

Model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja

Perić, Tina

Doctoral thesis / Disertacija

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:550163>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-06**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

Tina Perić

**MODEL VREDNOVANJA ONEČIŠĆENJA
JADRANSKOG MORA SANITARNIM
OTPADNIM VODAMA S BRODOVA ZA
KRUŽNA PUTOVANJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: dr. sc. Pavao Komadina

Rijeka, 2016.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF MARITIME STUDIES

Tina Perić

**EVALUATION MODEL OF SANITARY
WASTEWATER POLLUTION FROM
CRUISE SHIPS IN THE ADRIATIC SEA**

DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2016.

Mentor: dr. sc. Pavao Komadina, redoviti profesor

Doktorska disertacija obranjena je dana 9. studenog 2016. godine u Rijeci pred povjerenstvom u sastavu:

1. dr. sc. Igor Rudan, predsjednik Povjerenstva
2. dr. sc. Pavao Komadina, mentor i član Povjerenstva
3. dr. sc. Nikola Račić, član Povjerenstva

SAŽETAK

U doktorskoj disertaciji istraženi su i analizirani svi čimbenici koji imaju utjecaj na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru. Istražena su osnovna obilježja Jadranskog mora, pomorski promet i obilježja turizma u RH. Analiziran je kruzing turizam s aspekta trendova kretanja brodova za kružna putovanja kao i s aspekta održivog razvoja te je analizirano onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Istraženi su te detaljno analizirani i uspoređeni međunarodni i nacionalni pravni propisi vezani za sanitarne otpadne vode. Detaljno je analizirana raspoloživa tehnologija za obradu sanitarnih otpadnih voda i izvedbe sustava za pročišćavanje koji se koriste za obradu otpadnih voda na brodovima. Izvršeno je jednogodišnje istraživanje pri kojem je praćeno kretanje brodova za kružna putovanja kapaciteta preko 500 osoba u Jadranskom moru, njihove rute te vremena ulaska i izlaska iz Jadranskog mora i definiranih zona ograničenog ispuštanja sanitarnih otpadnih voda prema Prilogu IV MARPOL konvencije. Na temelju tog istraživanja razvijen je izvorni model kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru koji na temelju itinerara brodova u određenom vremenskom razdoblju daje vremena boravka tih brodova u četrnaest definiranih geografskih područja Jadranskog mora. Taj model daje temeljne ulazne parametre za razvijeni izvorni model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Model vrednovanja onečišćenja omogućava korisniku simulaciju onečišćenja Jadranskog mora prema geografskim područjima u različitim odabranim scenarijima. Oba razvijena modela objedinjena su u računalnom programu *Kruzeri* koji na temelju unesenih ulaznih parametara daje izlazne parametre – količinu i kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda na definiranim geografskim područjima. Program prepoznaje sustav za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda koji ima svaki brod u određenom odabranom vremenskom razdoblju i prosječni kapacitet broda, a korisniku je omogućen odabir brzine ispuštanja sanitarnih otpadnih voda, unos točnog kapaciteta svakog broda na svakom krstarenju i odabir modova rada u zonama plovidbe s obzirom na sustav instaliran na brodu. Rezultati razvijenih modela omogućili su identifikaciju kritičnih područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama, kao i smjernice za buduće zahtjeve za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja.

Ključne riječi: kruzing turizam, brodovi za kružna putovanja, sanitarne otpadne vode, onečišćenje mora s brodova

ABSTRACT

In this doctoral dissertation all the factors that have an impact on marine pollution of the Adriatic Sea by sanitary wastewater from cruise ships were explored and analyzed. Basic characteristics of the Adriatic Sea, maritime transport and characteristics of tourism in Croatia were explored. Cruising tourism in terms of trends in cruise traffic and in terms of sustainable development was analyzed as well as marine pollution by sanitary wastewater from cruise ships. International and national legislation related to the sanitary wastewater was analyzed and compared. A detailed analysis was made of available technology for sanitary wastewater treatment and performance of wastewater treatment systems that are used on cruise ships. A one-year survey was done in which the movement of cruise ships in the Adriatic Sea with capacity of over 500 people was followed as well as their routes and time of entry and exit from the Adriatic Sea and from MARPOL Annex IV areas of limited wastewater discharge. Based on that survey, an original model of the cruise traffic in the Adriatic Sea was developed, which, on basis of cruise ship itinerary in a certain period of time, gives us retention times of these ships in fourteen defined geographical areas of the Adriatic Sea. This model provides the basic input parameters for the original valuation model of marine pollution by wastewater from cruise ships. Valuation model of marine pollution by wastewater from cruise ship allows the user to simulate the pollution of the Adriatic Sea geographic areas in a variety of selected scenarios. Both developed models have been unified in a computer program *Kruzeri*. The program, based on the entered input parameters, gives us output parameters – quantity and quality of sanitary wastewater discharged to the defined geographic areas. The program recognizes what wastewater treatment system is on every ship in a certain selected time period and the average capacity of a ship and user can select the discharge speed of sanitary wastewater, enter the exact capacity of each ship on each cruise and select ship operation modes in each MARPOL Annex IV area of limited wastewater discharge. By changing operation modes of the ship in different scenarios, valuation model of marine pollution will enable simulation of various scenarios in order to obtain the desired or expected load values of wastewater from cruise ships on specified geographic areas which further enables the evaluation of the current legislation and the identification of critical areas considering marine pollution by sanitary wastewater from cruisers.

Keywords: cruising tourism, cruise ships, sanitary wastewater, marine pollution from ships

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	Problem i predmet istraživanja	1
1.2.	Znanstvena hipoteza istraživanja.....	2
1.3.	Svrha i ciljevi istraživanja	3
1.4.	Dosadašnja istraživanja	3
1.5.	Metodologija istraživanja	6
2.	JADRANSKO MORE	7
2.1.	Osnovna obilježja Jadranskog mora	7
2.1.1.	Geografija i morfologija.....	7
2.1.2.	Fizikalno–kemijske karakteristike.....	8
2.1.3.	Demografska obilježja.....	8
2.2.	Pomorski promet u Jadranskom moru	9
2.2.1.	Plovidbeni putovi	10
2.2.2.	Promet brodova u morskim lukama RH-a.....	11
2.3.	Jadransko more kao temelj turizma RH-a	12
2.3.1.	Turistička ponuda	13
2.3.2.	Prijetnje morskom okolišu	16
3.	KRUZING TURIZAM	18
3.1.	Analiza kretanja kruzing turizma	18
3.2.	Održivi razvoj kruzing turizma.....	20
3.2.1.	Socijalno-gospodarski utjecaj kruzing turizma	20
3.2.2.	Uticaj kruzing turizma na okoliš	21
3.2.3.	Lučka uprava Dubrovnik i održivi razvoj kruzing turizma.....	23
3.3.	Onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja	23
4.	MEĐUNARODNI I NACIONALNI PRAVNI PROPISI	28
4.1.	Prilog IV MARPOL konvencije – Pravila o sanitarnim otpadnim vodama	28
4.2.	Pravni propisi Sjedinjenih Američkih Država	35
4.3.	Pravni propisi Republike Hrvatske	38
4.4.	Usporedba propisa MARPOL konvencije Republike Hrvatske i SAD-a.....	41

5. TEHNOLOGIJA PROČIŠĆAVANJA SANITARNIH OTPADNIH VODA NA BRODOVIMA	42
5.1. Tehnološki procesi za obradu otpadnih voda na brodovima	42
5.1.1. Postupci prethodnog pročišćavanja	43
5.1.2. Postupci prvog stupnja pročišćavanja	44
5.1.3. Postupci drugog stupnja čišćenja	44
5.1.4. Postupci trećeg stupnja čišćenja	46
5.1.5. Obrada mulja	47
5.2. Izvedbe sustava za pročišćavanje sanitarnih voda na putničkim brodovima	47
5.2.1. Sustavi za obradu sanitarnih otpadnih voda	47
5.2.2. Suvremena postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda	49
6. MODEL VREDNOVANJA ONEČIŠĆENJA MORA SANITARNIM OTPADNIM VODAMA S BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA	54
6.1. Čimbenici količine ispuštenih sanitarnih otpadnih voda	54
6.2. Čimbenici kvalitete ispuštenih sanitarnih otpadnih voda	55
6.3. Model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja prema MARPOL konvenciji	56
7. MODEL KRETANJA BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA U JADRANSKOM MORU S OBZIROM NA PODRUČJA OGRANIČENOG ISPUŠTANJA SANITARNIH OTPADNIH VODA PREMA MARPOL KONVENCIJI.....	61
7.1. Kriteriji praćenja brodova za kružna putovanja u modelu	61
7.2. Rezultati jednogodišnjeg praćenja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru	63
7.3. Model kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru s obzirom na zone plovidbe	66
7.3.1. Udjeli boravka u zonama plovidbe brodova za kružna putovanja	68
7.3.2. Udjeli boravka brodova za kružna putovanja u geografskim područjima.....	70
7.3.3. Proračun vremena plovidbe u zonama plovidbe	82
7.4. Analiza dobivenih rezultata	82
8. PRIMJENA RAZVIJENIH MODELA NA PODRUČJE JADRANSKOG MORA	85
8.1. Testiranje modela kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru.....	85
8.2. Vrednovanje onečišćenja Jadranskog mora u promatranoj godini istraživanja	88
8.3. Identifikacija kritičnih područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.....	92
8.3.1. Područje Mljeta	93

8.3.2.	Područje Dubrovnik – Kotor	94
8.3.3.	Područje Lastova	94
8.4.	Primjer vrednovanja budućeg onečišćenja Jadranskog mora primjenom računalnog programa <i>Kruzeri</i>	95
8.4.1.	Opis računalnog programa <i>Kruzeri</i>	96
8.4.2.	Vrednovanje onečišćenja primjenom računalnog programa <i>Kruzeri</i>	101
9.	PRIJEDLOG SMJERNICA ZA BUDUĆE ZAHTJEVE ZA ISPUŠTANJE SANITARNIH OTPADNIH VODA S BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA	108
	Smjernica 1. Uvođenje sivih voda kao onečišćivača u Prilog IV MARPOL konvencije	108
	Smjernica 2. Obveza nadzora ispuštanja sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja.....	108
	Smjernica 3. Uvođenje dodatnog obrazovanja za časnike stroja na brodovima za kružna putovanja o postrojenjima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda.....	108
	Smjernica 4. Izmještanje ruta plovidbe na veću odaljenost od hrvatske obale.....	108
	Smjernica 5. Uvođenje zakonske regulative "najbolje raspoložive tehnologije" za teritorijalno more RH-a.....	109
10.	ZAKLJUČAK	110
	LITERATURA.....	113
	POPIS SLIKA	120
	POPIS TABLICA.....	122
	KRATICE I OZNAKE.....	123
	PRILOZI.....	124

1. UVOD

1.1. Problem i predmet istraživanja

Jadransko more ubraja se u mora zatvorenog tipa pa je zbog toga osobito ugroženo svim vrstama onečišćenja. Dosta se pažnje posvećivalo sprječavanju raznih vrsta onečišćenja Jadranskog mora s brodova; od onečišćenja uljem, problema unosa stranih vrsta brodskim balastom do zagađenja zraka ispušnim plinovima. Međutim, u znanstvenoj literaturi nedostaje informacija o onečišćenju Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova.

Proučena literatura i svjetska istraživanja dokazala su da sanitarne otpadne vode negativno utječu na morski okoliš. Taj problem posebno je izražen na velikim brodovima za kružna putovanja koji prevoze do 6300 putnika i još do 2100 članova posade. S obzirom na stalan trend povećanja prometa brodova za kružna putovanja na globalnoj razini, kao i povećanja samih brodova i njihovih kapaciteta, nastaje sve veća potreba za učinkovitom procjenom onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

Postojeći pravni propisi reguliraju granične kriterije prema području plovidbe za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda. Međutim, većina postojećih propisa odnosi se jednako prema brodovima trgovačke mornarice koji najčešće imaju do 30 osoba na brodu i brodovima za kružna putovanja gdje broj osoba na brodu može preći 8000.

Studije o onečišćenju mora s brodova za kružna putovanja u SAD-u provode se posljednjih 15 godina. Kao rezultat tih istraživanja, SAD su uvele nove propise za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda za brodove za kružna putovanja. Budući da su SAD okružene Tihim i Atlantskim oceanom te Karipskim i Beringovim morem, mnogostruko većih površina od Jadranskog mora, opravdano je zapitati se:

- Kolike se količine otpadnih voda generiraju na brodovima za kružna putovanja, a kolike i u kakvom stanju ispuštaju u Jadransko more?;
- Jesu li propisi o sanitarnim otpadnim vodama koje hrvatsko zakonodavstvo postavlja pred kruzing industriju dovoljni za zaštitu teritorijalnog mora Republike Hrvatske? te
- Postoje li određena kritična područja za koja treba dodatno postrožiti zahtijevanu kvalitetu ispuštenih otpadnih voda ili, pak, te zahtjeve treba postrožiti za cijelo teritorijalno more RH-a?

Znanstvenim problemom istraživanja drži se nedostatak načina vrednovanja onečišćenja nekog područja sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja koji bi omogućio vrednovanje trenutačnih pravnih propisa u cilju zaštite morskog okoliša.

Predmet istraživanja je sustavno i znanstveno utemeljeno istražiti, analizirati te razviti i predložiti model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja te razvijeni model primijeniti na područje Jadranskog mora. Predmet istraživanja može se sažeti u manji broj bitnih odrednica:

- istražiti obilježja Jadranskog mora i pomorski promet;
- analizirati kretanje kruzing turizma;
- istražiti i analizirati međunarodne i nacionalne propise vezane za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja;
- istražiti postojeće stanje u tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda na brodovima za kružna putovanja;
- determinirati čimbenike koji utječu na kvalitetu i količinu ispuštenih otpadnih voda;
- uspostaviti model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja;
- istražiti kretanje brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru u trajanju od godine dana i
- istražiti praktičnu primjenu modela na primjeru Jadranskog mora s posebnim osvrtom na teritorijalno more Republike Hrvatske.

1.2. Znanstvena hipoteza istraživanja

Očekuje se da će razvijeni model sa zadovoljavajućom točnošću odrediti količinu i kvalitetu ispuštenih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja u određenom području te na taj način doprinijeti vrednovanju onečišćenja mora, a samim time i pravnih propisa.

Na temelju izloženog problema i predmeta istraživanja postavlja se znanstvena hipoteza: **Primjenom predloženog modela moguće je doprinijeti vrednovanju onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja, a time i povećanju stupnja zaštite morskog okoliša.**

Iz tako postavljene radne hipoteze proizlaze pomoćne hipoteze:

PH 1: Turizam kao strateška grana gospodarstva RH-a temelji se na čistom moru.

PH 2: Jadransko more posebno je osjetljivo na sva onečišćenja s brodova.

PH 3: Sanitarne otpadne vode s brodova za kružna putovanja onečišćuju more.

PH4: Kompliciranost i sporost međunarodnog sustava donošenja pravnih normi kasni za potrebama zaštite okoliša.

PH 5: Postoje nesrazmjeri u kvaliteti ispuštene otpadne vode s obzirom na izbor sustava za pročišćavanje otpadnih voda, instaliranih na brodovima za kružna putovanja.

PH 6: Kretanje brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru odvija se predvidivim plovidbenim pravcima s obzirom na luke ticanja.

PH 7: Izradom modela vrednovanja onečišćenja moguće je dobiti kvalitetu i količinu ispuštenih otpadnih voda u Jadranskom moru te u pojedinim relevantnim područjima.

PH 8: Primjenom modela moguće je definirati kritična područja s obzirom na onečišćenje mora otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

PH 9: Uvođenjem novih pravnih propisa o ispuštanju otpadnih voda s brodova za kružna putovanja moguće je smanjiti onečišćenje Jadranskog mora bez ugrožavanja kruzing turizma u RH.

1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha istraživanja je znanstveno-istraživačkim metodama dokazati da se primjenom razvijenog modela vrednovanja onečišćenja sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja može doprinijeti identificiranju kritičnih područja s obzirom na takvu vrstu onečišćenja, a samim time i vrednovati trenutačne pravne propise u cilju zaštite okoliša.

Povezano s odabranim problemom i predmetom istraživanja postavljaju se ciljevi istraživanja ove doktorske disertacije:

- analizirati plovidbene pravce brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru, ukupno vrijeme boravka u Jadranskom moru te vrijeme boravka u zonama ograničenog ispuštanja prema MARPOL konvenciji u razdoblju od godine dana,
- razviti model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja,
- vrednovati onečišćenje teritorijalnog mora Republike Hrvatske primjenom razvijenog modela,
- identificirati kritična područja u Republici Hrvatskoj s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja,
- predložiti smjernice za buduće zahtjeve vezane za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja u cilju zaštite okoliša.

1.4. Dosadašnja istraživanja

Najopsežnije istraživanje o sanitarnim otpadnim vodama, njihovom sastavu i utjecaju na okoliš provele su Uprava za zaštitu okoliša SAD-a (engl. *Environmental Protection Agency*, EPA) i Odsjek za zaštitu okoliša Aljaske (engl. *Alaska Department of Environmental Conservation*, ADEC). Od 2000-te, kada je problem izašao na vidjelo peticijom odvjetničkog društva za zaštitu okoliša *Bluewater Network*, do danas, sustavno se istražuju i analiziraju otpadne vode, sustavi instalirani na kruzerima za obradu tih voda i implementiraju novi zahtjevi za kvalitetu otpadnih voda u zakone i propise. Rezultate svojih istraživanja objavili su u nekoliko izvješća: Izvješće o vrstama otpada i praksi gospodarenja otpadom na kruzerima (engl. *Cruise Ship White Paper*, 2000), Javne rasprave o kruzerima (engl. *Cruise Ship Public Hearings*, 2000), Nadzor praćenja raspršivanja ispuštenih otpadnih voda s kruzera u moru (engl. *Cruise Ship Plume Tracking Survey*, 2001), Procjena standarda za ispuštanje crnih i sivih otpadnih voda s kruzera na području Aljaske (engl. *Evaluation of Standards for Sewage and Greywater Discharges from Cruise Ships in Alaska*, 2000) i Izvješće o procjeni onečišćenja s kruzera (engl. *Cruise Ship Discharge Assessment Report*, 2008). Na temelju tih istraživanja objavljeno je nekoliko znanstvenih radova s najvažnijim rezultatima i zaključcima koji su dani u nastavku.

Prosječne generirane količine crnih voda iznose 79.500 l/dan/brod i 31,8 l/dan/osobi. Nije pronađena poveznica između količine generirane crne vode po putniku i kapaciteta putnika na brodu. Kapacitet zadržavanja crnih voda na brodu značajno varira od broda do broda i u

rasponu je 0,5-170 sati, s prosječnim kapacitetom zadržavanja od 62 sata [64]. Količina ispuštenih sivih voda na kruzerima procjenjuje se na 340.000 – 965.000 l/dan/brod [40]. Prosječna količina generiranih sivih voda iznosi 643.500 l/dan/brod i 253 l/dan/osobi [64]. Raspodjela izvora sivih voda je sljedeća: približno 52 % sivih voda dolazi iz putničkih prostora, 17 % iz praonica i 31 % iz kuhinja. Nije pronađena poveznica između količine generiranih sivih voda po putniku i kapaciteta putnika na brodu. Kapacitet zadržavanja sivih voda na brodu značajno varira od broda do broda i u rasponu je 5-90 sati, s prosječnim kapacitetom zadržavanja od 56 sati [76].

Disperzija i razvodnjavanje sanitarnih otpadnih voda važne su karakteristike otpadnih voda. Faktore razvodnjavanja sanitarnih otpadnih voda u moru objavljuju Charles D. McGee i Lincoln C. Loehr (2003.) u članku „*An Assessment of Fecal Coliform Bacteria in Cruise Ship Wastewater Discharge*“ analizirajući rezultate dobivene u istraživanju kvalitete ispuštene otpadne vode s kruzera u području Aljaske u 2000-oj godini. Razvijenim modelom razvodnjavanja dolaze do rezultata da pri brzini od 6 čv i maksimalnim protokom od 200 m³/h otpadna voda postiže faktor razvodnjavanja od 1:50.000 i prelazeći udaljenost od 1 M dodatno se razvodnjava u omjeru 1:100 [54].

Iste godine, Heinen i suradnici (2003.) objavljuju faktore razvodnjavanja u članku „*Dilution of wastewater discharges from moving cruise ships*“ dobivene tijekom EPA-nog nadzora 4 velika kruzera. Rezultati se odnose na brzine kretanja brodova između 9 i 17 čv i iznose od 1:260.000 do 1:580.000 [43].

Loehr i suradnici (2003.) u svom članku „*Using a simple dilution model to estimate wastewater contaminant concentrations behind moving passenger vessel*“ procjenjuju čimbenike razvodnjavanja sanitarnih otpadnih voda s kruzera u kretanju i predstavljaju formule razvodnjavanja do kojih je došlo samostalno Znanstveno savjetodavno povjerenstvo na temelju provedenih dviju teoretskih studija i šest terenskih istraživanja.

Prilog IV MARPOL Konvencije IMO-a regulira jedino ispuštanje crnih voda. Wei Chen, direktor za istraživanje i razvoj sustava otpadnih voda u Wäertsili u članku „*Addressing Grey Water Pollution from Ships*“ (2014.) smatra da postoje dva nedostatka Priloga IV: prvo, siva voda nije regulirana, a kao drugo - i jedinstveno - ne postoji zahtjev za praćenje ispuštanja otpadnih voda s brodova. Naglašava kako uz predstojeće ECA¹ promjene iz siječnja 2015., vezane za smanjenje razine SO_x na 0,1 %, ne čudi da je posljednji MEPC-ov 66-ti sastanak u Londonu bio usmjeren na teme kao što su dostupnost goriva, usklađenje i praćenje emisija. Međutim, koliko je važno što ide u zrak, za sve nas jednako je važno ono što ispuštamo u naše vode. Chen zaključuje kako se propisi o zaštiti okoliša trebaju provoditi kako bi bili učinkoviti, što je razlog trenutku da pomorska zajednica skrene pozornost na onečišćenje mora sivim otpadnim vodama s brodova [30].

¹ Područje kontroliranih emisija prema IMO-u (engl. *IMO Emission Control Area – ECA*) – 7. travnja 2014. implementirani su u MARPOL Prilog VI stroži zahtjevi emisije NO_x plinova s brodova unutar ECA. Dopune priloga prihvaćene su na 66. sjednici MEPC održanoj 4. travnja 2014. u Sjedištu IMO-a u Londonu.

Još jedan autor naglašava štetnost sivih voda. U članku pod imenom „*Grey Water – The Silent Killer*“, objavljenom u srpnju 2011., neovisni kemičar i toksikolog dr. John Hoskins iznio je zabrinutost i ustvrdio kako se sive vode često ispuštaju izravno u lukama, na sidrištima i u more, a manji dio se miješa s crnim vodama i obrađuje u postrojenjima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda na brodu, smatrajući da je time šteta pričinjena okolišu neprocjenjiva. Naglašava kako iz netretiranih sivih voda, često punih kemikalija toksičnih za morski okoliš, dolazi veliko onečišćenje, posebno u lukama i obalnom području, jer za razliku od crnih voda, sive vode sadrže brojne sastojke koji se na kraju neće razgraditi ili biodegradirati. Zaključuje da je legislativa za obvezno ispumpavanje sivih voda na kopno imperativ ukoliko se žele izbjeći eventualne okolišne katastrofe [63].

Saara Hänniken i Jukka Sassi (2009.) objavljuju izvještaj o rezultatima istraživanja utjecaja sanitarnih otpadnih voda na Baltičko more „*Estimated nutrient load from waste waters originating from ships in the Baltic Sea area – Updated 2009*“. Doprinos istraživanja je prepoznavanje nedovoljnih mjera zaštite zatvorenog i plitkog Baltičkog mora i prepoznavanje dodatnih čimbenika onečišćenja koji nisu uključeni u standarde Priloga IV MARPOL konvencije: fosfor i dušik. Kao rezultat ovog istraživanja, MARPOL je za područje Baltika postrožio zahtjeve Priloga IV [41].

U Hrvatskoj je razina svijesti o onečišćenju mora sanitarnim otpadnim vodama još uvijek na niskim razinama. U „*Studiji održivog razvoja kruzing turizma*“ Instituta za turizam RH-a iz 2009. onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama spominje se u općenitom smislu, navode se količine generiranog otpada na brodu po putniku po danu preuzete iz strane literature, spominje se da „noviji brodovi imaju, navodno, efikasne pročišćivače otpadnih voda“ te da je MARPOL-ov Prilog IV Sprječavanje onečišćenja sanitarnim otpadnim vodama s brodova stupio na snagu 2003. godine u RH. Daljnje analize nisu napravljene kao ni utjecaj otpadnih voda na teritorijalno more RH-a [46].

Drugo relevantno istraživanje proveo je Hrvoje Carić u svojoj doktorskoj disertaciji „*Model vrednovanja onečišćenja u funkciji upravljanja morskim okolišem – primjer cruising turizma*“. Carić je u svojoj disertaciji promatrao kruzing turizam s ekonomskog aspekta zaštite okoliša. Baveći se okolišnom ekonomijom, analizira negativne utjecaje kruzing turizma i definira direktne troškove onečišćenja (dalje: DTO). Tako onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama definira kroz cijenu troška dovodnje pitke vode i troška pročišćavanja otpadnih voda (€/l) u RH i EU. Za dobiti DTO cijenu množi s obujmom emitiranih otpadnih voda. Taj obujam Carić dobiva iz podataka Državnog zavoda za statistiku za 2009. godinu². Množenjem ukupnog broja gostiju s prosječnim brojem dana zadržavanja u RH dolazi do brojke od 1.662.000 gosta/dan u godini što pomnoženo s dnevnom prosječnom proizvodnjom sanitarnih otpadnih voda daje 631,56 milijuna litara otpadnih voda. Na taj način dolazi do DTO-a za sanitarne otpadne vode u Republici Hrvatskoj od 1,67 mil. eura i 5,64 mil. eura u Europskoj uniji [28].

² 989.272 kruzing gostiju ušlo je u RH; prosječno su se zadržavali 1,68 dana; dnevna prosječna proizvodnja sanitarnih otpadnih voda na cruiserima iznosi 380 l po cruiser putniku.

Žarko Koboević, Pavao Komadina i Željko Kurtela (2011.) u članku „*Protection of the seas from pollution by vessel's sewage with reference to legal regulations*“ daju pregled relevantne svjetske legislative koja se odnosi na ispuštanje fekalnih voda s brodova. Autori zaključuju da pravna regulativa koja postoji na međunarodnom nivou ne štiti dovoljno dobro osjetljiva morska područja i stoga je posebno važno mijenjanje postojeće zakonske regulative i donošenje novih propisa za takva područja kako bi se efikasnije štitilo more od sve većeg zagađenja fekalnim otpadnim vodama s plovila i tako spriječio negativan utjecaj na morske organizme, zdravlje ljudi i gospodarstvo [49].

Hrvoje Carić i Peter Mackelworth (2014.) u članku „*Cruise tourism environmental impacts – The perspective from the Adriatic Sea*“ analiziraju onečišćenje Jadranskog mora brodovima za kružna putovanja i zaključuju da ekološka šteta premašuje ekonomske dobitke te rješenje vide u održivom razvoju kruzing turizma kroz mogućnost zaštite Jadranskog mora kao posebno osjetljivog područja mora (PSSA). S obzirom na velike količine ispuštenih sanitarnih otpadnih voda u plitkom i zatvorenom Jadranu, naglašavaju da postoji značajan potencijal za štetu lokalnom morskom okolišu [26].

Još jedno važno istraživanje proveo je Žarko Koboević (2015.) u svojoj doktorskoj disertaciji „*Model onečišćenja mora crnim otpadnim vodama s plovila*“. Koboević u svojoj disertaciji promatra onečišćenje mora sa sljedećih vrsta plovila: jahte, ribarski brodovi, teretni brodovi, manji putnički brodovi u nacionalnoj plovidbi i putnički brodovi za kružna putovanja. Istraživanje je izvršeno tako da je na osam različitih lokacija u dubrovačkom akvatoriju tijekom četrnaest mjeseci uzorkovano more kako bi se ustvrdilo prisutstvo fekalnih koliformnih bakterija. Istovremeno je evidentiran broj i vrsta prisutnih plovila na lokaciji uzorkovanja. Koboević na temelju rezultata svojih istraživanja zaključuje da ne postoji povezanost brodova za kružna putovanja s bakterijama na lokacijama uzorkovanja gdje oni borave te da onečišćenje dolazi s manjih plovila [47]. Budući da su lokacije uzorkovanja u neposrednoj blizini kopna, odnosno u luci, lučici ili sidrištu logično je da će rezultati istraživanja biti upravo ovakvi. Brodovi za kružna putovanja ne smiju zakonski na tim mjestima ispuštati sanitarne otpadne vode, a i oni koji smiju (s naprednim sustavima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda) imaju praksu neispuštanja u lukama i na sidrištima [47]. Iako se s dr. sc. Žarkom Koboevićem slažem, smatram da pravi problem onečišćenja nastupa tek kad brodovi izađu iz zone 3 M udaljenosti od najbližeg kopna.

1.5. Metodologija istraživanja

Postavljeni problem s definiranim ciljevima istraživanja potrebno je sagledati interdisciplinarno zbog interaktivne veze prirodnih, tehničkih i društvenih znanosti koje uključuju pomorski promet, međunarodno i pomorsko pravo, ekologiju i primijenjenu matematiku. U znanstvenom istraživanju, formuliranju i prezentiranju rezultata istraživanja u doktorskoj disertaciji koristit će se odgovarajuće kombinacije brojnih znanstvenih metoda od kojih su najvažnije: metoda kompilacije, metoda analize i sinteze, induktivna i deduktivna metoda, metoda apstrakcije i konkretizacije, deskriptivne statističke metode, metoda komparacije i metoda matematičkog i računalnog modeliranja.

2. JADRANSKO MORE

2.1. Osnovna obilježja Jadranskog mora

2.1.1. Geografija i morfologija

Jadransko more plitki je, prostrani zaljev i najsjeverniji dio Sredozemnog mora, a u sadašnjem obliku i veličini nastalo je početkom kvartara. Poluzatvoreno i duboko usječeno u europski kontinent Jadransko more geografski pripada istočnom Mediteranu s kojim je povezano 72 km širokim i maksimalno 780 metara dubokim Otrantskim vratima. Dužina Jadrana po sredini, između najudaljenijih točaka, iznosi 870 km, dok je prosječna širina 159,3 km (maksimalna izmjerena širina iznosi 216,7 km). Površina je, zajedno s otocima, 138.595 km² (bez otoka 135.418 km²) što iznosi 5,5 % Sredozemnog mora dok volumen Jadranskog bazena iznosi 34.977 km³ [5].

Omeđeno Balkanskim i Apeninskim poluotokom te duboko uvučeno u europsko kopno Jadransko more ima ukupnu duljinu obale od 7.911 km (kopnena obala 3.737 km, a otočna 4.174 km; od toga Republici Hrvatskoj pripada približno 74 %, odnosno 1.777 km kopnene i 4.058 km otočne obale [51].

Jadransko more dijeli se u tri geografske cjeline: sjeverni, srednji i južni. Južni dio uključuje Južnojadransku kotlinu od Otrantskih vrata do Palagruškog praga i zauzima oko 41 % ukupne površine Jadrana. Srednji dio prostire se između granice južnog dijela i spojnice Ancona - Karlobag i uključuje Jabučku kotlinu, a sjeverni dio obuhvaća plitki sjeverni Jadran [5].

Sa srednjom dubinom od 252 metra Jadran spada u plitka mora. Dubina se od južnog prema sjevernom Jadranu postupno smanjuje dok sjeverno od Jabučke kotline nigdje ne prelazi 100 m, slika 1. Najveća dubina srednjeg Jadrana izmjerena je u Jabučkoj kotlini i iznosi 273 m dok je najveća dubina Jadrana, općenito, izmjerena u Južnojadranskoj kotlini i iznosi 1.233 m [5].



Slika 1. Batimetrijska karta Jadranskog mora [62]

2.1.2. Fizikalno–kemijske karakteristike

Jadransko more odlikuje se visokom slanoćom koja opada od juga prema sjeveru, a u površinskom sloju iznosi prosječno 38,30 ‰. To je nešto manje od slanosti površinskog sloja u istočnom Sredozemlju (39 ‰), a nešto više od slanosti u zapadnom Sredozemnom moru (38 ‰) [5].

Jadran je umjereno toplo more u čijim najvećim dubinama temperatura ne pada ispod 10 do 12 °C. Ekstremi jadranske površinske temperature mora obuhvaćaju široki raspon, od 3 do 29 °C. Ljeti se na otvorenom Jadranu termoklina³ razvija na dubini od oko 10 do 30 m. Površinska temperatura tada varira između 22 i 25 °C, u zoni termokline ona u svega nekoliko metara brzo opada, a pri dnu u Jabučkoj kotlini (273 m) padne na 11,5 °C, odnosno u Južnojadranskoj kotlini na 12,7 °C.

S obzirom na gibanje vodenih masa, Jadransko more dijelimo na tri vodoravna sloja: površinski, intermedijarni i pridneni, koji imaju nezavisan sustav strujanja, iako donekle utječu jedan na drugi. Površinski sloj seže do približno 40 m, srednji se prostire do 400 – 500 m dok se pridneni nalazi između intermedijarnog sloja i dna te u dubokom južnom Jadranu obuhvaća najveći dio bazena. Strujanje vodenih masa u površinskom sloju Jadranskog mora u osnovi je ciklonalno, odnosno voda struji u bazenu suprotno kretanju kazaljke sata. To znači da vodene mase ulaze iz istočnog Mediterana uz istočnu, a izlaze uz zapadnu obalu Jadrana. Od tog osnovnog smjera odvaja se više transverzalnih ogranka u horizontalnom smjeru, što je posljedica velikih sezonskih razlika u temperaturi i salinitetu, odnosno gustoći morske vode. U intermedijarnom sloju prevladava ulazno strujanje tijekom cijele godine dok u pridnenom sloju prevladava izlazno strujanje kao kompenzacija ulaženju vode u dva gornja sloja [6]. Prosječno vrijeme potrebno za izmjenu cjelokupne jadranske vode iznosi 3,4 (+/- 0,4) godine [39].

2.1.3. Demografska obilježja

Na obalama Jadranskog mora živi približno 3,5 milijuna stanovnika od čega više od 50 % populacije boravi na talijanskoj obali u 6 priobalnih gradova (Trst, Venecija, Ravena, Rimini, Ancona i Bari).

Na hrvatskoj obali na području 131 jedinice lokalne samouprave obalnog područja,⁴ po posljednjem popisu iz 2011. godine, živi 1.080.539 stanovnika, odnosno 25,2 % stanovništva Hrvatske te 76,53 % ukupnog stanovništva obalnih županija [80]. Važno je pokazati i izdvojiti broj stalnih stanovnika koji žive na otocima obalnog područja, kao specifičnog i posebno osjetljivog područja. Stanovništvo obalnog područja živi na 47 naseljenih otoka i otočnih

³ Termoklina je sloj u jezerima, morima ili oceanima u kojem se temperatura naglo mijenja s dubinom. Najčešće odjeljuje površinski sloj više temperature od dubljih slojeva niže temperature.

⁴ Sukladno preporuci Protokola IOUP-a, Nacrtu uredbe o Strategiji upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem te određenju obalnog područja u Zakonu o prostornom uređenju, zemljopisni obuhvat obalnog područja uključuje područje određeno vanjskom granicom teritorijalnog mora Republike Hrvatske dok granicu obalnog područja u smjeru kopna čini granica obalnih jedinica lokalne samouprave i jedinica lokalne samouprave čiji dio teritorija zahvaća kopneni dio zaštićenog obalnog područja od 1000 m. Površina obalnog područja RH iznosi 10.988 km² što je 19,4 % površine RH-a.

skupina i poluotoku Pelješcu. Od ukupnog broja stanovnika obalnog područja, na obali je 949.160 stanovnika ili 87,8 % dok je na otocima 131.379 ili 12,1 %. Raspodjela stanovništva po županijama prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Raspodjela obalnog stanovništva po županijama [80]

županija	stanovništvo		
	obala	otoci	ukupno
Istarska županija	166.764	0	166.764
Primorsko-goranska županija	179.231	39.706	218.937
Ličko-senjska županija	8.099	3.663	11.762
Zadarska županija	130.757	20.862	151.619
Šibeniko-kninska županija	70.340	4.776	75.116
Splitsko-dalmatinska županija	317.719	36.338	354.057
Dubrovačko-neretvanska županija	76.250	26.034	102.284
UKUPNO	949.160	131.379	1.080.539

2.2. Pomorski promet u Jadranskom moru

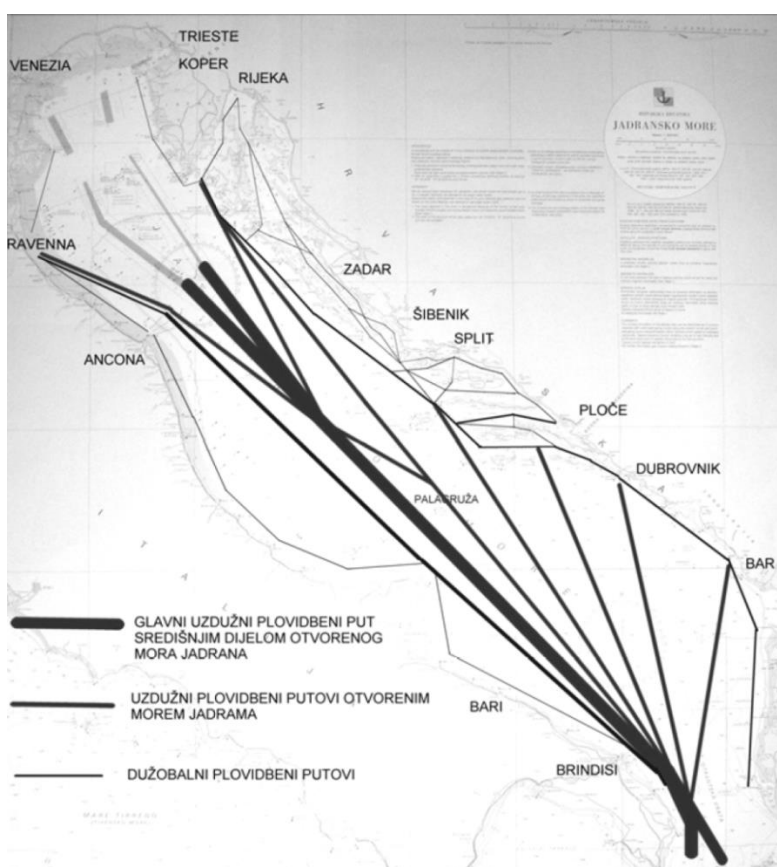
Italija kao gospodarski najrazvijenija zemlja jadranskog bazena ima najveći udio u pomorskom prometu regije. Njezine luke zaprimaju oko 75 % ukupnog broskog tereta u Jadranskom moru. Najveći promet robe i brodova na Jadranu ostvaruju luke smještene na njegovu krajnjem sjeverozapadnom dijelu [35]. U to područje mogu se pribrojiti sljedeće veće talijanske luke: Trieste, Monfalcone, Porto Nogaro, Venezia, Chioggia te slovenska luka Koper. Na granici sjeverozapadnog dijela Jadrana nalaze se i Ravenna (na sjevernom dijelu zapadne obale) i Rijeka (na sjevernom dijelu istočne obale). Na zapadnoj obali Jadranskog mora veće su luke: Ancona, Bari i Brindisi. Ostale manje luke na zapadnoj obali Jadrana su: Pesaro, Pescara, Ortona, Vasto, Manfredonia, Barletta, Molfeta, Monopoli i Otranto. Od važnijih hrvatskih luka mogu se osim Rijeke izdvojiti: Pula, Raša, Zadar, Šibenik, Split, Ploče i Dubrovnik. Na crnogorskoj obali veće su luke Bar i Kotor, a na albanskoj Durres, Shengjin i Vlore [51].

