosti i brzine kretanja uzeto u obzir stvarno vrijeme trajanja plovidbe od iskrcaja pilota u polazišnoj luci do ukrcaja pilota u luci odredišta. Kao osnovni razlog tomu navedeno je, u pomorstvu sve prisutnije, optimiranje rute putovanja prema vremenskim prilikama i utjecaju morskih struja, koje se pokazalo kao vrlo učinkovito u uštedi goriva i sigurnosti plovidbe, a posredno i u smanjenju emisija iz brodskih energetskih postrojenja.

Zbog nedvojbeno utvrđenog utjecaja emisije štetnih plinova iz pomorskog prometa na čovjeka, okoliš i klimu, a s obzirom na zahtjeve nadopune globalnih procjena izradom točnijih skladišta emisija na lokalnim razinama potpuno je opravdano provesti istraživanje koje bi rezultiralo točnim podacima o onečišćenju atmosfere na razini hrvatskog dijela Jadrana. Karakteristike pomorskog prometa, sezonska promjena intenziteta posebno u putničkom i nautičkom prometu, te specifični meteorološki uvjeti nameću potrebu postavljanja prilagođenog i optimiziranog modela utvrđivanja takvog 'otiska' koji bi, za razliku od općeprihvaćenih globalnih modela, omogućio utvrđivanje 'otiska' uvažavajući navedene posebnosti i posljedično razultirao bazom točnijih i pouzdanijih podataka.

Regionalni i lokalni (nacionalni) inventari koji bi pokrivali priobalnu plovidbu i potom bili uključeni u globalne modele, posebno su vrijedni u područjima gdje je priobalna plovidba s relativno kratkim rutama intenzivna (npr. Jadransko more), a poglavito iz razloga što brodovi manji od 100 GT koji su karakteristični upravo kod takvih plovidbi u globalnim modelima uopće nisu unijeti u izračun.

Na nacionalnoj razini u Republici Hrvatskoj za postavljanje modela ostvareni su i određeni preduvjeti: postoje dostupna tehnološka rješenja mogućnosti nadzora (VTS, FMC, AIS), postoje odgovarajuće zakonske pretpostavke koje omogućuju uspostavu i primjenu nadzora nad onečišćenjem hrvatskog dijela Jadrana uslijed emisija ispušnih plinova uzrokovanih pomorskim prometom, te postoji uspostavljeni centar VTMIS koji može biti imenovan središnjim operativnima tijelom pri koordinaciji i prikupljanju podataka. Ipak, postoji i 'prostorna neusklađenost' između područja koji zahtijevaju provedbu konkretne aktivnosti i administrativno-teritorijalne raspodjele, te se kao pretpostavka provedbe integriranog upravljanja priobalnim područjem (u sklopu kojeg je predviđena i implementacija modela Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana predstavljena u ovom radu) nameće potreba za: institucijskim povezivanjem ministarstava na nacionalnoj razini, poboljšanjem razumijevanja i komunikacije između interesnih skupina i dionika, razvojem objedinjenih baza podataka i optimiziranjem vremena potrebnog za donošenje odluka.

Postavljanjem modela 'Registra emisija' na osnovi razvrstavanja pomorskog prometa u dvije razlikovne skupine, a s obzirom na utvrđene specifičnosti, te provedboom analize snaga, slabosti, mogućnosti i prijetnji moguće je zaključiti da je postavljeni model primjenjiv i uvažava specifične uvjete okruženja. Pretpostavljene snage i mogućnosti predstavljaju prednosti i donose korist kako sprječavanju onečišćenja tako i održivom

razvoju lokalne zajednice, a uočene slabosti i prijetnje moguće je premostiti kroz sustav IUPP-a uz političku i financijsku potporu, kako iz nacionalnih, tako i iz dostupnih međunarodnih fondova predviđenih za takve projekte.

Implementacija postavljenog modela 'Registra emisija' rezultirati će točnijim utvrđivanjem početnog stanja ('otiska') emisija iz pomorskog prometa na području hrvatskog dijela Jadrana, što će potom omogućiti, kako usporedbu s referentnim vrijednostima na globalnoj razini, tako i uvid u njegov omjer prema kopnenim izvorima, a s obzirom na ukupno onečišćenje. Upravo takvi podaci nužni su za prepoznavanje eventualne potrebe za uvođenjem mjera zaštite i postaju osnovom za prijedlog IMO-u u slučaju potrebe za proglašenjem Jadrana posebnim područjem prema Prilogu VI Marpol-a 73/78 – područje nadziranih emisija (ECA). Na osnovi takvih točnijih podatatka omogućiti će se i buduća istraživanja od kojih je u radu predložen koncept ASAP projekta. No, podaci o 'otisku' iz 'Registra emisija' imaju široku primjenu, te se mogu koristiti u različitim istraživanjima i u drugim znanstvenim područjima.

PRILOG 1

Upravljanje balastnim vodama

Međunarodna konvencija o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima (engl. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) prihvaćena je 13.2.2004. godine u Londonu. Njeno stupanje na snagu predviđeno je 12 mjeseci nakon što ju potpišu minimalno 30 država koje u svojoj floti sadrže 35 % BT-a ukupne pomorske trgovačke flote. Do travnja 2013. godine konvenciju je potpisalo 36 država s ukupno 29.06 % svjetske BT-e [158], [172].

Države potpisnice konvencije obvezuju se na poduzimanje učinkovitih mjera u svrhu prevencije, smanjenja i eliminacije prijenosa štetnih i patogenih vodenih organizama i mikroorganizama kroz nadzor i upravljanje brodskim balastnim vodama i talozima. Osim toga one se obvezuju da će u lukama u kojima se vrši pranje ili popravak balastnih tankova osigurati odgovarajuće prihvatne uređaje za njihov sadržaj, a ujedno će promicati i podržavati istraživanja u svezi daljnjeg unaprijeđenja tehnoloških i tehničkih rješenja [134], [158], [180].

Brodovi će morati posjedovati *svjedodžbu o sposobnosti* , *'Plan upravljanja balastnim vodama'* odobren od Vlasti države pod čijom zastavom plove i voditi *'Knjigu balasta'*, a nadzor će vršiti inspektori sigurnosti plovidbe pri nadležnom Ministarstvu. U slučaju sumnje u sadržaj balastnih voda brodu će se zabraniti slobodni iskrcaj balasta. No, pri tom se mora nastojati izbjeći ometanje njegovog komercijalnog poslovanja.

Posebni zahtjevi za upravljanje balastnim vodama sadržani su u Odluci B-3 Konvencije i sažeti u tablici 3. (*v. supra 2.3.2.*).

Izmjena balasta mora se izvršiti najmanje 200 nautičkih milja od najbliže obale i pri dubini od najmanje 200 m kada je to moguće, a prema uputama IMO-a. U slučaju da zadovoljenje tih uvjeta nije moguće, izmjenu treba izvesti što je moguće dalje, a najmanje 50 nautičkih milja od najbliže obale i pri dubinama od najmanje 200 m. Ako ni ti uvjeti ne mogu biti zadovoljeni, mora se odrediti područje na kojem će brodovi smjeti zamijeniti balast.

'Standard izmjene balasta' (engl. ballast water exchange standard) određuje nužnost zamjene s učinkovitošću od 95% ukupnog volumena, a ona se može postići trostrukom izmjenom sadržaja svakog tanka. Manji broj izmjena sadržaja tanka može se prihvatiti jedino ako brod može dokazati da je pri tom ostvarena učinkovitost od 95%.

'Standard učinkovite izvedbe' (engl. ballast water performance standard) nalaže da brodovi koji primjenjuju *sustav upravljanja balastom* smiju ispuštati:

- manje od 10 živućih organizama po kubičnom metru minimalne veličine ≥50 μm
- manje od 10 živućih organizama na 1 ml minimalne veličine ≥10 μm i <50 μm
- ispust *indikatorskih mikroba* (*Vibrio cholerae, Escherichia coli, Enterococci)* ne smije prijeći konvencijom dopuštene koncentracije.