Najveća luka na Jadranu po količini robnoga prometa je Trst. Ta je luka ostvarila u 2004. godini robni promet od oko 47 mil. tona (od toga 42 mil. tona uvoza) dok je broj brodova u dolasku bio 2.393. Po količini robnog prometa slijedi Venecija (u 2004. godini prekrano je oko 30 mil. tona robe, a broj brodova u dolasku iznosio je 4.883) te Ravenna (u 2004. godini prekrano je oko 25 mil. tona robe, a brodova u dolasku bilo je 4.172). Od luka srednjeg i južnog dijela zapadne obale Jadrana ističu se Bari (u 2004. god. promet robe iznosio je 3,8 mil. tona) i Brindisi (u 2003. god. robni promet iznosio je 10,8 mil. tona). Najveća hrvatska luka, Rijeka (uključujući Bakar i Omišalj) ima promet robe od oko 12 mil. tona dok je slovenska luka Koper u 2004. god. imala promet robe od 12,4 mil. tona [51].

2.2.1. Plovidbeni putovi

Glavni pomorski pravci kroz Jadransko more mogu se okarakterizirati kao pravci srednjeg intenziteta [36]. Plovidbeni putovi⁵ na Jadranu izravno su u vezi s položajem luka, ali i obilježjima morskoga akvatorija između tih luka, koji može i ne mora biti plovni za brodove određenih dimenzija. Karakteristike Jadranskog mora kao plovnog puta omogućuju formiranje više različitih plovidbenih putova, posebno na glavnom uzdužnom plovidbenom smjeru [51].

Kako najveći robni promet ostvaruju sjevernojadranske luke s lukama izvan Jadranskog mora, može se zaključiti da je plovidbeni smjer koji povezuje te luke s Otrantskim vratima glavni uzdužni plovidbeni smjer na Jadranu. Na tom plovidbenom smjeru može se formirati više uzdužnih plovidbenih putova (oni koji se protežu središnjim dijelom Jadrana ili oni bliže obali). S obzirom na to da je istočna jadranska obala razvedenija od zapadne, to je i veći izbor plovidbenih putova uzduž nje. Svi uzdužni plovidbeni putovi prikazani su na slici 2 [51].



Slika 2. Glavni uzdužni plovidbeni putevi u Jadranu [51]

Glavni uzdužni plovidbeni put, definiran kriterijem najkraće udaljenosti, proteže se sredinom Jadrana u smjeru sjeverozapad - jugoistok. S obzirom na to da je na sjevernom Jadranu (od spojnice Ancona - otok Susak) uspostavljen sustav usmjerivanja plovidbe sa sustavima

⁵ Plovidbeni se put može definirati kao pojas mora u kojemu se normalno odvija pomorski promet između luka, dakle to je kompromisno rješenje najkraćega i najsigurnijeg puta u jednom plovidbenom smjeru koji povezuje luke, mora, prolaze, rtove i druge točke na moru ili obali.

odijeljenog prometa, može se reći da je glavni uzdužni plovidbeni put onaj koji spaja Otrantska vrata sa sustavima odijeljenog prometa u sjevernom Jadranu [51].

Uz glavni središnji plovidbeni put otvorenim morem Jadrana postoje i ovi uzdužni plovidbeni putovi [51]:

- plovidbeni putovi uzduž zapadne obale,
- plovidbeni putovi uzduž istočne obale i izvan vanjskog niza otoka (vanjskim rubom),
- plovidbeni putovi uzduž istočne obale i unutarnjim rubom vanjskog niza otoka.

Glavni poprečni plovidbeni putovi na Jadranu nalaze se između većih luka na istočnoj obali (Rijeka, Zadar, Šibenik, Split, Ploče, Dubrovnik, Bar, Durrës) i luka na zapadnoj obali Jadrana (Ravenna, Ancona, Pescara, Bari, Brindisi). Poprečni plovidbeni putovi na Jadranu u načelu se formiraju po kriteriju najkraće udaljenosti, ako hidrometeorološki uvjeti to dopuštaju (prije svega vjetar i valovi) [51].

Kretanje brodova u Jadranskom moru prikazano je na slici 3. Slika prikazuje gustoću prometa svih brodova u drugoj polovici 2013. godine.



Slika 3. Gustoća prometa svih brodova u Jadranskom moru [53]

2.2.2. Promet brodova u morskim lukama RH-a

Tijekom cijelog razdoblja od 2006. do 2010. godine, brodovi za generalni teret, putnički brodovi i brodovi za kružna putovanja bruto tonaže do 499 BT najzastupljeniji su u ukupnim dolascima brodova u morske luke Republike Hrvatske. Vrsta broda „brod za generalni teret“⁶ najzastupljenija je vrsta broda u ukupnom prometu brodova. Predstavlja 70 % od ukupne

⁶ Prema Državnom zavodu za statistiku pojam „brod za generalni teret“ definira brod konstruiran za prijevoz širokog raspona tereta. Ta kategorija uključuje hladnjače, ro-ro putničke, ro-ro kontejnerske, ostale ro-ro teretne, kombinaciju broda za generalni teret i prijevoz putnika i kombinaciju broda za generalni teret i prijevoz kontejnera.

bruto tonaže brodova i 52 % ukupnih kretanja brodova u 2010-oj. U toj kategoriji najzastupljeniji su trajekti, a njima se odvija najveći dio putničkog prijevoza. Druga najvažnija kategorija brodova jesu putnički brodovi. Oni čine gotovo 22 % prometa u terminu bruto tonaže i 44 % ukupnih kretanja brodova. Udio kontejnerskih brodova u ukupnoj bruto tonaži brodova jest 3,3 %, a u ukupnim kretanjima brodova samo 0,2 % [35]. Raspodjela prometa u hrvatskim lukama prema vrsti brodova u periodu od 2006. do 2010. godine prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Promet brodova u morskim lukama RH-a prema vrsti brodova [35]

vrsta brodova	mjerna jedinica	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
putnički brodovi i brodovi za kružna putovanja	broj brodova	90686	93210	103517	111173	103882
	BT, '000	41347	47176	56353	57385	62530
brodovi za tekući teret	broj brodova	1955	1877	1456	1039	963
	BT, '000	9630	10 372	8805	8131	8570
brodovi za suhi rasuti teret	broj brodova	3228	3308	2242	1693	1449
	BT, '000	9686	10 981	9148	6224	6536
kontejnerski brodovi	broj brodova	127	260	333	432	407
	BT, '000	2142	4589	5999	7354	9506
brodovi za generalni teret	broj brodova	119906	129202	135230	127383	123131
	BT, '000	182883	192419	203663	198882	203307
ostali brodovi	broj brodova	7943	7498	5627	5715	5950
	BT, '000	1872	1603	1077	972	972
UKUPNO	broj brodova	223967	235489	248539	247547	235841
	BT, '000	247560	267140	285045	278948	291421

2.3. Jadransko more kao temelj turizma RH-a

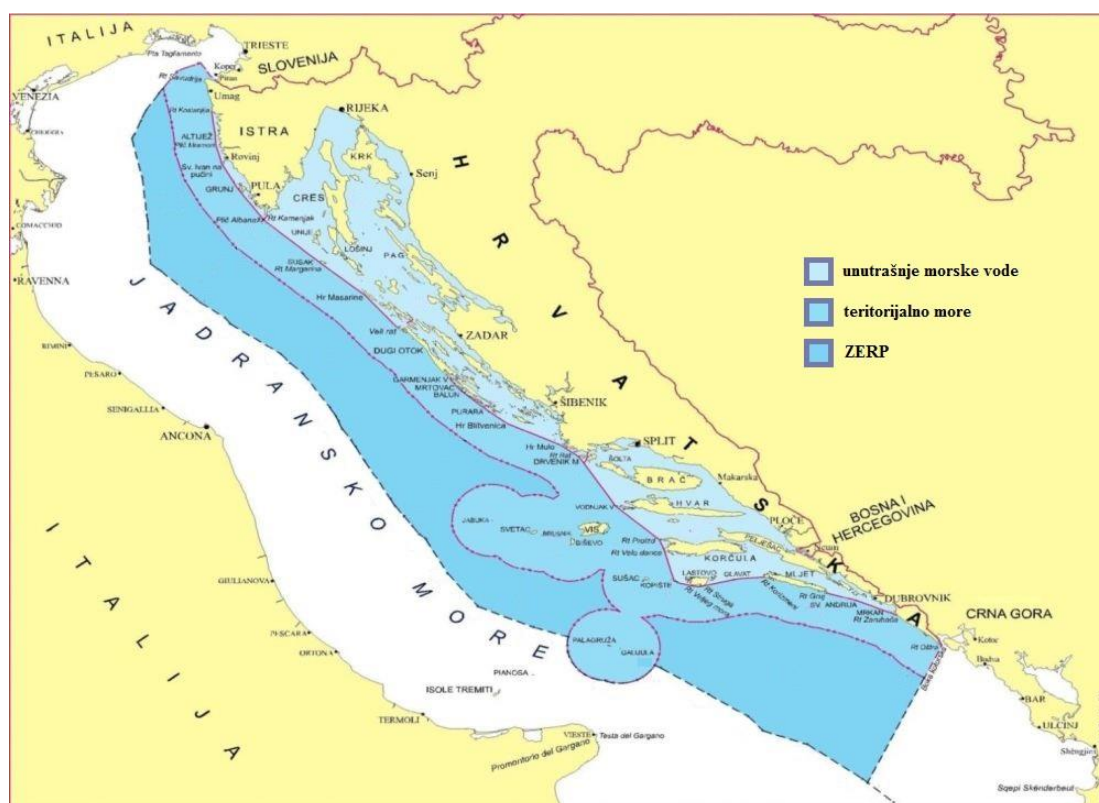
Jadransko more najveći je prirodni resurs Republike Hrvatske. Površina Jadranskog mora pod suverenim pravima⁷ Republike Hrvatske obuhvaća unutrašnje morske vode⁸ s površinom od 13.842 km² i teritorijalno more⁹ s površinom od 17.772 km² [96], a uspostavom novog režima zaštićenog ekološko-ribolovnog pojasa¹⁰, taj se prostor proširio za 23.870 km² [21] i ukupno iznosi 55.484 km², što je gotovo jednako kopnenoj površini Hrvatske¹¹, slika 4.

⁷ Suverena prava su prava koja izviru iz suverenosti, odnosno isključiva ili ekskluzivna prava. Navedena prava uključuju pravo nosioca na donošenje propisa, nadzor nad provedbom tih propisa i kažnjavanje zbog njihova kršenja te poduzimanje svih mjera radi njihova ostvarivanja.

⁸ Unutrašnje morske vode su dijelovi mora između polazne crte od koje se mjeri širina teritorijalnog mora i obale. Obuhvaćaju morske prostore luka, zaljeva, ušća rijeka, zatvorenog mora, pod određenim uvjetima dijelove mora između otočnog niza i kontinentanskog dijela kopna i između samih otoka. Unutrašnje morske vode su pod suverenostu obalne države jednako kao i njezino kopno.

⁹ Pod teritorijalnim morem smatra se pojas mora pod suverenostu obalne države umjerene širine (do 12 morskih milja) u kojemu strani brodovi imaju pravo neškodljivog prolaska. Pojas teritorijalnog mora mjeri se od polazne crte (normalne i ravne), a njegova vanjska granica ujedno je i državna granica na moru.

¹⁰ Hrvatski sabor je u listopadu 2003. godine donio Odluku o proširenju jurisdikcije Republike Hrvatske na Jadranskom moru (NN 157/03) u kojoj je proglasio sadržaje isključivog gospodarskog pojasa koji se odnose na



Slika 4. Jadransko more pod jurisdikcijom Republike Hrvatske [95]

2.3.1. Turistička ponuda

Hrvatska pripada zemljama koje privlače posjetitelje više odlikama svoga prirodnog prostora i bogatstvom kulturno-povijesne baštine nego kvalitetom, raspoloživošću i/ili raznovrsnošću novostvorenih turističkih atrakcija. Među prirodnim atrakcijama najvažnije mjesto imaju more, razvedena obala te mnoštvo otoka, ali i brojne očuvane prirodne plaže, kao i zelenilo i šumovitost velikog dijela teritorija. Republika Hrvatska ima 1.246 otoka, otočića, grebena¹² i hridi¹³ od kojih je 47 nastanjeno [95]. S koeficijentom razvedenosti 11¹⁴, hrvatska jadranska obala je među najrazvedenijima u svijetu [51].

Hrvatska se, s obzirom na svoju ukupnu površinu, ističe i izuzetno velikim brojem turistički atraktivnih zaštićenih prirodnih područja, a prema bioraznolikosti nalazi se u europskom vrhu [98]. Prema podacima Upisnika zaštićenih prirodnih vrijednosti koji vodi Ministarstvo

suverena prava istraživanja i iskorištavanja, očuvanja i gospodarenja živim prirodnim bogatstvima voda izvan vanjske granice teritorijalnog mora te jurisdikciju glede znanstvenog istraživanja mora i zaštite i očuvanja morskog okoliša, čime je zapravo uspostavljen zaštićeni ekološko-ribolovni pojas (u nastavku – ZERP). On obuhvaća morski prostor od vanjske granice teritorijalnog mora u smjeru pučine do njegove vanjske granice dopuštene općim međunarodnim pravom (privremeno slijedi crtu razgraničenja epikontinentnog pojasa). Hrvatski sabor je u ožujku 2008. godine donio Odluku o izmjeni Odluke o proširenju jurisdikcije Republike Hrvatske na Jadranskom moru (NN br. 31/08) kojom propisuje da se ZERP privremeno neće primjenjivati na države članice EU-a od dana 15. ožujka 2008. godine do iznalaženja zajedničkog dogovora u duhu EU-a.

¹¹ Površina kopna Republike Hrvatske, uključujući otoke, iznosi 56.552 km².

¹² Greben - stjenoviti ostatak abrazijom razorena otočića ili stijenskog bloka, u razini, ispod ili iznad (za oseke) morske razine.

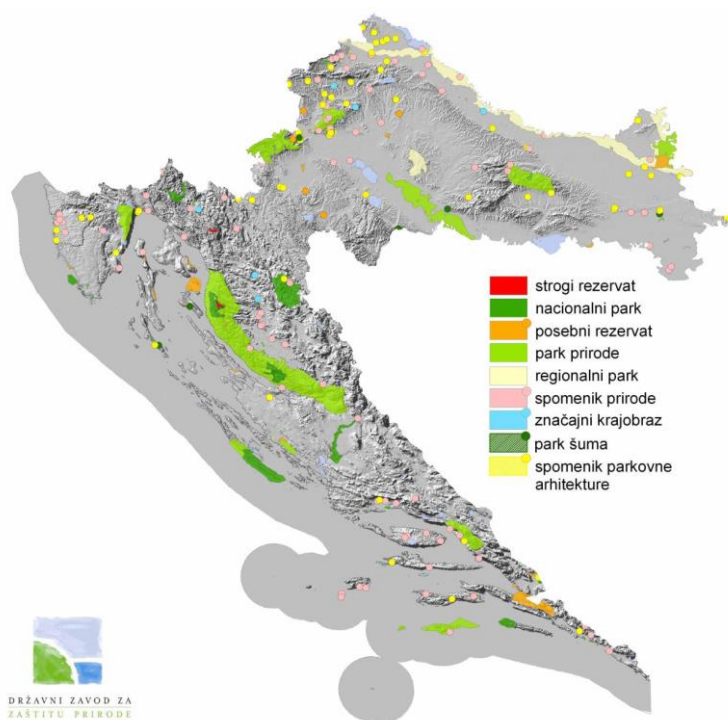
¹³ Hrid je stjenoviti ostatak abrazijom razorena otočića ili stijenskog bloka, uvijek iznad morske razine.

¹⁴ Koeficijent razvedenosti - stvarna dužina obale podijeljena zračnom dužinom otoka.

kulture, u Hrvatskoj trenutno postoji 16 zaštićenih područja na moru (slika 5, tablica 3) u raznim kategorijama zaštite (3 nacionalna parka, 2 parka prirode, 5 posebnih rezervata, 4 zaštićena krajobraza i 2 spomenika prirode).

Tablica 3. Morska zaštićena područja prema Upisniku zaštićenih prirodnih vrijednosti [64]

kategorija	naziv	kopno [ha]	more [ha]	ukupno [ha]
nacionalni park	Brijuni	685	2.700	3.385
	Kornati	5.575	16.800	22.375
	Mljet	3.000	2.375	5.375
park prirode	Telašćica	2.206	4.500	6.706
	lastovsko otočje	6.183	13.400	19.583
posebni rezervat u moru	Malostonski zaljev i Malo more		4.821	4.821
	more i podmorje Limskog zaljeva		6.00	600
posebni rezervat	otok Prvić s priobalnim vodama i Grgurov kanal	5.760	1.240	7.000
	jugoistočni dio delte rijeke Neretve			250
	Datule - Barbariga			422
zaštićeni krajobraz	kanal Luka (kod Šibenika)			1.095
	Labin - Rabac - Prklog			1.286
	Zrće kod Novalje			150
	dolina Blaća			56
spomenik prirode	Modra spilja na otoku Biševu			0
	Zelena spilja na otoku Ravniku (kod Visa)			0
UKUPNO		23.409	46.436	73.105



Slika 5. Zaštićena područja u RH [36]

Dominantni proizvodi hrvatskog turizma su [98]:

- sunce i more – usprkos brojnim razvojnim inicijativama i isticanju prioriteta smanjenja sezonalnosti i razvoja drugih proizvoda, udio sunca i mora u ukupnom hrvatskom turističkom proizvodu već godinama ne pada ispod 85 % fizičkog volumena.
- nautički turizam (yachting / cruising) - proizvod iznimne globalne atraktivnosti koji u svijetu bilježi kontinuirano visoke, čak dvoznamenkaste stope rasta. Zbog svog geoprometnog položaja i s jednom od najrazvedenijih obala na svijetu, ugodne klime i pogodnih vjetrova, Hrvatska je već danas jedna od poželjnijih nautičkih destinacija na svijetu. Na to upućuju stalno rastući rezultati poslovanja u nautičkom turizmu (ponajviše produljenje sezone), ali i kontinuirano popunjavanje dijela pratećeg lanca vrijednosti. Neovisno o tome, yachting turizam u Hrvatskoj posljednjih nekoliko godina obilježava stagnacija u razvoju ponude novih vezova u marinama, iako uz optimalan razvojni koncept potražnja za njima nije upitna. Glavni uzrok tome treba tražiti u nepovoljnom investicijskom okruženju. Kruzing turizam u posljednjih desetak godina obilježava povećan broj dolazaka megakruzera, ali i rastuća potražnja za krstarenjem na malim domaćim kruzerima.
- poslovni turizam – usprkos tome što je ovaj vid turizma vrlo osjetljiv na domaće, ali i globalne ekonomske trendove, individualni i grupni poslovni gosti čine relativno stabilan izvor potražnje koja, ovisno o trendovima, mijenja samo svoja kvalitativna obilježja. Istraživanja među hotelijerima pokazuju da poslovni gosti čine stabilnih 10 % do 15 % udjela svih hotelskih gostiju.
- kulturni turizam – neupitno je da je na državnoj razini, kao i u nizu destinacija, u posljednjih 10 godina mnogo učinjeno na razvoju ove grupe proizvoda, ponajviše zahvaljujući donošenju državne strategije razvoja kulturnog turizma, ali i sustavnom radu na kreiranju regionalno i globalno prepoznatih događanja i pojačanom otvaranju kulturnom turizmu sve većeg broja pojedinačnih destinacija.

Uspoređujući hrvatski turistički sektor s drugim mediteranskim zemljama vidimo da relativan značaj turizma u hrvatskom BDP-u premašuje značaj turizma u, primjerice, Španjolskoj, Francuskoj i Italiji. Naime, prema posljednjim službenim podacima Hrvatske narodne banke, Hrvatska je u 2014. godini od turizma, odnosno putovanja, ostvarila 7,4 milijardi eura prihoda, što je porast prihoda od 2,8 posto u odnosu na 2013. godinu, pa je udio prihoda od turizma u nacionalnom BDP-u dosego 17,2 % dok je u navedenim zemljama taj udio ipak znatno manji. Naime, prema procjeni Eurostata udio prihoda od turizma u BDP-u u Hrvatskoj je 2012. godine iznosio 15,5 % [70].

Ljepota krajolika i ekološka očuvanost elementi su ponude u kojima Hrvatska ima prednost u odnosu na konkurente. Urbanističku i arhitektonsku skladnost destinacija u Hrvatskoj turisti percipiraju ujednačenom s konkurencijom. Iako ekološka očuvanost predstavlja element ponude u kojem nas naši posjetitelji ocjenjuju boljima od konkurencije, prednost Hrvatske u odnosu na Španjolsku, Francusku i Grčku u 2010. godini postupno se smanjuje. U tom smislu, važno je naglasiti da se razvoj turizma u nas treba i dalje temeljiti na unaprjeđenju zaštite

okoliša, očuvanju kvalitete prirodnih resursa te odgovornom i održivom upravljanju razvojem sadržaja turističke ponude [98]. Iz navedenog se može zaključiti da se turizam kao strateška grana gospodarstva RH-a temelji na čistoći Jadranskog mora, što potvrđuje PH 1.

2.3.2. Prijetnje morskom okolišu

Onečišćenje morskog okoliša je čovjekovo izravno ili neizravno unošenje tvari ili energije u morski okoliš koje uzrokuje ili može prouzročiti pogubne posljedice na uvjete života biljnog i životinjskog svijeta u moru i podmorju, odnosno općenito ugroziti uvjete života u moru i ugroziti ljudsko zdravlje, te može ometati pomorske djelatnosti, uključujući ribolov i druge zakonite uporabe mora i podmorja, izazvati pogoršanje uporabne kakvoće morske vode i umanjeње privlačnosti morskog okoliša [91].

Ravnotežu ekoloških sustava Jadranskog mora i njegove obale posljednjih desetljeća ozbiljno ugrožavaju razni tipovi onečišćenja (atmosfera, rijeke, trgovački, turistički i ratni brodovi, tankeri, otpadne vode većih gradova, marikultura), mehaničko uništavanje obale i podmorja (gradnja, nasipavanje, koćarenje), a posebno neselektivni izlov morskih organizama (spužava, koralja, školjkaša, rakova, glavonožaca i riba). U sjevernom plitkom dijelu Jadranskog mora povremeno zbog povećane eutrofikacije¹⁵ dolazi do "cvjetanja mora" jačeg intenziteta, a postepeno pogoršanje kakvoće morske vode u plićim dijelovima cijeloga Jadranskog mora sustavno ugrožava opstanak pridnenih životnih zajednica višestaničnih alga i morskih cvjetnica u kojima se mrijeste, rastu i hrane brojne gospodarski značajne morske vrste [94].

Onečišćenje u moru treba razmatrati ne samo kao jednu prijetnju, nego kao svojevrsnu aglomeraciju prijetnji. Naime, onečišćenje obuhvaća široki raspon pojava i tvari, od različitih toksičnih spojeva, prekomjernog unosa hranjivih soli, unosa bakterija i virusa, različitih čvrstih materijala poput plastičnih boca ili odbačene ribolovne opreme pa, čak, i buke različitih frekvencija i amplituda. Posljedice onečišćenja su također značajno različite, od lokaliziranih i kratkotrajnih do globalnih i dugotrajnih. Manifestiraju se smanjenjem kakvoće mora, oboljenjem i povećanim mortalitetom morskih životinja, promjenama u strukturi i dinamici morskih zajednica, degradacijom i gubitkom staništa, a s ljudskog aspekta smanjenjem atraktivnosti zemljišta i turističkog potencijala, smanjenjem potencijala moguće produkcije biozaliha, negativnim učinkom na proizvodnju zdrave hrane te, na kraju, rizikom od oboljenja čovjeka [64].

Prema nacionalnom planu djelovanja za okoliš ključni problemi hrvatskog dijela Jadrana, između ostalog su: onečišćenje mora s kopna, prekogranično onečišćenje mora, onečišćenje mora s brodova, tretiranje i ispuštanje otpadnih voda na neprikladan način, neodgovarajući sustav zbrinjavanja krutog otpada, nepostojanje nadzora nad ispuštanjem onečišćenja u rijeke, a time i u more, te nepostojanje cjelovitog morskog katastra kao evidencije koja bi sadržavala podatke o objektima u moru, na morskom dnu i podmorju [94].

¹⁵ Eutrofikacija je obogaćenje morske vode hranjivim tvarima, osobito spojevima dušika i fosfora, koje za rezultat ima ubrzanje rasta algi i viših oblika biljaka.

Prema Izvješću o stanju okoliša u RH iz 2007. godine, tadašnji broj brodova¹⁶ na kružnim putovanjima, broj putnika te broj dana boravka ne uzrokuju bitno opterećenje okoliša, s obzirom na visoke standarde zbrinjavanja otpada u velikim brodovima–hotelima dok problem zbrinjavanja otpadnih voda s plovila nije u cijelosti riješen na zadovoljavajući način [20][34]. Dakle, stalni rast broja brodova za kružna putovanja i putnika upućuje kako bi u budućnosti mogli znatnije doprinosti onečišćenju mora, što je već zabilježeno u nekim drugim dijelovima svijeta.

Problematika okoliša i okolišna odgovornost među najaktualnijim su izazovima budućnosti. Turizam, uključujući kruzing turizam, kao djelatnost koja istovremeno počiva na kvaliteti okoliša i koja na njega intenzivno djeluje, bitno će se intenzivnije priklanjati primjeni okolišno odgovornih, 'zelenih' koncepata na razini pojedinih pružatelja usluga i cijelih destinacija. Integralno upravljanje obalnim područjem, u kojem je turizam važan gospodarski sektor, predstavlja okvir za uravnoteženi razvoj obalnog područja te poticaj razvoju održivog turizma koji teži očuvanju obalnih ekosustava i krajobraza te prirodnih i kulturnih resursa [98].

Zbog svega navedenog: prirodnih obilježja Jadranskog mora (usko, plitko, poluzatvoreno more); brojnih zaštićenih morskih područja; jedinstvenog i osjetljivog morskog ekosustava; bogatstva i biološke raznolikosti morskih vrsta (od kojih su pojedine populacije malobrojne i ugrožene); sporog procesa izmjene voda i intenziviranja plovidbene aktivnosti, može se zaključiti da je Jadransko more posebno osjetljivo na sva onečišćenja s brodova, što potvrđuje PH 2.

¹⁶ U 2007. ostvareno je 628 kružnih putovanja stranih brodova u Republici Hrvatskoj. Na tim brodovima došlo je 694.104 putnika.

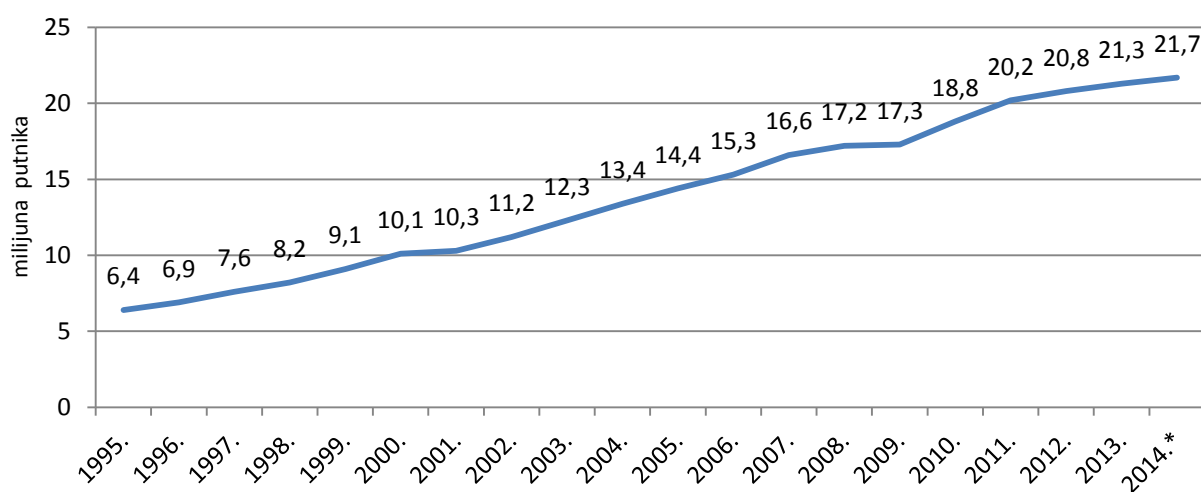
3. KRUZING TURIZAM

Kruzing podrazumijeva putovanje putnika posebnim putničkim brodovima za krstarenje morem, rijekama i jezerima radi zabave, odmora i razonode uz uobičajeno pristajanje broda u nekoliko luka te najčešće povratak u polaznu luku [46]. Prema karakteru putovanja svrstava se u nautički turizam jer se temelji na plovilu i plovidbi.

Putnički brodovi za krstarenje nazivaju se kruzerima ili u duhu hrvatskog jezika - brod za kružna putovanja. Prvi brodovi namijenjeni samo za krstarenja, grade se već 1970-ih, međutim, njihov razvoj počinje polovinom 1990-ih kada je izgrađen prvi brod za kružna putovanja veći od transatlantika *Queen Elizabeth*, kruzer *Carnival Destiny*. Od tada se grade sve veći brodovi tog tipa jer su zahtjevi za takvim turističkim putovanjima u znatnom porastu.

3.1. Analiza kretanja kruzing turizma

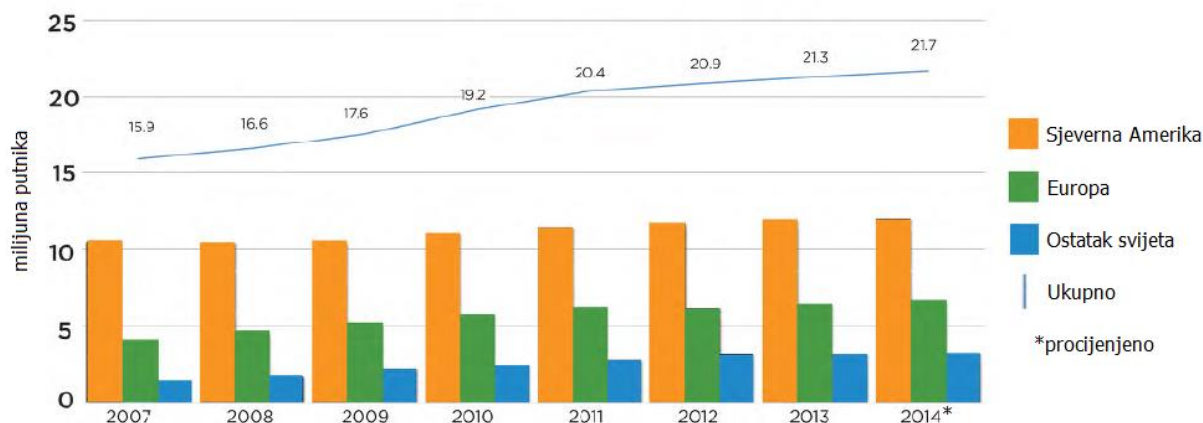
Svjetska trgovačka flota imala je 291 brod za kružna putovanja s ukupno 15,2 mil. BT na početku 2010. godine, pri čemu je prosječna veličina broda bila 54.047 BT [24]. Zbog svoje veličine, od ukupno 1.571 putničkog broda, brodovi za kružna putovanja čine 93% bruto tonaže putničkih brodova, a tek 18 % od ukupnog broja brodova. Čak 87 % ove flote veće je od 50.000 BT dok su dvadeset godina prije samo dva broda pripadala toj kategoriji [45]. Razvoj ovoga turizma u svijetu u protekla dva desetljeća je impresivan – potražnja je porasla za gotovo 50 % u petogodišnjem razdoblju, od 2000. do 2005. godine, i ponovno za 50 % u devetogodišnjem razdoblju od 2005. do 2014. Na slici 6 prikazan je broj putnika na krstarenjima u svijetu u proteklih 20 godina.



*procijenjena vrijednost

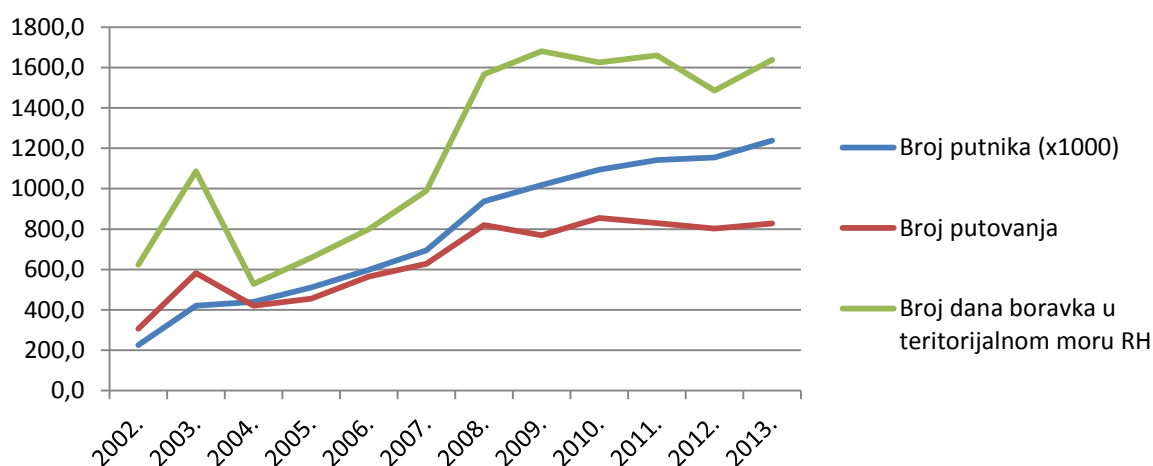
Slika 6. Kretanje broja putnika na brodovima za kružna putovanja u svijetu u posljednjih 20 godina [31][60][67]

Kruzing turizam je najzastupljeniji u Sjevernoj Americi na koju otpada približno 40 % svih krstarenja. Broj putnika prema području plovidbe prikazan je na slici 7. Sjedinjene Američke Države prve su započele istraživanja vezana za kruzing turizam, kako ekonomsko – socijalna, tako i ona o utjecaju brodova za kružna putovanja na okoliš.



Slika 7. Broj putnika na brodovima za kružna putovanja u svijetu prema području plovidbe od 2007. – 2014. [31]

Podatke o prometu brodova za kružna putovanja u Hrvatskoj službeno prati i objavljuje, od 2002. godine, Državni zavod za statistiku RH-a. Prema tim podacima, u 2013. kružnih putovanja stranih brodova u hrvatskome teritorijalnom moru bilo je 828 ili 3,2 % više nego u 2012. dok je broj putnika porastao za 7,2 %, i iznosi gotovo 1,24 milijuna. Brodovi na kružnim putovanjima u Hrvatskoj u 2013. godini boravili su 1.638 dana ili 10,2 % više nego u 2012. [34]. Broj putovanja putničkih brodova na kružnim putovanjima u Hrvatskoj, broj putnika te njihov boravak u teritorijalnom moru RH-a prikazani su na slici 8. Imajući na umu da broj članova posade nije uključen u proračun, ukupan broj ljudi na brodovima za kružna putovanja povećava se za gotovo trećinu.



Slika 8. Godišnji promet putničkih brodova za kružna putovanja u hrvatskim lukama [34]

Brodovi na međunarodnim kružnim putovanjima u Hrvatskoj najčešće posjećuju Dubrovnik, s 563 ticanja ili 48 % svih ticanja u 2006. godini te je gotovo 600.000 putnika ili 82 % ukupnog broja putnika ostvareno u Dubrovniku. Druga destinacija prema zastupljenosti je Split, s oko 14 % svih ticanja i 6 % putnika, a zatim Korčula s oko 12 % ticanja i 4 % putnika. Svi ostali

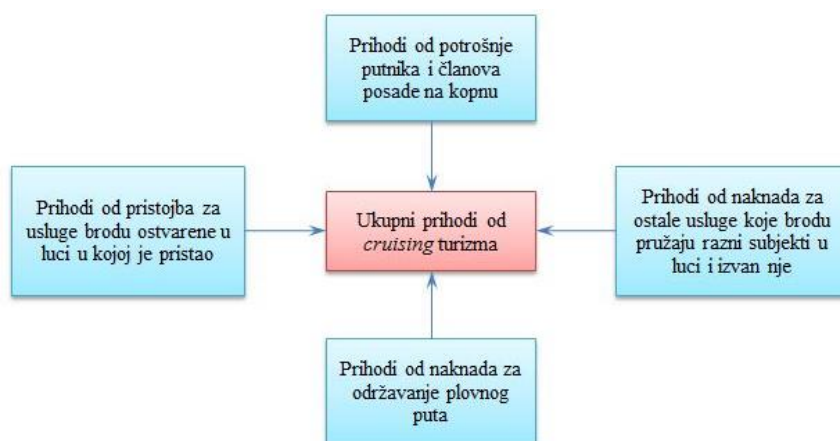
gradovi zabilježili su pojedinačno manje od 2 % od ukupnog broja putnika na međunarodnim kružnim putovanjima [46].

3.2. Održivi razvoj kruzing turizma

Održivi razvoj je skladan odnos između stanja okoliša i ljudske djelatnosti kako bi se očuvalo prirodno bogatstvo za buduće naraštaje. Strategijom održivoga razvoja treba ostvariti ravnotežu između zahtjeva za unapređivanjem kakvoće života (ekonomska sastavnica), za ostvarivanjem socijalne dobrobiti i mira (socijalna sastavnica) i zahtjeva da se očuvaju prirodna dobra i ekosustav (sastavnica zaštite okoliša), o kojima ovise i sadašnje i buduće generacije [61].

3.2.1. Socijalno-gospodarski utjecaj kruzing turizma

Turizam ubrzano mijenja ekonomsku i socijalnu sliku pojedine zemlje. Turistički fenomen poput krstarenja putničkim brodovima već je transformiran u ozbiljnu društveno-ekonomsku djelatnost. Pomoću ovoga turizma, uključuju se i naplaćuju prirodne atraktivnosti i drugi raspoloživi turistički resursi. Turističko tržište potražnje posredno i neposredno potiče razvitak brojnih gospodarskih grana i djelatnosti, uz ostvarivanje dodatnih prihoda za lokalno stanovništvo i većom mogućnošću zapošljavanja. Sve to uzrokuje opći porast standarda, smanjivanje iseljavanja, revitalizaciju različitih djelatnosti specifičnih za pojedini kraj, te potiče rast komunalne opremljenosti, platne bilance zemlje, društvenoga proizvoda i nacionalnog dohotka [61].



Slika 9. Struktura ukupnih prihoda od putničkih brodova na kružnim putovanjima [46]

Struktura ukupnih prihoda ove vrste turizma prikazana je na slici 9. Ukupni prihodi u Hrvatskoj u 2006. godini procjenjuju se na 29 do 32 milijuna eura, od čega je [46]:

- 25 do 28 milijuna eura ukupnih prihoda od potrošnje putnika i članova posade,
- 1,16 do 1,31 milijun eura ukupnih prihoda od lučkih pristojba,
- oko 2,6 milijuna eura prihoda od lučkih naknada,
- oko 162.000 eura za održavanje plovnih puteva.

3.2.2. Utjecaj kruzing turizma na okoliš

Uz pozitivne ekonomske i gospodarske utjecaje kruzing turizma javlja se i onaj negativni, onečišćenje okoliša. U svijetu je problem kruzing turizma odavno izražen i mnoge studije su napravljene kako bi se analiziralo koji su čimbenici negativnog utjecaja, na koji način i u kojoj mjeri utječu na okoliš te, naravno, kako taj negativni utjecaj minimalizirati.

U područjima gdje je kruzing turizam jače zastupljen, znatni su utjecaji na okoliš: more, kopno i zrak. Jedino istraživanje u Hrvatskoj provedeno je od strane Instituta za turizam 2007. pod nazivom *Studija održivog razvoja kruzing turizma u Hrvatskoj* pa se pri planiranju održivog razvoja može koristiti i brojnim rezultatima istraživanja koja su provedena u svijetu.

U svijetu, najdalje su s istraživanjima o onečišćenju mora s kruzera došle Sjedinjene Američke Države (dalje: SAD). U ožujku 2000. godine odvjetničko društvo za zaštitu okoliša *Bluewater Network*, predstavljajući 53 organizacije za zaštitu okoliša, podnosi peticiju Upravi za zaštitu okoliša SAD-a (engl. *United States Environmental Protection Agency*, dalje: EPA) zahtijevajući od nje identificiranje i zakonsko reguliranje onečišćenja okoliša s kruzera. Peticija je zahtijevala detaljno istraživanje količine i karakteristika otpada generiranog na kruzima te preporuke kako kvalitetnije kontrolirati i regulirati tok otpada. Također je uključivala specifične zahtjeve za nadzor, vođenje evidencije, odnosno brodsko dokumentiranje i izvješćivanje za sljedeće onečišćivače s kruzera: crne vode, sive vode, zauljene otpadne vode, krute otpade i opasne otpade.

Izvješće o procjeni onečišćenja s kruzera (engl. *Cruise Ship Discharge Assessment Report*) odgovor je EPA-e na Peticiju. Za svaku vrstu otpada Izvješće zasebno analizira:

- 1) karakteristike otpada i generirane količine na brodu;
- 2) zakone kojima podliježe;
- 3) načine gospodarenja otpadom;
- 4) potencijalni utjecaj na okoliš;
- 5) aktivne djelatnosti Vlade SAD-a za zbrinjavanje tog otpada te
- 6) široki raspon opcija i alternativa za zbrinjavanje otpada s kruzera u budućnosti.

EPA smatra da su najvažniji doprinos u ovom Izvješću nove spoznaje prilikom analize crnih i sivih otpadnih voda.

Utjecaji većih kruzera na okoliš mogu se usporediti s učinkom manjih gradova. Rezultati istraživanja upotrijebljeni su za ilustraciju štetnog utjecaja i brodova i njihovih turista na okoliš. U tablici 4 dan je prikaz prosječnoga dnevnog onečišćenja okoliša s kruzera s 3.000 putnika.

Tablica 4. Ukupna onečišćenja na dan kruzera koji prevozi 3.000 putnika [46]

Vrsta onečišćenja	količina/ekvivalent	vrsta onečišćenja	količina/ekvivalent
onečišćenje zraka	1 kruzer = 12.000 automobila	crne vode	60.000 – 120.000 litara
otpad	10,5 – 12 tona	sive vode	1.020.000 litara
opasni otpad	55 – 85 litara	brodska kaljuža	25.000 litara

Onečišćenje zraka je različito pri plovidbi otvorenim morem, manevriranju ili na vezu u luci. Kruzer s 3.000 putnika koji se koristi pogonskim gorivima bogatima sumporom može onečistiti zrak više nego 12.240 automobila [8]. U gradovima poput Vancouvra, studije pokazuju da onečišćenje zraka koje dolazi s broda pridonosi učinku staklenika u gradu s 58 % i sudjeluje u emisiji sumpornih plinova s oko 95 %. Dakle, veći brod dolazeći u luku može u jednom danu emitirati sumpornih oksida (SO_x) koliko 2.000 automobila i kamiona u jednoj godini [8]. Onečišćenje zraka dušikovim, sumpornim i ugljikovim oksidima i lebdećim česticama može imati [46]:

- lokalni učinak – doprinos stvaranja smoga (30 % smoga na globalnoj razini je podrijetlom s brodova),
- regionalni učinak – doprinos stvaranju kiselih kiša koje uništavaju biljni svijet, mijenjaju pH voda stajaćica, ali i uništavaju fasade i skulpture vapnenačkog podrijetla,
- globalni učinak – klimatske promjene su uzrokovane stakleničkim plinovima (prije svega ugljičnim dioksidom, CO_2),
- izravni utjecaj na ljudsko zdravlje – povećavanje rizika obolijevanja od raka pluća i astme (npr. lučka područja Los Angelesa / Long Beacha imaju 5 do 20 puta veći rizik od oboljenja raka te 20 % djece obolijeva od astme).

Dodatno onečišćenje zraka dolazi i iz spalionica za smeće u kojima veći kruzeri spaljuju većinu miješanog otpada što za posljedicu ima emisiju dioksina i tiofena.

Sastav otpada s kruzera sličan je komunalnom otpadu (ostatci hrane, papira, kartona, boca, konzerva itd.). Dnevna akumulacija takvog otpada procjenjuje se na oko 3 do 4 kg po putniku [1]. Oko milijun tona otpada godišnje nastaje na brodovima, od čega je 24 % s kruzera i taj se otpad uglavnom spaljuje (75 – 85 %), a pepeo se baca u more. U pepelu mogu biti teški metali, a pri izgaranju neprirodnih materijala u atmosferu se oslobađa dioksin, tifen i drugi štetni plinovi. Poseban utjecaj na okoliš imaju izleti i skupni posjeti. Posjetitelji s kruzera često nose sa sobom lunch-pakete od kojih nastaju velike količine neočekivanog otpada.

Otpadne su vode s brodova potencijalno opasne za ekosustave i za čovjeka koji ovisi o tim ekosustavima. Postoje tri glavne skupine otpadnih voda: crne, sive i brodska kaljuža. Svaki putnik na kruzeru dnevno proizvede 20 do 40 litara crne vode (voda s fekalijama) i otprilike 120 do 340 litara sive vode (tuševi, perilice za rublje, perilice za suđe, pranje i ispiranje brodskih površina, saune, kupke, bazeni, itd.) [1]. Teški metali, bakterije i patogeni organizmi otpadnih (crnih i sivih) voda talože se na morskom dnu i potencijalna su opasnost za ljude koji konzumiraju hranu od živih organizama s morskog dna. Brodska kaljuža sadržava kondenzate iz strojarnice, naftu, ulja, masti i ostatke sredstava za čišćenje. Akumulira se na kruzerima u količinama 5.000 – 20.000 l/dan [75]. Ukoliko je udio ulja i/ili nafte veći od dopuštenih granica (10 – 15 ppm), tada je ta voda kontaminirana i može vrlo štetno utjecati na okoliš te je zabranjeno ispuštati u more. U tablici 5 prikaz je otpada i otpadnih voda po stanovniku na dan za RH, Europsku uniju i putnike na kruzeru.

Tablica 5. Usporedba proizvodnje otpada i otpadnih voda po stanovniku na dan za Republiku Hrvatsku, Europsku uniju i gosta na kruzeru [61]

vrsta onečišćenja	RH	EU	kruzer
otpad [kg]	0,8 – 1	1,5 – 2	3,5 – 4
otpadne vode [l]	110 – 150	150	do 340

Opasni otpad na kruzeru nastaje kao posljedica rada fotolaboratorija, kemijskih čistionica, fotokopirnih aparata, aparata za tiskanje, itd. Opasni su otpad, također, fluorescentne svjetiljke, zaštitne boje i premazi, bolnički otpad, stari lijekovi, sredstva za čišćenje, zaučene krpe i slično. Procjenjuje se da se na kruzeru proizvede od 55 do 85 litara tekućega opasnog otpada na dan [8]. Iako količina ne izgleda velika, utjecaj takvih tvari na okoliš je znatan. Opasnim se otpadom smatra i kaljužna voda (ako ima visok udio ulja i nafte) te ostatci iz procesa filtriranja i spaljivanja. Postoji bojazan da se opasni otpad i plastika spaljuju u brodskim spalionicama pa se na taj način onečišćuje okoliš kancerogenim česticama i plinovima.

3.2.3. Lučka uprava Dubrovnik i održivi razvoj kruzing turizma

Lučka uprava Dubrovnik već nekoliko godina prema odredbama studije "Održivog razvoja kruzing turizma u Hrvatskog", izrađene od strane Instituta za turizam, nastoji ograničiti broj putnika s brodova na kružnim putovanjima. Uveden je niz mjera koje, s obzirom na veliku potražnju za Dubrovnikom kao jednom od najatraktivnijih destinacija na Mediteranu, u većini slučajeva ograničavaju broj gostiju s brodova na kružnom putovanju na 8.000 dnevno. Od 243 dana posjećena od strane brodova na kružnom putovanju u godini, svega 18 dana prelazi predviđeni broj putnika od 8.000, od čega 6 dana u srpnju i kolovozu, s tim da samo 4 dana u godini imamo broj nešto malo veći od 10.000. Naravno, uvijek moramo uzeti u obzir da se broj putnika ne može računati po kapacitetu broda, s obzirom da su brodovi u prosjeku popunjeni s oko 85 % svoga kapaciteta. Također, treba napomenuti da kompanije s kojima surađujemo svoje brodove dovode i velikim dijelom izvan sezone, od početka ožujka pa sve do kraja godine, neki čak i tijekom cijele godine, tako da nam je od velike važnosti aktivna i stalna suradnja s istima te određeni kompromis. Treba napomenuti da je Lučka uprava Dubrovnik samo za 2015. godinu odbila četrdesetak upita velikih - megabrodova, s obzirom na želju da se broj putnika s brodova na kružnim putovanjima ograniči [50].

3.3. Onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja

Svi brodovi u plovidbi generiraju sanitarne otpadne vode. Međutim, problem je posebno izražen kod brodova za kružna putovanja budući da su kapacitetom osoba koje prevoze kao "mali gradovi". Otpadne vode na brodovima za kružna putovanja generiraju se u velikim količinama. Zato je vrlo bitan način gospodarenja otpadnim vodama na brodu i kvaliteta otpadnih voda koje se ispuštaju u more.

Otpadne vode na brodu mogu se podijeliti na sanitarne i kaljužne otpadne vode. Sanitarne otpadne vode radi efikasnije obrade i zbrinjavanja dijele se na fekalnu otpadnu vodu ili "crnu vodu" i otpadnu vodu od pranja brodskih stambenih prostorija ili "sivu vodu". Fekalije su: istjecanja i ostali otpaci iz svih oblika zahoda i pisoara; istjecanja iz medicinskih prostorija; istjecanja iz prostora sa živim životinjama i sve druge otpadne vode ako su izmiješane s navedenim istjecanjima.

Kao što se "količina vode" izražava brojčanim vrijednostima tako se i "kakvoća otpadne vode" određuje količinom pojedinih tvari i energije što ih otpadna voda sadrži. Treba naglasiti da, ovisno o njihovom izvoru s broda, sve otpadne vode sadrže različite količine i koncentracije otpadnih tvari koje ih karakteriziraju s obzirom na njihova fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva.

Fizikalna svojstva ne određuju u potpunosti kakvoću otpadnih voda, ali određuju njena svojstva s obzirom na izgled, boju, miris, temperaturu i zamućenost. Još jedno bitno fizikalno svojstvo je količina raspršene ili suspendirane tvari zato što djeluje kao onečišćivač vode. Mogu biti organskog ili anorganskog porijekla, a dijele se na taložne¹⁷ i netaložne. Pokazatelj raspršene tvari izražava se količinom raspršenih tvari u jedinici obujma vode (mg/l, g/m³).

Kemijska svojstva su bitni pokazatelji kakvoće otpadnih voda. Obzirom da otpadne vode otapaju mnoge tvari, to se u vodi mogu nalaziti otopljeni ili raspršeni plinovi, otrovne tvari, organske i anorganske tvari te radioaktivne tvari. Pokazatelji koji bitno utječu na kvalitetu otpadne vode su organske tvari, alkalinitet i otopljeni plinovi.

Organske tvari u otpadnim vodama su bjelancevine (40-60 %), ugljikohidrati (25-50 %), masnoće (oko 10 %) te manje količine sintetičkih organskih molekula kao što su površinski aktivne tvari i hlapljive tvari. Biološki razgradivu tvar u vodi koriste mikroorganizmi kao hranu, pri čemu se troši kisik. U vodi u kojoj ima dovoljno otopljenog kisika zbivaju se aerobni postupci razgradnje, a u dijelu vodnog sustava gdje nema otopljenog kisika u vodi, organska tvar se razgrađuje anaerobno. Razgradnjom organske tvari povećava se količina ugljičnog dioksida u vodi što dalje može prouzročiti smanjenje pH vrijednosti i time povećanje iona željeza i mangana. Pokazatelj količine razgradive organske tvari u vodi je "biokemijska potrošnja kisika" (engl. *Biochemical Oxygen Demand*, BOD₅) koja određuje količinu kisika potrebnu za biološku razgradnju organske tvari pomoću mikroorganizama. Potpuna razgradnja organske tvari traje od 21 do 28 dana. Količina kisika potrebna za potpunu razgradnju naziva se ukupni BOD. Za praktične potrebe uveden je pokazatelj "petodnevna biološka potrošnja kisika" BOD₅, koja se odvija pri temperaturi od 20 °C i izražava u mgO₂/l.

Alkalinitet ili kiselost je koncentracija vodikovih iona u vodi. Vrijednost pH u otpadnim vodama koje se ispuštaju van broda prema Prilogu IV MARPOL konvencije mora biti u granicama od šest do devet.

¹⁷ Taložne raspršene čestice su one koje će se u vremenu od 60 minuta istaložiti na dnu posude u obliku stošca zvanog Imhoffov stožac.

Od otopljenih plinova u otpadnim vodama obično se ispituje sadržaj kisika, ugljičnog dioksida i sumporovodika. Veće količine otopljenog kisika u otpadnim vodama čine vodu korozivnom za metale. Ako su količine kisika u vodi male, postoji mogućnost sadržaja većih koncentracija nečistoća. Sadržaj ugljikovog dioksida mjeri se budući da slobodan ugljikov dioksid kod otopljene količine veće od 15 mg/dm^3 djeluje korozivno na metalne konstrukcije. Sumporovodik daje vodi neugodan miris, a prema porijeklu može biti rezultat organske razgradnje.

Mikrobiološki pregled otpadne vode predstavlja jedan od temeljnih pokazatelja kvalitete otpadne vode. Stanje kvalitete otpadne vode u mikrobiološkom smislu utvrđuje se "organizmom pokazateljem". Njegovo postojanje u otpadnim vodama upućuje na to da se u vodi mogu nalaziti patogeni organizmi, odnosno ako ga nema, pretpostavlja se da voda nije onečišćena patogenim organizmima. Kao organizam pokazatelj u mnogim se zemljama primjenjuju koliformi¹⁸ i to kao "ukupni koliformi" i "termotolerantni koliformi" ili "fekalni koliformi". Pod "ukupnim koliformima" razumijevaju se fekalne bakterije kao *Escherichia Coli*, ali i druge koliformne bakterije kao *Enterobacter*, *Providencia* itd. zbog čega se pri utvrđivanju koliformnih bakterija ne može sa sigurnošću reći njihovo porijeklo. Primjenom pokazatelja "termotolerantni koliformi" može se s više sigurnosti utvrditi je li mikrobiološka onečišćenost nastala unošenjem u vodu otpada iz probavnog sustava ljudi i životinja.

Crne vode mogu sadržavati mnoge patogene mikroorganizme¹⁹ koji ugrožavaju zdravlje ljudi, uključujući *Salmonellu*, *Shigellu*, *hepatitis A* i *E* te gastrointestinalne viruse. Onečišćenje otpadnim vodama u kupalištima i staništima školjkaša predstavlja potencijalni rizik za ljudsko zdravlje i okoliš povećanjem stope bolesti induciranih u moru. Školjke se hrane filtriranjem čestica iz mora čime unose visoke koncentracije bakterija i virusa iz morske vode [75]. Školjkaši i drugi morski organizmi često nastanjuju vode s najvećom koncentracijom hranjivih tvari iz organskog otpada te apsorbiraju visoke razine ovih zagađivača. Ispuštanja nepročišćenih ili nedovoljno obrađenih crnih voda s brodova mogu uzrokovati bakterijsku i virusnu kontaminaciju komercijalnih i rekreativnih staništa školjaka, što predstavlja ozbiljne rizike za javno zdravstvo [44].

Netopive tvari iz sanitarnih otpadnih voda nisu otrovne, ali indirektno negativno utječu na morski okoliš jer onemogućavaju prodor svjetla, što smanjuje proizvodnju u ekosustavu, a time i količinu kisika. Također, ugrožavaju dišni sustav viših organizama jer se talože na ribljim škrgama, što smanjuje respiracijske mogućnosti i izaziva uginuće riba [16].

Dovođenjem većih količina otpadnih voda i otpadne tvari, osobito u poluzatvorene i zatvorene vodne sustave, znatno se povećava količina hranjivih soli (dušika i fosfora), a time i primarna produkcija (fitoplankton) na koju se ne nadovezuje potrošnja, što može dovesti do toga da vodni sustav poprimi eutrofno stanje [16]. Povećanje primarne produkcije algi može se

¹⁸ Koliformne bakterije su sastavni dio crijevne flore i u crijevima pridonose normalnoj probavi. Čine veliku skupinu gram-negativnih štapića koji za 48 sati uzgoja u laktoznom bujonu s Durhamovim cjevčicama proizvedu plin pri temperaturi od 35-37 °C.

¹⁹ Mikroorganizmi se prema djelovanju na ljude dijele na: patogene, koji izazivaju različite infektivne bolesti i nepatogene, koji su bezopasni, a neki od njih čak su vrlo korisni u očuvanju zdravlja.

očitovati njihovim naglim rastom, odnosno pojavom poznatom kao cvjetanje mora. Velika količina biljnog materijala nastala cvjetanjem u početku blokira svjetlost bentoskim zajednicama, a svojim tonjenjem i raspadanjem izaziva hipoksiju i anoksiju u donjim slojevima vode. Rezultat je promjena trofičke strukture i dinamike te povećani mortalitet morskih organizama, posebice ukoliko je riječ o cvjetanju toksičnih vrsta. Najugroženiji ovim oblikom onečišćenja su zaljevi, lagune te zatvorena i poluzatvorena mora, a od staništa koraljni grebeni i livade morskih cvjetnica [64].

Kada je 2013-te porastao broj kazni za ispuštanje kaljužnih voda u more bez prethodne obrade, izvješćivanje o tim slučajevima je bilo glavna tema među pomorskim medijima s naglaskom na kumulativni učinak, financijsku i reputacijsku štetu za posao počinitelja. Kao odgovor na ovaj odlučan pristup, industrija je sada daleko više svjesna mogućih posljedica za ilegalno odlaganje kaljužnih otpadnih voda. Međutim, u stvarnosti, posljedice vezane uz sive otpadne vode su daleko teže, ali, što je zanimljivo, ostaju nezamijećene [30].

Spremnici sivih voda sadrže niz onečišćujućih tvari od jakih kemikalija (bjelilo, jake kiseline iz nekih proizvoda za čišćenje koje stvaraju visoku pH vrijednost) ili jakih lužina (uključujući mnoge deterdžente, fosfate, izbjeljivače i reagense koji stvaraju nisku pH vrijednost) do ulja i masti, suspendiranih tvari i organskih čestica. Osim toga, odmašćivači, koji se mogu naći u tekućinama za pranje i sapunima, skidaju prirodna ulja s ribljih škrga, otežavajući im disanje [63]. Istraživanja su dokazala kako netretirane sive vode sadrže jednake ili čak veće količine bakterija i suspendirane tvari od crnih voda tretiranih brodskim sanitarnim uređajima [37].

Iz svega navedenog, može se zaključiti da sanitarne otpadne vode s brodova za kružna putovanja onečišćuju more što potvrđuje PH 3.

Sredozemno more je posebno osjetljivo jer ima vrlo sporu moć obnove od minimalno 25 godina za izmjenu vode u bazenu. Luke i obalna područja su najranjivija budući da imaju sporiju cirkulaciju nego otvoreno more [63].

U *Studiji održivog razvoja kruzning turizma* Instituta za turizam RH-a dan je niz preporuka vezanih za zaštitu okoliša od negativnog utjecaja brodova za kružna putovanja. Izdvojene su one koje se odnose na sanitarne otpadne vode [46]:

- 1) Preporuka 1. Osnaživanje lučkih uprava za upravljanje otpadom, otpadnim vodama i energijom. Ovom preporukom se predlaže lučkim upravama predviđanje investicija vezanih uz preuzimanje sanitarnih otpadnih voda u lukama jer bi takve investicije mogle biti samoisplative.
- 2) Preporuka 2. Unaprjeđenje i bolja koordinacija zakonodavne i izvršne vlasti. Krajnji cilj ove preporuke je zabrana svih vrsta ispuštanja, uz omogućavanje kruzerima adekvatnog prihvata otpada, otpadnih voda i drugih tvari. Problem se javlja pri izradi, provedbi i nadzoru zakona te propisa MARPOL konvencije pa se predlaže moguće rješenje u izradi novog zakonskog akta ili pravilnika.

- 3) Preporuka 3. Uvođenje principa "zagađivač plaća". Cilj ove preporuke je uvođenje fonda za potporu službi zaduženih za prihvrat i nadzor kruzera koji bi se punio putem naknada kruzera.
- 4) Preporuka 4. Kvalitetniji nadzor kretanja kruzera. Ovom se preporukom predlaže uspostavljanje strogog i stalnog nadzora kruzera kroz nadzor brodskih dnevnika te izravno izvještavanje o aktivnostima na brodu, stanju opreme, upravljanju otpadnim vodama i ostalim otpadima.

4. MEĐUNARODNI I NACIONALNI PRAVNI PROPISI

Propisima o ispuštanju otpadnih voda s brodova propisuju se granične vrijednosti pokazatelja kakvoće otpadne vode koja se smije ispuštati u morski okoliš. Međunarodna pomorska organizacija (engl. *International Maritime Organization*, dalje: IMO) je jedina organizacija koja ima međunarodnu pravnu regulativu, odnosno sve zemlje potpisnice njenih konvencija dužne su implementirati odredbe i preporuke konvencije u svoje zakone. Međutim, svaka država, ukoliko smatra potrebnim, ima pravo odredbe konvencije postrožiti. U daljnjim poglavljima razmotrit će se propisi IMO-ve MARPOL konvencije, drugih relevantnih područja te Republike Hrvatske.

4.1. Prilog IV MARPOL konvencije – Pravila o sanitarnim otpadnim vodama

MARPOL konvencija, odnosno Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja mora s brodova usvojena je 1973. godine u Londonu. Ona predstavlja temeljni preventivni međunarodni pravni akt o zaštiti morskog okoliša s brodova. Temeljna je svrha MARPOL konvencije spriječiti onečišćenja mora s brodova, bez obzira je li isto posljedica izvanrednih događaja ili redovitih operacija broda. Konvencija iz 1973. dopunjena je i proširena Protokolom iz 1978. – MARPOL 73/78 i tako izmijenjena stupila je na snagu 1983. Uz osnovni tekst, Konvencija sadrži šest sljedećih priloga:

- Prilog I. – Pravila o sprječavanju onečišćenja mora uljem,
- Prilog II. – Pravila o sprječavanju onečišćenja mora štetnim tekućim tvarima koje se prevoze u rasutom stanju,
- Prilog III. – Pravila o sprječavanju onečišćenja štetnim tvarima koje se prevoze pakirane,
- Prilog IV. – Pravila o sanitarnim otpadnim vodama,
- Prilog V. – Pravila o onečišćenju smećem,
- Prilog VI. – Pravila za onečišćenje zraka s brodova.

Svi navedeni tehnički prilozi MARPOL konvencije stupili su na snagu. Države potpisnice MARPOL konvencije obvezne su primjenjivati prva dva priloga. Ostali prilozi nisu obvezni. Treba naglasiti da je Prilozima I. i II. pokriveno oko 99 % svjetske trgovačke flote. Republika Hrvatska potpisnica je MARPOL konvencije temeljem notifikacije o sukcesiji od 8. listopada 1991.

Međunarodna pomorska organizacija (*International Maritime Organization* – IMO) svojom konvencijom MARPOL 73/78 u Prilogu IV donosi pravila o sprječavanju onečišćenja fekalijama s brodova. Pritom propisuje uvjete pod kojima se brodske sanitarne otpadne vode mogu ispuštati u more te koje i kakve uređaje brod treba imati da bi se sanitarne otpadne vode mogle ispuštati u more.

Prilog IV obvezuje samo države koje su ga prihvatile, a primjenjuje se od 27. rujna 2003. Prilog je do sada prihvatilo 138 država s 90,96 % tonaže svjetske trgovačke flote (stanje u svibnju 2016.) [90]. Odredbe ovog Priloga primjenjuju se na sve brodove koji obavljaju međunarodna putovanja, a veći su od 400 BT i na brodove manje od 400 BT koji su ovlašteni prevoziti više od 15 osoba.

Svaki brod za koji se zahtijeva udovoljavanje odredbama ovog Priloga mora se podvrgnuti osnovnom pregledu²⁰, redovnom pregledu u rokovima koje određuje Uprava i koji ne smiju biti dulji od pet godina te dodatnom pregledu, općem ili djelomičnom, kada su obavljani važniji popravci ili obnove. Nakon takvih pregleda brodu se izdaje Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja mora fekalijama. Svjedodžbu mora imati svaki brod koji obavlja putovanja do luka ili od obalnih terminala pod vlašću drugih stranaka ugovornica Konvencije.

Prema odredbama ovog Priloga, svaki brod mora biti opremljen jednim od sljedećih sustava fekalija [84]:

- 1) postrojenjem za biološko-kemijsku obradu fekalija takvog tipa kojeg je odobrila Uprava, uzimajući u obzir Standarde, ili
- 2) sustavom za usitnjavanje i dezinficiranje fekalija sa sabirnim spremnikom za prikupljanje fekalija (kada je brod manje od tri nautičke milje od najbližeg kopna) i naknadno ispuštanje u more u određenim dopuštenim područjima; ili
- 3) sabirnim spremnikom za zadržavanje svih fekalija, uzimajući u obzir rad broda, broj osoba na brodu i druge odgovarajuće čimbenike. Spremnik također mora imati sredstva koja će vidno pokazivati sadržanu količinu.

Pridržavajući se odredaba ovog Priloga, ispuštanje fekalija u more je zabranjeno, osim kada [84]:

- 1) brod ispušta izmrvljene i dezinficirane fekalije upotrebom sustava koji je odobrila Uprava, na udaljenosti većoj od tri nautičke milje od najbližeg kopna²¹ ili fekalije koje nisu smrvljene i dezinficirane na udaljenosti većoj od 12 nautičkih milja od najbližeg kopna, pod uvjetom da, u svakom slučaju, fekalije koje su smještene u tanku za pohranu ne budu odjednom ispuštene, nego u manjim količinama dok brod plovi brzinom od najmanje 4 čvora ili
- 2) brod ima u radu odobreno postrojenje za obradu fekalija za koje je Uprava utvrdila da udovoljava prethodnim radnim zahtjevima (vidi: Rezolucija MEPC.159(55)) i da su rezultati ispitivanja uređaja navedeni u Međunarodnoj svjedodžbi o sprječavanju onečišćenja fekalijama i, k tome, da u izljevu nema vidljivih plutajućih krutih tijela niti izaziva promjenu boje u okolnoj vodi.

²⁰ Osnovni pregled obavlja se prije stavljanja broda u službu i mora biti takav da osigura da struktura, oprema, sustavi, pribori, uređaji i materijal u potpunosti udovoljavaju zahtjevima ovog Priloga.

²¹ Izraz "od najbližeg kopna" znači od osnovne linije od koje se utvrđuje teritorijalno more određenog područja u skladu s međunarodnim pravom.

Međunarodni odbor za zaštitu morskog okoliša (engl. *Maritime Environmental Protection Committee*, dalje: MEPC) dopunjava Prilog IV. MARPOL konvencije svojim rezolucijama MEPC.157(55), MEPC.159(55), MEPC 200(62) i MEPC.227(64).

Rezolucija MEPC.157(55) - Preporuke za standarde maksimalne brzine ispuštanja neobrađenih fekalnih voda s brodova

Rezolucija MEPC.157(55) - Preporuke za standarde maksimalne brzine ispuštanja neobrađenih fekalnih voda s brodova (engl. *Recommendation on Standards for the Rate of Discharge of Untreated Sewage from Ships*), usvojena je 13. listopada 2006. god. U njoj se definira standard za maksimalnu brzinu ispuštanja neobrađenih fekalnih voda²² prema sljedećem izrazu [85]:

$$DR_{max} = 0,00926 \cdot V \cdot D \cdot B \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (1)$$

gdje je:

DR_{max} – maksimalna brzina ispuštanja fekalnih voda;

V – prosječna brzina broda tijekom planiranog perioda ispuštanja [čv];

D – gaz broda [m] te

B – širina broda [m].

Maksimalna brzina ispuštanja ne smije biti prekoračena za više od 20 % u jedinici vremena (sat). Uprava će svakom brodu odobriti maksimalnu brzinu ispuštanja na temelju maksimalnog ljetnog gaza broda i maksimalne brzine broda. Pri smanjenoj brzini i/ili gazu preporuča se i smanjenje brzine ispuštanja kako bi se zadovoljila prethodna jednadžba.

Brodovima sa znatnim zahtjevima za ispuštanje fekalnih voda, kao što su putnički brodovi i brodovi za prijevoz žive stoke, savjetuje se vođenje evidencije o proračunima i uvjetima za ispuštanje fekalnih voda kako bi mogli dokazati usklađenost sa standardima. Za takve brodove također se mogu odobriti i dodatne dopuštene brzine ispuštanja fekalnih voda, u ovisnosti o brzini i gasu, kao što je prikazano na primjeru u tablici 6.

Tablica 6. Primjer dopuštenih brzina ispuštanja fekalnih otpadnih voda od strane Uprave za putnički brod [85]

brzina ispuštanja [m^3/h]					
brzina [čv]	4	6	8	10	12
gaz [m]					
5	4,63	6,94	9,26	11,57	13,89
6	5,56	8,33	11,11	13,89	16,67
7	6,48	9,72	12,96	16,20	19,45
8	7,41	11,11	14,82	18,52	22,22
9	8,33	12,50	16,67	20,83	25,00

²² Standard za brzinu ispuštanja otpadnih voda ne uključuje mješavinu sa sivim otpadnim vodama, već isključivo neobrađene crne vode – fekalije.

Rezolucija MEPC.200(62)– Baltičko more, posebno područje unutar Priloga IV MARPOL konvencije

Rezolucija MEPC.200(62) s naslovom Izmjene i dopune Priloga MARPOL konvencije iz 1973. (engl. *Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973*) i podnaslova Odredbe o posebnom području i imenovanje Baltičkog mora posebnim područjem unutar Priloga IV MARPOL konvencije (engl. *Special Area Provisions and the Designation of the Baltic Sea as a Special Area under MARPOL Annex IV*) donesena je u srpnju 2011., a stupila je na snagu početkom 2013. godine. Izmjene se odnose na predstavljanje Baltičkog mora kao posebnog područja unutar Priloga IV i dopune novim zahtjevima²³ za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda za posebna područja.

Ispuštanje fekalnih voda s putničkih brodova u posebnim područjima Priloga IV bit će zabranjeno od 1. siječnja 2016. godine za nove putničke brodove te od 1. siječnja 2018. godine za postojeće putničke brodove ukoliko sve države koje izlaze na Baltičko more zadovolje sljedeće zahtjeve [87]:

- 1) objekti za prihvatanje otpadnih voda nalaze se u svim lukama i terminalima na koje pristaju putnički brodovi u Baltičkom moru;
- 2) takvi objekti su adekvatnog kapaciteta da zadovolje potrebe putničkih brodova;
- 3) objekti rade tako da putničkim brodovima ne uzrokuju dodatno zadržavanje u luci/terminalu.

Rezolucija MEPC.159(55) – Revidirane smjernice o standardima ispuštenih otpadnih voda iz postrojenja za pročišćavanje i standardima testiranja njihovih performansi

IMO-ov Međunarodni odbor za zaštitu morskog okoliša (MEPC) usvojio je 1976. godine Rezoluciju o međunarodnim standardima ispuštenih otpadnih voda i smjernicama za testiranje performansi postrojenja za pročišćavanje (engl. *Recommendation on International Effluent Standards and Guidelines for Performance Tests for Sewage Treatment Plants*). U listopadu 2006. MEPC donosi revidirane smjernice u obliku Rezolucije MEPC.159(55) s naslovom Revidirane smjernice o standardima ispuštenih otpadnih voda iz postrojenja za pročišćavanje i standardima testiranja njihovih performansi (engl. *Revised Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants*). Revidirane smjernice odnose se na sva postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koja će biti instalirana na brodove nakon 1. siječnja 2010.

Kako bi dobilo tipno odobrenje Uprave, postrojenje za obradu sanitarnih otpadnih voda ili za obradu fekalija mora udovoljiti sljedećim standardima [86]:

- 1) Standard o termotolerantnim koliformima (engl. *Thermotolerant Coliform*)
 - Geometrijska sredina u uzorcima iz testiranog perioda ne smije prelaziti 100 termotolerantnih koliforma/100 ml.

²³ Vidi rezolucije 159(55) i 227(64)

- Metode testiranja: membransko filtriranje, višestruka fermentacija ili ekvivalentna analitička metoda.
- 2) Standard o ukupnoj količini suspendirane tvari (engl. *Total Suspended Solids*, dalje: TSS)
 - Geometrijska sredina TSS-a u uzorcima iz testiranog perioda ne smije prelaziti 35 mg/l.
 - Kada se postrojenje testira na brodu, maksimalni broj koji predstavlja TSS može se prilagoditi uzimanjem u obzir suspendirane tvari sadržane u vodi za ispiranje. Uprava će predvidjeti dovoljno testova vode za ispiranje kroz cijeli period testiranja kako bi se pronašla geometrijska sredina TSS-a u vodi za ispiranje (vrijednost x). Dakle, u slučaju testiranja postrojenja na brodu, TSS ne smije prelaziti vrijednost $35+x$ mg/l.
 - Metode testiranja: filtracija uzorka kroz membranski filter veličine 0,45 μm , sušenje na 105 $^{\circ}\text{C}$ i vaganje; centrifuga uzorka (minimalno pet minuta sa srednjom brzinom od 2800-3200 g), sušenje na 105 $^{\circ}\text{C}$ i vaganje ili druga međunarodno priznata metoda testiranja.
- 3) Biokemijska potrošnja kisika (engl. *Biochemical Oxygen Demand*, dalje: BOD) i kemijska potrošnja kisika (engl. *Chemical Oxygen Demand*, dalje: COD)
 - Postrojenje bi trebalo biti dizajnirano da reducira i topljive i netopljive organske tvari kako bi zadovoljilo kriterije za BOD i COD.
 - Geometrijska sredina petodnevnog biokemijske potrošnje kisika (dalje: BOD₅) u uzorcima iz testiranog perioda ne smije prelaziti 25 mg/l.
 - Geometrijska sredina COD-a u uzorcima iz testiranog perioda ne smije prelaziti 125 mg/l.
 - Metode testiranja: ISO standard 15705:2002 za COD i ISO standard 5815-1:2003 za BOD₅ ili druga međunarodno priznata metoda testiranja.
- 4) pH vrijednost
 - pH vrijednost u uzorcima iz testiranog perioda mora biti 6-8,5.
- 5) Vrijednosti koje iznose nula ili nisu detektirane
 - Za termotolerantne koliforme, vrijednosti koje iznose nula trebaju biti zamijenjene s vrijednošću 1 termotolerantni koliform/100 ml kako bi se omogućilo računanje geometrijske sredine.
 - Za TSS, COD i BOD₅, vrijednosti ispod granica detektiranja trebaju biti zamijenjene s polovinom minimalne vrijednosti koju uređaj može detektirati kako bi se omogućilo računanje geometrijske sredine.

Kada se postrojenje testira na kopnu, Osnovni pregled treba uključivati instalaciju i upućivanje u rad te testiranje performansi na brodu.

Vrijeme perioda testiranja treba iznositi minimalno deset dana. Testiranje treba obuhvaćati sva opterećenja postrojenja: minimalno, prosječno te maksimalno opterećenje.

Uprava bi trebala razmotriti snimanje i drugih parametara uz one zahtijevane (TSS, termotolerantni koliformi, COD, BOD₅, pH i klor) s ciljem budućeg tehnološkog razvoja. Parametri koji se mogu uzeti u razmatranje su: ukupne čvrste tvari, hlapljive čvrste tvari,

taložne suspendirane tvari, mutnoća, ukupni fosfor, ukupni organski ugljik, ukupni koliformi i fekalni streptokoki.

Zbog negativnog utjecaja ostataka dezinfekcijskih sredstava u pročišćenoj vodi, preporuča se upotreba ultraljubičastog zračenja kao dezinfekcijskog sredstva. Međutim, ukoliko se klor koristi za dezinfekciju, njegov ostatak u pročišćenoj vodi treba biti ispod vrijednosti od 0,5 mg/l.

Rezolucija MEPC.227(64) – Smjernice iz 2012. o provedbi standarda za ispuštene otpadne vode i testiranja performansi postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda

Rezolucija MEPC.227(64) – Smjernice iz 2012. o provedbi standarda za ispuštene otpadne vode i testiranja performansi postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (engl. *2012 Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants*, dalje: Smjernice iz 2012.) odnosi se na posebno područje Baltičkog mora i zapravo zamjenjuje Rezoluciju MEPC.159(55). Donesena je 5. listopada 2012. godine. Standardi koje propisuje su zapravo isti kao u rezoluciji MEPC.159(55), osim što su za posebno područje Baltičkog mora uvedeni dodatni zahtjevi za putničke brodove. Ova pravila odnose se na sve nove brodove koji namjeravaju ispuštati obrađene otpadne vode od 1. siječnja 2016. i na sve postojeće brodove od 1. siječnja 2018. godine. U daljnjem tekstu navedene su sve izmjene i dopune.

Kako bi se zadovoljili standardi kvalitete ispuštene otpadne vode, postrojenja se ne bi trebala oslanjati samo na razvodnjavanje otpadnih voda. Gdje je razvodnjavanje potrebno za normalan rad postrojenja, granice za ispuštanje nečistoća [mg/l] trebaju se podesiti koristeći kompenzacijski faktor razvodnjavanja Q_i/Q_e kako bi se u obzir uzelo razvodnjavanje Q_d , gdje je Q_i ulaz u postrojenje, odnosno tekućina koja sadrži crne i sive vode, a Q_e izlaz iz postrojenja, odnosno pročišćena otpadna voda. Kada se govori o postotnom smanjenju, geometrijska sredina dnevnog postotnog smanjenja (engl. *Daily Percentage Reduction*, dalje: PR_n) računa se prema izrazu (2), dok se ukupni postotak smanjenja tijekom cijelog perioda testiranja (engl. *Overall Percentage Reduction*, dalje: PR) dobiva prema izrazu (3).

$$PR_n = \frac{\left(\frac{(Q_i)_n \cdot \sqrt[s]{(C_i)_1 \cdot (C_i)_2 \cdots (C_i)_s}}{1000} \right)_n - \left(\frac{(Q_e)_n \cdot \sqrt[s]{(C_e)_1 \cdot (C_e)_2 \cdots (C_e)_s}}{1000} \right)_n}{\left(\frac{(Q_i)_n \cdot \sqrt[s]{(C_i)_1 \cdot (C_i)_2 \cdots (C_i)_s}}{1000} \right)_n} \quad (2)$$

$$PR = \sqrt[n]{PR_1 \cdot PR_2 \cdots PR_n} \cdot 100 \quad (3)$$

gdje je:

Q_i – ulaz u postrojenje, odnosno tekućina koja sadrži crne i sive vode [l/dan],

Q_e – izlaz iz postrojenja, odnosno pročišćena otpadna voda [l/dan],

C_i – geometrijska sredina koncentracije ulaza u postrojenje [mg/l],

C_e – geometrijska sredina koncentracije izlaza iz postrojenja [mg/l],

n – redni broj testnog dana u periodu uzorkovanja i

s – broj uzoraka sakupljenih u testnom danu.

Kako bi dobilo tipno odobrenje Uprave za ispuštanje u posebnom području Baltičkog mora, postrojenje za obradu sanitarnih otpadnih voda ili za obradu fekalija mora udovoljiti dodatnim standardima [40]:

1) Standard uklanjanja dušika i fosfora

- Ukupni dušik²⁴: $20 \cdot Q_i/Q_e$ mg/l ili minimalno 70 postotno smanjenje.
- Ukupni fosfor: $1 \cdot Q_i/Q_e$ mg/l ili minimalno 80 postotno smanjenje.
- Metode testiranja: ISO standard 29441:20010 za dušik i ISO standard 6878:2004 za fosfor ili druga međunarodno priznata metoda testiranja.