Sustav upravljanja balastom odobrava se prema naputcima IMO-a. Naputci uključuju i sustave u kojima se koriste različiti kemijski proizvodi i biocidi, organizmi ili biološki mehanizmi ili one sustave u kojima se mijenjaju kemijske ili fizičke osobine balastnih voda. Brodovi koji su uključeni u program ispitivanja obećavajućih novih tehnologija za obradu balastnih voda imaju mogućnost odgode usklađenosti sa zahtjevima od pet godina.

PRILOG 2

Recikliranje dotrajalih brodova

U svibnju 2009. godine na sjednici u Hong Kongu prihvaćena je IMO konvencija o sigurnom i okolišno razboritom recikliranju brodova (engl. IMO Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships). Njome se osigurava da će brodovi nakon isteka svog životnog vijeka biti reciklirani na siguran i ekološki prihvatljiv način kako ne bi predstavljali opasnost ili rizik po ljudsko zdravlje i okoliš. Ona postavlja nove zahtjeve kako brodarima tako i onima kojima je recikliranje brodova osnovna djelatnost (npr. odlagališta/rezališta u Indiji, Pakistanu, Kini ili Bangladešu).

Konvencija je dostupna za potpis u sjedištu IMO-a, a stupiti će na snagu 24 mjeseca nakon što ju potpiše 15 država koje sadrže 40% BT-a ukupne svjetske trgovačke flote. Osim toga ukupni volumen recikliranih brodova tih država u zadnjih deset godina mora iznositi barem 3% BT-a njihove ukupne trgovačke flote [172].

U osnovi Konvencija zahtijeva da se uporaba onih materijala na brodovima koji su potencijalno opasni/rizični po ljudsko zdravlje ili okoliš smanji na najmanju moguću mjeru, odnosno da se oni kao takvi prepoznaju i količinski odrede u samoj fazi konstrukcije ili kroz operacijski ciklus broda. Prije samog rashodovanja vlasnik broda mora odabrati rezalište koje je u skladu s Konvencijom, te ažurirati popis opasnih tvari. Takav popis naziva se još i *'Zelena putovnica'* (engl. Green Passport). Dakle, ona predstavlja svojevrsnu inventurnu listu tvari sadržanih u brodskoj strukturi ili opremi koje su potencijalno opasne po ljudsko zdravlje ili okoliš. Za nove brodove ona se priprema u brodogradilištu još u fazi dizajniranja i konstrukcije prema deklaracijama o ugrađenom materijalu koje se sakupljaju od dobavljača kroz cjelokupni dobavni lanac od sirovine do konačnog proizvoda. Za postojeće brodove, priprema liste zahtijeva se od vlasnika broda, a izvodi se kroz pregled dostupne dokumentacije, vizualnu inspekciju ili analizu uzoraka izuzetih s broda. Vlasnik ju je dužan ažurno održavati kroz cijeli životni vijek broda. Potporu pri izradi takve liste u zadnje vrijeme nude razne kompanije (npr. Maersk), ali i Registri (Klasifikacijski zavodi, npr. BV) [167].

U listopadu 2009. godine, kao jasan znak potpore konvenciji, 'Industrijska radna grupa za recikliranje brodova' (engl. Industry Working Group on Ship Recycling), koordinirana 'Međunarodnom pomorskom komorom' (engl. International Chamber of Shipping – ICS) izdala je *'Vodič o prijelaznim mjerama za vlasnike koji prodaju brodove za recikliranje'* (engl. Guidelines on Transitional Measures for Shipowners Selling Ships for Recycling [178]). U njemu se naglašava odgovornost brodara za brod od njegove konstrukcije do rezališta i donose objašnjenja za određene aktivnosti koje se zahtijevaju i moraju biti odobrene od Vlasti države u kojima se rezališta nalaze. Posebno se to odnosi na pripremu i održavanje lista opasnih tvari u svrhu smanjenja rizika po sigurnost i zdravlje ljudi zaposlenih u takvim brodogradilištima, a brodare se nastoji 'nagovoriti' na prodaju brodova u ona rezališta koja su u skladu s IMO standardima. U tu svrhu neke organizacije poput BIMCO-a rade na izradi 'standardnog obrasca ugovora' o prodaji broda u rezalište (engl. RECYCLECON) čijom uporabom bi se eventualno moglo izbjeći uključivanje posrednika u prodaji [166].

Osim pripreme liste opasnih materijala ('zelene putovnice') brodovi će biti podvrgnuti provjerama:

- inicijalna provjera – početna inventurna provjera opasnih tvari
- dodatne provjere – periodične za vrijeme životnog vijeka broda
- završna provjera – prije samog recikliranja.

Brodogradilišta za recikliranje moraju osigurati 'Plan recikliranja broda' (engl. Ship Recycling Plan) kojim će specificirati način i postupke na koji će svaki brod biti recikliran u zavisnosti o njegovoj posebnosti i inventaru [171].

LITERATURA

1) Knjige

1. Alderton, P.M., *Reeds Sea Transport – operation and economics*, 5th ed., Adlard Coles nautical, London, 2004.
2. Baban, Lj. et al.: *Primjena metodologije znanstvenog istraživanja*, Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 1993.
3. Barnes, R. S. K., Huges, R. N., *An introduction to Marine Ecology* – second edition, Blackwell Science Ltd, Oxford UK, 1995.
4. Bićanić, Z., *Zaštita mora i morskog okoliša*, vlast. nakl., Split, 2004.
5. Biličić, M.: *Metodologija znanstvenoistraživačkog rada*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 1997.
6. Botkin, D., Keller, E., *Environmental Science – Earth as Living Planet*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995.
7. Čičin-Šain, B., and Knecht, R., *Integrated coastal and ocean management: concepts and practices*, Island Press., Washington D.C.1998.
8. Ćorić, D., *Onečišćenje mora s brodova – Međunarodna i nacionalna pravna regulativa*, Pravni fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.
9. Dorčić, I., *Osnove čišćenja uljnih zagađenja*, SKTH/Kemija u industriji, Zagreb 1987.
10. Dunleavy, P.: *Kako napisati disertaciju*, Fakultet političkih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2005.
11. Glavan, B., *Ekonomika morskog brodarstva*, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
12. Hogeschool van Amsterdam: *Training Record Book for maritime officer HBO*, Hogere Zeevaartschool Amsterdam, Amsterdam 2001.
13. IMO – *Guidelines for the Development of SOPEP*, London 1992.
14. IMO – *'MARPOL amendments – 2005 Edition*, London, 2005.
15. IMO – *'MARPOL' – Consolidated Edition, 2006*, London, 2006.
16. IMO – *'MARPOL' – Consolidated Edition, 2011*, London, 2011.
17. IMO – *'Revised Marpol Annex VI – Regulations for the prevention of air pollution from ships and NOx Technical Code 2008.'*, 2009. Edition, London, 2009.
18. IMO – *'SOLAS' – Consolidated Edition, 2004*, London, 2004.
19. Ivanović, Z.: *Metodologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, Hoteljerski fakultet u Opatiji, Opatija, 1996.
20. Kachel, M.J., *Particularly Sensitive Areas – The IMO's role in protecting Vulnerable Areas*, Hamburg studies on maritime affairs, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
21. Klepac, R., *Osnove ekologije*, Jugoslavenska medicinska naklada, Zagreb, 1979.
22. Klir, G.J., *Trends in General Systems Theory*, John Wiley& Sons Inc., New York, 1972.
23. Kovačić, M., Komadina, P., *Upravljanje obalnim područjem i održivi razvoj*, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2011.
24. Kuiken, K., *Diesel engines parts I and II*, Target Global Energy Training, Onnen, NL, 2008.
25. Lovelock, J., *Gaia: A new look at Life on the Earth,* Oxford University Press, USA; Rerpint edition (December 17, 1987).
26. Lovelock, J., *The revenge of Gaia*, Basic Books, New York, 2006.