Ukupni standardi za ishodovanje tipnog odobrenja postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda prikazani su u tablici 7.

Tablica 7. Standardi za tipno odobrenje postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda prema Rezoluciji MEPC.227(64) MARPOL konvencije [88]

čimbenik	mjerna jedinica	Prilog IV do 3 M	Prilog IV Baltičko more
termotolerantni koliformi	/ml	100	100
TSS	mg/l	$35 \cdot Q_i/Q_e$	$35 \cdot Q_i/Q_e$
BOD ₅	mg/l	$25 \cdot Q_i/Q_e$	$25 \cdot Q_i/Q_e$
COD	mg/l	$125 \cdot Q_i/Q_e$	$125 \cdot Q_i/Q_e$
pH vrijednost		6 – 8,5	6 – 8,5
dušik	mg/l	/	$20 \cdot Q_i/Q_e$ ili 70 % smanjenje
fosfor	mg/l	/	$1 \cdot Q_i/Q_e$ ili 80 % smanjenje
klor	mg/l	0,5	0,5

MEPC 8. kolovoza 2014. dobiva dopis Međunarodne udruge brodara brodova za kružna putovanja (engl. *Cruise Lines International Association*, dalje: CLIA) s naslovom Nedostupnost postrojenja za obradu otpadnih voda koje može udovoljiti zahtjevima za dobivanje tipnog odobrenja Uprave zbog nemogućnosti udovoljavanja standardima uklanjanja dušika i fosfora (engl. *Non-availability of type approved sewage treatment plants to meet the nitrogen and phosphorus removal standards*) te ih poziva na Razmatranje standarda za uklanjanje dušika i fosfora u Smjernicama iz 2012. (engl. *Review of Nitrogen and Phosphorus Removal Standards in the 2012 Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants*).

CLIA tvrdi da bi vrijeme prilagodbe trebalo biti produženo jer i postrojenja koja imaju potencijal udovoljavanja standardima za uklanjanje dušika i fosfora, budući da su instalirana s dodatnim kapacitetom u sabirnim spremnicima u cilju dodatnog uklanjanja štetnih tvari, ipak

²⁴ Ukupni dušik predstavlja: organski dušik, amonijski dušik, dušikov nitrat i dušikov nitrit.

moraju proći određene modifikacije (postavljanje cjevovoda, crpki, kompresora, sustava prozračivanja...) prije testiranja za mogućnost dobivanja Tipnog odobrenja.

CLIA predlaže da se Smjernice iz 2012. vezane uz standarde uklanjanja dušika i fosfora izmijene kako bi odgovarale ograničenjima za stacionarna kopnena postrojenja kapaciteta 300 – 2000 osoba:

- ukupni dušik: 35 mg/l ili minimalno 30 postotno smanjenje.
- ukupni fosfor: 2 mg/l ili minimalno 70 postotno smanjenje.

4.2. Pravni propisi Sjedinjenih Američkih Država

Pravni propisi SAD-a vezani uz ispuštanje sanitarnih otpadnih voda regulirani su federalnim i državnim zakonima. Federalni zakon koji obuhvaća onečišćenja svih voda, pa tako i mora, je Zakon o čistoj vodi. Za područje Aljaske, kao posebnog područja SAD-a, izglasan je i federalni zakon koji uključuje Poglavlje XIV sa strožim zahtjevima za ispuštene otpadne vode. Također, država Aljaska izglasala je nekoliko državnih propisa vezanih za kruzere o čemu će biti riječi u daljnjem tekstu.

Zakon o čistoj vodi

Osnove Zakona o čistoj vodi donesene su 1948. pod imenom Federalni zakon zaštite vode od onečišćenja (engl. *Federal Water Pollution Control Act*), ali je dopunjen 1972. i od tada je poznat kao Zakon o čistoj vodi (engl. *Clean Water Act*, dalje: CWA). CWA uspostavlja osnovnu strukturu za regulaciju ispuštanja onečišćujućih tvari u vode SAD-a te regulira standarde kvalitete za površinske vode. Unutar Zakona o čistoj vodi EPA postavlja standarde kvalitete ispuštene otpadne vode, a Američka obalna straža (*United States Coast Guard*, dalje: USCG) se brine o certificiranju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i inspekciji brodova.

U odjeljku 312. Zakona o čistoj vodi zabranjeno je svako ispuštanje unutar 3 milje, osim ukoliko brod posjeduje certificiran brodski sanitarni uređaj (engl. *Marine Sanitation Device*, dalje: MSD). Zakon o čistoj vodi razlikuje 3 tipa uređaja [75]:

- MSD tip 1: protočni uređaji koji koriste natapanje i dezinfekciju za tretiranje fekalija. Može se koristiti samo na brodovima manjim od 20 m dužine. EPA postavlja sljedeće zahtjeve za ovakve uređaje: ispuštena otpadna voda ne smije premašiti 1000 fekalnih koliforma u 100 ml vode te ne smije sadržavati vidljive plutajuće krutnine.
- MSD tip 2: protočni uređaji koji koriste biološki tretman i dezinfekciju za tretiranje fekalija. Rijetki koriste natapanje i dezinfekciju. Može se koristiti na brodovima svih veličina. EPA postavlja sljedeće zahtjeve za ovakve uređaje: ispuštena otpadna voda ne smije premašiti 200 fekalnih koliforma u 100 ml vode, a TSS ne smije preći 150 mg/l.
- MSD tip 3: sabirni spremnici u kojima se pohranjuju crne vode dok se ne predaju u prihvat na kopno ili ispuste u more (van pojasa 3 M).

Postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda (engl. *Advanced Wastewater Treatment*, dalje: AWT) također ulaze u MSD tip 2. Zbog velikih razlika u performansama USCG sustave za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda naziva "tradicionalni MSD tip 2" dok postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda naziva „AWT MSD tip 2“ ili samo AWT.

U odjeljku 312. postoji još jedan način rješavanja brodskih crnih voda i to uspostavljanjem Zona zabrane ispuštanja (engl. *No-discharge Zones*, dalje: NDZs). Svaka država u SAD-u može zabraniti ispuštanje tretiranih i netretiranih crnih voda s brodova unutar 3 milje. Država treba uputiti zahtjev EPA-i unutar jedne od 3 kategorije: NDZ temeljen na povećanoj potrebi za zaštitom okoliša; NDZ za osjetljiva područja koja imaju utvrđenu posebnu važnost zaštite okoliša (npr. koraljni grebeni, staništa školjki itd.); NDZ za područja koja služe za snabdijevanje pitkom vodom. Trenutačno je uz Aljasku još 19 država SAD-a odlučilo dodatno zaštititi svoja vodna područja uspostavljanjem zona zabrane ispuštanja, pri čemu je osam država zaštitilo sva vodna područja na svom teritoriju, a njih jedanaest je zaštitilo samo dijelove svojih vodnih područja [93].

Poglavlje XIV

Kvaliteta ispuštenih otpadnih voda s kruzera bila je pitanje javnog interesa u Aljasci od 90-ih godina prošlog stoljeća. Novi federalni zakoni izašli su u 2000. i 2001. godini kao rezultat uzorkovanja ispuštenih otpadnih voda i indikacija da uređaji za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda ne rade dobro. Ovi zakoni regulirali su granice nečistoća koje smiju sadržavati crne i sive otpadne vode.

U prosincu 2000. izlazi Poglavlje XVI (engl. *Title XIV*) kao dio federalnog zakona 33 U.S.C. § 1901 koji postavlja dodatne zahtjeve za kvalitetu ispuštene otpadne vode na području Aljaske s kruzera koji su autorizirani prevoziti 500 i više putnika. Poglavlje XIV zahtijeva da ispuštene otpadne vode unutar 1 M od kopna ili ukoliko brod plovi brzinom manjom od 6 čv moraju zadovoljavati sljedeće standarde [75]:

- Fekalni koliformi: geometrijska sredina uzoraka u bilo kojem 30-dnevnom periodu ne smije prelaziti 20 koliforma/100 ml, pri čemu manje od 10 % uzoraka prelazi 40 koliforma/100 ml;
- Klor: ukupni ostatak klora ne smije prelaziti 10,0 µg/l;
- BOD₅: aritmetička sredina u bilo kojem 30-dnevnom periodu ne smije prelaziti 30 mg/l, aritmetička sredina u bilo kojem 7-dnevnom periodu ne smije prelaziti 45 mg/l, srednja vrijednost postotnog smanjenja u bilo kojem 30-dnevnom periodu mora biti min. 85 %;
- TSS: aritmetička sredina u bilo kojem 30-dnevnom periodu ne smije prelaziti 30 mg/l, aritmetička sredina u bilo kojem 7-dnevnom periodu ne smije prelaziti 45 mg/l, srednja vrijednost postotnog smanjenja u bilo kojem 30-dnevnom periodu mora biti min. 85 %;
- pH vrijednost: 6-9.

Izvan zone 1 M kada putuju brzinom većom od 6 čv brodovi moraju zadovoljiti standarde MSD tip 2 (maksimalno 200 fekalnih koliforma u 100 ml vode, za TSS 150 mg/l).

U kolovozu 2006. birači Aljaske odobrili su Glasačku mjeru 22 (engl. *Ballot Measure 22*) koja uvodi nove standarde i zahtjeve za uzorkovanje svim kruzerima u plovidbi na području Aljaske. U kolovozu 2008. EPA uspostavlja Generalnu dozvolu za ispuštanje (engl. *Vessel General Discharge Permit*, dalje: VGP). Za crne i sive vode s kruzera VGP zahtijeva dostizanje standarda sekundarnog čišćenja za ispuštenu otpadnu vodu s kopna te dodatne standarde za ostatke bakterija i klora [71].

Država Aljaska 2010. uspostavlja svoju dozvolu za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda pod nazivom Ispuštanje pročišćenih crnih i sivih voda s putničkih brodova u plovidbi Aljaskom (engl. *Marine Discharge of Treated Sewage and Treated Graywater from Commercial Passenger Vessels Operating in Alaska*, dalje: 2010 GP), a dvije godine kasnije, 2014. obnavlja i nadopunjuje dozvolu pod nazivom Generalna dozvola za ispuštanje otpadnih voda s velikih putničkih brodova (engl. *Large Commercial Passenger vessel Wastewater Discharge General Permit*, dalje: 2014 GP) koja stupa na snagu 29. kolovoza 2014. [72]. U tablici 8 dana je usporedba propisa za ispuštanje otpadnih voda u SAD-u s obzirom na područje plovidbe te povijesni osvrt evolucije standarda.

Tablica 8. Usporedba propisa za ispuštanje otpadnih voda u SAD-u s obzirom na područje plovidbe te povijesni osvrt evolucije standarda [22][71][72][75]

SAD	SAD	Aljaska - Poglavlje XIV		2010 GP - Aljaska		2014 GP - Aljaska		
	unutar 3 M brzinom preko 6 čv	izvan 1 M brzinom preko 6 čv	unutar 1 M	brodovi u plovidbi	kontinuirano ispuštanje	svi brodovi (bez zone miješanja)	brodovi s brzinom većom od 6 čv ¹	brodovi s brzinom manjom od 6 čv ²
parametar	[mjesečni prosjek / 7-dnevni prosjek]			[mjesečni prosjek / dnevni maksimum]		[mjesečni prosjek / dnevni maksimum]		
fekalni koliformi [FK/100 ml]	200	200	20/40	14/43		14/40		
BPK ₅ [mg/l]	-/-	-/-	30/45, 85% smanjenje	30/60		30/60		
pH	-/-	-/-	6,0 - 9,0	6,5 - 9,0		6,0 - 9,0		
TSS [mg/l]	150	150	30/45, 85% smanjenje	-/150		30/150		
ostatak klora [µg/l]	-/-	-/-	10 ¹	-/10	-/10	-/7,5	-/10	-/10
amonijak [mg/l]	-/-	-/-	-/-	12 - 143	12 - 28	-/-	-/160	-/78
otopljeni bakar [µg/l]	-/-	-/-	-/-	10 - 133	10 - 87	-/-	-/-	-/77
otopljeni nikal [µg/l]	-/-	-/-	-/-	10 - 63	10 - 63	-/-	-/-	-/-
otopljeni cink [µg/l]	-/-	-/-	-/-	112 - 395	112 - 395	-/-	-/-	-/-

¹ sa zonom miješanja dužine 63 m, širine 5 m i dubine do 1 m ispod površine

² sa zonom miješanja radijusa 83 m ili 15 m (dokovi Ore i Broadway u Skagwayu) i dubine do 1 m ispod površine

4.3. Pravni propisi Republike Hrvatske

Ovlasti hrvatskih ministarstava povezane s aktivnošću brodova za kružna putovanja:

- Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka je odgovorno za onečišćenja s plovila (između ostalog i za primjenu MARPOL konvencije),
- Ministarstvo kulture zaduženo je za zaštićena područja (nacionalni parkovi, parkovi prirode, zoološki rezervati, zaštićena morska područja),
- Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja mjerodavno je za pitanja povezano s onečišćenjem zraka, opasnim otpadom i komunalnim otpadom,
- Ministarstvo poljoprivrede i vodnog gospodarstva zaduženo je za kopnene vode, ali u perspektivi i za dio mora,
- Ministarstvo zdravstva i Ministarstvo gospodarstva skrbe za opasne tvari.

Ministarstva trebaju implementirati preporuke o zabrani ispuštanja i odlaganja u more otpada, pepela, sivih i crnih otpadnih voda, opasnih tvari itd.

Hrvatski registar brodova (HRB) je neovisna, neprofitna, prema općem dobru usmjerena javna ustanova. Osnovni zadatak HRB-a, na polju klasifikacije i statutarne certifikacije, jest promicati najviše međunarodno prihvaćene norme u svezi sigurnosti i zaštite života i imovine na moru i unutarnjim plovnim putovima, kao i zaštite okoliša mora i unutarnjih plovnih putova.

U Pomorskom zakoniku iz 2013. godine u trećem dijelu „Sigurnost plovidbe i zaštita od onečišćenja pomorskih objekata“ donose se zakoni vezani i za ispuštanje otpadnih voda. U daljnjem tekstu dani su najvažniji članci vezani za tu vrstu onečišćenja.

Zabranjuje se u more i na morsku obalu ispuštati i odbacivati kruti i tekući otpad, zauljene vode, fekalije i ostatke tereta s pomorskog objekta, kao i sve druge tvari koje onečišćuju more, zrak ili obalu. Detaljan propis o zaštiti od onečišćenja morskog okoliša s pomorskih objekata te provođenju istraga onečišćenja mora donosi ministar pomorstva prometa i infrastrukture. [97].

Plovni i plutajući objekti mogu prazniti spremišta krutog i tekućeg otpada, zauljenih voda, fekalija i ostataka tereta s broda, kao i svih drugih tvari koje onečišćuju more i obalu samo na mjestima u luci ili izvan nje gdje postoje uređaji za prihvatanje ovih tvari. Zapovjednik broda, osim ribarskog i javnog broda, dužan je lučkoj upravi, lučkoj kapetaniji i koncesionaru luke posebne namjene dostaviti informacije o brodskom otpadu koje se moraju nalaziti na brodu najmanje do sljedeće luke i moraju biti dostupne za inspekciju [97].

Zapovjednik broda je prije isplovljenja iz luke dužan predati sav brodski otpad u lučke prihvatne uređaje. Iznimno, brod može isploviti bez predaje brodskog otpada ako iz informacije dostavljene o brodskom otpadu proizlazi da je kapacitet za prikupljanje otpada na brodu dostatan za sav brodski otpad koji je prikupljen ili će biti prikupljen na planiranom putovanju do luke u kojem će biti predan. Ako lučka kapetanija utvrdi da bi zbog nepostojanja adekvatnih prihvatnih uređaja u luci u kojoj je brod namjeravao iskrcati otpad ili kada je ta

luka nepoznata moglo doći do pražnjenja spremišta u more tijekom plovidbe, naredit će zapovjedniku plovnog ili plutajućeg objekta da prije isplovljenja iz luke ta spremišta isprazni. Ako ne isprazni spremišta otpadnih ulja, talog, ostatke tereta ili druge tvari, lučka kapetanija može mu zabraniti isplovljenje iz luke. Ostaci tereta mogu se predati samo u lučke prihvatne uređaje, sukladno odredbama Međunarodne konvencije o sprječavanju zagađivanja mora s brodova, kako je izmijenjena i dopunjena (MARPOL 73/78) [97].

Zapovjednik pomorskog objekta iz članka 49.a ovoga Zakona koji onečisti more, zrak ili obalu ili primijeti onečišćenje dužan je bez odgađanja izvijestiti Ministarstvo. Po dojavi o onečišćenju mora, Ministarstvo je dužno odmah izvršiti očevid, utvrditi stanje, istražiti sve okolnosti zbog kojih je došlo do onečišćenja, ako je moguće procijeniti visinu nastale štete, provesti postupak radi utvrđivanja počinitelja, te prema okolnostima slučaja pokrenuti prekršajni postupak i/ili podnijeti kaznenu prijavu sukladno propisu koji uređuje kazneni postupak.

U slučaju onečišćenja mora, lučka kapetanija će zabraniti isplovljenje plovnog objekta iz luke, odnosno narediti zadržavanje plovnog objekta koji je prouzročio onečišćenje u morskim vodama Republike Hrvatske dok plovni objekt ne podmiri troškove čišćenja i druge štete nastale onečišćenjem ili dok ne položi odgovarajuće jamstvo za pokriće ovih šteta. Nastalu štetu treba utvrditi i procijeniti, ako je moguće, u nazočnosti počinitelja onečišćenja, a po potrebi i u nazočnosti vještaka i svjedoka. O obavljenom očevidu sastavlja se zapisnik. Tko počinio štetu morskom okolišu, dužan je nadoknaditi je. Pod štetom se podrazumijeva imovinska šteta i ekološka šteta [97].

Luke moraju udovoljavati propisanim uvjetima sigurnosti plovidbe, sigurnosne zaštite i zaštite od onečišćenja. Lučke uprave, koncesionari luka posebne namjene, fizičke i pravne osobe i pomorski objekti koji koriste luku dužni su pridržavati se ili udovoljavati pravilima o redu u luci, sigurnosti plovidbe, zaštiti ljudskih života i zaštiti od onečišćenja koje propisuje ministar.

Lučka uprava i koncesionari luka posebne namjene dužni su osigurati opremanje luke odgovarajućom opremom i uređajima za rukovanje i prihvrat krutog i tekućeg otpada, ostatke tereta s plovnih objekata, zauljenih voda i fekalija kako su definirane odredbama MARPOL Konvencije 73/78 kako je izmijenjena i dopunjena, donijeti i primijeniti Plan za prihvrat i rukovanje otpadom i ostacima tereta i osigurati prihvrat i sakupljanje otpada s plovnih objekata. Plan se donosi uz konzultacije s predstavnicima korisnika luka i drugim zainteresiranim osobama i tijelima, ovjerava ga nadležna lučka kapetanija svake tri godine. Pravo na sakupljanje i zbrinjavanje otpada iz luka imaju osobe koje su za to ovlaštene posebnim propisom. Kapacitet i dostupnost opreme i uređaja moraju odgovarati potrebama brodova koji uobičajeno koriste luku bez uzrokovanja nepotrebnog kašnjenja brodova [97].

Troškove osiguravanja i korištenja opreme i uređaja snose plovni objekti plaćanjem naknade za prihvrat i sakupljanje otpada. Visinu naknade u lukama otvorenim za javni promet, na prijedlog lučke uprave, utvrđuje ministar. Visinu naknade u lukama posebne namjene utvrđuje koncesionar. Naknada mora biti pravična, transparentna, nediskriminatorna i mora odražavati troškove uređaja, opreme i usluga koje su dostupne za prihvrat i sakupljanje broskog otpada.

Visina naknade, kriterij i osnova za njen obračun moraju biti javno objavljeni i dostupni svim korisnicima luke. Svi brodovi, osim ribarskih i javnih brodova, koji uplovljavaju u luku plaćaju naknadu za prihvata i sakupljanje otpada, neovisno o stvarnoj predaji otpada. Naknada se utvrđuje u odnosu na kategoriju, vrstu i veličinu plovnog objekta.

Novčanom kaznom od 5.000,00 do 50.000,00 kuna kaznit će se za pomorski prekršaj zapovjednik broda, jahte ili brodice i/ili član posade ako u more i na morsku obalu ispušta, odnosno odbacuje krute i tekuće otpade, zauljene vode, fekalije i ostatke tereta s pomorskog objekta, kao i sve druge tvari koje onečišćuju more, zrak ili obalu (članak 49) te ako prazni spremište krutog i tekućeg otpada, zauljenih voda, fekalija i ostataka tereta s broda kao i svih drugih tvari koje onečišćuju more i obalu, izvan prihvatnih uređaja [97].

Posljednji „*Plan gospodarenja otpadom s brodova na području pod upravljanjem Lučke uprave Split*“ donesen je 1. travnja 2014. godine. Prema tom planu fekalne vode prikupljaju se autocisternama, nakon čega ih koncesionari odvoze u centralni gradski pročišćivač za obradu fekalno-sanitarnih voda [79].

Zahtjevi za najavom brodskog otpada od strane brodova uvode se radi boljeg planiranja poslova prihvata otpada i izbjegavanja nepotrebnog kašnjenja brodova koji koriste lučke uređaje za prihvata otpada. Pomorski agent na dolasku u luku Split, dužan je potpuno i točno lučkoj kapetaniji i tijelu koje upravlja lukom prijaviti sve stavke brodskog otpada i ostataka tereta kako ih je na NOAD Waste obrascu zaprimio od strane broda te unijeti sve osnovne podatke, u skladu s Direktivom 2000/59/EZ i MARPOL konvencijom. Isto je dužan dostaviti najmanje 48 sati prije dolaska na područje pod upravljanjem Lučke uprave Split; nakon saznanja luke ticanja, ukoliko je informacija dostupna u roku manjem od 48 sati prije dolaska na područje pod upravljanjem Lučke uprave Split; neposredno prije odlaska iz prethodne luke, ukoliko je trajanje putovanja kraće od 24 sata. Tijek prikupljanja otpada s brodova [79]:

- Zapovjednik broda u dolasku uputi svojoj pomorskoj agenciji obrazac Najava za predaju brodskog otpada;
- Pomorski agent dužan je, po zaprimljenom zahtjevu od strane broda, proslijediti zahtjev za potrebama preuzimanja otpada odabranom koncesionaru;
- Pomorski agent broda i odabrani koncesionar dogovaraju vrijeme i način preuzimanja brodskog otpada ili ostataka tereta,
- Agent je dužan obavijestiti Lučku upravu Split o predviđenom poslu, imenu koncesionara koji će isti obaviti i predviđenom vremenu u kojem će se obavljati predviđeni posao;
- Nakon završenog posla, koncesionar je dužan izdati zapovjedniku broda Potvrdu o preuzetoj količini i vrsti otpada, a kopiju iste proslijediti pomorskom agentu. Potvrda koja se daje brodu mora biti tiskana i na engleskom jeziku, a izgled potvrde mora biti u sukladnosti s odredbama MARPOL 73/78 (Obrazac 8/06 Potvrda o preuzetoj količini i vrsti otpada);
- Prateći list za opasni otpad koncesionar daje na ovjeru nadležnom odjelu Lučke uprave Split, a nakon zbrinjavanja otpada dostavlja i kopiju Pratećeg lista o obrađivaču otpada.

4.4. Usporedba propisa MARPOL konvencije Republike Hrvatske i SAD-a

Iako je MARPOL konvencija najvažniji međunarodni pravni akt za sprječavanje onečišćenja mora s brodova, svaka država ima pravo odredbe konvencije postrožiti ukoliko se procjenjuje da bi, ovako propisane, mogle i dalje negativno utjecati na morski okoliš. SAD nisu potpisnice Priloga IV MARPOL konvencije i imaju svoje propise zahtijevane kvalitete ispuštene otpadne vode, koje kontinuirano nadopunjuju, pa je za područje Aljaske donesen članak 33 CFR 159.309 sa strožim zahtjevima za kvalitetu ispuštene sanitarne otpadne vode kako bi se očuvala prirodna ljepota i morski okoliš. Također, državama je pružena mogućnost dodatne zaštite vodnih područja kroz zone zabrane ispuštanja. Od 1975. do danas 86 područja je proglašeno zonom zabrane ispuštanja, a ta lista se aktivno mijenja i nadopunjuje praćenjem potreba okoliša.

U srpnju 2011. donesena je Rezolucija MEPC.200(62) – Baltičko more, posebno područje unutar Priloga IV MARPOL konvencije koja je stupila na snagu 2013. godine. Baltičko more time je zaštićeno od sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja tek nakon što je već u potpunosti onečišćeno, što ovu Rezoluciju predstavlja kao korektivni, a ne preventivni čin zaštite okoliša što dokazuje da kompliciranost i sporost međunarodnog sustava donošenja pravnih normi kasni za potrebama zaštite okoliša čime se potvrđuje PH 4.

U Republici Hrvatskoj, Hrvatski registar brodova kao klasifikacijsko društvo donio je unificirane propise o sprječavanju zagađivanja sanitarnim otpadnim vodama u skladu s Prilogom IV MARPOL konvencije. U tablici 9 prikazana je usporedba zahtijevane kvalitete sanitarne otpadne vode za ispuštanje u more.

Tablica 9. Usporedba zahtjeva za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda

onečišćivač/ područje plovidbe	termo- tolerantni koliformi [u 100 ml]	TSS [mg/l]	BOD ₅ [mg/l]	COD [mg/l]	pH vrijednost	dušik [mg/l]	fosfor [mg/l]
Prilog IV (za zonu do 3NM) i RH do 1.1.2010	250	100	50	/	/	/	/
Prilog IV (za zonu do 3NM) i RH od 1.1.2010	100	$35 \cdot Q_i/Q_e$	$25 \cdot Q_i/Q_e$	$125 \cdot Q_i/Q_e$	6 – 8,5	/	/
Prilog IV Baltičko more	100	$35 \cdot Q_i/Q_e$	$25 \cdot Q_i/Q_e$	$125 \cdot Q_i/Q_e$	6 – 8,5	$20 \cdot Q_i/Q_e$ ili 70% smanjenje	$1 \cdot Q_i/Q_e$ ili 80% smanjenje
SAD za zonu do 3 M	200	150	/	/	/	/	/
SAD Aljaska van 1 NM	200	150	/	/	/	/	/
SAD Aljaska do 1 NM	14/40	30/150	30/60	/	6 – 9	/	/

5. TEHNOLOGIJA PROČIŠĆAVANJA SANITARNIH OTPADNIH VODA NA BRODOVIMA

Za razumijevanje tehnologije pročišćavanja sanitarnih otpadnih voda na brodovima potrebno je razumjeti tehnološke procese koji se koriste pri obradi sanitarnih otpadnih voda i rezultate tih procesa koji su dani u nastavku.

5.1. Tehnološki procesi za obradu otpadnih voda na brodovima

Procesi pročišćavanja otpadnih voda dijele se prema tvarima koje treba ukloniti iz otpadne vode na brodu. To su najčešće [16]:

- grube nečistoće u obliku krupnih, plivajućih i lebdećih tvari koje se uklanjaju mehaničkim procesima (preko rešetaka, sita),
- suspendirane tvari koje se također uklanjaju mehaničkim, tj. fizikalnim procesima (taloženjem, isplivavanjem, cijeđenjem),
- koloidne tvari za čije se uklanjanje primjenjuju kemijski procesi (koagulacija, flotacija),
- otopljene anorganske tvari u obliku iona, molekula ili molekulskih skupina koje se uklanjaju fizikalno-kemijskim procesima (adsorpcijom),
- otopljene organske tvari koje se najčešće uklanjaju biološkim procesima, ali i fizikalno-kemijskim procesima.

Kako bi se iz vode uklonile otpadne tvari, navedeni procesi povezuju se u jednu cjelinu. Najčešće primjenjivani procesi za uklanjanje otpadnih tvari iz vode podijeljeni su prema stupnjevima čišćenja kako je prikazano u tablici 10.

Tablica 10. Pregled mogućnosti pročišćavanja otpadnih voda s obzirom na proces pročišćavanja i stupanj pročišćavanja [14][16]

proces pročišćavanja	stupanj pročišćavanja			
	prethodno pročišćavanje	prvi stupanj pročišćavanja	drugi stupanj pročišćavanja	treći stupanj pročišćavanja
fizikalni	rešetanje usitnjavanje izjednačavanje	taloženje isplivavanje		cijeđenje membranski procesi (ultrafiltracija i reverzna osmoza)
biološki			bioreaktor s raspršenim mikroorg. bioreaktor s biološkom opnom	
kemijski				kloriranje ozonizacija dezinfekcija UV zrakama
fizikalno-kemijski			zgrušavanje pahuljičenje	

Ponekad se određuju ciljevi pojedinih stupnjeva čišćenja kako bi se točnije označilo što se očekuje od pojedinog stupnja. Tako su, sukladno pomorskim propisima glede čišćenja brodskih otpadnih voda, prije ispuštanja u morski okoliš, točno određeni ciljevi pojedinih stupnjeva čišćenja:

- prethodno ili preliminarno čišćenje označava primjenu radnji i postupaka kojim se iz otpadnih voda uklanjaju krupne, raspršene i plutajuće otpadne tvari,
- prvi stupanj ili primarno čišćenje je primjena fizikalnih i/ili kemijskih procesa čišćenja kojima se iz otpadne vode uklanja najmanje 50 % suspendirane tvari, a vrijednost BOD₅ smanjuje se barem za 20 % u odnosu na vrijednost ulazne vode,
- drugi stupanj ili sekundarno čišćenje označava primjenu bioloških i/ili drugih postupaka kojima se u otpadnim vodama smanjuje koncentracija suspendirane tvari i BOD₅ influenta za 70-90 %, a koncentracija COD-a za najmanje 75 % i
- treći stupanj ili tercijarno čišćenje je primjena fizikalno-kemijskih, bioloških i drugih procesa kojima se u brodskim otpadnim vodama smanjuje koncentracija hranjivih tvari influenata za najmanje 80 %, odnosno uklanjaju i drugi posebni pokazatelji otpadnih tvari, u granicama vrijednosti koje nije moguće postići primjenom drugog stupnja čišćenja.

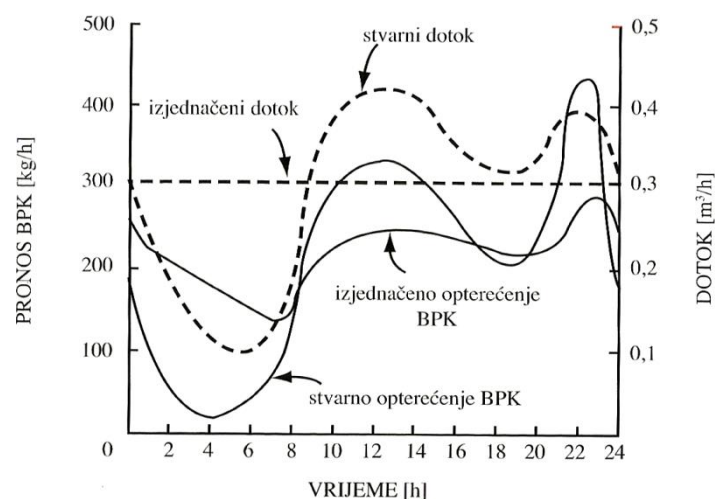
Odgovarajući ili primjereni stupanj čišćenja označava primjenu bilo kojeg od gore navedenih postupaka čišćenja i načina ispuštanja otpadnih brodskih voda kojima se zadovoljavaju uvjeti konvencije MARPOL 73/78 Prilog IV.

5.1.1. Postupci prethodnog pročišćavanja

Radnje i postupci koji se primjenjuju pri prethodnom pročišćavanju temelje se na fizikalnim zakonitostima i obuhvaćaju: rešetanje i izjednačavanje.

Rešetanje je zapravo filtracija kojom se iz vode uklanjaju krupne raspršene i plutajuće tvari (papir, lišće, plastika...) koje bi mogle ometati rad crpki i drugih dijelova uređaja. Rešetanje se izvodi na grubim ili finim rešetkama ili, pak, na sitima [16]. Sitima se također uklanjaju krupne plutajuće tvari, ali i raspršene tvari manjih čestica. Sita su obično izvedena u obliku valjka ili pravokutnika koji se okreću oko horizontalne ravnine.

Izjednačavanje (egalizacija) je proces koji poboljšava učinkovitost rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Naime, otpadne vode koje dotječu na uređaj za čišćenje imaju tijekom dana velike oscilacije u protoku [16]. Sustav za čišćenje vode dimenzioniran je za pretpostavljeni "mjerodavni dotok". Pri većim promjenama koncentracije otpadnih tvari i količine otpadne vode pojedini dijelovi uređaja mogu biti preopterećeni, a posljedica je slabiji učinak čišćenja.



Slika 10. Protok i opterećenje organskom tvari prije i nakon izjednačavanja [16]

Zbog toga se u prethodnom pročišćavanju koristi tank koji služi za ujednačivanje dotoka otpadnih voda. Na slici 10 prikazan je protok i opterećenje organskom tvari prije i nakon izjednačavanja. Tank za izjednačavanje postavlja se između prethodnog i prvog stupnja čišćenja.

5.1.2. Postupci prvog stupnja pročišćavanja

Prvi stupanj pročišćavanja koristi fizikalne postupke pročišćavanja. U fizikalne postupke spadaju taloženje i isplivavanje.

Taloženje ili sedimentacija jedan je od bitnih postupaka prvog stupnja čišćenja koji uklanja krutine iz tekućina koristeći gravitacijsku silu. Prema brzini taloženja, razlikuju se:

- zrnaste čestice koje se talože pojedinačno i uz nepromjenjivu brzinu i
- pahuljičaste čestice kod kojih je brzina taloženja promjenjiva u ovisnosti o veličini čestice.

Isplivavanje ili flotacija je proces u kojem se tvari iz tekućine odvajaju izdizanjem na površinu s koje se potom uklanjaju. Razlikuje se prirodno i prisilno isplivavanje. Tvari isplivavaju prirodno ako im je gustoća manja od gustoće tekućine dok se kod prisilnog isplivavanja uvode u tekućinu mjehurići plina, najčešće zraka. Mjehurići plina prihvate se na čestice veće gustoće od otpadne vode te se postiže prividna manja gustoća, odnosno učinak isplivavanja [16].

5.1.3. Postupci drugog stupnja čišćenja

Postupci drugog stupnja čišćenja primjenjuju se nakon prvog stupnja čišćenja i obuhvaćaju biološke i fizikalno-kemijske procese pročišćavanja. Fizikalno-kemijski procesi koji se primjenjuju kao drugi stupanj čišćenja su zgrušavanje i pahuljičenje.

Zgrušavanje ili koagulacija je postupak kojim se u vodu unose kemijske tvari – reagensi koji omogućavaju stvaranje većih pahuljica čime se olakšava njihovo izdvajanje taloženjem ili

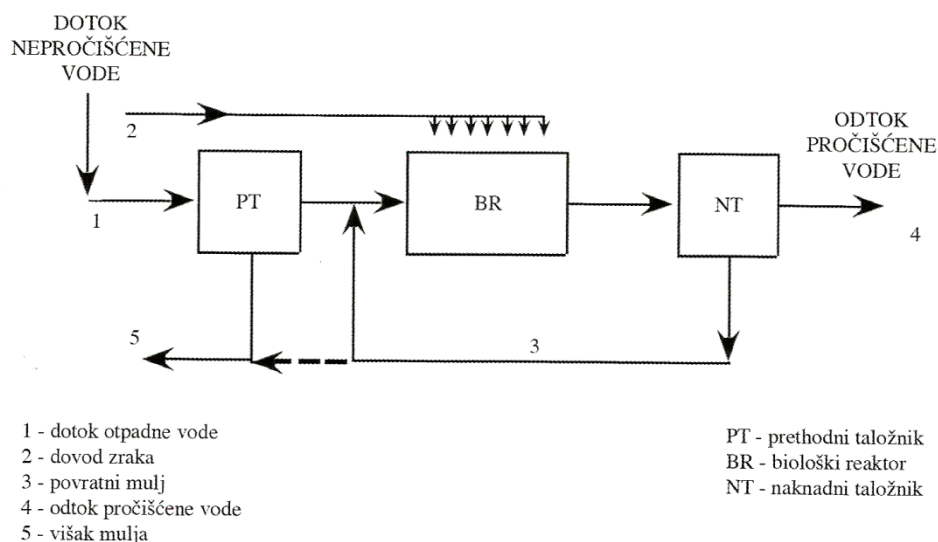
isplivavanjem. Najčešće se kao koagulanti primjenjuju aluminijske Al_3^+ i željezne Fe_3^+ soli koje zbog hidrolize snižavaju pH vode. Zbog uključenih kompleksnih reakcija potrebno je provesti laboratorijske eksperimente da se ustanovi optimalni pH i doza koagulanta za koagulaciju bilo koje otpadne vode.

Pahuljičenje ili flokulacija je postupak spajanja manjih čestica u vodi u veće pahuljice. Obično se primjenjuje nakon zgrušavanja. Pahuljičenje se poboljšava laganim miješanjem otpadne vode u tanku te dodavanjem sredstva za pahuljičenje – flokulanta, a najčešće je to aktivni silicij. Prilikom pahuljičenja brzina strujanja ne smije biti velika da se ne razbiju stvorene pahuljice. Brzina strujanja vode u spremniku obično je u granicama od 0,15 do 0,30 m/s [16].

Biološki procesi obrade otpadnih voda podrazumijevaju razgradnju organskih tvari pomoću mikroorganizama, a primjenjuju se da bi se iz otpadnih voda uklonio organski ugljik, smanjila koncentracija fosfornih i dušikovih spojeva te stabilizirao mulj otpadnih voda. Pri pročišćavanju otpadnih voda na putničkim brodovima primjenjuju se aerobni mikroorganizmi pod uvjetom da postoji dovoljna količina kisika. S obzirom da se biološko pročišćavanje održava u bioreaktorima razlikujemo:

- bioreaktor s raspršenim mikroorganizmima (aktivni mulj)
- bioreaktor s mikroorganizmima pričvršćenim za podlogu u obliku biološke opne (biofilm).

Shema procesa pročišćavanja otpadnih voda aktivnim muljem prikazana je na slici 11.



Slika 11. Shema procesa pročišćavanja otpadnih voda aktivnim muljem [16]

Pročišćavanje uz pomoć kulture mikroorganizama pričvršćene na podlogu jedan je od najstarijih i najjednostavnijih procesa biološkog pročišćavanja.

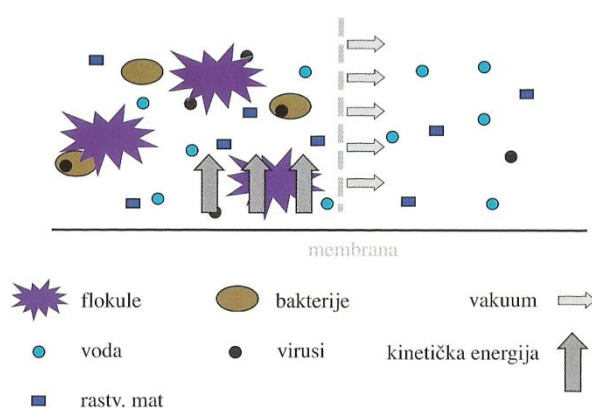
5.1.4. Postupci trećeg stupnja čišćenja

Postupci trećeg stupnja čišćenja primjenjuju se samo u slučajevima kada je nužan vrlo visok stupanj čišćenja. Najčešće se treći stupanj čišćenja primjenjuje za uklanjanje hranjivih soli iz vode očišćene drugim stupnjem da bi se u morskom okolišu spriječili postupci eutrofikacije koja za posljedicu ima napuštanje morskog ekosustava osjetljivih organizama. Iz otpadnih voda potrebno je ukloniti boju, miris, mikroorganizme, koloide i općenito otopljene tvari koje mogu biti štetne za morski okoliš. Čišćenje otpadnih voda trećeg stupnja temelji se na fizikalnim i kemijskim postupcima.