27. Mannion, A.M., Bowlby, S.R., *Environmental Issues in the 1990s*, John Wiley & Sons, Baffins Lane, Chichester, England (reprinted) March 1995.
28. OECD – *Globalization, Transport and the Environment*, 2010. dostupno na: http://books.google.hr/books?id=UyB1CWnftQ4C&pg=PA183&lpg=PA183&dq=Improving+spatial+representation+of+global+ship+emissions+inventories&source=bl&ots=nx9GbIZkMe&sig=h_3TfyPyywgAeLQh7L9pyniC3-8&hl=hr&sa=X&ei=LLDRUPyCHoSL4ATEmoFw&ved=0CIMBEOgBMAk#v=onepage&q=Improving%20spatial%20representation%20of%20global%20ship%20emissions%20inventories&f=false
29. Plenković, J. i Plenković, M.: *Društvo, znanost i tehnologija*, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1998.
30. Rubinić, I., *Ekonomika brodarstva*, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 1976.
31. Silobrčić, V.: *Kako sastaviti, objaviti i ocijeniti znanstveno djelo*, Medicinska naklada, Zagreb, 1994.
32. Stopford, M., *Maritime economics – 3rd Edition*, Routledge, New York, 2009.
33. Šolić,M., Krstulović, N., *Ekologija morskog bakterioplanktona*, Institut za oceanografiju i ribarstvo - Split , Split, 2006.
34. Tireli, E. *'Goriva i njihova primjena na brodu'*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 2005.
35. Wilson, J.F., *Carriage of goods by sea – 5th Edition*, Pearson Longman, Harlow, England, 2004.
36. Zelenika, R.: *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, 4. izdanje, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.
37. Žugaj, M.: *Metodologija znanstvenoistraživačkog rada*, Fakultet organizacije i informatike, Varaždin, 1997.

2) Članci, referati, studije

38. ABS, *Use of Low-Sulphur Marine fuel for Main and Auxiliary Diesel Engines*, dostupno na: http://ecmeurope.net/wp-content/uploads/2010/01/ABS-LowSulphurNote_Engine.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
39. ABS, *Use of Low-Sulphur Marine Fuel for Boilers*, dostupno na: http://ecmeurope.net/wp-content/uploads/2010/01/ABS-LowSulphurNote_Boilers.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
40. American Petroleum Institute, *Technical Considerations of Fuel Switching Practices*, dostupno na: http://www.marinelog.com/PDF/API_TCOFP.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
41. Bahlke, *Implementation of Agenda 21 in European ports at the example of Lübeck*-Travemünde, 2004.
42. Bernečić, D., Radonja R., *Primjena selektivne katalitičke redukcije na dvotaktne sporookretne brodske dizelske motore*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/1 (2011), str. 15-28, Rijeka 2011.
43. Canapea, E., Georgieva, E., *Proc. Of the 1st Int. Conference on Harbours and Air Quality*, ISBN 88-89884-00-2, Genoa, Italy, Lipanj 15-17, 2005., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
44. Capalado, K., Corbett, J.J., Kasibhatla, P., Fishbeck, P.S., Pandis, S.N., *Effects of ship emissions on sulphur cycling and radiative climate forcing over the ocean*, Nature 400, str. 743-746, 1999., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.

45. CARB, Emissions Estimation Methodology for Ocean-Going Vessels, CARB, 2005.
46. Cengiz, D., Yalçin, D., *Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara*, Turkey, 2007, Science of the total environment 390 (2008) str. 255-261, 2008.
47. Cofala, J., Amann, M., Heyes, C., Klimont, Z., Posch, M., Schöpp, W., Tarasson, L., Jonson, J., Whall, C., Stavrakaki, A., *Final Report: Analysis of Policy Measures to Reduce Ship Emissions in the Context of the Revision of the National Emissions Ceilings Directive*, International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, Austria, str.74, 2007., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
48. Collins, W.J., Sanderson, M.G., Johnson, C.E., *Impact of increasing ship emissions on air quality and deposition over Europe by 2030.*, Meteorologische Zeitschrift 18 (1), str. 25-39, 2009., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
49. CONCAWE/ Entec UK Ltd., *Ship Emissions Inventory – Mediterranean Sea – Final Report*, London, 2007.
50. Cooper, D.A., *Exhaust emissions from high speed passenger ferries*, Atmospheric Environment 35 (2001) 4189–4200.
51. Cooper, D., *Representative emission factors for use in "Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community"*, *Final report* (ENV.C.1/ETU/2001/0090), IVL/Entec, Göteborg, 2002.;
52. Cooper, D. and Gustafsson, T., *Methodology for calculating emissions from ships. 1. Update of emission factors*, Report series SMED and SMED&SLU Nr 4, Norrköping, Sweden, 2004.
53. Corbett J.J., Fishbeck, P.S., *Emissions from ships*, Science 278 (5339), str. 823-824, 1997.
54. Corbett J.J., Fishbeck, P.S., *Diesel retrofit technology effectiveness*, Naval Engineer's Journal, Winter 2002 (in Bahlke, 2004).
55. Corbett, J.J., *Verification of ship emission estimates with monitoring measurments to improve inventory and modeling* - Final Report, CARB contract Nr. 01-328, 2004.
56. Corbett J.J., Fishbeck, P.S., Pandis, S.N., *Global nitrogen and sulphur inventories for ocean going ships*, Journal of Geophysical Research 104 (3), 1999., str. 3457-3470., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
57. Corbett, J.J., Koehler, H., *Updated emissions from ocean shipping*, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, No. D20, 4650, doi:10.1029/2003JD003751, 2003 ACH 9-1 – ACH 9-15, 2003.
58. Corbett, J.J., Wang, C., *Estimation, validation, and forecast of regional commercial marine vessel inventories*, Final Report Prepared for the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency and for the Commission for Environmental Cooperation of North America, 2007.
59. Corbett, J.J., Winebrake, J.J., Green, E.H., Kasibhatla, P., Eyring, V., Lauer, A., *Mortality from ship emissions: a global assessment*, Environmental Science & Technology 41 (24), str. 8512-8518. 2007.
60. Corbett, J.J., Winebrake, J.J., *Emissions tradeoffs among alternate marine fuels: total fuel cycle analyisis of residual oil, marine gas oil and marine diesel oil*, journal of the Air and Waste Management Association 58 (4), str. 538-542, 2008., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
61. Cuculic, A., Vucetic, D., Tomas, V., *High Voltage Shore Connection*, 53rd International Symposium ELMAR, Zadar, Croatia, September 2011.

62. Čičin-Šain, B., *Sustainable Development and Integrated Coastal Management. Ocean and Coastal Management*, Elsevier Ltd., Amsterdam, 1993., 21, 11-43.
63. Defra/Entec UK Ltd., *UK Ship Emissions Inventory – Final Report*, Atmosphere and Local Environment (ALE) Programme, Llondon,2010.
64. Denier van der Gon, H., Hulskotte, J., *Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands - A documentation of currently used emission factors and data on related activity*, Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, 2010.
65. Dentener, F., Kinne, S., Bond, T., Boucher, O., Cofala, J., Generoso, S., Ginoux, P., Gong, S., Hoelzemann, J.J., Ito, A., Marelli, L., Penner, J.E., Putaud, J.P., Textor, C., Schulz, M., van der Werf, G.R., Wilson, J., *Emissions of primary aerosol and precursor gases in the years 2000 and 1750, prescribed data-sets for AeroCom*, Atmospheric Chemistry and Physics 6, 2006., str. 4321-4344.
66. DNV, *Low sulphur fuels – Properties and associated challanges*, dostupno na: http://www.infomarine.gr/attachments/article/961/DNV%20Low%20Sulfur%20Recommendations.pdf, zadnji pristup, 28.10.2011.
67. Durkee, P.A., Chartier, R.E., Brown, A., Trehubenko, E.J., Rogerson, S.D., Skupniewicz, C., Nielsen, K.E., Platnick, S., King, M.D., *Composite ship track characteristics*, Journal of Atmosferic Science 57, str. 2542-2553, 2000., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
68. Durkee, P.A., Noone, K.J., Bluth, R.T., *The Monterey ship track experiment*, Journal of Atmosferic Science 57, str. 2523-2541, 2000., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
69. Durkee, P.A., Noone, K.J., Ferek, R.J., Johnson, D.W., Taylor, J.P., Garett, T.J., Hobbs, P.V., Hudson, J.G., Bretherton, C.S., Innis, G., Frick, G.M., Hoppel, W.A., O'Dowd, C.D., Russel, L.M., Gasparovic, R., Nielsen, K.E., Tessmer, S.A., Öström, E., Osbourne, S.R., Flagan, R.C., Seinfeld, J.H., Rand, H., *The impact ship-produced aerosols on the microstructure and albedo of warm marine stratocumulus clouds: a test of MAST hypothesis 1i and 1ii*, Journal of Atmosferic Science 57, str. 2554-2569, 2000., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
70. Eefting Engineering/ Oudman, H., *Presentation on technical challenges Marpol, Annex VI*, 2009.
71. EMEP/EEA, Trozzi, C. and De Lauretis, *Air pollutant emission inventory guidebook 2009 - Technical guidance to prepare national emission inventories*; EEA Technical report No. 9/2009, Copenhagen, 2009., updated 2011.
72. Endersen, Ø., Sørgård, E., Sundet, J.K., Dalsøren, S.B., Isaksen, I.S.A., Berglen, T.F., Gravir, G., *Emission from international sea transportation and environmental impact*, Journal of Geophisical Research 108, 4560, doi:10.1029/2002JD002898, 2003.
73. Entec UK Limited, *Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements between Ports in the European Community*, prepared for the European Commission, 2002.
74. Entec UK Limited, *Ship emissions, assignment, abatement and market-based instruments*, Task 2b – NOx Abatement, 2005.
75. Environment Australia, National Pollutant Inventory (NPI) reporting, *Emissions estimation technique manual: aggregated emissions from commercial ships/boats and recreational boats*, ISBN: 0642 648102, Canbera 1999.
76. Environment Canada, SENES Consultants Ltd. And Air Improvements Resource Inc., *Review of Methods Used in Calculating Marine Vessel Emission Inventories*, EC - Gatineau, Quebec, 2004.

77. EPA, Energy and Environmental Analysis Inc., *Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data*, EPA420-R-00-002, 2000.
78. EPA, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, *Volume 1: Stationary Point and AreaSources,* AP-42, Fifth Edition, 2007.
79. EPA, *Proposal to designate an Emission Control Area for nitrogen oxides, sulfur oxides and particulate matter*, technical support document Chapter 5, 2009.
80. EPA, ICF Consulting, *Current Methodologies and Best Practices in Preparing Port Emission Inventories* Final Report , EPA, 2006.
81. ERG / Jalkanen, J.-P., Brink, A., Kalli, J., Pettersson, H., Kukkonen, J. and Stipa, T., *A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 9, str. 15339–15373, 2009.
82. ERG / Perez, H., M., Chang, R. and Billings, R., *Automatic Identification Systems (AIS) Data Use in Marine Vessel Emission Estimation*, 2010. Dostupno na: http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei18/session6/perez.pdf , zadnji pristup 28.10. 2011.
83. ERG / Starcrest Consulting Group LLC, *Improvements to the Commercial Marine Vessel Emission Inventory in the Vicinity of Houston*, Texas, 2003.
84. ExxonMobil, *Low Sulfur Fuel: Impacts on the Marine Industry*, dostupno na: http://www.exxonmobil.com/lubes/exxonmobil/marine/files/LSF_Bulletin.pdf, zadnji pristup, 28.10.2011.
85. Eyring, V., Corbett, J.J., Lee, D.S., Winebrake, J.J., *Brief summary of the impact of ship emissions on atmospheric composition, climate, and human health*, Document submitted to the Health and Environment sub-group of the International Maritime Organization on 6 November 2007.
86. Eyring, V., Stevenson, D.S., Lauer, A., Dentener, F.J., Butler, T., Collins, W.J., Ellingsen, K., Gauss, M., Hauglustaine, D.A., Isaksen, I.S.A., Lawrence, M.G., Richter, A., Rodriguez, J.M., Sanderson, M., Strahan, S.E., Sudo, K., Szopa, S., van Noije, T.P.C., Wild, O., *Multi-model simulations of the impact of international shipping on atmospheric chemistry and climate in 2000 and 2030.,* Atmospheric Chemistry and Physics 7, str. 757-780, 2007. preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
87. Eyring, V., Isaksen, I.S.A., Berntsen, T., Collins, W.J., Corbett, J.J., Endersen, O., Grainger, R.G., Moldanova, J., Schlager, H., Stevenson, D.S., *Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping*, Atmospheric Environment 44, str. 4735-4771, 2010.
88. FaberMaunsell ltd., Wagner, K., Collins, G., *Detailed air quality modelling study – final report*, Isle of Wight Council, 2005.
89. Fairall, C.W., Helmig, D., Ganzeveld, L., Hare, J., *Water-side turbulence enhancement of ozone deposition to the ocean*, Atmospheric Chemistry and Phisics 7, str. 443-451, 2007., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
90. Forester, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R., *Changes in atmospheric constituents and radiative forcing*, iz: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds), Climate Change 2007.: the Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 2007., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.

91. Franke, K., Eyring, V., Sander, R., Hendricks, J., Lauer, A., Sausen, R., *Toward effective emissions of ships in global mode*ls**,** Meteorologische Zeitschrift, Vol. 17, No. 2, str. 117-129 , 2008.
92. Fritjof Nansen Institute (FNI), *Northern Sea Route Cargo Flows and Infrastructure – Present state and Future Potential*, FNI Report 13/2000. Fritjof Nansen Institute, Pbox 326, N-1326, Norway, ISBN 82-7613-400-9, 2000., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
93. Fuglestvedt, J.S., Shine, K.P., Bernsten, T., Cook, J., Lee, D.s., Stenke, A., Skeie, R.B., Velders, G.J.M., Waitz, I.A., *Transport impacts on atmosphere and climate: metrics*, Atmospheric Environment 44, 2010., str. 4648-4677.
94. Genesis Engineering and Levelton Engineering, *Non-Road diesel emission reduction study*, 2003.
95. Grigoriev, N.N., Nakonechny, M.M.: *Ship management philosophy to be reviewed*, IAMU – AGA 10, Saint Petersburg, September 19th – 21st, 2009, str. 86-90.
96. HSC, *CARB Low Sulphur Fuel Switching Regulation*, dostupno na: http://www.sfmx.org/support/hsc/archivedocs/2009/CARB%20Low%20Sulphur%20Fuel%20Switching%20Regulation%2009-06-2009%20letter.pdf, zadnji pristup, 28.10.2011.
97. IMO / Lavender, K.A., *Marine Exhaust Emissions Quantification Study – Mediterranean Sea*, EC Report Nr. 99/EE/7044, 1999.
98. IMO / MARINTEK, *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*, Final report, Issue no. 2 -31 March 2000., Trondheim, Norway, 2000.
99. IOR – Institut za oceanograiju i ribarstvo, *Nulto stanje mora* – studija, voditeljica: Ninčević Gladan, Ž., Split, 2011.
100. IPCC, *Climate change 2007.: impacts, adaptation and vulnerability*, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, iz: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007., str. 976., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
101. IVL / Cooper, D., *HCB, PCB, PCDD and PCDF emissions ships*, IVL Report B1620, 2004.
102. Jackson, K.R., *OGV Clean Fuel Regulation Investigation of Operational Issues Preliminary Findings*, California Maritime Academy, Vallejo, CA, 2011., dostupno: http://www.arb.ca.gov/ports/marinevess/documents/emissiontest/cma_technical_report.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
103. Komadina, P., Nekić, D., Ostović, Lj., *Doprinos Obalne straže u optimiziranju sustava za nadzor morskog ribarstva u Zaštićenom ekološko-ribolovnom pojasu*, „Naše more“ 59(5-6)/2012.
104. Kontovas, C.A., Psaraftis, H.N., *An Online Ship Emissions Calculator as a Decision-Making Aid and Policy Evaluation Tool*, 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2009, Istanbul, Turkey, 12-15 Oct. 2009.
105. Lauer, A., Eyring, V., Hendricks, J., Jöckel, P., Lohmann, U., *Effects of oceangoing shipping on aerosols and clouds*, Atmospheric Chemistry and Physics 7, 2007., str. 5061-5079., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
106. Lloyd's Register of Shipping, *Marine Exhaust Emissions Research Programme (1990.-1995.),* Lloyd’s Register Engineering Services, London, UK, 1995.
107. MAN B&W Diesel A/S, *Emission control, two-stroke low-speed diesel engines*, paper published by MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, December 1996.