Fizikalnim postupcima moguće je iz vode uklanjati uzročnike mutnoće, okusa, mirisa i boje, otopljene soli te mikroorganizme. Najčešće se primjenjuju cijeđenje i membranski procesi.

Cijeđenje ili filtriranje je propuštanje mješavine krutina i tekućine kroz poroznu sredinu – filter. Pri tome se čvrste tvari odstranjuju na cjediljci. Cijeđenjem se smanjuju troškovi dezinfekcije otpadne vode [16].

Kod membranskih procesa tvar se izdvaja uz pomoć selektivne propusnosti membrane (slika 12). Membranski procesi koji se primjenjuju u tehnologiji pročišćavanja otpadne vode su: reverzna osmoza i ultrafiltracija.



Slika 12. Shema djelovanja membrane [16]

Reverzna osmoza je proces u kojemu se odslanjaju i pročišćuju otpadne vode. Prolazak molekula otapala kroz polupropusnu membranu u otopini naziva se osmoza, a tlak koji se pritom povećava u otopini je osmotski tlak (π) i iznosi [16]:

$$\pi = c \cdot R \cdot T \quad [\text{Pa}] \quad (4)$$

gdje je:

c – koncentracija otopine [kmol/m^3]

R – plinska konstanta [J/kmolK]

T – temperatura [K]

Ako je tlak koji na otopinu djeluje u obrnutom smjeru veći od osmotskog tlaka ($p > \pi$), otapalo se kroz membranu istiskuje iz otopine. Taj se proces naziva reverzna osmoza.

Ultrafiltracija je proces filtriranja kroz membranu promjera otvora od 2 nm do 104 nm. Ultrafiltracijskim postupkom iz vode je moguće izdvojiti bakterije, viruse, proteine...

Dezinfekcija je najčešći proces trećeg stupnja čišćenja. To je kemijski proces u kojem se osigurava smanjenje broja mikroorganizama. U postupku dezinfekcije ne uklanjaju se iz vode samo patogeni organizmi, već i razlagači koji u morskom okolišu nastavljaju postupke biokemijskog čišćenja voda. Najčešći postupci dezinfekcije su: kloriranje, ozonizacija i ultraljubičasto (UV) zračenje.

Kloriranje odnosno dezinfekcija klorom najčešće se upotrebljava zbog jednostavnosti postupka, nižih troškova i visokog učinka. Količina klora određuje se na temelju laboratorijskih ispitivanja, a ovisi o sastavu otpadne vode i zahtijevanom stupnju dezinfekcije.

Ozonizacija je proces u kojem se voda dezinficira ozonom (O_3). Raspadanjem ozona oslobađa se atom kisika koji djeluje na mikroorganizme i organske tvari. Obično se dodaje na završetku tehnološkog postupka pročišćavanja vode. Budući da je ozon nestabilan plin, nema duljeg dezinfekcijskog učinka pa se rijetko primjenjuje u pročišćavanju otpadnih voda [16].

Dezinfekcija ultraljubičastim zrakama primjenjuje se jer one djeluju baktericidno na valnim dužinama od 200 do 300 nm. Pri tome je potrošnja energije 30-40 Wh/m³ pročišćene vode. Što je veći intenzitet ultraljubičastih zraka to je voda čišća, a što je intenzitet manji voda je zagađenija. Poželjno je da je vrijednost intenziteta veća od 20 W/m², a vrijednosti manje od 15 W/m² nisu dopuštene.

5.1.5. Obrada mulja

Obrada mulja je trajno uklanjanje mulja koji ostaje nakon pročišćavanja brodskih otpadnih voda. Mulj se obrađuje kondicioniranjem, centrifugiranjem i sušenjem kako bi se pripremio za iskrcaj na kopno ili spaljivanje u incineratoru. Dio sustava nema obradu mulja, već se isti ispušta direktno u more kada je brod udaljen više od 12 M od kopna.

5.2. Izvedbe sustava za pročišćavanje sanitarnih voda na putničkim brodovima

Za obradu sanitarnih otpadnih voda na raspolaganju su: sustavi za obradu sanitarnih otpadnih voda, odnosno brodski sanitarni uređaj (engl. *Marine Sanitation Device*, MSD) i suvremena postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda (engl. *Advanced Wastewater Treatment System*, AWT) čiji je pregled dan u nastavku.

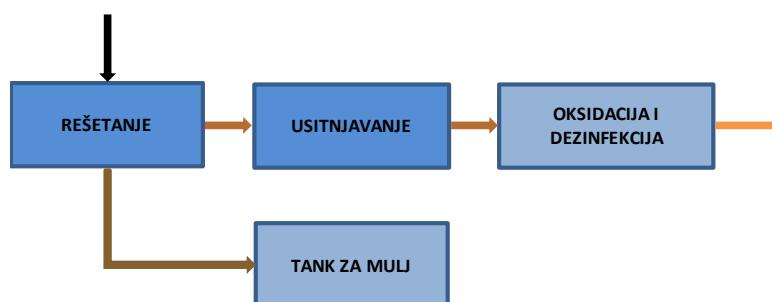
5.2.1. Sustavi za obradu sanitarnih otpadnih voda

Sustavi za obradu sanitarnih otpadnih voda (MSD) obrađuju samo crne otpadne vode. Sive vode se ne obrađuju i ispuštaju se netretirane u more. Prilikom istraživanja rezultata rada MSD sustava zaključeno je da vrijednosti čimbenika onečišćenja obrađene crne vode višestruko premašuju certificirane vrijednosti proizvođača dobivene testiranjem sustava na

kopnu [37]. Postoje dva tipa MSD sustava koja se razlikuju prema korištenim tehnološkim procesima za obradu otpadnih voda. Njihove karakteristike i princip rada dan je u nastavku.

MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje

MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje temelji obradu crnih voda na mehaničkom usitnjavanju krutih tvari, smanjenju organske tvari oksidacijom i razvodnjavanjem morskom vodom te dezinfekciji za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa obrade crnih voda MSD sustavom za usitnjavanje i kloriranje prikazan je na slici 13.

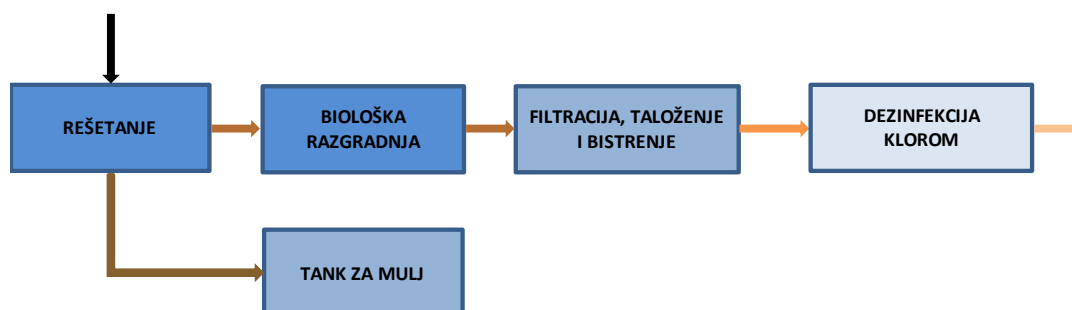


Slika 13. MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje

Proces započinje u uređaju za usitnjavanje koji sirove crne vode usitnjava na čestice maksimalne veličine do 1,5 mm. Nakon toga crna voda se miješa s morskom vodom i prolazi kroz nabijene rešetke pri čemu dolazi do elektolitskog raspada organskih molekula i proizvodnje natrijevog hipoklorita iz soli iz morske vode koji je sredstvo za dezinfekciju, a ujedno ima svojstvo 90-95 % oksidacije otpadne vode. Tako obrađena voda odlazi u kontakti tank u kojem ostaje tridesetak minuta prije ispuštanja. Ako je brod u bočatoj vodi, potrebno je ili dodati klor u kontakti tank ili dodati sol u bočatu vodu koja se miješa s crnom vodom budući da će zbog smanjene slanosti biti smanjena i produkcija natrijevog hipoklorita [37].

MSD sustav biološke i kemijske dezinfekcije

MSD sustav biološke i kemijske dezinfekcije temelji obradu crnih voda na rešetanju, biološkoj degradaciji organske tvari te kemijskoj dezinfekciji za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa obrade crnih voda MSD sustavom biološke i kemijske dezinfekcije prikazan je na slici 14.



Slika 14. MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje

Proces započinje rešetanjem sirove crne vode radi uklanjanja grubih krutnina nakon čega odlazi u odjeljak za ozračivanje u kojem se fekalije razgrađuju pomoću aerobnih bakterija

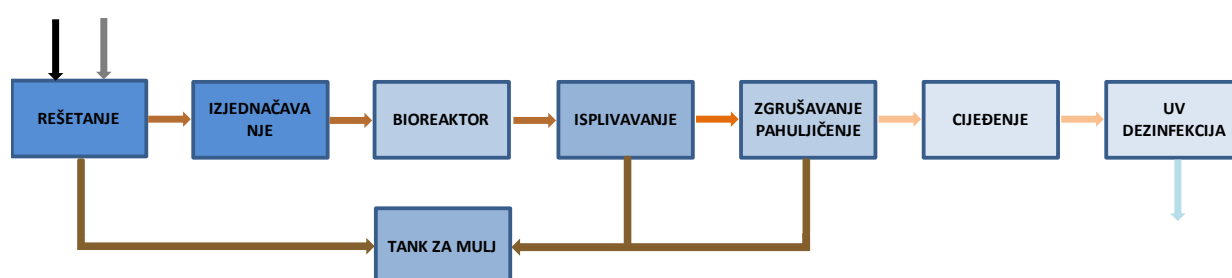
koje se održavaju zdravima i razmnožavaju dodavanjem kisika [37]. Potreban kisik se dovodi atmosferskim zrakom koji se pomoću rotacijskog kompresora uvodi kroz kuglaste rasprskalice smještene na dnu odjeljka za odzračivanje [10]. Otpadna voda odlazi u odjeljak za bistrenje kroz filter koji uklanja preostale krutnine koje nisu razgrađene aerobnim bakterijama. U odjeljku za bistrenje istaložena muljna masa vraća se u odjeljak za ozračivanje, a izbistrena tekućina preljeva se u odjeljak za dezinfekciju gdje se voda kemijski tretira klorom [37].

5.2.2. Suvremena postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda

Napredna postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda (AWT) pročišćavaju sanitarne otpadne vode do te mjere da trenutačno udovoljavaju najstrožim pravnim propisima u svijetu. Do sada je na raspolaganju za ugradnju na brodove za kružna putovanja devet takvih sustava čiji je pregled dan u nastavku.

Scanship AWP postrojenje

Scanship AWP²⁵ pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari, kemijskim procesima za uklanjanje organskih tvari i boje te koristi UV dezinfekciju za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa pročišćavanja prikazan je na slici 15.



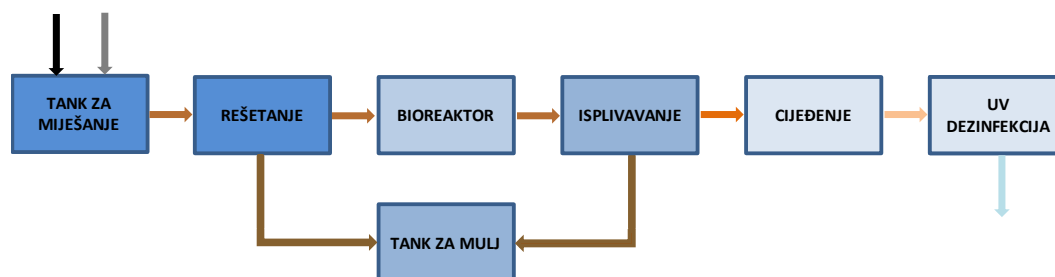
Slika 15. Shema procesa pročišćavanja unutar Scanship AWP postrojenja

Proces započinje rešetanjem na trakastom filteru od 200 μm . Krute tvari s filtera odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u tank za izjednačavanje iz kojeg nastavlja na biološku obradu u bioreaktoru. Otpadna voda odlazi u jedinicu za isplivavanje u kojoj se odvija glavni separacijski proces odvajanja otpadnih čestica krutina i kapljevina. Proces separacije se nastavlja zgrušavanjem i pahuljičenjem nakon čega se pročišćena otpadna voda cijedi na filteru od 30 μm . Proces pročišćavanja završava UV dezinfekcijom [66].

Headworks Bio CleanSea postrojenje

Headworks Bio CleanSea pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari, isplivavanju te UV dezinfekciji za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa pročišćavanja prikazan je na slici 16.

²⁵ AWP (engl. Advanced Wastewater Purification) – napredno pročišćavanje otpadnih voda

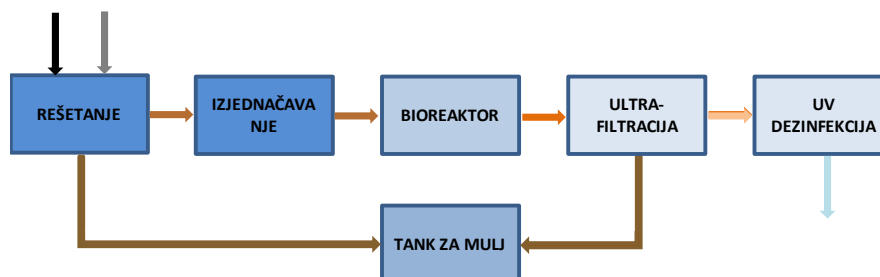


Slika 16. Shema procesa pročišćavanja unutar Headworks Bio CleanSea postrojenja

Proces započinje miješanjem crne i sive otpadne vode i rešetanjem kroz fina sita na rotirajućim bubnjevima koja su opremljena automatskim sustavom ispiranja koji osigurava čistoću sita. Krute tvari sa sita odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u bioreaktor ActiveCell® MBBR²⁶ koji osigurava visoki stupanj biodegradacije te je samoodržavajući (nisu potrebni kemijski dodaci, čišćenje i ispiranje). Iz bioreaktora otpadna voda odlazi na isplivavanje pomoću ActiveFloat™ DAF²⁷ opreme gdje se uklanjaju preostale krutnine i ukupne raspršene čestice generirane u biološkom procesu. Proces završava cijedenjem i UV dezinfekcijom [42].

Zenon ZeeWeed MBR postrojenje

Zenon ZeeWeed MBR pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari, membranskom procesu ultrafiltracije te UV dezinfekciji za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa pročišćavanja Zenon ZeeWeed MBR postrojenja prikazan je na slici 17.



Slika 17. Shema procesa pročišćavanja unutar Zenon ZeeWeed MBR postrojenja

Proces započinje rešetanjem crne i sive otpadne vode kroz dva gruba sita. Krute tvari sa sita odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u tank za izjednačavanje odakle se ispumpava u bioreaktor. Iz bioreaktora otpadna voda prolazi kroz ZeeWeed hollow-fiber²⁸ membranski sustav ultrafiltracije. Proces pročišćavanja završava UV dezinfekcijom [40].

Rochem BiofiltÂ + LPRO postrojenje

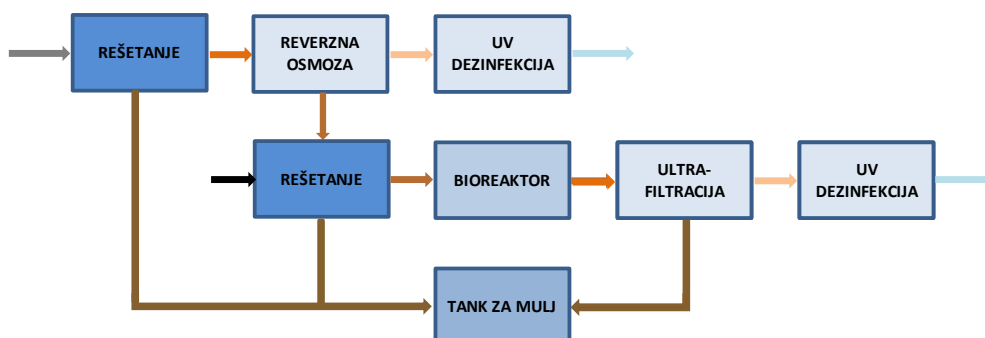
Rochem postrojenje jedino je AWT postrojenje koje odvojeno tretira crne i sive otpadne vode. Rochem BiofiltÂ® je dio postrojenja koji pročišćava crne otpadne vode te krutnine koje ostaju nakon rešetanja sivih otpadnih voda. Pročišćavanje temelji na mehaničkoj separaciji

²⁶ MBBR (engl. Moving Bed Biofilm Reactor) – bioreaktor s pokretnom podlogom s biološkom opnom

²⁷ DAF (engl. Dissolved Air Flotation) – isplivavanje potpomognuto zrakom

²⁸ engl. hollow-fiber – šuplja vlakna

krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari, membranskom procesu ultrafiltracije te UV dezinfekciji. Rochem LPRO²⁹ je dio postrojenja koji pročišćava sive otpadne vode. Pročišćavanje temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, membranskom procesu reverzne osmoze te UV dezinfekciji. Tijek procesa pročišćavanja Rochem Biofilt + LPRO postrojenja prikazan je na slici 18.

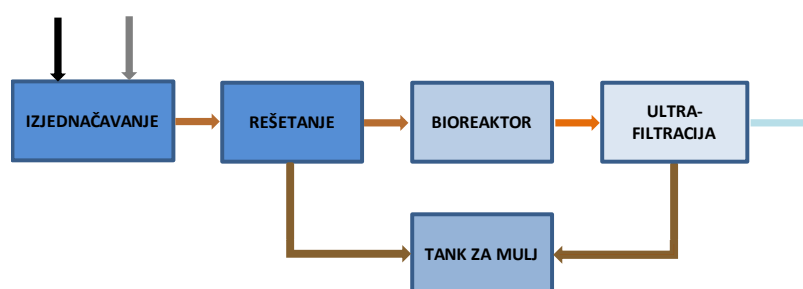


Slika 18. Shema procesa pročišćavanja unutar Rochem Biofilt + LPRO postrojenja

Proces u LPRO postrojenju započinje rešetanjem sive otpadne vode. Krute tvari sa sita odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u tank gdje se membranskim procesom reverzne osmoze uklanjaju čestice i otopljene krute tvari koje odlaze na obradu u Biofilt postrojenje. Proces u Biofilt postrojenju započinje rešetanjem crne otpadne vode na vibrirajućim sitima. Krute tvari sa sita odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u bioreaktor s aktivnim muljem. Iz bioreaktora otpadna voda prolazi kroz membranski sustav ultrafiltracije. Procesi pročišćavanja završavaju UV dezinfekcijom [81].

Rochem MBR postrojenje

Rochem MBR³⁰ pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari te membranskom procesu ultrafiltracije. Tijek procesa pročišćavanja Rochem MBR postrojenja prikazan je na slici 19.



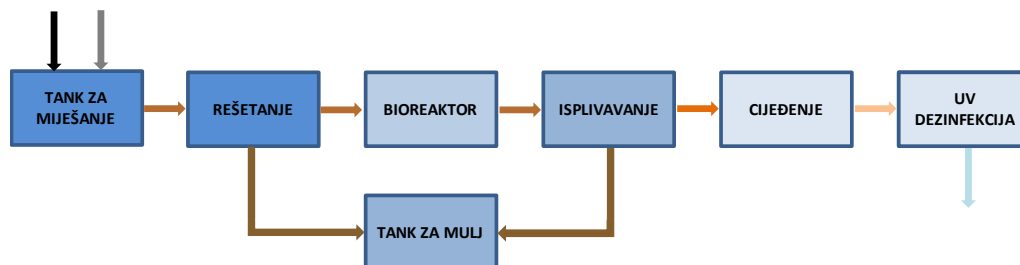
Slika 19. Shema procesa pročišćavanja unutar Rochem MBR postrojenja

²⁹ LPRO (engl. Low Pressure Reverse Osmosis) – niskotlačna reverzna osmoza

³⁰ MBR (engl. Membrane BioReactor) – membranski bioreaktor

Zodiac Evac MBBR postrojenje

Zodiac Evac MBBR pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari, isplivavanju te UV dezinfekciji za uklanjanje bakterija i virusa. Tijek procesa pročišćavanja prikazan je na slici 20.

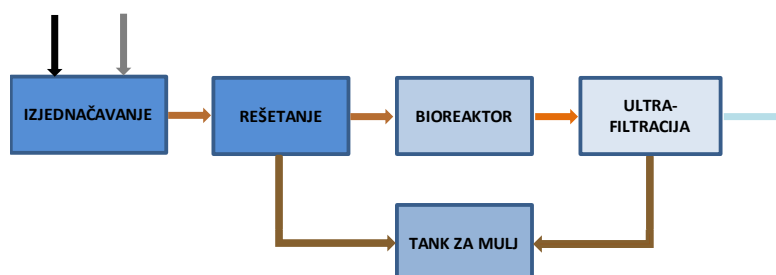


Slika 20. Shema procesa pročišćavanja unutar Zodiac Evac MBBR postrojenja

Proces započinje miješanjem crne i sive otpadne vode i rešetanjem kako bi se uklonile krutnine prije biološke obrade u bioreaktoru. Krute tvari sa sita odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u MBBR bioreaktor koji osigurava visoki stupanj biodegradacije. Iz bioreaktora otpadna voda odlazi na isplivavanje pomoću Evac DAF opreme gdje se uklanjaju preostale krutnine i ukupne raspršene čestice generirane u biološkom procesu. Proces završava cijedenjem i UV dezinfekcijom [38].

Zodiac Evac MBR postrojenje

Zodiac Evac MBR pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari te membranskom procesu ultrafiltracije. Tijek procesa pročišćavanja Zodiac Evac MBR postrojenja prikazan je na slici 21.



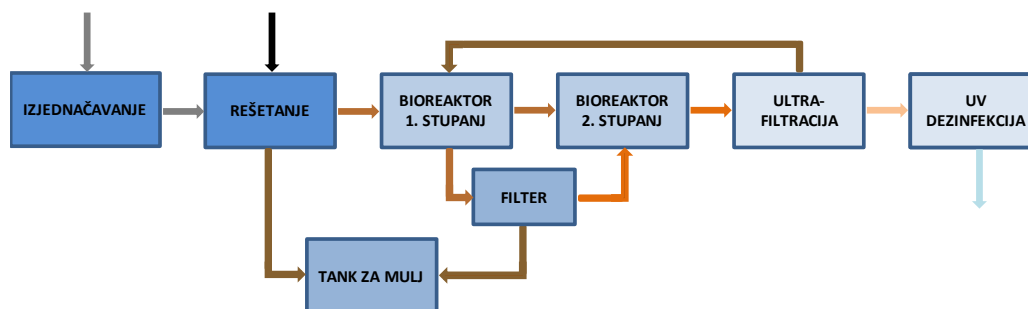
Slika 21. Shema procesa pročišćavanja unutar Zodiac Evac MBR postrojenja

Proces započinje izjednačavanjem i rešetanjem nakon čega otpadna voda odlazi u bioreaktor s uronjenim pločastim membranama. U bioreaktoru otpadna voda se biološkim procesima pretvara u ugljikov dioksid, vodu i mulj. Bioreaktor nema potrebe za ispiranjem i konstantnim čišćenjem kemikalija pa je izrazito lak za održavanje. Voda se iz bioreaktora izdvaja na membranama veličine 0,4 μm [83]. Tako pročišćena voda ne zahtijeva dodatnu dezinfekciju [38].

Wärtsilä Hamworthy MBR postrojenje

Wärtsilä Hamworthy MBR pročišćavanje sanitarne otpadne vode temelji na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari te membranskom procesu

ultrafiltracije i UV dezinfekciji. Tijek procesa pročišćavanja postrojenja prikazan je na slici 22.

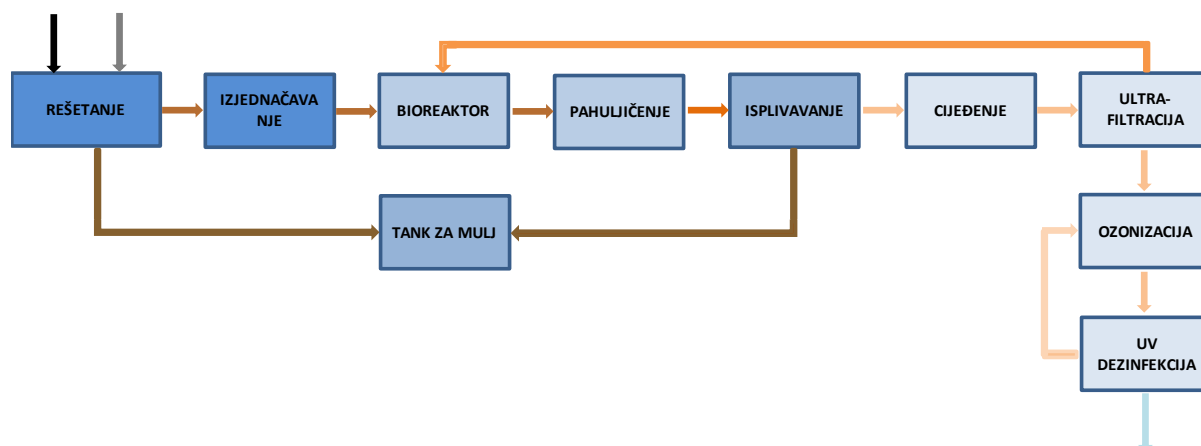


Slika 22. Shema procesa pročišćavanja unutar Wärtsilä Hamworthy MBR postrojenja

Proces započinje u tanku za izjednačavanje otkuda crna i siva voda prolaze kroz gruba sita veličine 2 mm u prvi stupanj bioreaktora u kojem aktivni mulj degradira organsku tvar. Aktivni mulj pumpa se kroz međufilter od 200 μm u drugi stupanj bioreaktora te se pročišćena voda dobivena ultrafiltracijom odvodi na UV dezinfekciju, a koncentrirani mulj se vraća u bioreaktor za odlaganje [82].

Navalis Poseidon postrojenje

Navalis Poseidon postrojenje temelji pročišćavanje sanitarne otpadne vode na mehaničkoj separaciji krutih tvari, biološkoj degradaciji organske tvari te membranskom procesu ultrafiltracije, ozonizaciji i UV dezinfekciji. Tijek procesa pročišćavanja postrojenja prikazan je na slici 23.



Slika 23. Shema procesa pročišćavanja unutar Navalis Poseidon postrojenja

Proces započinje rešetanjem na vibrirajućim sitima. Krute tvari s filtera odlaze u prihvatni tank mulja, a otpadna voda u tank za izjednačavanje iz kojeg nastavlja na biološku obradu u bioreaktoru. Otpadna voda odlazi u jedinicu za isplivavanje u kojoj se odvija proces pahuljičenja nakon čega se isplivavanje vrši hidrauličkom separacijom. Pročišćena otpadna voda cijedi se kroz filter i odlazi na membranski proces ultrafiltracije. Proces pročišćavanja nastavlja se oksidacijom ozonom i završava UV dezinfekcijom gdje se preostali ozon pretvara u reaktivni kisik koji dodatno pročišćava vodu [66].

6. MODEL VREDNOVANJA ONEČIŠĆENJA MORA SANITARNIM OTPADNIM VODAMA S BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA

Za izradu modela vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja koriste se tri međusobno ovisne kategorije čimbenika koje utječu na onečišćenje morskog okoliša. Te kategorije su:

- 1) kretanje brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru
- 2) količina ispuštenih sanitarnih otpadnih voda
- 3) kvaliteta sanitarnih otpadnih voda.

Za prvu kategoriju, kretanje brodova za kružna putovanja napravljen je model kretanja brodova u Jadranskom moru koji će omogućiti buduće vrednovanje onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Model je detaljno opisan u poglavlju 7.3. Druga i treća kategorija prezentirane su u nastavku.

6.1. Čimbenici količine ispuštenih sanitarnih otpadnih voda

Količina ispuštenih sanitarnih otpadnih voda ovisi o sljedećim čimbenicima:

- kapacitet broda: broj putnika i posade te
- mod rada broda.

Kapacitet broda omogućava izračun ukupnog broja ljudi na brodovima u određenom području u datom trenutku. Uzimajući u obzir rezultate dosadašnjih istraživanja, da jedna osoba na brodu proizvede 31,8 l/dan crnih voda i 253 l/dan sivih voda [75], moguće je izračunati koliko je crnih i sivih otpadnih voda generirano u datom trenutku u vremenu na određenom području.

Brod u plovidbi ima 4 moda rada s obzirom na ispuštanje sanitarnih otpadnih voda:

- 1) **MOD 1:** Brod otpadne vode ne ispušta – zadržava ih u vlastitim tankovima za prihvrat;
- 2) **MOD 2:** Brod ispušta otpadne vode pročišćene suvremenim postrojenjima za obradu sanitarnih otpadnih voda instaliranim na brodu;
MOD 2*: Brod ispušta otpadne vode pročišćene suvremenim postrojenjima za obradu sanitarnih otpadnih voda bez posljednjeg stupnja pročišćavanja – UV dezinfekcije;
- 3) **MOD 3:** Brod ispušta djelomično obrađene sanitarne otpadne vode (mehanički usitnjene i dezinficirane) i
- 4) **MOD 4:** Brod ispušta neobrađene otpadne vode direktno u more.

Mod rada broda izravno je ovisan o vrsti sustava za obradu sanitarnih voda instaliranom na brodu jer performanse sustava moraju zadovoljiti pravnu regulativu za svako područje plovidbe. Tablica 11 prikazuje zahtjeve Priloga IV MARPOL konvencije za kvalitetu

ispuštenih sanitarnih otpadnih voda prema području plovidbe, kao i minimalni odgovarajući mod rada.

Tablica 11. Usporedba zahtjeva za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda Priloga IV MARPOL konvencije prema području plovidbe [84][86][87]

područje plovidbe prema Prilogu IV	čimbenici kvalitete sanitarnih otpadnih voda						odgovarajući mod rada
	termotolerantni koliformi [u 100 ml]	TSS [mg/l]	BOD ₅ [mg/l]	COD [mg/l]	pH vrijednost	ostatak klora [mg/l]	
zona do 3 M (do 1.1.2010.)¹	250	100	50	/	/	0,5	MOD 1 ili MOD 2
zona do 3 M	100	$35 \cdot Q_i/Q_e$ ²	$25 \cdot Q_i/Q_e$ ²	$125 \cdot Q_i/Q_e$ ²	6 – 8,5	0,5	MOD 1 ili MOD 2
zona 3-12 M	Brod ispušta izmrvljene i dezinficirane fekalije.						MOD 2* ili MOD 3
zona van 12 M	Brod ispušta neobrađene fekalije dok plovi brzinom od najmanje 4 čvora. Maksimalna brzina ispuštanja zadana je izrazom [1]						MOD 4

¹ Odnosi se na sva postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koja su instalirana prije 1. siječnja 2010.
² Gdje je razvodnjavanje potrebno za normalan rad postrojenja granice za ispuštanje nečistoća [mg/l] trebaju se podesiti koristeći kompenzacijski faktor razvodnjavanja Q_i/Q_e kako bi se u obzir uzelo razvodnjavanje Q_d , gdje je Q_i ulaz u postrojenje, odnosno tekućina koja sadrži crne i sive vode, a Q_e izlaz iz postrojenja, tj. pročišćena voda.

6.2. Čimbenici kvalitete ispuštenih sanitarnih otpadnih voda

Kvaliteta sanitarnih otpadnih voda određuje se količinom pojedinih tvari i energije što ih otpadna voda sadrži. Treba naglasiti da ovisno o njihovom izvoru s broda sve otpadne vode sadrže različite količine i koncentracije otpadnih tvari koje ih karakteriziraju s obzirom na njihova fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva. Postoji cijeli niz pokazatelja, ali se svojim utjecajem na morski okoliš i zdravlje ljudi izdvajaju sljedeći čimbenici kvalitete sanitarnih otpadnih voda:

- termotolerantni koliformi³¹ (engl. *Thermotolerant Coliform*)
- ukupna količina suspendirane tvari (engl. *Total Suspended Solids*, TSS)
- petodnevna biokemijska potrošnja kisika (engl. *Biochemical Oxygen Demand*, BOD₅) i kemijska potrošnja kisika (engl. *Chemical Oxygen Demand*, COD)
- pH vrijednost
- ostatak klora
- ukupni dušik
- ukupni fosfor

³¹ Stanje kvalitete otpadne vode u mikrobiološkom smislu utvrđuje se "organizmom pokazateljem". Kao organizam pokazatelj u mnogim se zemljama primjenjuju koliformi i to kao "ukupni koliformi" i "termotolerantni koliformi" ili "fekalni koliformi". Pod "ukupnim koliformima" razumijevaju se fekalne bakterije zbog čega se pri utvrđivanju koliformnih bakterija ne može sa sigurnošću reći njihovo porijeklo. Primjenom pokazatelja "termotolerantni koliformi" može se s više sigurnosti utvrditi da je mikrobiološka onečišćenost nastala unošenjem u vodu otpada iz probavnog sustava ljudi i životinja.

Vrijednosti ovih čimbenika u sanitarnoj otpadnoj vodi ispuštenoj u more izravno ovise o sustavu za obradu sanitarnih voda koji brod posjeduje i modu rada broda na određenom području. Kvaliteta vode s obzirom na izbor sustava i mod rada broda dana je u tablici 12.

Tablica 12. Usporedba kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode obzirom na sustav za obradu i mod rada broda [75]

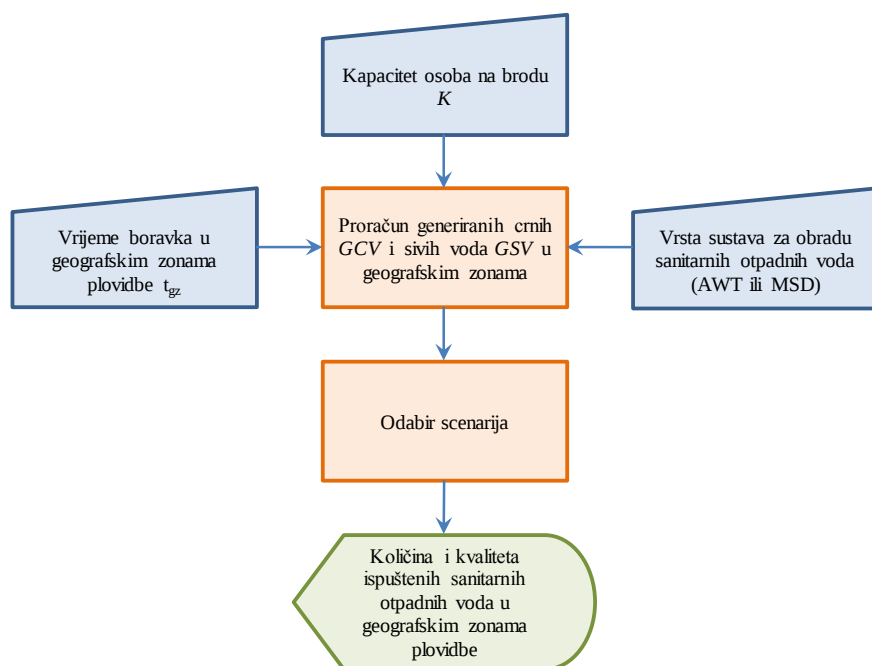
sustav	otpadna vode	MOD rada broda	čimbenici kvalitete sanitarnih otpadnih voda			
			fekalni koliformi	BOD ₅	TSS	ostatak klora
			FK/100 ml	mg/l	mg/l	µg/l
MSD sustav	crne vode	MOD 3	2.040.000	133	627	1.070
		MOD 4	636.000.000	526	704	372
	sive vode	MOD 4	36.000.000	1.140	704	372
AWT sustav	crne i sive vode	MOD 2	14,5	7,99	4,49	338
		MOD 2*	25.500	7,99	4,49	338
		MOD 4	103.000.000	526	704	372

Iz tablice 12 vidljivo je da u obrađenim sanitarnim vodama MSD sustavom ima približno 2 milijuna fekalnih koliforma dok u obrađenim sanitarnim vodama AWT postrojenjem ima prosječno 14,5 fekalnih koliforma. Vrijednosti ostalih čimbenika kvalitete sanitarne otpadne vode također su višestruko veći na izlazu iz MSD sustava u usporedbi s izlazom iz AWT sustava. Jasno je da postoje nesrazmjeri kvalitete ispuštene otpadne vode s obzirom na izbor sustava za pročišćavanje otpadnih voda instaliranih na brodovima za kružna putovanja što potvrđuje PH 5.

6.3. Model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja prema MARPOL konvenciji

Model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja omogućava izračun količine i kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode na određenom području mora s obzirom na mod rada brodova na tom području. Model je prvo matematički modeliran kako je prikazano u nastavku, a nakon toga je napravljen kompjuterski program *Kruzeri* koji omogućava brzu obradu unesenih ulaznih parametara na temelju kojih nam daje izlazne parametre rasporeda količine i kvalitete ispuštenih sanitarnih otpadnih voda prema geografskim područjima plovidbe. Program je detaljnije prikazan u poglavlju 8.4.

Tijek procesa proračuna količine i kvalitete sanitarne otpadne vode ispuštene u Jadransko more prikazan je na slici 24.



Slika 24. Tijek procesa proračuna količine i kvalitete sanitarne otpadne vode ispuštene u Jadransko more

Model se sastoji od obveznih ulaznih parametara bez kojih proračun ne može započeti i neobveznih ulaznih parametara koji se mogu unijeti ukoliko su potrebni točniji rezultati ili se žele simulirati drukčiji uvjeti rada. Ulazni parametri su:

- ime broda
- broj osoba na brodu
- sustav za obradu sanitarnih otpadnih voda (MSD ili AWT)
- odabir moda rada u zonama plovidbe
- brzina pražnjenja sabirnih tankova.

Samim unosom imena broda, identificira se veličina broda i prosječni kapacitet putnika na brodu što zbrojeno s brojem posade daje ukupan broj osoba na brodu kao čimbenik količine generiranih sanitarnih otpadnih voda. Program nudi mogućnost slobodnog upisa broja osoba na brodu ukoliko je isti poznat ili popunjavanje ponuđenom vrijednošću prosječnog kapaciteta (prilog 1).

Poznavajući vremena boravka po geografskim zonama za određenu rutu t_{gz} i broj osoba na kruzeru, odnosno njegov kapacitet K moguće je izračunati količine generiranih sanitarnih otpadnih voda. Jednadžbe generiranih crnih otpadnih voda GCV i generiranih sivih otpadnih voda GSV u luci su:

$$\begin{aligned} GCV1_x &= F_{CV} \cdot K \cdot t1_n \\ GSV1_x &= F_{SV} \cdot K \cdot t1_n \end{aligned} \quad (5)$$

gdje je:

F_{CV} – faktor crnih voda i iznosi 1,325 l/osobi/h.

F_{SV} – faktor sivih voda i iznosi 10,54 l/osobi/h.