108. MAN Diesel, *Operation on Low-Sulphur Fuels Two-Stroke Engines*, dostupno na: http://www.mandiesel.com/files/news/filesof5271/Operation%20on%20Low-Sulphur%20Fuels.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
109. MAN Diesel & Turbo, *Operation on Low-Sulphur Fuels, MAN B&W Two-stroke Engines*, dostupno na: http://mandieselturbo.com/files/news/filesof15012/5510-0075-00ppr_low.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
110. Marmer, E., Dentener, F., Aardenne, J., Cavalli, F., Vignati, E., Velchev, K., Hjorth, J., Boersma, F., Vinken, G., Mihalopoulos, N., Raes, F., *What can we learn about ship emission inventories from measurements of air pollutants over the Mediterranean Sea?*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 9, str. 7155–7211, 2009.
111. Marson, G., Hendren, J., Greer, A., Rideout, G., *Evaluation of a Marine Vessel Exhaust Emission Control System*, Environment Canada, Emissions Research and Measurement Division, ERMD Report # 2007-10, 2007.
112. McCollum, D., Gould, G., Greene, D., *Greenhouse Gas Emissions from Aviation and marine Transportation: Mitigation Potential and Policies*, Prepared for the Pew Center on Global Climate Change, 2009.
113. Mitsubishi Heavy Industries, *Development of selective catalitic reduction for low-speed marine diesel engines, super-clean marine diesel R&D project for IMO NOx Tier III Regulations*, Mitsubishi Heavy Industries Technical Review, 47 (2010), 3.
114. Mitu, D.E., Memet, F., *Methods of reducing emissions from two-stroke low-speed diesel engines*, Eftime Murgu Resita, 2, 2010.
115. NERI - Technical Report No. 655, Illerup, J.B., Nielsen, O.K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Fauser, P., Gyldenkærne, S., *Projection of SO2, NOX, NMVOC, NH3 and particle emissions - 2005 to 2030*, NERI - Aarhus University – Denmark, 2008.
116. NERI - Technical Report No. 776, Nielsen, O.K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Plejdrup, M.S., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., *Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE - Emission inventories from the base year of the protocols to year 2008*, NERI - Aarhus University – Denmark, 2010.
117. Ogay, S.A., Gamanov, V.F., *Contract-based seafarer training: ways of implementation,* IAMU – AGA 10, Saint Petersburg, September 19th – 21st, 2009, str. 91-98.
118. Olivier, J.G.J., Bloos, J.P.J., Berdowski, J.J.M., Visschedijk, A.J.H., Bouwman, A.F., *A 1990 global emission inventory of anthropogenic sources of carbon monoxide on 1x1 degree developed in the framework of EDGAR/GEIA*, Chemosphere: Global Change Science 1, str. 1-17., 1999.
119. Petzold, A., Weinzierl, B., Huntrieser, H., Sthol, A., Real, E., Cozic, J., Fiebig, M., Hendricks, J., Lauer, A., Law, K., Roiger, A., Schlager, H., Weingartner, E., *Experimental studies on particle emissions from cruising ship, their characteristic properties, transformation and atmospheric lifetime in the marine boundary layer*, Atmospheric Chemistry and Physics Discussion 7, 2007., str. 15105.-15154., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
120. Psaraftis, H. and Kontovas, C., *CO2 Emission Statistics for theWorld Commercial Fleet*, WMU Journal of Maritime Affairs, Vol. 8 (2009), No.1, 1.–25., 2009.
121. Radonja, R., Cuculić A., Valčić, M., *Uvod u ASAP projekt*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/2 (2011), str. 487-499, Rijeka 2011.

122. Radonja, R., Jugović, A., *Poslovna politika brodara u kontekstu razvoja ekološkog zakonodavstava*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 25/2 (2011), str. 319-341, Rijeka 2011.
123. Radonja, R., Koljatić, V., *Ekosustav mora kao funkcionalna cjelina*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 24/1 (2010),str. 3-18, Rijeka 2010.
124. Radonja, R., Koljatić, V., *Uporaba lakih i teških dizelskih goriva na primjeru dvaju brodova za rashlađeni teret*, Pomorstvo, Scientific Journal of Maritime Research, Vol. 24/1 (2010), str. 67-76, Rijeka 2010.
125. Schlager, H., Baumann, R., Lichtenstern, M., Petzold, A., *Aircraft-based Trace Gas Measurements in a Primary European Ship Corridor*, Proceedings of the TAC-Conference, June 26 to 29, 2006, Oxford, UK, 83-88.
126. Schrooten, L., De Vlieger, I., Panis, L.I., Chiffi, C., Pastori, E., *Emissions of maritime transport: A European reference system*, Science of the Total Environment 408 (2009) 318–323.
127. Sergin, M.S., Coakley Jr., J.A., Tahnk, W.R., *MODIS observations of ship tracks in summertime stratus of the west coast of the United States*, Journal of Atmospheric Sciences doi: 10.1175/2007JAS2308.1, 2007., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
128. Serreze, M.C., Holland, M.M., Stroeve, J., *Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover*, Science 315 (5818), str. 1533-1536., 2007., doi: 10.1126/science.1139426, preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
129. Shine, K.P., Berntsen, T.K., Fuglestvedt, J.S., Sausen, R., *Scientific issues in the design of metrics for inclusion of oxidesof nitrogen in global climate agreements*, Proceedings of the National Academy of Science USA 102, 2005., str. 15768.-15773., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
130. Shine, K.P., Berntsen, T.K., Fuglestvedt, J.S., Bieltvedt Skeie, R., Stuber, N., *Comparing the climate effect of emissions of short- and long-lived climate agents*, Philosophical Transactions of the Royal Society A 365, 2007., str. 1903.-1914., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
131. Sjödin, Å., Flodström, E., *Environmental Impact of Sea Transportation in the North Sea Region*, IVL - Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg, 2007.
132. Sonoma Technology, Inc., Reid, S.B., Sullivan, D.C., Penfold, B.M., *Preparation of emission inventories of toxic air contaminants for The Bay Area – Final Report2,* STI-906020.07-2771-FR2, Petaluma, CA, 2006.
133. Takahasaki, et al., *Method of denitration of exhaust gas and apparatus therefor*, Pat. no. US 7,842,266 B2, 2010.
134. Tamelander,J., Riddering, L., Haag, F., Matheickal, J., *Guidelines for Development of a National Ballast Water Management Strategy – GloBallast Monograph Series No. 18,* GEF-UNDP-IMO GloBallast Pertnership and IUCN, London, 2010.
135. Trozzi, C., Vaccaro, R., *Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport*, MEET Project – Contract N° ST-96-SC.204, 1998.
136. Trozzi, C., Vaccaro, R., *Methodologies for estimating future air pollutant emissins from ships* ,Techne report MEET RF98b, MEET Project – Contract N° ST-96-SC.204, 1998.
137. Trozzi, C. and Vaccaro, R., *Update of Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation*, Techne srl. and Aristotle University of Thessaloniki (AUTH),ETC.EF.09(2) DD - Ed.1 Rev.1 September 2010.

138. Vidas, D., *Particularly sensitive sea areas: the need for regional cooperation in the Adriatic Sea,* The Fridtjof Nansen Institute, Oslo, Norway, 2006., 333-370.
139. Wagtmann, M.A.,. Poulsen, R.T, *Recent developments and probable future scenarios concerning seafarer labour market*, IAMU – AGA 10, Saint Petersburg, September 19th – 21st, 2009, pg. 306-323.
140. Wahlström J., et al., *Ship emissions and technical emission reduction potential in the Northern Baltic Sea*, Report of the Finnish Environment Institute, 2006.
141. Wang, C., Corbett, J.J., Firestone, J., *Improving spatial representation of global ship emissions inventories*, Environmental Science & Technology, 2007., doi:10.1021/es0700799.
142. Wang, C., Corbett, J.J., Firestone, J., *Modeling energy use and emissions from north American shipping: application of ship traffic, energy and environment model*, Environmental Science & Technology 42 (1), str. 193-199, 2008.
143. Wartsila, *Considerations for using low-sulphur fuel*, dostupno na: http://www.ancomaritime.com/page5/page6/files/WARTSILA.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
144. Wartsila, *Low sulphur guidelines*, dostupno na: http://www.cleanairactionplan.org/civica/filebank/blobdload.asp?BlobID=2323, zadnji pristup 28.10.2011.
145. Wartsila, *Novel machinery concepts for Ro-Ro vessels*, Wartsila Marine News, 1-2003 in Genesis Engineering, 2003., str.10-14.
146. Wärtsilä - Schmid, H., *Marine engine Technologies for Reduced Emissions - Waste Heat Recovery*, Sulzer RT-Flex - Application Technology, 2005.
147. Wilske, A., *Examining Comercial Viability of Cold Ironing*, 2010; dostupno na: http://www.portgot.se/prod/hamnen/ghab/dalis2b.nsf/vyFilArkiv/Wilske_0911.pdf, zadnji pristup 28.11.2011.
148. Winebrake, J.J., Corbett, J.J., Meyer, P.E., *Energy use and emissions from marine vessels: a total fuel cycle approach*, Journal of Air and Waste Management 57, 2007., str. 102.-110., preuzeto iz Eyiring et al. 2010.
149. Zec, D., Komadina, P.,*“The Adriatic Sea – A Particularly Sensitive Area”*, Trasporti Europei, 3, 1996., str. 42-46.
150. Zelenika, R., Zanne, M., *Poslovna politika u funkciji povećanja konkurentnosti pomorskih brodara*, "Naše more" 55(3-4)2008., Sveučilište u Dubrovniku, 2008., str. 79-96.

3) Ostali izvori

151. Agencija za zaštitu okoliša, *Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj za razdoblje 1997 – 2005.*, (konačni nacrt), AZZO, 2007.
152. Argillon, *SCR at Motor ship marine propulsion conference*, 2003.
153. Bedeković, G., Salopek, B., *Zaštita zraka* (interna skripta), Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2010.
154. Bureau Veritas, *Rules for the Classification of Steel Ships,* Paris, 2006.
155. Charles, A.: *Izvori podataka u istraživanju i pisanju znanstvenih radova i disertacija*, Pomorstvo, godina 14., Split, 2000.
156. Čvarak, M., *Modeliranje i simulacija onečišćenja zraka nad širim riječkim područjem* – magistarski rad, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.
157. Daihatsu Diesel Engine, *DL-20 instruction book* (studija slučaja), 1987.

158. Designation of the Adriatic Sea as Particularly Sensitive Sea Area - Proposal, Submited by Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Italy, Montenegro and Slovenia – radna verzija, 2012.
159. *Doktorski studiji*, Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnologijski razvoj Republike Hrvatske, Zagreb, 2006.
160. European Union Commission, *Rcommendation of 8 May 2006 on the promotion of shore side electricity for use by ships at berth in Community ports*, Official Journal of the European Union L125, pp. 38-42, May 2006.
161. Hada Boiler, composite type vertical/ MKSC-20-1000/90 – završni plan 1987. (studija slučaja).
162. Hada Boiler, oil fired MVS-11, M-1438 – završni plan 1987. (studija slučaja).
163. Helsinki Commission, *Maritime group Economic incentives as a complement to existing regulations for improvement of the environmental performance of shipping*, 2006.
164. Hrvatski hidrografski inststut, *VTS područja – Prilog razmatranjima sa stanovišta pružanja informacija o hrvatskom VTS-u na službenim navigacijskim kartama i priručnicima – elaborat*, Republika Hrvatska, HHI, Split 2011.
165. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_05_63_2004.html ; zadnji pristup 8.4.2013.
166. http://www.bimco.org/Members/News/General_News/2010/06/17; zadnji pristup 18.6.2010.
167. http://www.bureauveritas.com/wps/wcm/connect/bv_com/group/home/news/latest-nws/bureau+veritas+helps+ship+owners+comply+with+the+new+recycling+requirements?presentationtemplate=bv_master/news_full_story_presentation, zadnji pristup 18.6.2010.
168. http://www.cectests.org/public/info_/g003/cec08_1882_p.pdf, zadniji pristup 21.11.2011.
169. http://www.dieselnet.com/standards/inter/imo.php, zadnji pristup 28.10.2011.
170. http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/Abatement%20technology.xls, zadnji pristup 28.102011.
171. http://www.imo.org - IMO and the environment – brochure, 2009.
172. http://www.imo.org/About/Conventions/StatusOfConventions/Documents/Summary%20of%20Status%20of%20Conventions.xls, zadnji pristup 10.5.2013.
173. http://www.imo.org/environment/mainframe.asp?topic_id=818, zadnji pristup 18.6.2010.
174. http://www.imo.org/environment/mainframe.asp?topic_id=1357, zadnji pristup 18.6.2010.
175. http://www.imo.org/environment/mainframe.asp?topic_id=1484, zadnji pristup 18.6.2010.
176. http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D10469/927.pdf, zadnji pristup 18.6.2010.
177. http://www.imo.org/Newsroom/mainframe.asp?topic_id=1773&doc_id=11368, zadnji pristup 18.6.2010.
178. http://www.marisec.org/recycling.html , zadnji pristup 18.6.2010.
179. http://www.maritimenewsblog.co.cc/shipping-news/the-demand-for-carbon-footprint-in-shipping-documentation, zadnji pristup 22.9.2010.
180. http://www.rempec.org, zadnji pristup 11.6.2010.
181. http://www.shipvaluations.co.uk – zadnji pristup 30.9.2009.