$t1_n$ – vrijeme boravka u luci n [h]

Jednadžbe generiranih otpadnih voda GCV i GSV u geografskim zonama plovidbe su:

$$\begin{aligned} GCV_{gz} &= F_{CV} \cdot K \cdot t_{gz} \\ GSV_{gz} &= F_{SV} \cdot K \cdot t_{gz} \end{aligned} \quad (6)$$

gdje je:

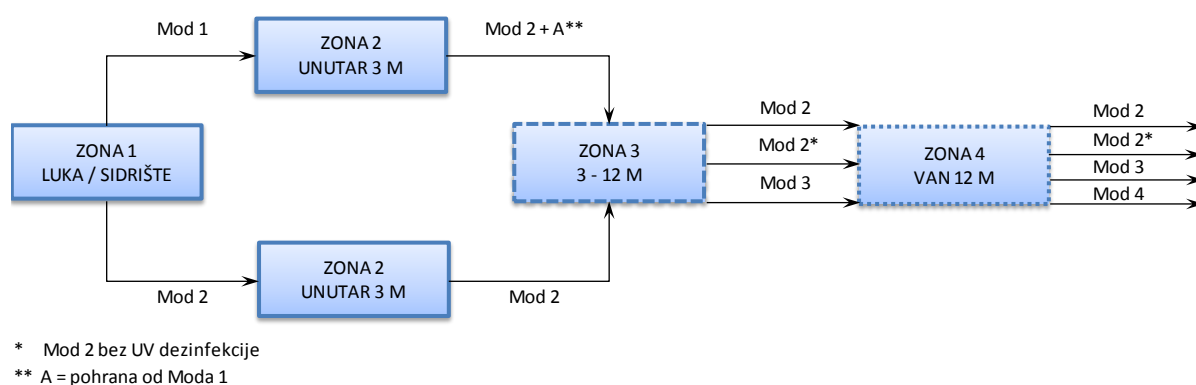
t_{gz} – vrijeme boravka u geografskoj zoni

Suma generiranih otpadnih voda u geografskim zonama daje nam ukupne generirane otpadne vode u plovidbi između dvije luke:

$$\begin{aligned} GCV_x &= \sum GCV_{gz} \\ GSV_x &= \sum GSV_{gz} \end{aligned} \quad (7)$$

Unosom sustava za obradu koji određeni brod posjeduje omogućava se prepoznavanje kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode prema modu rada broda (tablica 12). Za većinu brodova za kružna putovanja sustav je unesen u program te samim upisivanjem imena broda program predlaže sustav koji brod posjeduje, međutim, do kraja izrade doktorske disertacije nije bilo moguće doći do podataka za svaki od 219 kruzera koliko ih svjetska flota broji (brodovi za kružna putovanja kapaciteta većeg od 500 putnika). Također, neki se brodovi odlučuju za nadogradnju postojećih sustava pa se pruža mogućnost izmjene predloženog sustava ili u svrhu vjerodostojnosti ili u svrhu simuliranja različitih scenarija.

Sučelje korisniku također omogućava odabir moda rada u zonama plovidbe za oba sustava za obradu, MSD i AWT, odnosno mijenjanje scenarija kvalitete i količine ispuštenih otpadnih voda u zonama plovidbe, slika 25. Minimalni mod rada koji je moguće odabrati je onaj zakonski dopušten po Prilogu IV MARPOL konvencije i koji je inicijalno odabran u programu. Za MSD sustav posebno se bira mod rada za crne, a posebno za sive vode, dok se kod AWT sustava crne i sive vode obrađuju istovremeno pa odabir moda rada vrijedi za oboje.



Slika 25. Mogućnosti kombinacija modova unutar zona prema MARPOL konvenciji

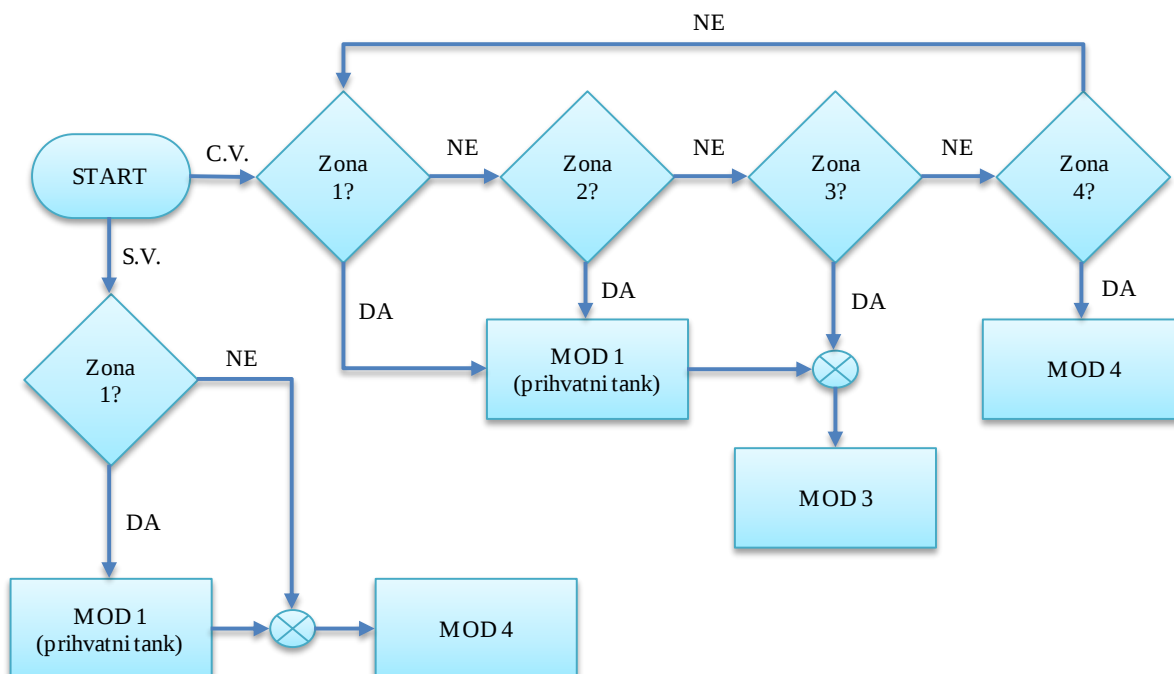
Mijenjajući modove rada broda u različitim scenarijima model vrednovanja onečišćenja omogućuje simulaciju različitih scenarija kako bi se dobile željene ili očekivane vrijednosti opterećenja određenog područja sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja što dalje omogućava vrednovanje trenutnih pravnih propisa i identifikaciju kritičnih

područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama. Kao što se vidi sa slike 25, mogućih scenarija je jako puno, međutim logika rada je ista. U zonama odabranim za mod 1 generirane otpadne vode odlaze u prihvatne tankove koji se počinju prazniti kada brod uđe u prvu zonu u kojoj je ispuštanje omogućeno s obzirom na odabrani scenarij.

Brzina pražnjenja sabirnih tankova je neobvezni ulazni parametar. Ako je brzina pražnjenja (m^3/h) unesena, prihvatni tankovi će se prazniti u odabranim dopuštenim područjima tom brzinom dok se ne isprazne. Ako brzina pražnjenja nije unesena, tankovi će se prazniti kontinuirano, prosječnom brzinom koja se dobiva kao omjer količine sanitarnih otpadnih voda u prihvatnom tanku (m^3) i vremena plovidbe (h) u odabranim dopuštenim područjima pražnjenja tankova na toj ruti, odnosno do sljedeće luke. Ukoliko brod na nekoj ruti ne ulazi u odabrano dopušteno područje pražnjenja (npr. cijela plovidba se odvija u zoni 2) količina generirane sanitarne otpadne vode na toj ruti akumulira se i prebacuje na sljedeću rutu.

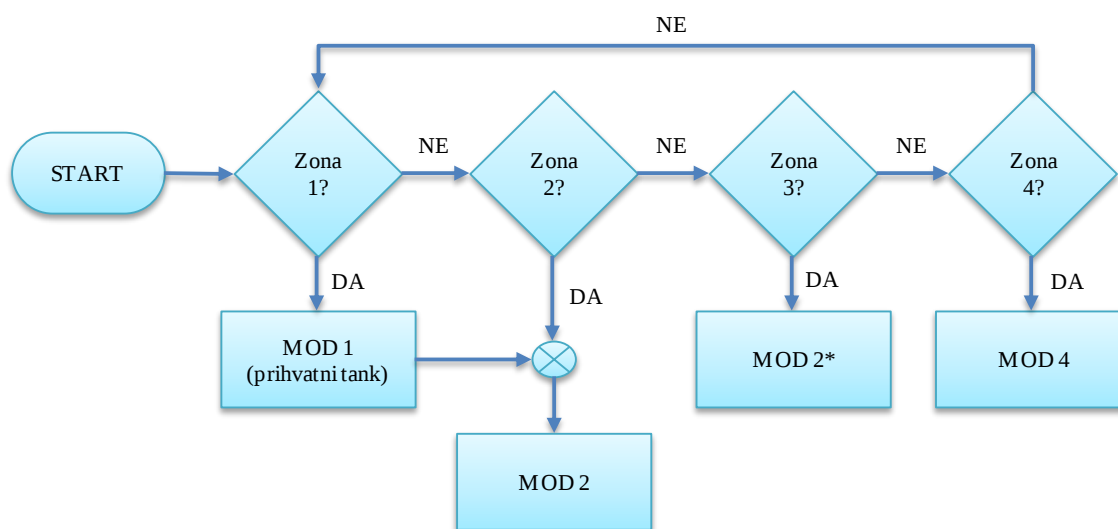
Scenarij koji slijedi pravila Priloga IV MARPOL konvencije nazvan je Scenarij 1. Za MSD sustave scenarij 1 je prikazan na slici 26, a za AWT sustav na slici 27.

MSD sustav odvojeno sakuplja crne i sive vode. Samo crne vode se obrađuju dok se sive ne obrađuju. MARPOL konvencija ne propisuje sive vode kao onečišćivača i ne postoje propisi za ispuštanje istih. Stoga scenarij 1 za sive vode MSD sustava propisuje zadržavanje u prihvatnim tankovima samo dok je brod u luci, a ispuštanje u svim ostalim zonama. Crne vode se zadržavaju u tankovima u zonama 1 i 2 dok se u zoni 3 ispuštaju obrađene, a u zoni 4 neobrađene. Prihvatni tankovi se počinju prazniti u zoni 3 kao što je prikazano dijagramom toka na slici 26.



Slika 26. Dijagram toka scenarija 1 za MSD sustave

AWT sustav obrađuje istovremeno crne i sive vode pa se propisi za crne vode u ovom slučaju odnose i na sive vode jer su pomiješane s crnima. Prema Prilogu IV MARPOL konvencije brodovi s AWT sustavima koji su dobili tipno odobrenje Uprave mogu kontinuirano ispuštati sanitarne otpadne vode obrađene AWT sustavom (mod 2). Međutim, u zoni 3 može se ispuštati djelomično obrađena sanitarna otpadna voda (bez UV dezinfekcije – mod 2*), a u zoni 4 neobrađena sanitarna otpadna voda (mod 4) kao što je prikazano dijagramom toka na slici 27.



Slika 27. Dijagram toka scenarija 1 za AWT sustave

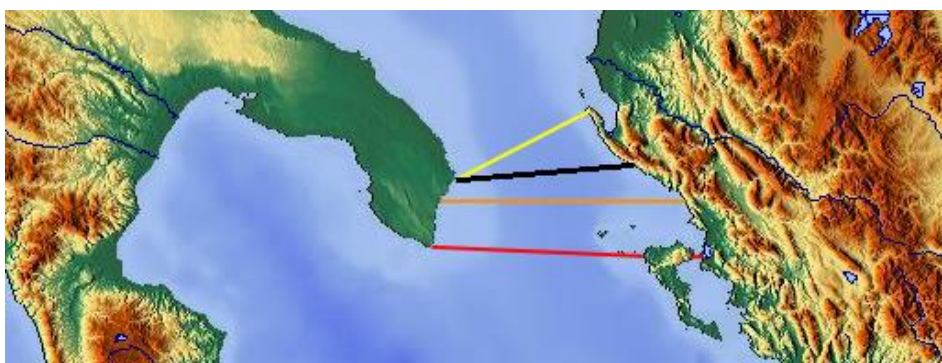
7. MODEL KRETANJA BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA U JADRANSKOM MORU S OBZIROM NA PODRUČJA OGRANIČENOG ISPUŠTANJA SANITARNIH OTPADNIH VODA PREMA MARPOL KONVENCIJI

7.1. Kriteriji praćenja brodova za kružna putovanja u modelu

Kretanje brodova za kružna putovanja dobiva se praćenjem prometa putničkih brodova u Jadranskom moru u vremenskom periodu od godine dana (1. kolovoza 2014. – 31. srpnja 2015.). Za potrebe istraživanja postavlja se ograničenje kapaciteta brodova pa su promatrani samo oni brodovi koji prevoze više od 500 putnika kao relevantni za utjecaj na količinu ispuštenih otpadnih voda. Promet je praćen korištenjem internetskog sustava praćenja pomorskog prometa „*Marine Traffic*“.

Kretanje brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru počinje i završava u Otrantskim vratima. Granica Jadranskog i Jonskog mora (slika 28), ovisno o izvoru, definira se na tri načina:

1. tradicionalna granica (žuta boja),
2. granice koje koristi talijanska meteorološka služba Meteomar (narančasta boja),
3. granice prema IHO³² (crvena boja),



Slika 28. Granice Jadranskog mora

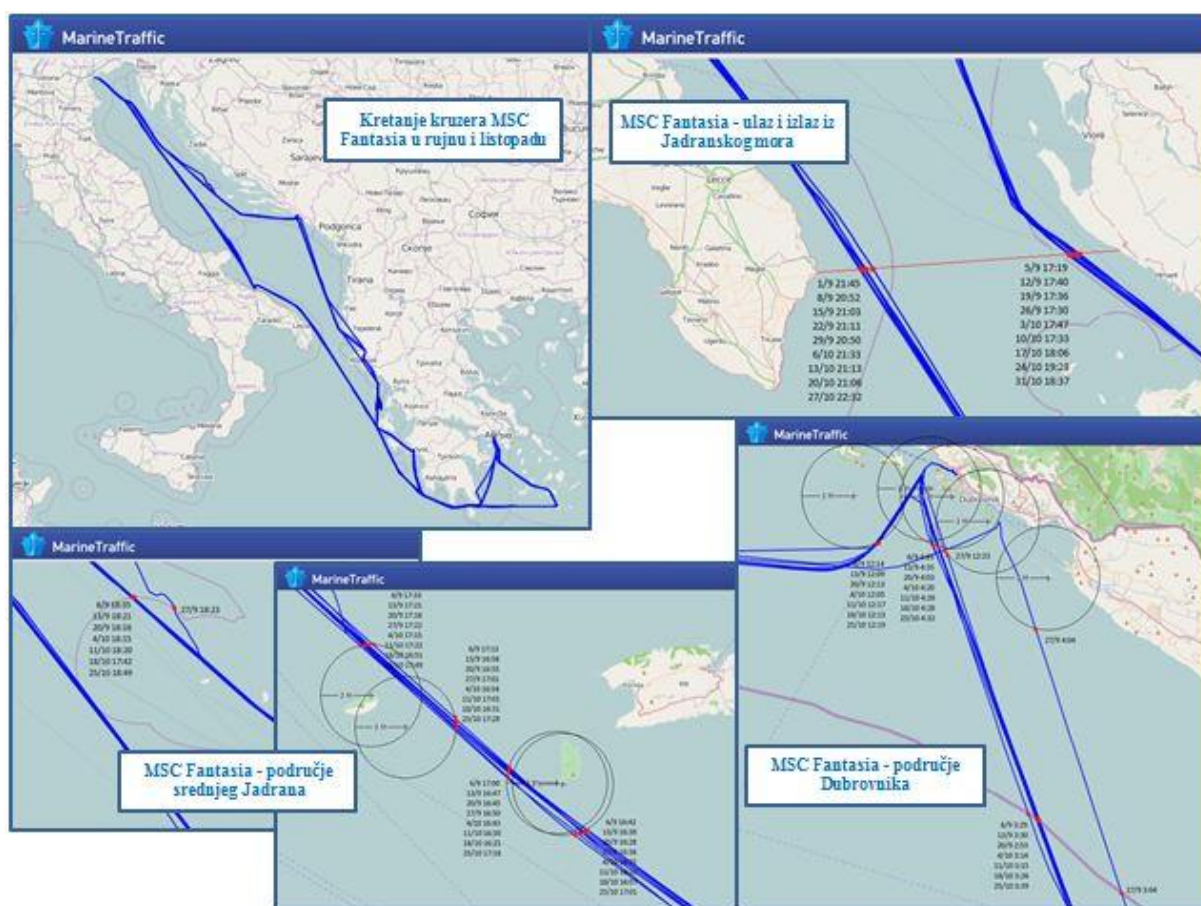
Budući da IHO granica obuhvaća dio teritorijalnog mora Grčke kao dio Jadranskog mora te seže duboko na jug, a cilj istraživanja je proračun onečišćenja zatvorenog bazena kao što je Jadransko more, za potrebe istraživanja granica je definirana između žute i narančaste linije i to kao spojnica rta Otranto u Italiji i uvale na sjevernom kraju Dhermi plaže u Albaniji (crna linija).

³² IHO (engl. International Hydrographic Organization) – Međunarodna hidrografska organizacija

Svaki kruzer tijekom istraživanja praćen je tijekom cijelog boravka u Jadranskom moru, pri čemu se bilježi vrijeme ulaska i izlaska iz Jadranskog mora te iz svake od četiri relevantne zone plovidbe:

- ZONA 1: boravak u luci/na sidrištu:
 - ZONA 1a: hrvatska luka/sidrište,
 - ZONA 1b: strana luka/sidrište,
- ZONA 2: plovidba u području do 3 M od obale,
- ZONA 3: plovidba u području od 3 do 12 M, te
- ZONA 4: plovidba van 12 M od obale, tj. izvan teritorijalnog mora RH-a.

Tijekom istraživanja također su slikom zabilježene sve rute brodova i unesena vremena ulaska i izlaska iz definiranih zona plovidbe radi usporedbe kretanja više kruzera na istim rutama i lakše identifikacije kritičnih područja plovidbe. Primjer slikovnog praćenja za jedan kruzer prikazan je na slici 29.



Slika 29. Slikovno praćenje brodova na primjeru kruzera MSC Fantasia za rujan i listopad

7.2. Rezultati jednogodišnjeg praćenja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru

U promatranoj godini u Jadransko su more uplovila 63 kruzera koji prevoze 500 i više putnika. Od 32 svjetske kruzerske kompanije³³ navedeni brodovi predstavljaju njih 26. Pri plovidbi Jadranom brodovi su ticali 21 jadransku luku, od čega je jedanaest hrvatskih. Raspored kretanja brodova prema lukama ticanja prikazan je u tablici 13. Najčešće odredište kruzera su Venecija s 389 i Dubrovnik s 338 ticanja što je dvostruko više od trećeplasiranog Kotora sa 170 ticanja. Slijede Bari i Split s preko 100 ticanja; Zadar s 51 ticanjem; Koper, Brindisi, Trst, Ravenna, Korčula, Hvar i Ancona s 15-35 ticanja; Durres s 5 i Rijeka, Rovinj i Šibenik s 4 ticanja; te četiri luke s po jednim ticanjem: Supetar, Pula, Trogir i Chioggia.

Tablica 13. Raspored kretanja brodova za kružna putovanja prema lukama ticanja u promatranom periodu

Odredište																							
Polazište	Venecija	Dubrovnik	Kotor	Bari	Split	Zadar	Koper	Brindisi	Trst	Ravenna	Korčula	Hvar	Ancona	Durres	Rijeka	Rovinj	Šibenik	Supetar	Pula	Trogir	Chioggia	Izlaz iz Jadrana	Ukupno polazišta
Ulaz u Jadran	93	188	53	22	23		9	10		4	1	1		2									406
Venecija	x	50	30	100	48	14	9	16	25	16	7	2			3		4					65	389
Dubrovnik	161	x	44	2	1	21	7	1	3	2	2	5	14	3	1	3		1	1			66	338
Kotor	25	29	x	2	5	6		7			4	3										89	170
Bari		23	3	x	1																	109	136
Split	30	17	22		x		2		3	1		2	2									31	110
Zadar	21	9	5		7	x	6				2	1											51
Koper	22	3			1	3	x		1	3											1		34
Brindisi		8	2					x														24	34
Trst	1	2		5	12	5			x													8	33
Ravenna	7	3	4	1	5	1				x		3								1		1	26
Korčula	2	2		4	5						x											7	20
Hvar	4	2	5			1	1					x				1						3	17
Ancona	15												x										15
Durres			1		2									x								2	5
Rijeka	1	3													x								4
Rovinj	3								1							x							4
Šibenik											4						x						4
Supetar					1													x					1
Pula	1																		x				1
Trogir			1																	x			1
Chioggia						1															x		1
Ukupno odredišta	386	339	170	136	111	52	34	34	33	26	20	17	16	5	4	4	4	1	1	1	1	405	

³³ Odnosi se na kompanije koje u floti imaju barem jedan brod kapaciteta preko 500 putnika

Brodovi za kružna putovanja proveli su ukupno 1814,9 dana u Jadranskom moru u promatranom periodu pri čemu 712,1 dana u luci i 1102,8 dana u plovidbi. Raspodjela vremena boravka brodova prema zonama plovidbe prikazana je u tablici 14.

Tablica 14. Ukupan boravak brodova za kružna putovanja u Jadranu prema zonama plovidbe i prema brodovima u danima, satima i minutama

kompanija/ ime broda	ZONA 1			ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA (2+3+4)	Σ ZONA
	boravak u hrv. luci	boravak u stranoj luci	ukupno vrijeme boravka u luci	vrijeme zadržavanja po zonama			ukupno vrijeme plovidbe	ukupno vrijeme boravka u Jadranu
	ZONA 1a	ZONA 1b		< 3M	3 - 12 M	> 12 M		
AIDA / AIDAaura	07 20:03	15 01:14	22 21:17	02 17:39	06 22:09	27 01:24	36 17:12	59 14:29
AIDA / AIDAvita	09 01:31	21 13:00	30 14:31	03 10:48	06 22:02	29 21:08	40 05:58	70 20:29
Phoenix Reisen / Albatros	00 13:24	02 15:12	03 04:36	00 03:11	00 17:51	04 06:27	05 03:29	08 08:05
Phoenix Reisen / Amadea	01 06:37	01 06:39	02 13:16	00 06:11	00 22:18	02 07:03	03 11:32	06 00:48
P & O Cruises / Arcadia	02 23:27	01 17:05	04 16:32	01 02:58	02 08:32	08 08:53	11 20:23	16 12:55
P & O Cruises / Aurora	01 11:54	02 06:58	03 18:52	00 11:33	01 04:22	05 13:38	07 05:33	11 00:25
Azamara Cruises / Azamara Journey	05 15:05	05 03:36	10 18:41	01 07:20	01 20:32	05 08:07	08 11:59	19 06:40
Azamara Cruises / Azamara Quest	04 11:09	05 10:11	09 21:20	01 16:16	01 23:15	07 01:58	10 17:29	20 14:49
P & O Cruises / Azura	00 07:49	00 09:36	00 17:25	00 01:45	00 10:00	01 15:55	02 03:40	02 21:05
Fred Olsen Cruise Lines / Black Watch	01 14:20	01 09:00	02 23:20	00 06:51	00 18:14	02 07:40	03 08:45	06 08:05
Fred Olsen Cruise Lines / Braemar	00 17:15	01 08:51	02 02:06	00 03:25	00 13:03	02 11:29	03 03:57	05 06:03
Celebrity Cruises / Celebrity Constellation	07 04:29	13 16:16	20 20:45	01 14:14	03 13:39	13 06:38	18 10:31	39 07:16
Celebrity Cruises / Celebrity Equinox	01 04:35	05 06:42	06 11:17	00 05:34	01 13:48	05 13:16	07 08:38	13 19:55
Celebrity Cruises / Celebrity Silhouette	02 09:37	09 05:24	11 15:01	00 15:28	03 05:22	15 03:14	19 00:04	30 15:05
Costa Cruises / Costa Deliziosa	03 01:40	08 16:01	11 17:41	00 23:40	04 21:02	22 14:05	28 10:47	40 04:28
Costa Cruises / Costa Diadema	00 11:49	01 15:21	02 03:10	00 02:33	00 13:45	01 15:30	02 07:48	04 10:58
Costa Cruises / Costa Fascinosa	03 21:33	13 04:37	17 02:10	01 15:24	05 10:55	35 18:12	42 20:31	59 22:41
Costa Cruises / Costa Magica	01 22:20	09 22:11	11 20:31	00 17:15	03 13:44	27 18:22	32 01:21	43 21:52
Costa Cruises / Costa Mediterranea	08 03:12	21 15:28	29 18:40	03 10:28	09 05:51	36 06:17	48 22:36	78 17:16
Costa Cruises / Costa neoClassica	05 02:46	19 18:16	24 21:02	02 03:56	04 20:50	16 08:35	23 09:21	48 06:23
Crystal Cruises / Crystal Serenity	01 23:20	02 05:34	04 04:54	00 09:26	01 02:22	01 19:12	03 07:00	07 11:54

Princess Cruises / Emerald Princess	00 08:47	01 22:26	02 07:13	00 09:26	01 02:22	01 19:12	03 07:00	07 11:54
Hapag Lloyd / Europa 2	02 01:46	02 22:17	05 00:03	01 09:03	01 02:01	02 11:12	04 22:16	09 22:19
MANO Maritime / Golden Iris	01 01:34	02 17:04	03 18:38	00 06:00	01 03:46	05 00:58	06 10:44	10 05:22
Iberocruceros / Grand Celebration	03 01:27	10 18:03	13 19:30	01 00:06	03 11:30	10 20:24	15 08:00	29 03:30
Princess Cruises / Island Princess	00 00:00	06 15:36	06 15:36	00 00:00	00 08:40	06 23:55	07 08:35	14 00:11
Louis Cruises / Louis Aura	01 00:59	03 05:45	04 06:44	00 08:18	00 18:00	01 17:17	02 19:35	07 02:19
TUI Cruises / Mein Schiff 3	07 20:57	11 17:49	19 14:46	00 22:32	01 11:33	15 18:47	18 04:52	37 19:38
MSC Cruises / MSC Fantasia	04 09:01	09 15:17	14 00:18	00 21:06	03 23:16	26 06:38	31 03:00	45 03:18
MSC Cruises / MSC Lirica	10 13:40	10 05:49	20 19:29	04 02:04	08 21:58	28 08:13	41 08:15	62 03:44
MSC Cruises / MSC Magnifica	03 14:42	09 16:11	13 06:53	01 10:25	05 13:53	23 22:41	30 22:59	44 05:52
MSC Cruises / MSC Musica	00 21:18	13 21:55	14 19:13	00 12:32	05 23:32	25 09:06	31 21:10	46 16:23
MSC Cruises / MSC Opera	00 14:22	02 06:42	02 21:04	00 02:44	01 03:00	07 07:16	08 13:00	11 10:04
MSC Cruises / MSC Orchestra	01 02:58	05 12:23	06 15:21	00 04:58	02 01:06	10 14:18	12 20:22	19 11:43
MSC Cruises / MSC Poesia	03 05:48	08 02:39	11 08:27	01 08:39	03 20:03	22 20:25	28 01:07	39 09:34
MSC Cruises / MSC Preziosa	03 14:41	08 18:16	12 08:57	01 05:36	03 11:34	23 12:39	28 05:49	40 14:46
Holland America Line/ Nieuw Amsterdam	05 19:13	17 18:32	23 13:45	00 21:01	06 12:24	27 02:20	34 11:45	58 01:30
Holland America Line / Noordam	02 06:50	03 10:05	05 16:55	00 16:28	01 12:15	04 12:39	06 17:22	12 10:17
Norwegian Cruise Line / Norwegian Jade	09 07:47	13 00:36	22 08:23	03 04:09	08 21:57	51 01:11	63 03:17	85 11:40
Norwegian Cruise Line /Norwegian Spirit	00 09:27	13 14:01	13 23:28	00 02:00	00 23:16	18 08:35	19 09:51	33 09:19
Majestic Int. Cruises / Ocean Majesty	04 15:06	02 23:33	07 14:39	02 06:27	02 05:34	04 04:45	08 16:46	16 07:25
Princess Cruises / Ocean Princess	01 14:27	04 23:39	06 14:06	00 09:56	01 16:31	07 21:37	10 00:04	16 14:10
P & O Cruises / Oceana	03 05:46	16 13:22	19 19:08	00 16:06	03 16:12	22 16:37	27 00:55	46 20:03
P & O Cruises / Oriana	00 11:08	01 03:37	01 14:45	00 00:37	00 08:22	01 19:45	02 04:44	03 19:29
Holland America Line / Prinsendam	00 06:29	01 10:17	01 16:46	00 04:01	00 08:33	02 19:37	03 08:11	05 00:57
Cunard Line / Queen Elizabeth	04 12:08	08 20:19	13 08:27	01 20:14	03 02:28	17 19:15	22 17:57	36 02:24
Cunard Line / Queen Victoria	02 10:15	04 23:44	07 09:59	00 10:46	01 04:36	05 12:50	07 04:12	14 14:11
Princess Cruises / Regal Princess	01 07:43	07 09:28	08 17:11	00 02:42	01 03:53	06 23:36	08 06:11	16 23:22
Oceania Cruises / Riviera	02 19:35	11 00:10	13 19:45	01 01:54	02 10:02	07 11:18	10 23:14	24 18:59

Holland America Line / Ryndam	00 23:24	01 04:28	02 03:52	00 06:22	00 21:50	02 21:58	04 02:10	06 06:02
Saga Cruises / Saga Sapphire	01 10:05	00 17:10	02 03:15	00 09:49	01 05:46	01 16:24	03 07:59	05 11:14
Princess Cruises / Sea Princess	00 09:26	01 02:07	01 11:33	00 01:46	00 09:17	01 15:28	02 02:31	03 14:04
Royal Caribbean Cr. / Serenade of the Seas	02 18:08	06 21:52	09 16:00	00 20:31	02 07:07	09 01:58	12 05:36	21 21:36
Regent Seven Seas Cr./ Seven Seas Mariner	04 19:06	12 15:22	17 10:28	01 22:12	04 15:05	10 22:03	17 11:20	34 21:48
Silver Sea Cruises / Silver Spirit	08 08:42	19 16:53	28 01:35	02 03:48	06 00:09	11 22:09	20 02:06	48 03:41
Royal Caribbean Cr. / Splendour of the Seas	06 04:22	16 06:22	22 10:44	02 12:20	14 03:46	49 14:12	66 06:18	88 17:02
Thomson Cruises / Thomson Celebration	18 10:39	12 09:57	30 20:36	03 18:34	06 22:44	26 02:03	36 19:21	67 15:57
Thomson Cruises / Thomson Majesty	10 06:29	14 17:54	25 00:23	02 18:03	10 01:21	24 07:41	37 03:05	62 03:28
P & O Cruises / Ventura	01 22:37	08 21:57	10 20:34	00 11:34	03 03:48	13 05:51	16 21:13	27 17:47
Viking Ocean Cruises / Viking Star	02 11:21	05 20:57	08 08:18	00 09:26	01 00:55	03 23:43	05 10:04	13 18:22
Royal Caribbean Cr. / Vision of the Seas	00 00:00	08 13:42	08 13:42	00 00:00	01 03:30	08 15:05	09 18:35	18 08:17
Croisieres de France / Zenith	00 18:35	02 04:59	02 23:34	00 05:25	00 16:44	03 17:33	04 15:42	07 15:16
Holland America Line / Zuiderdam	04 06:48	05 04:14	09 11:02	01 13:11	02 18:28	07 06:20	11 13:59	21 01:01
UKUPNO	216 23:31	495 02:41	712 02:12	66 14:37	195 18:51	840 10:00	1102 19:28	1814 21:40

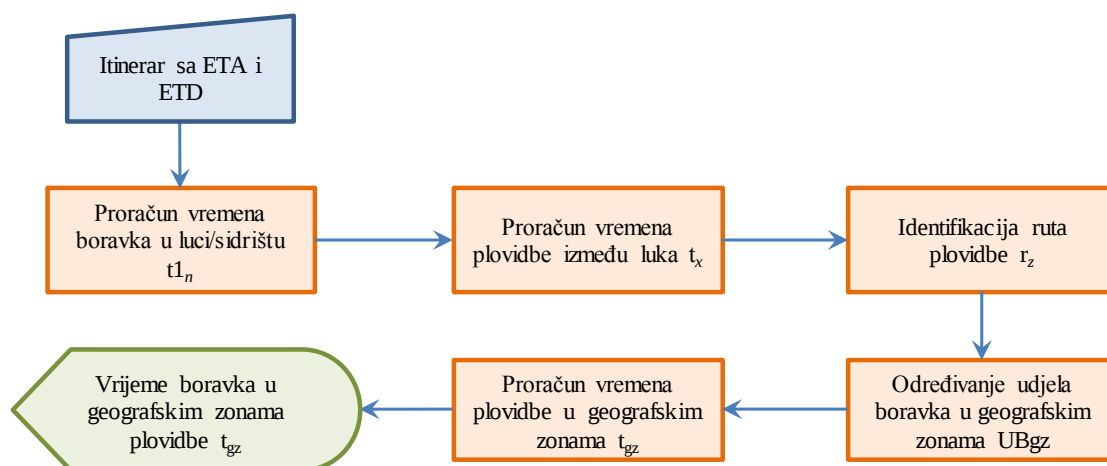
7.3. Model kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru s obzirom na zone plovidbe

Jednogodišnjim praćenjem brodova za kružna putovanja uočeno je da plove predvidivim plovidbenim pravcima s obzirom na luke ticanja. Praćenje vremena ulaska i izlaska iz definiranih zona plovidbe na određenoj ruti između dvije luke na temelju više kruzera omogućava formuliranje jednadžbi kretanja s obzirom na luke ticanja i vremena zadržavanja u lukama. Na taj način dobiveni rezultati jednogodišnjeg praćenja omogućuju predviđanje kretanje brodova za kružna putovanja u budućnosti što je za procjenu onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama ključan faktor.

Tijek procesa proračuna vremena boravka u zonama plovidbe prikazan je na slici 30 i započinje poznavanjem samo jednog ulaznog parametra – itinerara brodova odnosno rasporeda luka ticanja i predviđenih vremena uplovljavanja ETA³⁴ i isplavljanja ETD³⁵.

³⁴ ETA (engl. *Estimated Time of Arrival*) – procijenjeno vrijeme uplovljavanja u luku

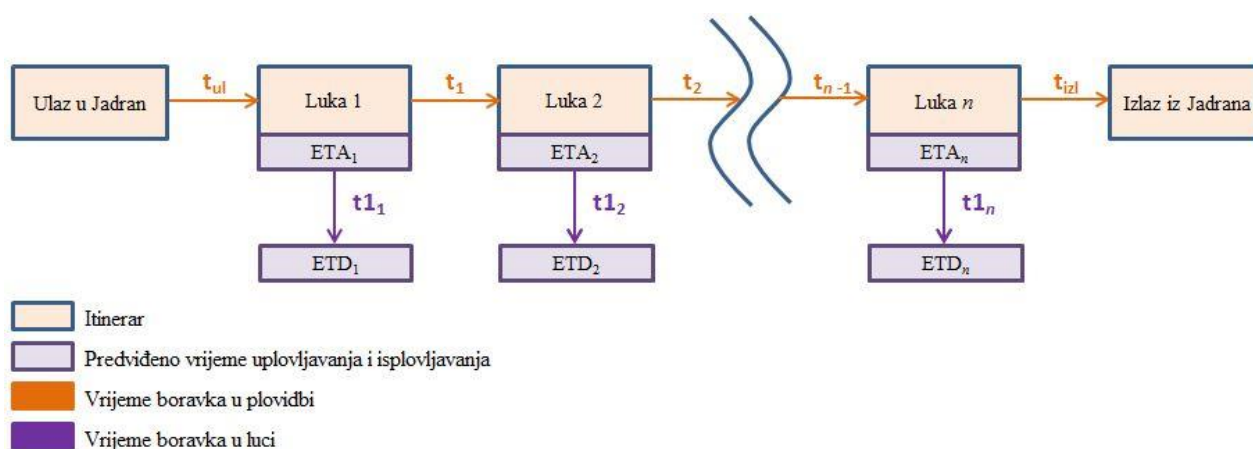
³⁵ ETD (engl. *Estimated Time of Departure*) – procijenjeno vrijeme isplavljanja iz luke



Slika 30. Tijek procesa proračuna vremena boravka u zonama plovidbe

Prvi korak u obradi podataka je, na temelju unesenog rasporeda luka ticanja i predviđenih vremena uplovljavanja i isplovljavanja, izračunati vrijeme boravka u luci (zona 1) te vrijeme plovidbe između luka.

Na svom putovanju kruzer obide n luka pri čemu je $n = 1, 2, 3 \dots$. Poznavajući predviđeno vrijeme uplovljavanja i isplovljavanja, kako je prikazano na slici 31, moguće je izračunati vrijeme boravka u luci $t1_n$ te vrijeme putovanja između luka t_x koje je suma vremena plovidbe po zonama ($t2_x, t3_x$ i $t4_x$).



Slika 31. Shema proračuna vremena plovidbe prema lukama ticanja

Broj putovanja između luka x uvijek je za jedan manji od broja luka n . Uzimajući u obzir i putovanje od ulaska u Jadransko more do prve odredišne luke i završno putovanje između zadnje luke i izlaska iz Jadranskog mora, ukupan broj putovanja za neki kruzer u Jadranu iznosi:

$$x = n + 1 \quad (8)$$

Vrijeme boravka u luci $t1_n$ možemo izračunati prema općem izrazu:

$$t1_n = ETD_n - ETA_n \quad (9)$$

dok vremena putovanja između luka t_x izračunavamo prema sljedećem općem izrazu:

$$t_x = ETA_{n+1} - ETD_n \quad (10)$$

pri čemu vrijeme putovanja od ulaska do prve luke t_{ul} te vrijeme putovanja od zadnje luke do izlaska iz Jadrana t_{izl} dobivamo iskustvenim podacima iz jednogodišnjeg praćenja brodova budući da je brod mogao u Jadran ući iz mnogobrojnih europskih luka (prilog 2).

Ukupno vrijeme plovidbe u Jadranu definiramo kao:

$$t = t_{ul} + \sum t_x + t_{izl} \quad \text{za } x = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (11)$$

Sljedeći korak je prepoznati rute kretanja i pripadajuće udjele boravka po zonama.

7.3.1. Udjeli boravka u zonama plovidbe brodova za kružna putovanja

Raspored kretanja brodova za kružna putovanja s obzirom na luke ticanja u jednogodišnjem istraživanju već je prikazan u tablici 13. Na temelju tog rasporeda, svakoj ruti dodijeljena je oznaka r_z ($z = 1, 2, \dots, 122$) prema učestalosti korištenja.

Na temelju provedenog istraživanja i analizom podataka o kretanju i zadržavanju kruzera u pojedinoj zoni određen je za svaku rutu r_z postotak vremena proveden u svakoj od zona plovidbe, odnosno udio boravka po zonama UB_z :

$$\begin{array}{cccc} r_1 & UB_{2_1} & UB_{3_1} & UB_{4_1} \\ r_2 & \leftrightarrow UB_{2_2} & UB_{3_2} & UB_{4_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_z & UB_{2_z} & UB_{3_z} & UB_{4_z} \end{array} \quad (12)$$

Udio boravka po zonama dobiven je kao aritmetička sredina omjera vremena plovidbe u određenoj zoni i ukupnog vremena plovidbe između luka ticanja svih brodova na istoj ruti. Na taj način udio boravka u zoni 2 (UB_{2_z}) za rutu r_z je aritmetička sredina omjera vremena plovidbe u zoni 2 (t_{2_i}) i vremena plovidbe između luka t_i za n brodova koji su plovili na toj ruti. Analogno tome, sljedeće jednadžbe su generalne jednadžbe za proračun udjela boravka po zonama:

$$\begin{aligned} UB_{2_z} &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_{2_i}}{t_i}}{n} \\ UB_{3_z} &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_{3_i}}{t_i}}{n} \\ UB_{4_z} &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_{4_i}}{t_i}}{n} \end{aligned} \quad (13)$$

Tablica 15 predstavlja definirane rute kretanja s pripadajućim udjelima boravka u zonama plovidbe UB_{2_z} , UB_{3_z} i UB_{4_z} .