182. IMO doc. NAV 49/3/7 - Establishment of new recommended Traffic Separation Schemes and other new Routening Measures in the Adriatic Sea, submitted by Albania, Croatia, Italy, Slovenia and Serbia and Montenegro. IMO doc. NAV 49/3/7 of 27 March 2003.
183. IMO, Resolution A.927(22) - *Guidelines for designation of special areas under MARPOL 73/78 and guidelines for the identification and designation of particularly sensitive sea areas* – adopted 29th Nov. 2001.
184. ISEL, *Shipping Statistics and Market Review* – Volume 53, No. 11 - 2009., Institute of Shipping Economics and Logistics, Bremen 2009.
185. ISEL, *Shipping Statistics and Market Review* – Volume 54, No. 4 - 2010., Institute of Shipping Economics and Logistics, Bremen, 2010.
186. Izvedbeni nacrt cjevovoda goriva za oba predmetna broda, 1986./87. (studija slučaja).
187. Izvedbeni nacrt cjevovoda pare za oba predmetna broda, 1986./87. (studija slučaja).
188. Izvješća o analizi ukrcanog goriva (2009.) za oba predmetna broda (studija slučaja).
189. Kobe Diesel – *Mitsubishi UE Diesel Engines instruction book* (operation manual), 1987. (studija slučaja).
190. Koehler, A.: *SINOx® SCR System Training Argillon*, Germany, 2008.
191. Koljatić, V., *Model energetskog sustava broda s obzirom na kretanja i razvitak ekološke normizacije* – doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci – Odjel za pomorstvo, Rijeka 1999.
192. Konsberg Engine Room Simulator, ERS-L11 MAN B&W 5L50 MC-VLCC, Ver. MC90-IV Rel. 1.32.1.0004.
193. MAN B&W, *Meeting of licensees*, Augsburg, 2002.
194. Milković, M.: *Poslijediplomski doktorski studij "Pomorstvo" na Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci – autorizirana predavanja*, Rijeka, akademska 2009./2010.
195. Mitsui B&W, 5 L 50 MC-E - *operation and data manual*, 1986. (studija slučaja).
196. Nacionalna strategija zaštite okoliša, NN br. 46/02.
197. National Clean Diesel Campaign, 2005 Progress Report, dostupno na: http://www.epa.gov/cleandiesel/publications.htm, zadnji pristup 25.2.2011.
198. Podaci Društva o putovanjima izvršenim u 2009. g. za oba predmetna broda (studija slučaja).
199. Policy Research Corporation*: Tourist facilities in ports Growth opportunities for the European maritime Economy: economic and environmentally sustainable development of tourist facilities in ports*, 2009.
200. Pomorski zakonik Republike Hrvatske, NN br. 181/04, 76/07., 146/08.
201. Pravilnik o sustavu nadzora i praćenja ribarskih plovila, (NN 63/10)
202. Pravilnik o zaštiti morskog okoliša u ZERP-u RH, NN br. 47/08.
203. Sunflame, oil burning apparatus SSR-1 – završni plan 1986.(studija slučaja).
204. Sunflame, oil burning apparatus SSC-4 – završni plan 1987.(studija slučaja).
205. Telišman Prtenjak, M., *Numeričko simuliranje obalne cirkulacije zraka na sjevernom Jadranu* – doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2006.
206. The Nautical Institute project, Alert! Bulletins, Issues Nos.1-27, Loyd's Register, 2004., dostupno na: http://www.he-alert.org, zadnji pristup 8.12.2011.
207. Uredba o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora (NN 128/04)

208. USCG, *Marine safety alert 11-01*, *Fuel switching Safety,* U.S. Coast Guard District Eleven, Department of Homeland Security, July 11, 2011., dostupno na: http://www.arb.ca.gov/ports/marinevess/ogv/d11_marine_safety_alert_2011.pdf, zadnji pristup 28.10.2011.
209. Ustav Republike Hrvatske (pročišćeni tekst, NN 41/00)
210. Wartsila (G. Weisser), *Presentation at clean Ships Conference*, February 2007.
211. World Bunker Price Index; dostupno na: http://www.bunkerindex.com/prices/indices.php, November 2011.
212. Yanmar, 6 M 200 L-ET – *operation and data manual*, 1986. (studija slučaja).
213. Zakon o izmjenama i dopunama Pomorskog zakonika (NN 146/2008).
214. Zakon o morskom ribarstvu RH, (NN 56/10, 127/10, 55/11, 50/12).
215. Zakon o obalnoj straži RH, (NN 109/07)
216. Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (NN 158/03, 141/06)
217. Zakon o zaštiti okoliša RH, NN br. 110/07.
218. Zapisi rezultata provedenih testova (službeni: probni stol / radionička proba, probna vožnja) za predmetne brodove i njihove pogone 1986./87.(studija slučaja).

Popis tablica

Tablica	Naziv / izvor	Stranica
Tablica 1	*Kronologija uvođenja propisa o dopuštenom sadržaju sumpora u gorivima za brodove [24]*	**16**
Tablica 2	*MARPOL, Prilog VI - ograničenja sadržaja u ispušnim plinovima za NOx [169]*	**17**
Tablica 3	*Posebni zahtjevi za upravljanje balastnim vodama prema Odluci B-3 [134]*	**18**
Tablica 4	*Prikaz promjene cijene 'panamax' broda u zavisnosti o promjeni indeksa vozarina*	**22**
Tablica 5	*Značajne kemijske reakcije u morskom graničnom sloju atmosfere [87]*	**30**
Tablica 6	*Promjena vrijednosti eksponenta 'p' ovisno o stabilnosti atmosfere [153]*	**34**
Tablica 7	*Emisijski faktori Inženjerskog servisa Lloyd's Registra u g/kWh i kg/t goriva za dizelske motore(1995.) [73]*	**52**
Tablica 8	*Emisijski faktori Inženjerskog servisa Lloyd's Registra u kg/h (1995.) [73], [97],[191]*	**52**
Tablica 9	*Predloženi emisijski čimbenici pri plovidbi (kg/tgoriva) za detaljnu metodologiju [135]*	**53**
Tablica 10	*Predloženi emisijski čimbenici kod manovre (kg/tgoriva) za detaljnu metodologiju [135]*	**53**
Tablica 11	*Predloženi emisijski čimbenici za vrijeme boravka u luci (kg/tgoriva) za detaljnu metodologiju [135]*	**54**
Tablica 12	*Predloženi emisijski čimbenici za ukrcaj i iskrcaj tankera (kg/tgoriva) za detaljnu metodologiju [135]*	**54**
Tablica 13	*Predloženi emisijski čimbenici za brodske dizelski pogonjene električne generatore (kg/tgor.) [135]*	**54**
Tablica 14	*Prosječna potrošnja pri maksimalnoj snazi i jednadžbe linearne regresije potrošnje pri maksimalnoj snazi prema bruto tonaži broda [135]*	**55**
Tablica 15	*Frakcije maksimalne potrošnje goriva pri različitim načinima rada [135]*	**56**
Tablica 16	*Algoritmi emisijskih čimbenika brodskih motora i potrošnje goriva [77]*	**57**
Tablica 17	*Usporedba emisijskih čimbenika iz brodskih postrojenja (kg/tgoriva) i specifična potrošnja goriva (g/kWh) [73]*	**58**
Tablica 18	*Kategorije brodova i njihova prosječna servisna brzina [73]*	**59**
Tablica 19	*Pretpostavljeno vrijeme (h) lučkih aktivnosti na osnovi izvješća lučkih ureda [73]*	**60**
Tablica 20	*Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu tip motora / vrsta goriva za operaciju **plovidbe – galvni motori** [73]*	**61**
Tablica 21	*Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu na tip motora /vrstu goriva za operaciju **manovre i boravak u luci – galvni motori** [73]*	**61**
Tablica 22	*Emisijski čimbenici i spec. potrošnja goriva (g/kWh) u odnosu na tip motora / vrstu goriva **za pomoćne motore** (**sva tri načina rada**) [73]*	**62**
Tablica 23	*Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost **plovidbe** [73]*	**62**
Tablica 24	*Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost **boravka u luci** [73]*	**62**
Tablica 25	*Emisijski čimbenici prema kategoriji broda za aktivnost **manovre** [73]*	**63**
Tablica 26	*Prosječna brzina broda u zavisnosti o kategoriji (revidirani podaci 2005. godine) [49]*	**66**
Tablica 27	*Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh za **glavni motor u plovidbi** (2005.) [49]*	**67**
Tablica 28	*Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh za **glavni motor u manovri i u luci** (2005.) [49]*	**67**