Tablica 15. Udjeli boravka u zonama plovidbe prema rutama kretanja

ruta		udio boravka u zonama ograničenog ispuštanja			ruta		udio boravka u zonama ograničenog ispuštanja		
		ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4			ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
r ₁	Ulaz - Dubrovnik	0,0739	0,0903	0,8358	r ₆₂	Šibenik - Korčula	0,3411	0,3851	0,2738
r ₂	Dubrovnik - Venecija	0,0612	0,3541	0,5847	r ₆₃	Venecija - Rijeka	0,1276	0,4879	0,3845
r ₃	Bari - Izlaz	0	0	1	r ₆₄	Dubrovnik - Trst	0,0360	0,4173	0,5467
r ₄	Venecija - Bari	0	0,0187	0,9813	r ₆₅	Dubrovnik - Durres	0,0710	0,2355	0,6935
r ₅	Ulaz - Venecija	0	0,1122	0,8878	r ₆₆	Dubrovnik - Rovinj	0,0464	0,2348	0,7188
r ₆	Kotor - Izlaz	0	0	1	r ₆₇	Kotor - Hvar	0,0696	0,4232	0,5072
r ₇	Dubrovnik - Izlaz	0,0550	0,0877	0,8572	r ₆₈	Bari - Kotor	0	0	1
r ₈	Venecija - Izlaz	0	0,0355	0,9645	r ₆₉	Split - Trst	0,1079	0,2959	0,5962
r ₉	Ulaz - Kotor	0	0	1	r ₇₀	Koper - Dubrovnik	0,0463	0,3913	0,5624
r ₁₀	Venecija - Dubrovnik	0,0578	0,3510	0,5913	r ₇₁	Koper - Zadar	0,2135	0,1359	0,6506
r ₁₁	Venecija - Split	0,1213	0,1808	0,6980	r ₇₂	Koper - Ravenna	0	0	1
r ₁₂	Dubrovnik - Kotor	0,1006	0,2743	0,6251	r ₇₃	Ravenna - Dubrovnik	0,0241	0,4311	0,5448
r ₁₃	Split - Izlaz	0,1252	0,1775	0,6973	r ₇₄	Ravenna - Hvar	0,0502	0,1783	0,7715
r ₁₄	Venecija - Kotor	0,0084	0,2576	0,7340	r ₇₅	Hvar - Izlaz	0,0926	0,1427	0,7647
r ₁₅	Split - Venecija	0,1114	0,1902	0,6984	r ₇₆	Rijeka - Dubrovnik	0,1370	0,4099	0,4531
r ₁₆	Kotor - Dubrovnik	0,1093	0,2573	0,6334	r ₇₇	Rovinj - Venecija	0,0441	0,1642	0,7917
r ₁₇	Venecija - Trst	0	0,1638	0,8362	r ₇₈	Ulaz - Durres	0	0	1
r ₁₈	Kotor - Venecija	0,0152	0,3507	0,6341	r ₇₉	Venecija - Hvar	0,0495	0,2760	0,6745
r ₁₉	Brindisi - Izlaz	0	0	1	r ₈₀	Dubrovnik - Bari	0,0654	0,0891	0,8455
r ₂₀	Ulaz - Split	0,1412	0,1717	0,6871	r ₈₁	Dubrovnik - Ravenna	0	0,4626	0,5374
r ₂₁	Bari - Dubrovnik	0,0773	0,0880	0,8347	r ₈₂	Dubrovnik - Korčula	1	0	0
r ₂₂	Ulaz - Bari	0	0	1	r ₈₃	Kotor - Bari	0	0	1
r ₂₃	Split - Kotor	0,1683	0,3553	0,4763	r ₈₄	Split - Koper	0,0980	0,4233	0,4787
r ₂₄	Koper - Venecija	0	0	1	r ₈₅	Split - Hvar	0,9445	0,0555	0
r ₂₅	Dubrovnik - Zadar	0,2176	0,5556	0,2267	r ₈₆	Split - Ancona	0,1723	0,2220	0,6057
r ₂₆	Zadar - Venecija	0,1807	0,2546	0,5647	r ₈₇	Zadar - Korčula	0,6505	0,3495	0
r ₂₇	Split - Dubrovnik	0,2637	0,5657	0,1706	r ₈₈	Brindisi - Kotor	0	0	1
r ₂₈	Venecija - Brindisi	0	0,0662	0,9338	r ₈₉	Trst - Dubrovnik	0,0460	0,3864	0,5676
r ₂₉	Venecija - Ravenna	0	0	1	r ₉₀	Korčula - Venecija	0,1011	0,1463	0,7526
r ₃₀	Ancona - Venecija	0	0	1	r ₉₁	Korčula - Dubrovnik	1	0	0
r ₃₁	Venecija - Zadar	0,2275	0,2164	0,5561	r ₉₂	Hvar - Dubrovnik	0,1922	0,5010	0,3068
r ₃₂	Dubrovnik - Ancona	0,1588	0,4529	0,3883	r ₉₃	Durres - Split	0,0888	0,2992	0,6120
r ₃₃	Trst - Split	0,1180	0,1096	0,7724	r ₉₄	Durres - Izlaz	0	0	1
r ₃₄	Ulaz - Brindisi	0	0	1	r ₉₅	Ulaz - Korčula	0,0961	0,1201	0,7838
r ₃₅	Ulaz - Koper	0	0,2495	0,7505	r ₉₆	Ulaz - Hvar	0,0904	0,1715	0,7381

r_{36}	Venecija - Koper	0	0,1401	0,8599	r_{97}	Dubrovnik - Split	0,2919	0,7081	0
r_{37}	Zadar - Dubrovnik	0,2115	0,6745	0,1140	r_{98}	Dubrovnik - Brindisi	0,0402	0,0803	0,8795
r_{38}	Brindisi - Dubrovnik	0,0843	0,0766	0,8390	r_{99}	Dubrovnik - Rijeka	0,1113	0,4286	0,4601
r_{39}	Trst - Izlaz	0	0,0279	0,9721	r_{100}	Dubrovnik - Supetar	0,7660	0,2340	0
r_{40}	Venecija - Korčula	0,1652	0,1103	0,7245	r_{101}	Dubrovnik - Pula	0,0633	0,3676	0,5690
r_{41}	Dubrovnik - Koper	0,0341	0,5116	0,4543	r_{102}	Bari - Split	0,1181	0,3312	0,5507
r_{42}	Kotor - Brindisi	0	0	1	r_{103}	Split - Ravenna	0,1048	0,2282	0,6670
r_{43}	Zadar - Split	0,3671	0,2575	0,3753	r_{104}	Zadar - Hvar	0,7558	0,2442	0
r_{44}	Ravenna - Venecija	0	0	1	r_{105}	Koper - Split	0,0888	0,2992	0,6120
r_{45}	Korčula - Izlaz	0,0792	0,0944	0,8264	r_{106}	Koper - Trst	0	0,3467	0,6533
r_{46}	Kotor - Zadar	0,1511	0,3767	0,4722	r_{107}	Koper - Chioggia	0	0	1
r_{47}	Zadar - Koper	0,2113	0,3948	0,3939	r_{108}	Trst - Venecija	0	0	1
r_{48}	Dubrovnik - Hvar	0,4589	0,5411	0	r_{109}	Ravenna - Bari	0	0,0429	0,9571
r_{49}	Kotor - Split	0,1450	0,5062	0,3488	r_{110}	Ravenna - Zadar	0,2401	0,0749	0,6850
r_{50}	Zadar - Kotor	0,1024	0,5067	0,3908	r_{111}	Ravenna - Trogir	0,1063	0,1176	0,7760
r_{51}	Trst - Bari	0	0,0222	0,9778	r_{112}	Ravenna - Izlaz	0	0,0674	0,9326
r_{52}	Trst - Zadar	0,2312	0,1555	0,6133	r_{113}	Hvar - Zadar	0,3161	0,6839	0
r_{53}	Ravenna - Split	0,1579	0,1883	0,6539	r_{114}	Hvar - Koper	0,0622	0,5612	0,3766
r_{54}	Korčula - Split	0,6013	0,3987	0	r_{115}	Hvar - Rovinj	0,1942	0,5150	0,2908
r_{55}	Hvar - Kotor	0,1198	0,4629	0,4173	r_{116}	Durres - Kotor	0	0	1
r_{56}	Ulaz - Ravenna	0	0,1166	0,8834	r_{117}	Rijeka - Venecija	0,1717	0,4051	0,4232
r_{57}	Venecija - Šibenik	0,1220	0,1449	0,7331	r_{118}	Rovinj - Trst	0,0566	0,4746	0,4688
r_{58}	Kotor - Korčula	0,1159	0,2916	0,5925	r_{119}	Supetar - Split	0,7615	0,2385	0
r_{59}	Ravenna - Kotor	0	0,3065	0,6935	r_{120}	Pula - Venecija	0,0670	0,2320	0,7010
r_{60}	Korčula - Bari	0,0917	0,1811	0,7272	r_{121}	Trogir - Kotor	0,2352	0,6667	0,0981
r_{61}	Hvar - Venecija	0,0315	0,4020	0,5665	r_{122}	Chioggia - Zadar	0,1762	0,5057	0,3181

Svaka ruta r_z raščlanjena je i na geografska područja plovidbe (poglavlje 7.3.2.). Time se omogućava poznavanje ne samo vremena boravka brodova po zonama ograničenog ispuštanja, već i vrijeme boravka na definiranim geografskim područjima Jadranskog mora.

7.3.2. Udjeli boravka brodova za kružna putovanja u geografskim područjima

Poznavajući udjele boravka u zonama plovidbe moguće je vidjeti opterećenje pojedinih zona, ali za detaljniju analizu onečišćenja teritorijalnog mora Republike Hrvatske potrebno je poznavati raspored tog opterećenja prema geografskim područjima.

Udjeli boravka u zonama plovidbe UB_z izračunati su kao udio prosječnog vremena boravka svih brodova u tim zonama u jednogodišnjem istraživanju. Ti udjeli su prosječne vrijednosti dok su udjeli boravka prema geografskim područjima UB_{gz} razrađeni na temelju ucrtane najčešće rute kretanja raspodijeljene na geografska područja s obzirom na prosječno vrijeme kretanja na toj ruti.

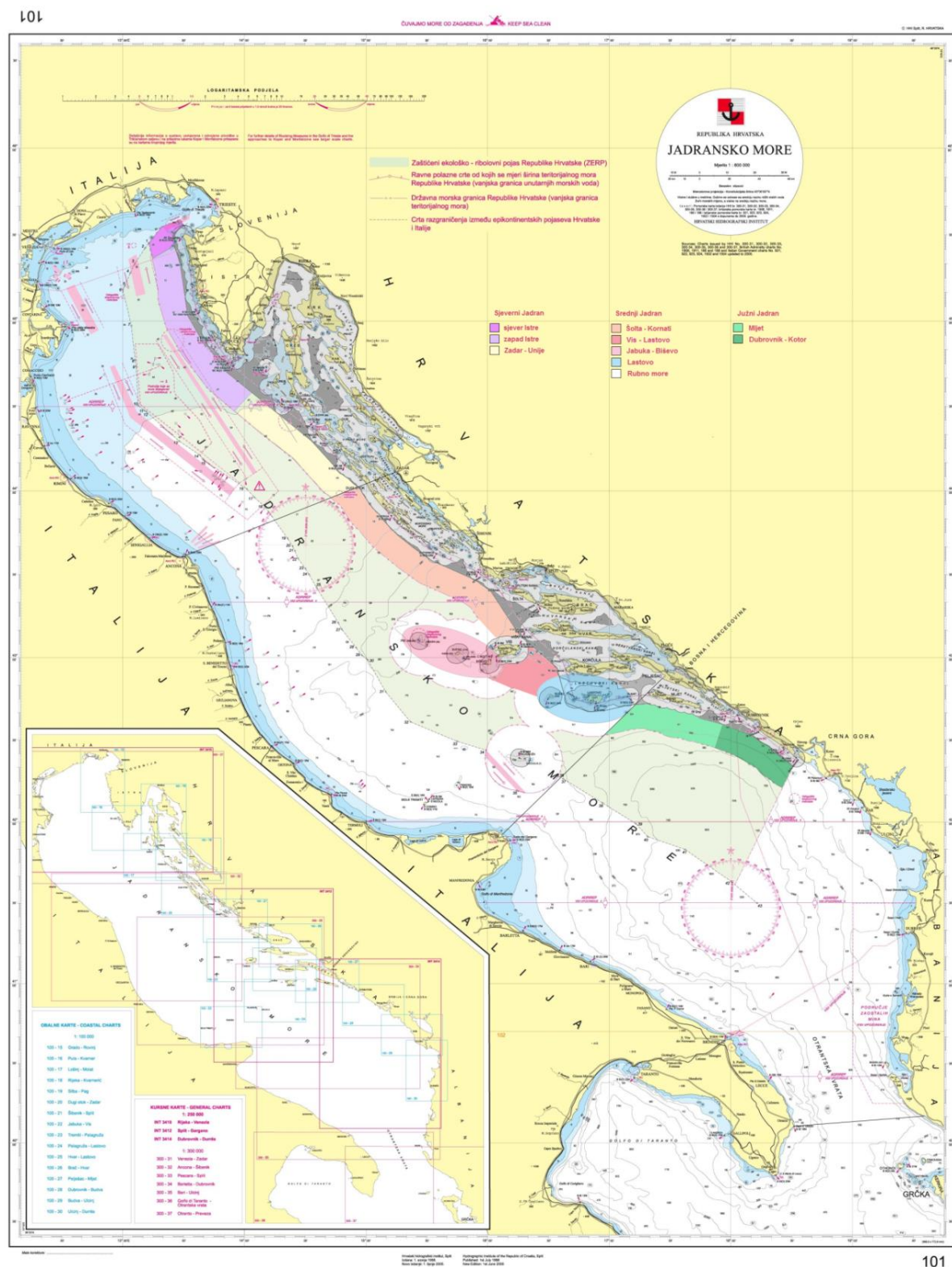
Dakle, zona 4 podijeljena je na 3 geografska područja: sjeverni, srednji i južni Jadran. Zona 3, odnosno teritorijalno more RH-a, podijeljena je na manja geografska područja plovidbe. Tako je zona 3 u sjevernom bazenu podijeljena na tri područja: sjever Istre, zapad Istre i Zadar – Unije. Zona 3 u srednjem bazenu podijeljena je na pet područja: Šolta – Kornati, Jabuka – Biševo, Vis – Lastovo, Lastovo i rubno more. Zona 3 u južnom bazenu podijeljena je na dva područja: Mljet i Dubrovnik – Kornati. Svakoj zoni pridružena je boja i oznaka, tablica 16.

Tablica 16. Geografska područja plovidbe s pripadajućim oznakama

zona plovidbe	geografska zona	oznaka gz	boja
ZONA 2	zona 2	20	
ZONA 3	sjever Istre	30	
	zapad Istre	31	
	Zadar - Unije	32	
	Šolta - Kornati	33	
	Vis - Lastovo	34	
	Jabuka - Biševo	35	
	Lastovo	36	
	rubno more	37	
	Mljet	38	
	Dubrovnik - Kotor	39	
ZONA 4	sjeverni Jadran	40	
	srednji Jadran	41	
	južni Jadran	42	

Podjela po geografskim područjima plovidbe prikazana je na slici 32. Zona 2 predstavljena je s dvije nijanse sive boje. Svijetlosiva boja predstavlja prirodnu zonu 2, tj. udaljenost 3 M od najbližeg kopna dok tamnosiva boja predstavlja dodatak zoni 2 (unutar 3 M od ravne polazne crte).

U nastavku su analizirane najčešće rute kretanja (preko 20 putovanja u jednogodišnjem vremenskom periodu). Udjeli boravka prema geografskim područjima svih ruta nalaze se u prilogu 3.

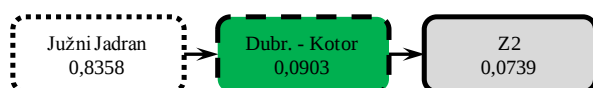


Slika 32. Prikaz geografskih područja plovidbe

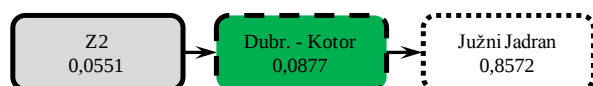
Ulaz – Dubrovnik – Izlaz

U jednogodišnjem praćenju brodova za kružna putovanja najčešća odabrana ruta bila je upravo odabir Dubrovnika kao prve luke ticanja u Jadranu, 188 puta (ruta r_1). Istom rutom u suprotnom pravcu brodovi su plovili 66 puta (ruta r_7).

Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_1 :

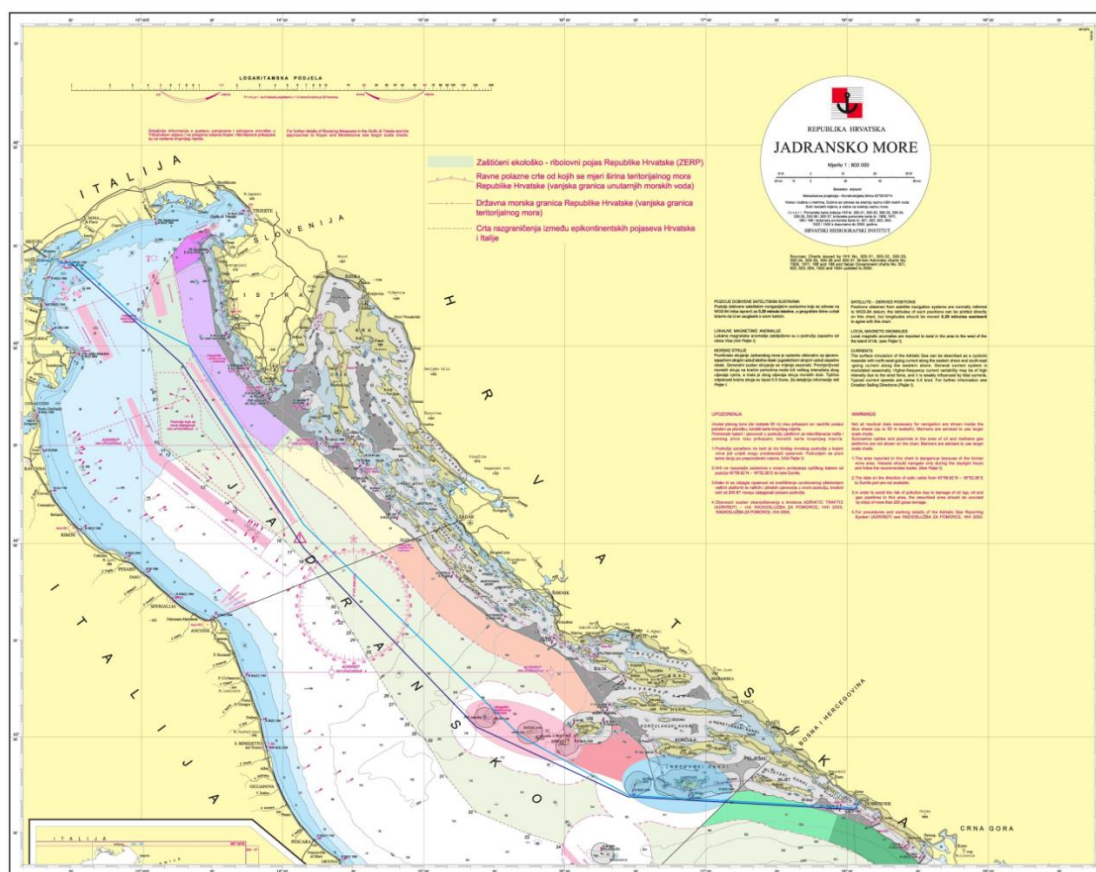


Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_7 :



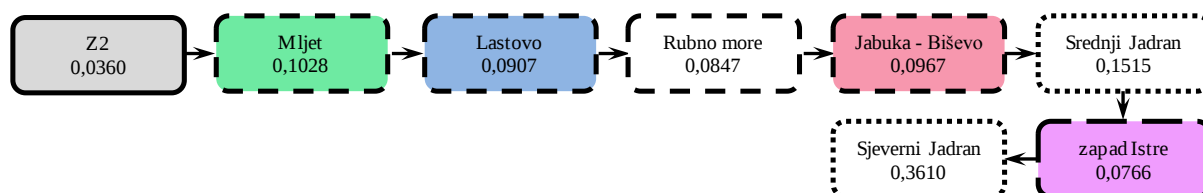
Dubrovnik – Venecija– Dubrovnik

U promatranom razdoblju brodovi za kružna putovanja koristili su rutu r_2 , Dubrovnik – Venecija, 161 put, a rutu r_{10} , Venecija – Dubrovnik, 50 puta. Kretanje brodova na tim rutama prikazano je na slici 33. Tamnoplavom bojom označena je ruta r_{10} , a svjetloplavom ruta r_2 .

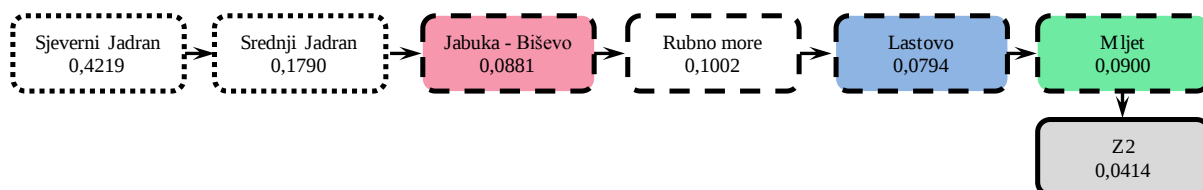


Slika 33. Dubrovnik – Venecija – Dubrovnik

Prilikom prolaska kroz područje Lastova 46,75 % brodova na ruti r_2 je ulazilo u zonu 2 s udjelom boravka 0,0247 u ukupnom vremenu plovidbe na ruti. Također, prolaskom područjem Jabuka – Biševo 57,14 % brodova na ruti r_2 je ulazilo u zonu 2 s udjelom boravka 0,0192 u ukupnom vremenu plovidbe na ruti. Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_2 :



Na ruti r_{10} brodovi nisu ulazili u zonu 2 na području Jabuka – Biševo, ali je prilikom prolaska kroz područje Lastova 39,02 % brodova ulazilo u zonu 2 s udjelom boravka 0,5682 u vremenu plovidbe na području Lastova, odnosno s udjelom boravka 0,0452 u ukupnom vremenu plovidbe na ruti. Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{10} :

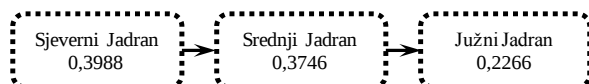


Ulaz – Bari – Izlaz

109 puta je Bari bio zadnja luka ticanja brodova za kružna putovanja u Jadranu, a 22 puta prva luka ticanja brodova za kružna putovanja u Jadranu. Na ovim rutama brodovi cijelim putem plove zonom 4 južnog Jadrana.

Venecija – Bari

U promatranom razdoblju brodovi za kružna putovanja koristili su rutu r_4 , Venecija – Bari, 100 puta. 75 % brodova na ruti nije ulazilo u teritorijalno more Republike Hrvatske i udjeli boravka u geografskim područjima tih brodova za rutu r_4 su:

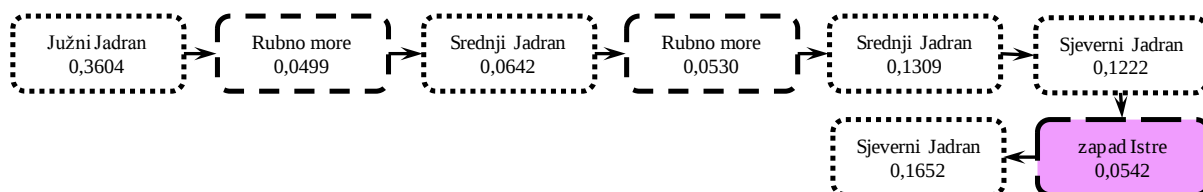


25 % brodova prolazilo je rubnim djelovima teritorijalnog mora RH-a (Z3 – međuotočje) s ukupnim udjelom 0,068 koji smanjuje udio boravka u srednjem Jadranu na 0,3678.

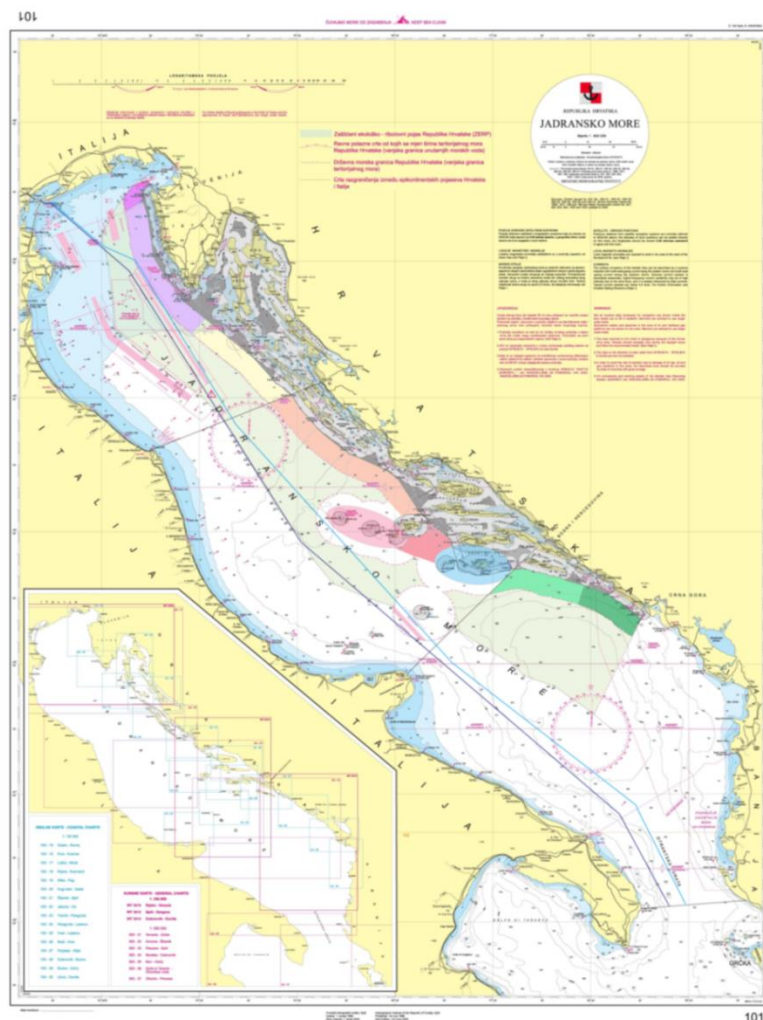
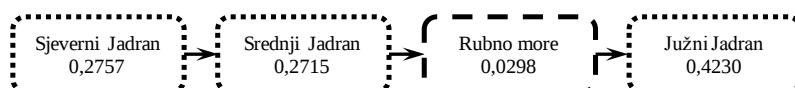
Ulaz – Venecija – Izlaz

U promatranom razdoblju brodovi za kružna putovanja odabrali su Veneciju kao prvu luku ticanja u Jadranu 93 puta (ruta r_5 , svjetloplava boja), a kao posljednju luku ticanja 65 puta (ruta r_8 , tamnoplava boja), slika 34.

Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_5 :



Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_8 :



Slika 34. Ulaz – Venecija – Izlaz

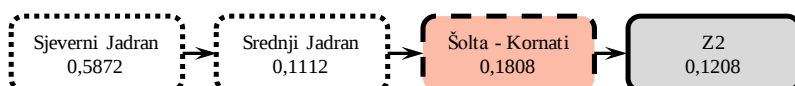
Ulaz – Kotor – Izlaz

89 puta je Kotor bio zadnja, a 53 puta prva luka ticanja brodova za kružna putovanja u Jadranu. Na ovim rutama brodovi cijelim putem plove zonom 4 južnog Jadrana.

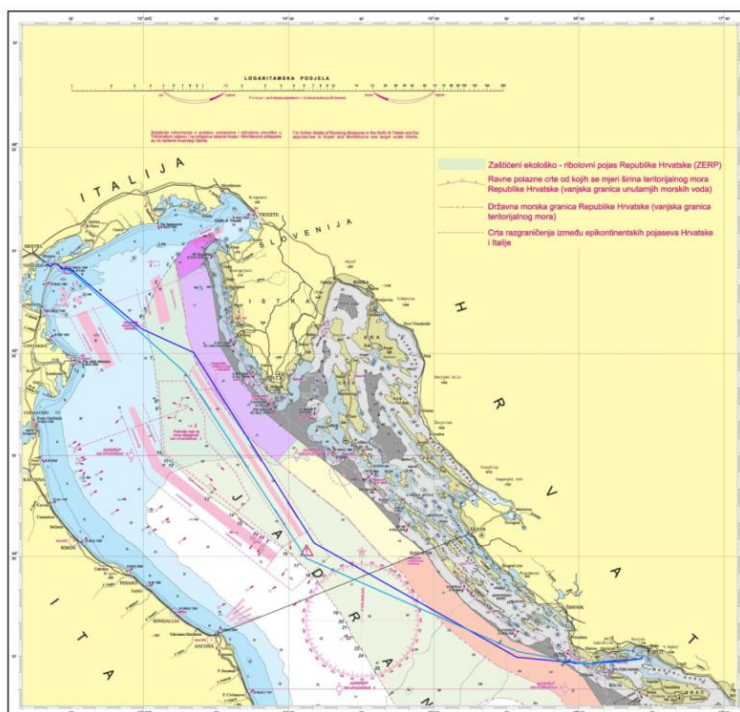
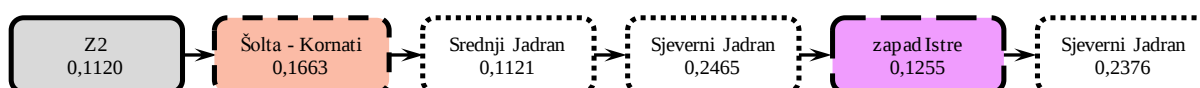
Venecija – Split – Venecija

U promatranom razdoblju brodovi za kružna putovanja odabrali su rutu Venecija – Split 48 puta (ruta r_{11} , svjetloplava boja), a rutu Split – Venecija 30 puta (ruta r_8 , tamnoplava boja), slika 35.

Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{11} :



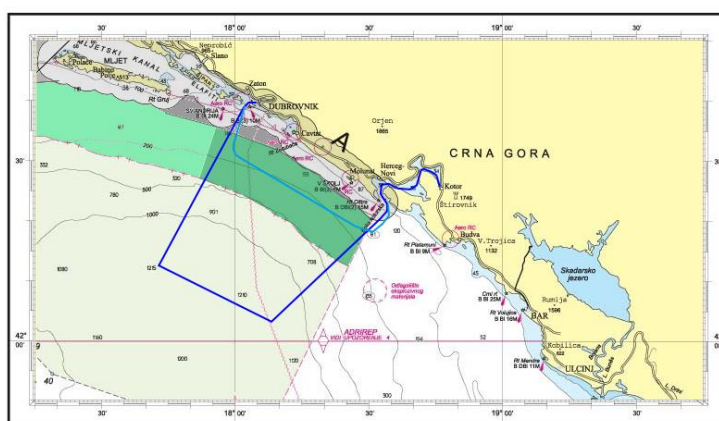
Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{15} :



Slika 35. Venecija – Split – Venecija

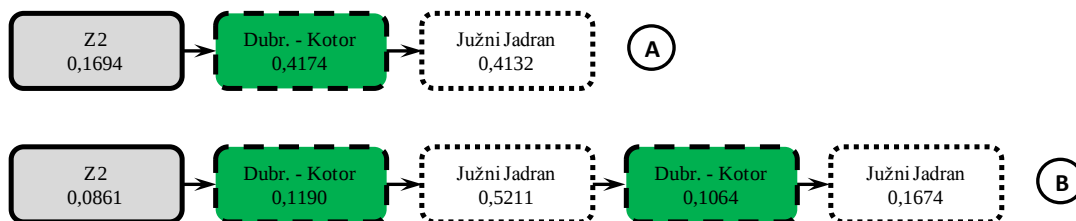
Dubrovnik – Kotor – Dubrovnik

Brodovi za kružna putovanja zbog prirode posla posjećuju, u pravilu, jednu luku dnevno, najčešće uplovljavajući rano ujutro da putnici imaju priliku obići mjesto ili otići na organizirane izlete, a isplovljavaju u popodnevnom satima. Budući da je udaljenost između Dubrovnika i Kotora jako mala, oni brodovi koji su poslovali na taj način isplovljavali su dublje u zonu 4 (tamnoplava linija) dok se dio brodova odlučio produžiti boravak do kasnih večernjih sati u polazišnoj luci i time skratiti vrijeme putovanja između luka (svjetloplava linija), slika 36.

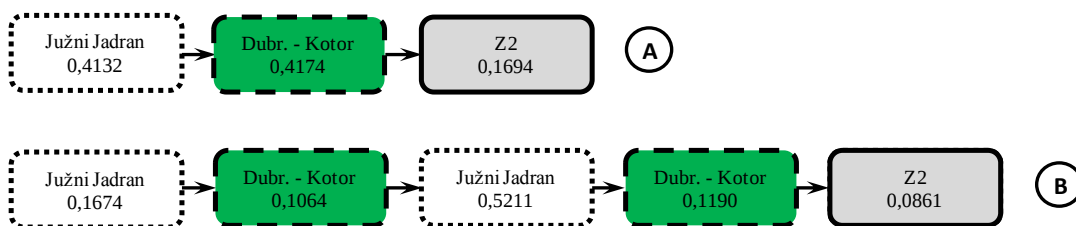


Slika 36. Dubrovnik – Kotor – Dubrovnik

Za putovanja kraća od 8 sati brodovi se koriste kraćom, svjetloplavom rutom, oznaka "A", a za putovanja duža od 8 sati koristi se tamnoplava ruta s oznakom "B". Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{12} :

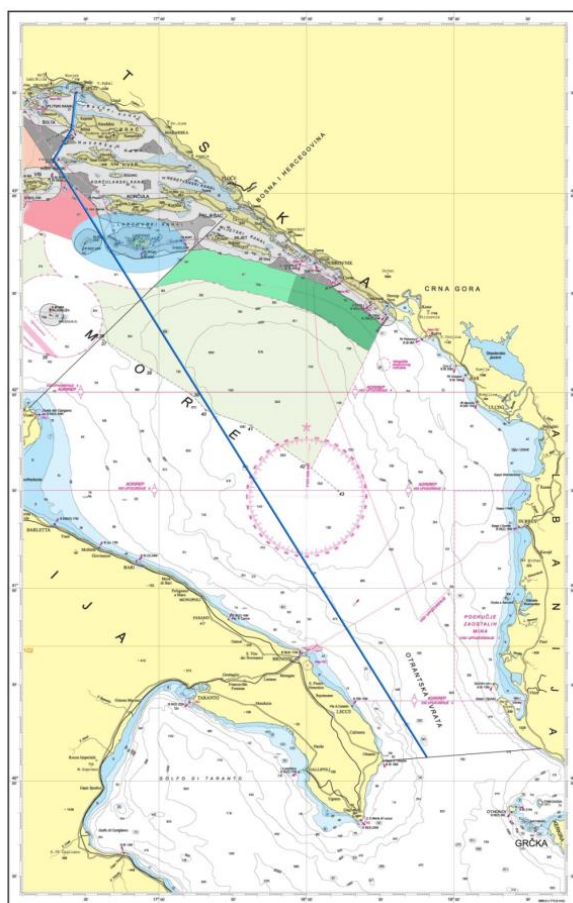


Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{16} :



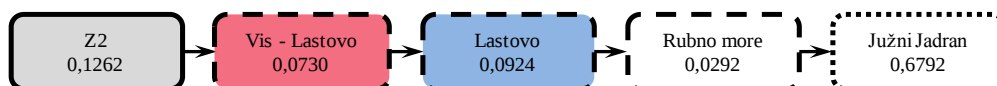
Ulaz – Split – Izlaz

U promatranom razdoblju 31 put je Split bio posljednja, a 23 puta prva luka ticanja brodova za kružna putovanja u Jadranu. Kretanje brodova na tim rutama prikazano je na slici 37.



Slika 37. Ulaz – Split – Izlaz

Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{13} :



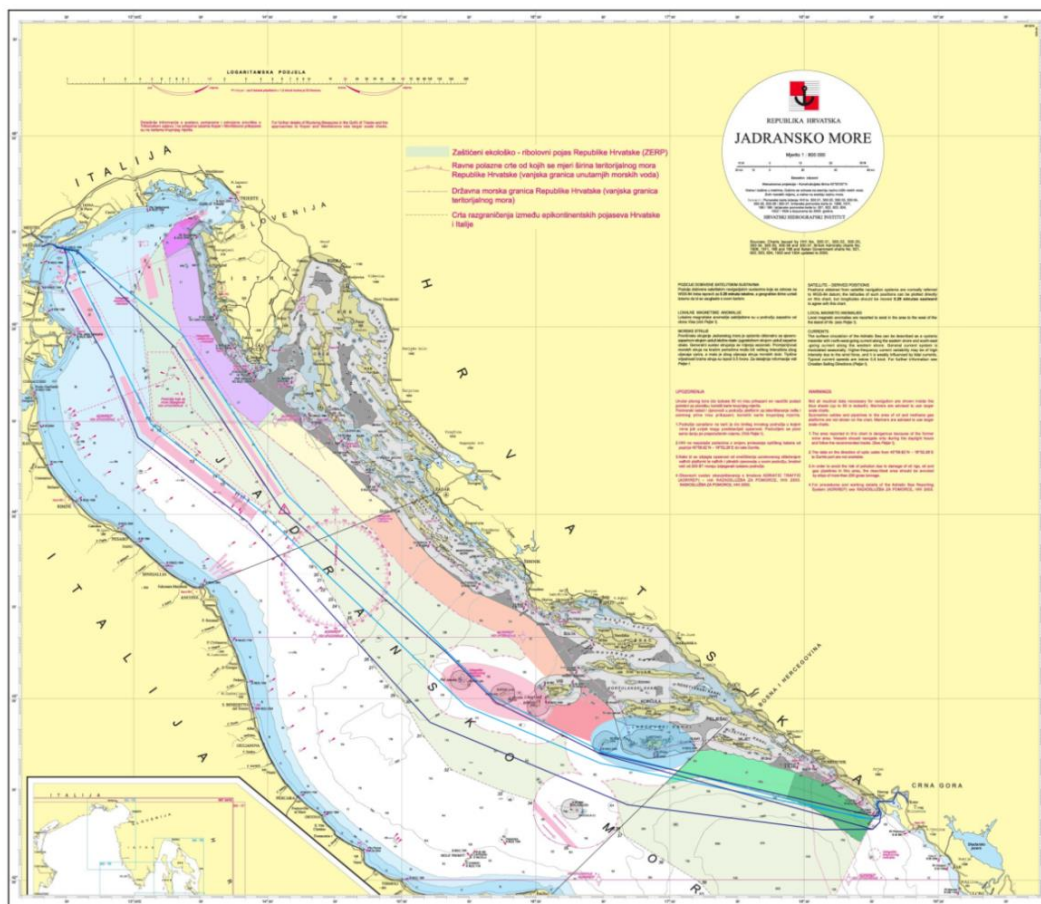
Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{20} :



Na području Lastova 80,64 % brodova ulazi u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0189 čime se udio zone 3 na području Lastova smanjuje na 0,0735.

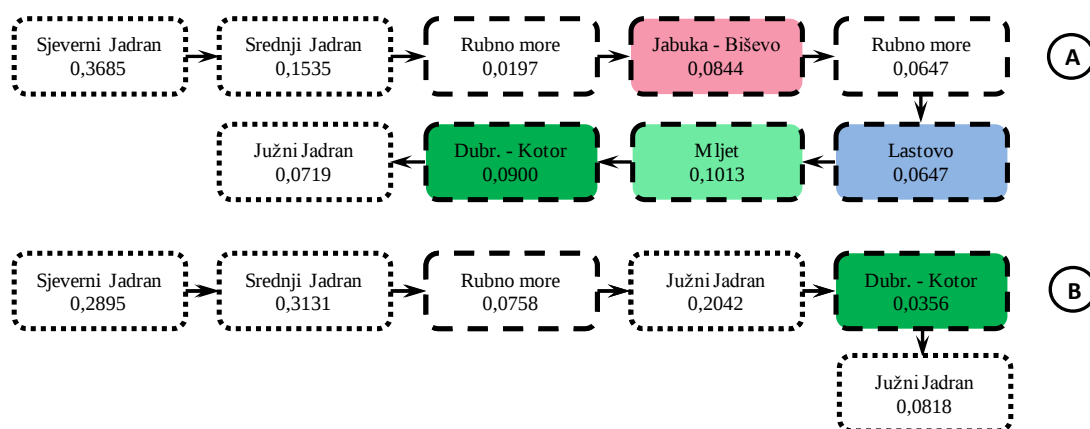
Venecija – Kotor– Venecija

Brodovi za kružna putovanja na putovanju između Venecije i Kotora plovili su 30 puta i to dvjema rutama; istočnim Jadranom, kraćom tamnoplavom kada u odredišnu luku dolaze sutradan (ruta r_{14} , oznaka "A") i zapadnim Jadranom, dužom tamnoplavom kada u odredišnu luku dolaze preksutra (ruta r_{14} , oznaka "B"). Na isti način na povratnoj liniji Kotor – Venecija brodovi su plovili 25 puta dvjema rutama: istočnim Jadranom, kraćom svjetloplavom rutom (ruta r_{18} , oznaka "A") i zapadnim Jadranom, dužom svjetloplavom rutom (ruta r_{18} , oznaka "B"), slika 38.