Tablica 29 *Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh za **pomoćne motore u plovidbi, u manovri i u luci** (2005.) [49]* **67**
Tablica 30 *Sažetak iz različitih izvora za prosječne brzine broda (u čvorovima) [63]* **69**
Tablica 31 *Emisijski čimbenici za **glavni motor** (g/kWh) **u plovidbi** iz 2007. [63]* **70**
Tablica 32 *Emisijski čimbenici za **glavni motor** (g/kWh) u **manovri / boravku u luci** iz 2007. [63]* **70**
Tablica 33 *Emisijski čimbenici za **pomoćne motore** (g/kWh) **u plovidbi, manovri i boravku u luci** iz 2007. [63]* **70**
Tablica 34 *Red 1. – emisijski čimbenici za brodove koji koriste **ostatno gorivo** [137]* **72**
Tablica 35 *Red 1. – emisijski čimbenici za brodove koji koriste **MDO/MGO gorivo** [137]* **72**
Tablica 36 *Red 1. – emisijski čimbenici za 'brodove' koji koriste **benzinsko gorivo** [137]* **73**
Tablica 37 *Emisijski čimbenici za metodu 2. reda za NOx, NMVOC, PM i specifična potrošnja goriva za različite kombinacije tipa pogonskog stroja i korištenog goriva [137]* **74**
Tablica 38 *Procijenjena prosiječna instalirana snaga stroja (ukupna snaga za sve pogone) prema kategoriji broda [137]* **74**
Tablica 39 *Postotak instalirane snage pogonskog stroja prema klasi odnosa brzine okretanja i korištenog goriva (flota 2010.), [137]* **74**
Tablica 40 *Emisijski čimbenici za metodu reda 3. za različite kombinacije motora, goriva i aktivnosti (kg/tgoriva) [137]* **75**
Tablica 41 *Emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva za metodu reda 3. za različite kombinacije motora, goriva i aktivnosti (g/kWh) [137]* **76**
Tablica 42 *Instalirana snaga pogonskog stroja kao funkcija bruto tonaže (GT) [137]* **77**
Tablica 43 *Procijenjeni prosječni omjer između instalirane snage pomoćnih motora u zavisnosti o instaliranoj snazi glavnog pogona [137]* **78**
Tablica 44 *Pretpostavke za prosječnu brzinu plovidbe i prosječno vrijeme trajanja aktivnosti manovre i boravka u luci [137]* **78**
Tablica 45 *Procijenjeno opterećenje u %-ima maksimalne trajne snage (MCR) za glavni pogonski stroj i pomoćne motore pri različitim aktivnostima [137]* **78**
Tablica 46 *Procijenjene emisije glavnog motora u **tonama na dan** koristeći objavljene emisijske omjere i izmjerene (empirijske) emisijske omjere za a) m/v Sine Maersk [1]; b) m/v New Spirit [2] izmjereno indirektnom metodom u plovidbi pri cca 62% maksimalne brzine [55]* **80**
Tablica 47 *Podaci vlasnika broda o servisnoj brzini i potrošnji goriva [218]* **81**
Tablica 48 *Popis putovanja izvršenih u 2009. g. za Brod 1 (prema podacima vlasnika) [198]* **82**
Tablica 49 *Izdvojeni emisijski čimbenici i specifična potrošnja goriva u g/kWh iz Entec-ove studije (2007.) [73], za promatrani slučaj* **83**
Tablica 50 *Procijenjeno opterećenje prema Entec-ovoj studiji (2007.) [73], u %-ima maksimalne trajne snage (eng. Maximum Continuous Rating – MCR) za glavni pogonski stroj i pomoćne motore pri različitim aktivnostima, a za promatrani slučaj* **83**
Tablica 51 *Prijelazi između stanja* **105**
Tablica 52 *SWOT analiza modela Registra emisija ispušnih plinova iz pomorskog prometa za područje hrvatskog dijela Jadrana* **106**

Popis slika

Slika	Naziv	Stranica
Slika 1	*Dijagram tijeka – procedura za brodare*	**27**
Slika 2	*Aktivnosti i smjernice za prilagodbu brodara*	**28**
Slika 3	*UC – struktura modela*	**103**
Slika 4	*ST – struktura modela*	**105**
Slika 5	*Shematski dijagram projekta ASAP*	**117**
Slika 6	*Visokonaponski kopneni priključak*	**118**

Popis kratica

ABS - engl. American Bureau of Shipping – klasifikacijsko društvo
AIS - engl. Automatic Identification System – sustav automatske identifikacije
ASP - engl. Application Service Provider – pružatelj aplikacijskih usluga
BDI - engl. Baltic Exchange Dry Index – Baltički indeks vozarina na tržištu suhog tereta
BIMCO - engl. The Baltic and International Maritime Council – Baltičko i međunarodno pomorsko vijeće
BV - fran. Bureaue Veritas – klasifikacijsko društvo
BWM - engl. Ballast Water Management – upravljanje balastnim vodama
CARB - engl. Californian Air Resource Board – Kalifornijski odbor za zračni resurs
CSP - engl. Communication Service Provider – pružatelj komunikacijskih usluga
DEFRA - engl. Department for Environment, Food and Rural Affairs – UK odjel za okoliš, hranu i ruralne poslove
DNV - nor. Det Norske Veritas – klasifikacijsko društvo
ECA - engl. Emission Controlled Area – Područje nadziranih emisija
EEA - engl. European Environmental Agency – Europska agencija za okoliš
EIA - engl. Energy Information Administration – Energetska informacijska administracija
EIAPP - engl. Engine International Air Pollution Prevention Certificate – Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja zraka za motore
EMIS - engl. Emission Monitoring Information System – Informacijski sustav nadziranja emisija
EMSA - engl. European Maritime Safety Agency – Europska agencija za pomorsku sigurnost
EU - Europska unija
GPS - engl. Global Positioning System – Sustav globalnog pozicioniranja
HVSC - engl. High Voltage Shore Connection – visokonaponski kopneni priključak
IAPP - engl. International Air Pollution Prevention Certificate – Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja zraka (za brodove, nap.a.)
ICS - engl. International Chamber of Shipping – Međunarodna pomorska komora
IEA - engl. International Energy Agency – Međunarodna agencija za energiju
IMO - engl. International Maritime Organization – Međunarodna pomorska agencija
ISM - engl. International Safety Management Code – Međunarodni sustav sigurnog upravljanja
IUPP - integrirano upravljanje priobalnim područjem
LDG - lako dizelsko gorivo
LHOS - lako hlapljivi organski sastojci
Lloyd's - klasifikacijsko društvo
LMIU - engl. Lloyd's Marine Intelligence Unit – Lloyd-ova pomorska obavještajna jedinica
LNG - prirodni ukapljeni plin
LPG - naftni ukapljeni plin

LRIT	- engl. Long Range Identification and Tracking – dalekosežna identifikacija i praćenje (sustav, nap.a.)
MARPOL 73/78	- Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora
MCR	- engl. Maximum Continuous Rating – maksimalna trajna snaga (za motore, nap.a.)
MEP	- engl. Mediterranean Action Plan – Mediteranski akcijski plan
MEPC	- engl. Marine Environmental Protection Committee – Odbor za zaštitu okoliša
MOB	- engl. Mobile Off-shore Base – mobilna odobalna baza
NECA	- engl. Nitrogen Emission Controlled Area – područje nadziranih emisija dušika
NMLHOS	- ne metanski lako hlapljivi organski sastojci
NUTS	- fran. Nomenclature d'unités territoriles statistiques – statistička klasifikacija prostornih jedinica
PSSA	- engl. Particularly Sensitive Sea Area – posebno osjetljiva morska područja
RAINS	- engl. Regional Air Pollution Information and Simulation Model – regionalni informacijski i simulacijski model onečišćenja zraka
REMPEC	- engl. Regional Pollution Emergency Response Center for Mediteranean Sea – regionalni centar za žurne intervencije u slučaju iznenadnih onečišćenja Mediterana
SECA	- engl. Sulphur Emission Controlled Area - područje nadziranih emisija sumpora
SOLAS	- engl. Safety of Life at Sea Convention – Međunarodna konvencija o sigurnosti na moru
STCW	- engl. Standard of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers Convention – Međunarodna konvencija o standardima za izobrazbu, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca
SWOT	- engl. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats Analysis – Analiza snaga, slabosti, mogućnosti i prijetnji
TDG	- teško dizelsko gorivo
TEAMS	- engl. Total Energy and Emissions Analysis for Marine Systems Model – model ukupne energetske i emisijske analize za pomorske sustave
UN	- Ujedinjeni narodi
UNEP	- engl. United Nations Environmental Programme – Program Ujedinjenih naroda za okoliš
VTMIS	- engl. Vessel Traffic Monitoring and Information System – informacijski sustav nadziranja prometa brodova
VTS	- engl. Vessel Traffic Service – Služba prometa brodova
WHR	- engl. Waste Heat Recovery system – sustav iskorištavanja otpadne topline