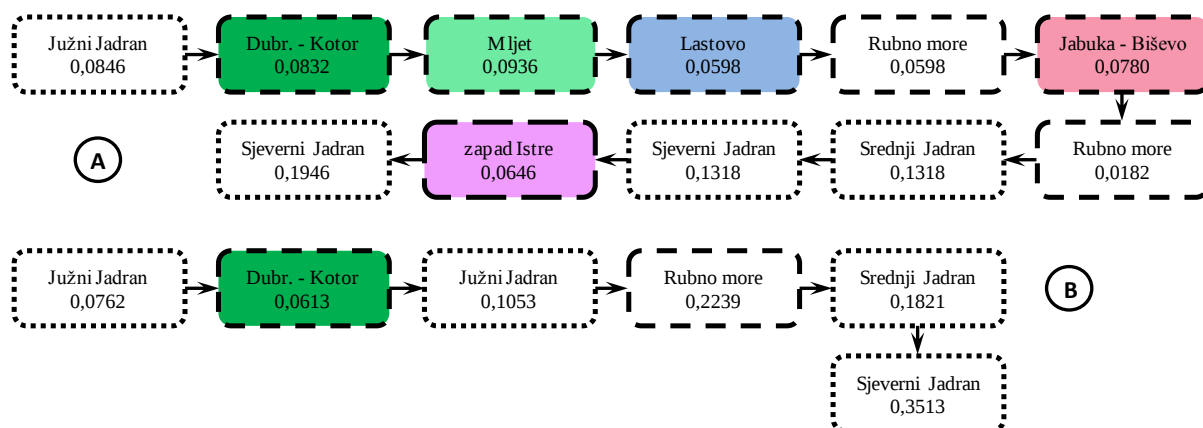
Slika 38. Venecija – Kotor – Venecija

Za putovanja kraća od 24 sata na ruti r_{14} brodovi plove istočnim Jadranom, oznaka "A", a za putovanja duža od 24 sata plove zapadnim Jadranom rutom s oznakom "B". Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{14} :



Na području Lastova rute r_{14} A svi brodovi ulaze u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0141 čime se udio zone 3 na području Lastova smanjuje na 0,0478. Na području Jabuka – Biševo rute r_{14} A 33 % brodova ulazi u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0123 čime se udio zone 3 na području Jabuka – Biševo smanjuje na 0,0721.

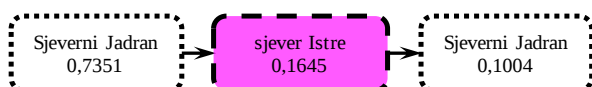
Za putovanja kraća od 20 sata na ruti r_{18} brodovi plove istočnim Jadranom, oznaka "A", a za putovanja duža od 20 sata plove zapadnim Jadranom rutom s oznakom "B". Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{18} :



Na području Lastova rute r_{18} A svi brodovi ulaze u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0096 čime se udio zone 3 na području Lastova smanjuje na 0,0502. Na području Jabuka – Biševo rute r_{18} A svi brodovi ulaze u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0183 čime se udio zone 3 na području Jabuka – Biševo smanjuje na 0,0415.

Venecija – Trst – Venecija

Ruta Venecija – Trst (r_{17}) korištena je 25 puta u promatranom razdoblju sa sljedećim udjelima boravka u geografskim područjima:



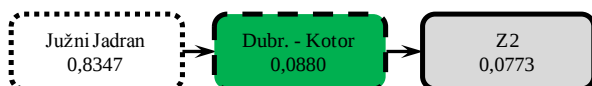
Ruta Trst – Venecija (r_{108}) korištena je jednom u promatranom razdoblju, a plovidba se cijelim putem odvijala u zoni 4 sjevernog Jadrana.

Ulaz – Brindisi – Izlaz

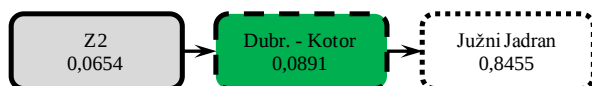
Ruta Brindisi – Izlaz (r_{19}) korištena je 24 puta u promatranom razdoblju, a Ulaz – Brindisi (r_{34}) 10 puta. Na ovim rutama brodovi cijelim putem do izlaska iz Jadranskog mora plove zonom 4 južnog Jadrana.

Bari – Dubrovnik – Bari

Ruta Bari – Dubrovnik (r_{21}) korištena je 23 puta u promatranom razdoblju, a Dubrovnik – Bari (r_{80}) 2 puta. Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{21} :

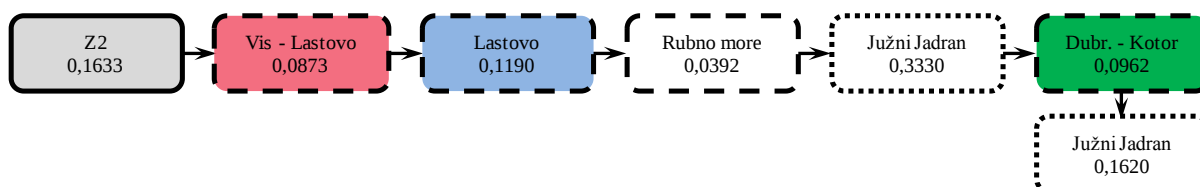


Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{80} :

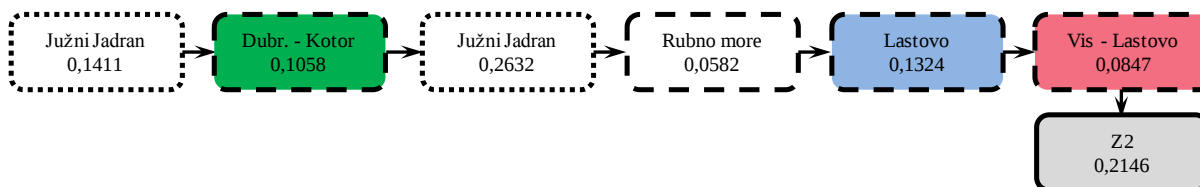


Split – Kotor – Split

Ruta Split – Kotor (r_{23}) korištena je 22 puta u promatranom razdoblju, a Kotor – Split (r_{49}) pet puta. Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{23} :



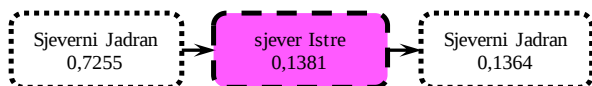
Na području Lastova svi brodovi ulaze u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0253 čime se udio zone 3 smanjuje na 0,0937. Udjeli boravka u geografskim područjima za rutu r_{49} :



Na području Lastova svi brodovi ulaze u zonu 2 s ukupnim udjelom 0,0258 čime se udio zone 3 na području Lastova smanjuje na 0,1066.

Koper – Venecija – Koper

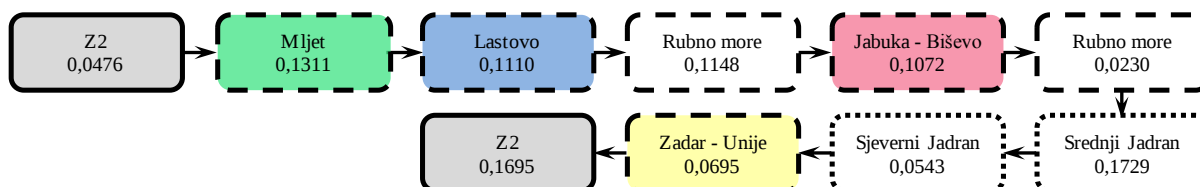
Ruta Koper – Venecija (r_{24}) korištena je 22 puta u promatranom razdoblju, a Venecija – Koper (r_{36}) devet puta. Na ruti r_{24} brodovi cijelim putem plove zonom 4 sjevernog Jadrana. Udjeli boravka u geografskim područjima za ruti r_{36} :



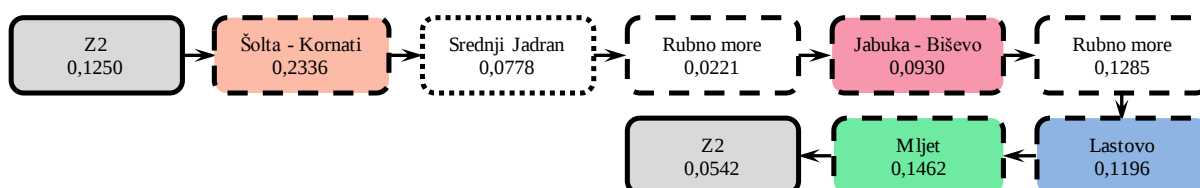
Dubrovnik – Zadar – Dubrovnik

Slika 37 prikazuje kretanje brodova na rutama između Dubrovnika i Zadra. Ruta Dubrovnik – Zadar (r_{25}), prikazana tamnoplavom bojom, korištena je 21 put u promatranom razdoblju, a ruta Zadar – Dubrovnik (r_{37}), prikazana svjetloplavom, osam puta.

Udjeli boravka u geografskim područjima za ruti r_{25} :

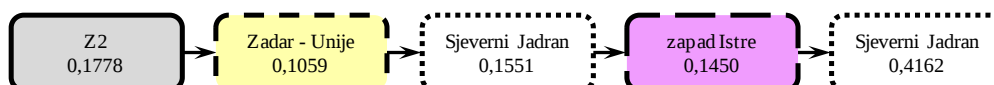


Udjeli boravka u geografskim područjima za ruti r_{37} :

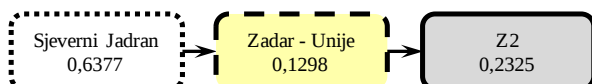


Zadar – Venecija – Zadar

Brodovi su plovili rutom Zadar – Venecija (r_{26}) 21 put u promatranom razdoblju, a rutom Venecija – Zadar (r_{31}) četrnaest puta. Udjeli boravka u geografskim područjima za ruti r_{26} :



Udjeli boravka u geografskim područjima za ruti r_{31} :



7.3.3. Proračun vremena plovidbe u zonama plovidbe

Kada je za putovanje x izračunato vrijeme plovidbe t_x i to putovanje je prepoznato kao ruta r_z , s udjelima boravka po zonama UB_{2z} , UB_{3z} i UB_{4z} moguće je izračunati i pojedinačna vremena boravka po zonama plovidbe:

$$\begin{aligned} t_{2x} &= UB_{2z} \cdot t_x \\ t_{3x} &= UB_{3z} \cdot t_x \\ t_{4x} &= UB_{4z} \cdot t_x \end{aligned} \quad (14)$$

Također, za svaku rutu r_z s pripadajućim udjelima boravka u geografskim područjima UB_{gz} moguće je izračunati pojedinačna vremena boravka po geografskim zonama:

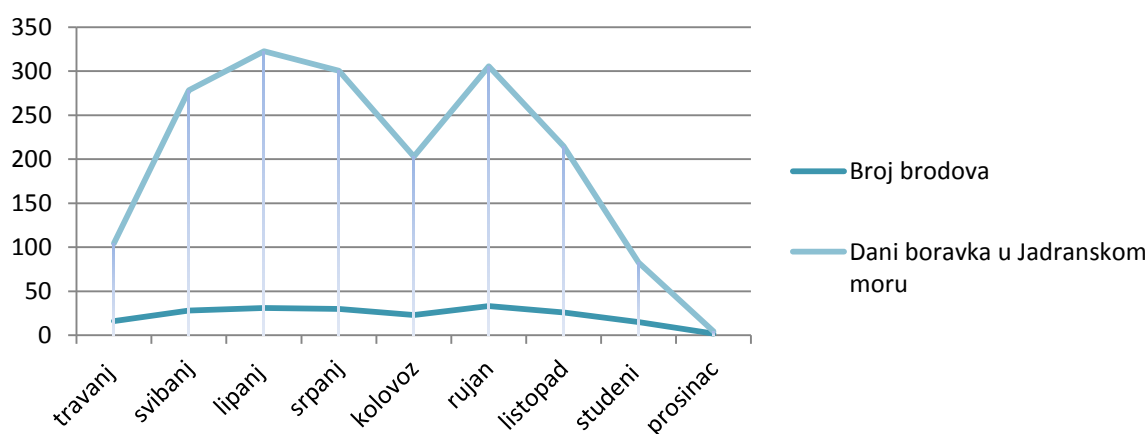
$$t_{gz} = UB_{gz} \cdot t_x \quad (15)$$

Budući da poznajemo koja geografska zona pripada kojoj zoni plovidbe, moguće je dalje grupirati vremena plovidbe u geografskim zonama kako bismo dobili vremena boravka u zonama plovidbe:

$$\begin{aligned} t_{2x} &= UB_{20} \cdot t_x \\ t_{3x} &= (UB_{30} + UB_{31} + \dots + UB_{39}) \cdot t_x \\ t_{4x} &= (UB_{40} + UB_{41} + UB_{42}) \cdot t_x \end{aligned} \quad (16)$$

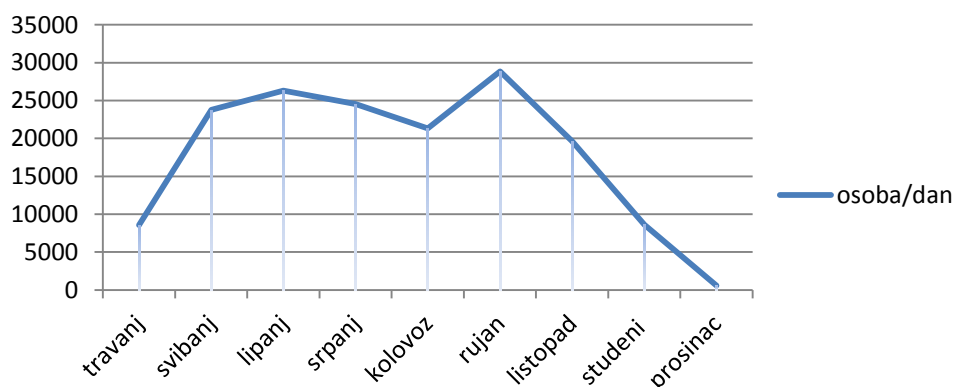
7.4. Analiza dobivenih rezultata

Praćenjem brodova za kružna putovanja uočeno je da godišnje plove 8 mjeseci u Jadranskom moru (od travnja do studenog) i, suprotno uvjerenju o vrhuncu sezone u srpnju i kolovozu, najviše brodova posjećuje Jadransko more u lipnju i rujnu te u istim mjesecima provode najviše vremena u Jadranu, što je grafički prikazano na slici 39.



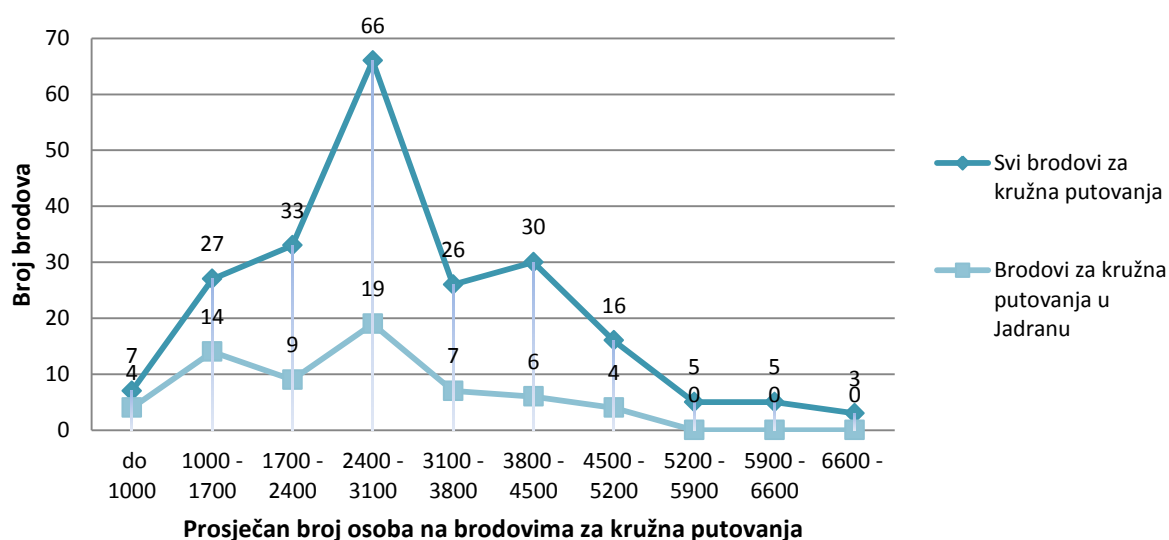
Slika 39. Boravak brodova za kružna putovanja po mjesecima prema broju brodova i danima boravka

S obzirom da prosječan kapacitet promatranih brodova varira od 500 do 5000 osoba, na slici 40 prikazan je boravak brodova za kružna putovanja po mjesecima prema broju osoba na dan (umnožak prosječnog kapaciteta broda i omjera vremena zadržavanja u Jadranskom moru u tom mjesecu s brojem dana mjeseca).



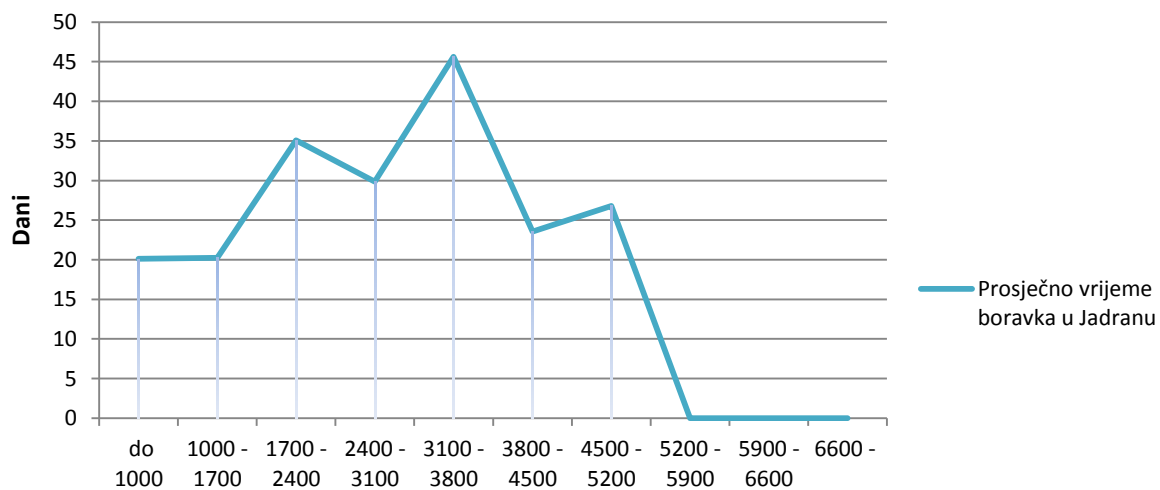
Slika 40. Boravak brodova za kružna putovanja po mjesecima prema broju osoba/dan

Prema kapacitetu brodovi za kružna putovanja podijeljeni su u deset razreda. Na slici 41 prikazana je raspodjela prosječnog broja osoba na brodovima za kružna putovanja u svijetu i Jadranu. Možemo uočiti da najviše brodova općenito upada u kategoriju velikih brodova za kružna putovanja u razredu 2400 – 3100. Mali i izrazito veliki brodovi najmanje su zastupljeni.



Slika 41. Raspodjela prosječnog broja osoba na brodovima za kružna putovanja prema razredima u svijetu i Jadranu

Analizirajući vrijeme boravka brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru prema njihovom kapacitetu, zaključeno je da najviše vremena u Jadranu provode brodovi iz razreda kapaciteta 3100 – 3800 osoba, slika 42. Prosječan kapacitet brodova za kružna putovanja u promatranom razdoblju u Jadranskom moru, izračunat s obzirom na vrijeme plovidbe svakog broda i njegovog kapaciteta, je 2909 osoba.



Slika 42. Raspodjela prosječnog vremena boravka brodova za kružna putovanja prema razredima u Jadranu

8. PRIMJENA RAZVIJENIH MODELA NA PODRUČJE JADRANSKOG MORA

Vrednovanje onečišćenja Jadranskog mora moguće je promatrati preko predloženih modela. Raspodjelu vremena boravka brodova za kružna putovanja prema zonama plovidbe možemo dobiti primjenom modela kretanja i to:

- općenito: preko udjela boravka u zonama plovidbe
- detaljno: preko udjela boravka u geografskim područjima.

Korištenjem općenitih udjela plovidbe dobivamo vremena boravka u zoni 2 (do 3 M), zoni 3 (3 – 12 M) i zoni 4 (van 12 M) koja nam omogućuju pregled raspodjele plovidbe, a time i opterećenja u zonama ograničenog ispuštanja prema Prilogu IV MARPOL konvencije. Nedostatak korištenja ovih udjela plovidbe je nepoznavanje geografskog područja u kojem se plovidba odvija i nepoznavanje izmjene zona između dvije luke.

Primjenom udjela boravka u geografskim područjima moguće je detaljnije predvidjeti kretanje brodova za kružna putovanja te vidjeti raspodjelu vremena plovidbe u definiranim geografskim zonama, a samim time i prepoznati kritična područja s obzirom na opterećenje plovidbom brodova za kružna putovanja.

Nakon primjene modela kretanja i dobivenih vremena zadržavanja u geografskim zonama modelom vrednovanja onečišćenja dobit će se generirane sanitarne otpadne vode u svakom od područja plovidbe što je polazna vrijednost za simulaciju različitih scenarija rada broda s obzirom na izbor sustava i izbor moda rada prema zonama plovidbe.

U nastavku je vrednovano onečišćenje Jadranskog mora u promatranoj godini istraživanja korištenjem geografskih udjela plovidbe na temelju čega su identificirana kritična područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Na kraju je simuliran rad oba modela za 1 mjesec plovidbe u Jadranu razvijenim kompjuterskim programom *Kruzeri* te su mijenjani scenariji rada za uočavanje razlika u opterećenju pojedinih područja.

8.1. Testiranje modela kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru

Podaci iz jednogodišnjeg istraživanja kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru poslužili su za određivanje udjela boravka po geografskim zonama (UB_{gz}) i razvoj predstavljenog modela kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru. Kako bismo ustvrdili točnost razvijenog modela, usporedit ćemo podatke iz jednogodišnjeg istraživanja prikazane u tablici 14 i rezultate testiranja modela prikazane u tablici 17.

Tablica 17. Rezultati testiranja modela kretanja brodova za kružna putovanja prema prosječnom vremenu plovidbe i broju putovanja na rutu

[illegible]

Tablica 14 daje nam podatke o ukupnom vremenu plovidbe brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru u razdoblju od godine dana i raspodjeli tog vremena na zone plovidbe. Tablica 17 prikazuje sljedeće:

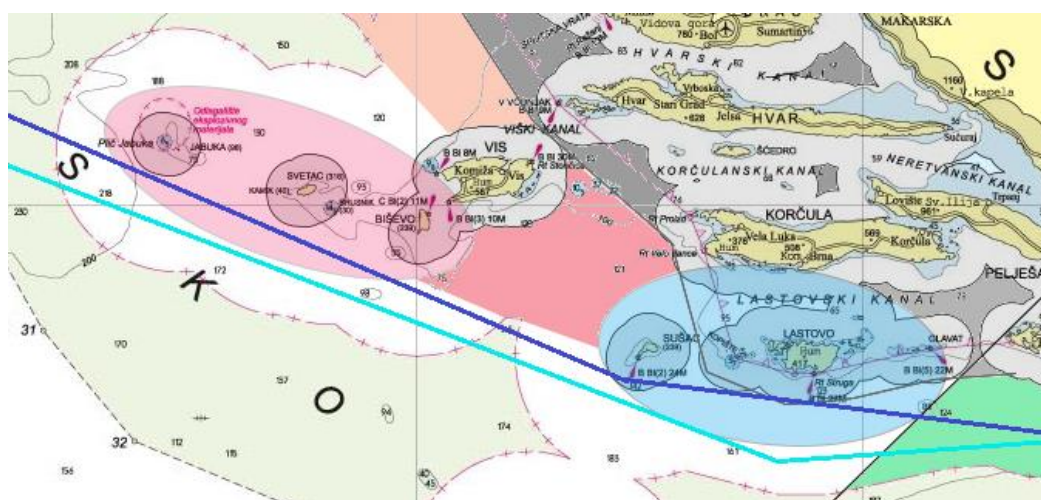
- podatke o plovidbi na rutama u istraživanju, odnosno prosječno vrijeme plovidbe brodova za kružna putovanja i ukupan broj putovanja na svakoj ruti u promatranoj godini istraživanja
- udjele boravka u geografskim područjima UB_{gz}
- vremena boravka u geografskim područjima plovidbe za svaku rutu.

Poznavajući prosječno vrijeme plovidbe brodova za kružna putovanja i ukupan broj putovanja na svakoj ruti u promatranoj godini istraživanja te udjele boravka u geografskim područjima dolazimo korištenjem izraza (15) do vremena boravka u geografskim područjima plovidbe za svaku rutu. Zbrajanjem vremena po geografskim područjima korištenjem izraza (16) dolazimo do vremena zadržavanja u zonama plovidbe. Jasno je da su uzimanjem prosječnog vremena plovidbe na ruti dobiveni rezultati testiranja modela aproksimacija, a tablica 18 prikazuje nam usporedbu rezultata istraživanja i rezultata testiranja modela kretanja te odstupanja koja će biti detaljno obrazložena u nastavku.

Tablica 18. Usporedba rezultata jednogodišnjeg istraživanja i rezultata testiranja modela kretanja

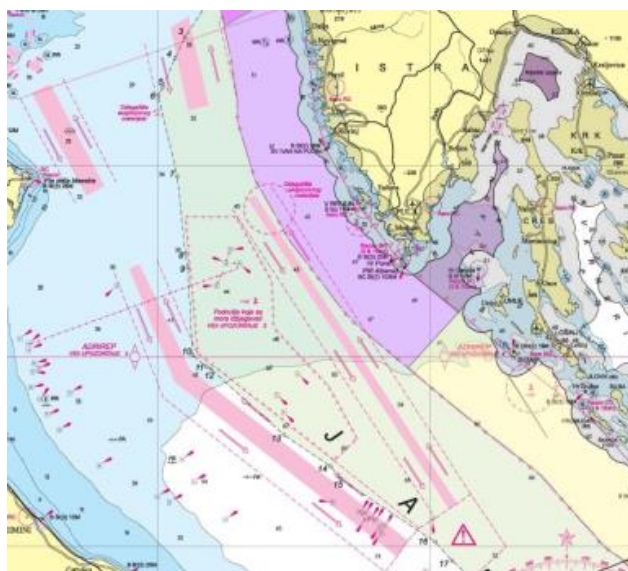
vrijeme boravka u zonama plovidbe [dani]	rezultati istraživanja	rezultati modela kretanja	razlika [dani]	razlika [%]
ZONA 2	66,61	60,58	-6,03	-9,05
ZONA 3	195,78	211,94	+16,16	+8,25
ZONA 4	840,42	806,28	-34,14	-4,06
UKUPNO	1102,81	1078,80	-24,01	-2,18

Manjak od 9,05 % u plovidbi zonom 2 korištenjem modela kretanja javlja se zato što ulazak u zonu 2 na području Lastova, Sušca i Biševa nije uvršten u udjele plovidbe na rutama koje prolaze tim područjem iz tri razloga: prvi je razlog što ne ulaze svi brodovi u zonu 2 prilikom prolaska kroz ta područja; drugi je razlog položaj rute koji s minimalnim varijacijama od 0,2 M drastično mijenja vrijeme boravka u zoni 2 pri tom prolasku koje se kreće od 0 do 20 minuta; a treći je razlog što u tako kratkom vremenu plovidbe u zoni 2, brod ne stigne mijenjati svoj mod rada pa se pretpostavlja da cijelim putem kroz područja Lastovo i Jabuka – Biševo koriste isti mod rada. Međutim, ovaj podatak nam govori o približnom postotku vremena koje brodovi provedu u tom području, budući da se najčešće korištene rute gotovo sve kreću ovim područjem. Primjeri ovog slučaja već su predstavljeni u poglavlju 7.3.2. Ruta najčešćeg kretanja brodova za kružna putovanja na spomenutom području prikazana je tamnoplavom linijom na slici 43.



Slika 43. Zone 2 i 3 na području Lastova i Biševa

Iz istih razloga stvoren je višak od 8,25 % u zoni 3. Dakle, sve ono što je pripadalo zoni 2 na području Lastova i Biševa (6,03 dana) pripisano je zoni 3. Međutim, razlika od dodatnih 10,13 dana stvara se na području zapada Istre. Naime, položaj sustava odijeljenog prometa na sjevernom Jadranu leži preko granice teritorijalnog mora, kako je prikazano na slici 44. Brodovi prilikom kretanja prema sjevernom Jadranu mogu ploviti sustavom odijeljene plovidbe, držeći se lijeve strane uopće ne ulazeći u teritorijalno more; mogu ploviti držeći se desne strane prilikom čega borave u teritorijalnom moru približno sat vremena ili mogu ploviti sredinom u kojem slučaju borave približno pola sata u teritorijalnom moru RH-a. Budući da je većina brodova ulazila u teritorijalno more, za svaku je rutu uzeto prosječno vrijeme boravka u zoni 3 u području zapada Istre za određivanje udjela plovidbe u geografskim područjima. Navedeno odstupanje odnosi se na one brodove koji nisu ušli u zonu 3 prilikom plovidbe prema sjevernom Jadranu.



Slika 44. Sustav odijeljenog prometa u sjevernom Jadranu

Manjak od 4,06 % u zoni 4 odnosi se na prolazak brodova srednjim Jadranom u području gdje je otvoreno more usječeno u teritorijalno more RH-a između otoka Biševa i Sušca. Na isti

način kako brodovi prilikom kretanja prema sjeveru plove bliže Lastovu i Biševu i ulaze u njihovu zonu 2, tako prilikom povratka iz sjevernih luka prema južnima (Dubrovnik, Kotor) brodovi se uglavnom kreću rutom koja prolazi rubnim morem i na približno deset do petnaest minuta ulaze u zonu 4 i nastavljaju plovidbu zonom 3 rubnog mora, kako je prikazano svjetloplavom linijom na slici 43. To vrijeme boravka u zoni 4 nije uključeno u model kretanja pretpostavljajući da za tako kratko vrijeme boravka u zoni 4 brod ne mijenja mod rada.

Ukupno odstupanje od 2,18 % može se pripisati razlici koja se stvorila zbog korištenja prosječnih vremena plovidbe na svakoj ruti i umnoška broja putovanja na toj ruti, a ne posebnog zbroja svih 1800 ruta s točnim vremenom plovidbe na svakoj od njih. Ukupno gledajući, može se zaključiti da je testiranje modela kretanja bilo uspješno uz prihvatljiva i predviđena odstupanja i kao takav se može koristiti kao podloga za model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Isto tako, model kretanja može se koristiti kao zaseban alat, za vrednovanje neke druge vrste onečišćenja s brodova za kružna putovanja ili za detaljnu analizu kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru.

Samom potvrdom ispravnosti razvijenog modela kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru potvrđuje se i PH 6: Kretanje brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru odvija se predvidivim plovidbenim pravcima s obzirom na luke ticanja.

8.2. Vrednovanje onečišćenja Jadranskog mora u promatranoj godini istraživanja

Vremena plovidbe prema geografskim područjima dobivena testiranjem modela kretanja, prikazana u tablici 17, temelj su za vrednovanje onečišćenja Jadranskog mora u promatranoj godini i identifikaciju kritičnih područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

Prema modelu kretanja dolazimo do sljedeće raspodjele: u zoni 2 brodovi su proveli 1454 h odnosno približno 61 dan; u zoni 3 proveli su 5087 h odnosno približno 212 dana; a u zoni 4 19351 h odnosno 806 dana. Važno je napomenuti da zona 4 obuhvaća cijelo Jadransko more izvan teritorijalnog mora RH-a što znači da uključuje i teritorijalno more Italije, Slovenije, Crne Gore i Albanije. Budući da je fokus ove disertacije onečišćenje hrvatskog dijela Jadranskog mora boravak u zoni 2 i 3 ovih zemalja nije ulazio u model.

Ako vremena boravka u hrvatskoj i stranoj luci iz tablice 14 i prosječan kapacitet uvrstimo u izraz (5) dobit ćemo generirane sive i crne otpadne vode u lukama. Ako dobivena vremena plovidbe u geografskim zonama (tablica 17) i prosječan kapacitet uvrstimo u izraz (6) dobit ćemo generirane sive i crne otpadne vode u geografskim zonama plovidbe, tablica 19. Prosječan kapacitet brodova za kružna putovanja u promatranom razdoblju izračunat s obzirom na vrijeme plovidbe svakog broda i njegovog kapaciteta je 2909 osoba.

Tablica 19. Raspodjela vremena boravka i generiranih sanitarnih otpadnih voda brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama u jednogodišnjem istraživanju

geografska zona		vrijeme boravka u zoni [h]		generirane crne vode [m ³]		generirane sive vode [m ³]	
ZONA 1	hrvatska luka	t_{10}	216,98	GCV_{10}	836	GSV_{10}	6653
	strana luka	t_{11}	495,11	GCV_{11}	1908	GSV_{11}	15181
ZONA 2	zona 2	t_{20}	1454,04	GCV_{20}	5604	GSV_{20}	44582
ZONA 3	sjever Istre	t_{30}	81,79	GCV_{30}	315	GSV_{30}	2508
	zapad Istre	t_{31}	598,36	GCV_{31}	2306	GSV_{31}	18346
	Zadar - Unije	t_{32}	138,01	GCV_{32}	532	GSV_{32}	4232
	Šolta - Kornati	t_{33}	425,45	GCV_{33}	1640	GSV_{33}	13045
	Vis - Lastovo	t_{34}	396,86	GCV_{34}	1530	GSV_{34}	12168
	Jabuka - Biševo	t_{35}	491,96	GCV_{35}	1896	GSV_{35}	15084
	Lastovo	t_{36}	701,58	GCV_{36}	2704	GSV_{36}	21511
	rubno more	t_{37}	953,85	GCV_{37}	3677	GSV_{37}	29246
	Mljet	t_{38}	696,67	GCV_{38}	2685	GSV_{38}	21360
	Dubrovnik - Kotor	t_{39}	602,00	GCV_{39}	2320	GSV_{39}	18458
ZONA 4	sjeverni Jadran	t_{40}	6628,19	GCV_{40}	25548	GSV_{40}	203226
	srednji Jadran	t_{41}	3401,83	GCV_{41}	13112	GSV_{41}	104303
	južni Jadran	t_{42}	9320,63	GCV_{42}	35926	GSV_{42}	285778

Budući da u zoni 2 samo AWT sustavi mogu ispuštati pročišćene sanitarne otpadne vode, dio voda generiranih u zoni 2 ispuštat će se u prvoj zoni 3 koja slijedi. Također, količina otpadnih voda generiranih u hrvatskoj luci ispuštat će se u zoni 2 (AWT sustavi) ili u zoni 3 (MSD sustavi), a generirano u stranoj luci u pripadajućoj zoni 4. Sive vode MSD sustava ispuštaju se uvijek neobrađene, osim u luci.

Trenutačan omjer u svijetu s obzirom na izbor sustava za pročišćavanje na velikim brodovima za kružna putovanja jest 45 % brodova s MSD sustavom i 55 % brodova s AWT sustavom. U promatranoj godini istraživanja omjer s obzirom na izbor sustava za pročišćavanje na brodovima za kružna putovanja bio je 52,4 % brodova s MSD i 47,6 % brodova s AWT sustavom. Budući da, u pravilu, veći brodovi imaju u upotrebi AWT sustave, a manji MSD sustave, za proračun kvalitete ispuštene otpadne vode je uzet omjer vremena boravka brodova za kružna putovanja s obzirom na sustav instaliran na brodu koji u postotcima iznosi 52,7 % AWT sustava i 47,3 % MSD sustava. Vodeći se tim omjerom, možemo izračunati približnu količinu i kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda prema geografskim područjima plovidbe u promatranoj godini istraživanja, prikazanu u tablici 20, što potvrđuje PH 7. Za kvalitetu ispuštenih sanitarnih voda pretpostavljeno je da brodovi slijede propise Priloga IV MAROL konvencije.

Tablica 20. Raspodjela približne količine i kvalitete ispuštenih sanitarnih otpadnih voda brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama plovidbe u jednogodišnjem istraživanju

AWT														
Geografska zona plovidbe		Ispuštene crne vode [m³]		Ispuštene sive vode [m³]		MOD rada	Čimbenici				Kvaliteta ispuštene otpadne vode			
							FK [u 100 ml]	BOD ₅ [mg/l]	TSS [mg/l]	Klor [µg/l]	FK (*10 ⁹)	BOD ₅ [kg]	TSS [kg]	Klor [g]
ZONA 1	hrvatska luka	CV ₁₀	0	SV ₁₀	0	MOD 1	/	/	/	/	/	/	/	/
	strana luka	CV ₁₁	0	SV ₁₁	0		/	/	/	/	/	/	/	/
ZONA 2	zona 2	CV ₂₀	3395	SV ₂₀	27001	MOD 2	14,5	7,99	4,49	338	4	243	136	10274
ZONA 3	sjever Istre	CV ₃₀	166	SV ₃₀	1322	MOD 2*	25500	7,99	4,49	338	379	11	7	503
	zapad Istre	CV ₃₁	1215	SV ₃₁	9668						2775	87	49	3679
	Zadar - Unije	CV ₃₂	280	SV ₃₂	2230						640	20	11	848
	Šolta - Kornati	CV ₃₃	864	SV ₃₃	6875						1973	62	35	2616
	Vis - Lastovo	CV ₃₄	806	SV ₃₄	6413						1841	58	32	2440
	Jabuka - Biševo	CV ₃₅	999	SV ₃₅	7949						2282	71	40	3025
	Lastovo	CV ₃₆	1425	SV ₃₆	11336						3254	102	57	4313
	rubno more	CV ₃₇	1938	SV ₃₇	15413						4424	139	78	5864
	Mljet	CV ₃₈	1415	SV ₃₈	11257						3231	101	57	4283
	Dubrovnik - Kotor	CV ₃₉	1280	SV ₃₉	10179						2922	92	51	3873
ZONA 4	sjeverni Jadran	CV ₄₀	13822	SV ₄₀	109949	MOD 4	103 mil.	526	704	372	127483955	65103	87135	46043
	srednji Jadran	CV ₄₁	6910	SV ₄₁	54968						63734108	32548	43562	23019
	južni Jadran	CV ₄₂	19524	SV ₄₂	155306						180073954	91960	123080	65036
MSD														
Geografska zona plovidbe		Ispuštene crne vode [m³]		Ispuštene sive vode [m³]		MOD rada crne/sive vode	Čimbenici crne/sive vode				Kvaliteta ispuštene otpadne vode			
							FK [u 100 ml]	BOD ₅ [mg/l]	TSS [mg/l]	Klor [µg/l]	FK (*10 ⁹)	BOD ₅ [kg]	TSS [kg]	Klor [g]
ZONA 1	hrvatska luka	CV ₁₀	0	SV ₁₀	0	MOD 1	/	/	/	/	/	/	/	/
	strana luka	CV ₁₁	0	SV ₁₁	0		/	/	/	/	/	/	/	/
ZONA 2	zona 2	CV ₂₀	0	SV ₂₀	21087	MOD 1/4	/36 mil.	/1140	/704	/372	7591435	24040	14845	7844
ZONA 3	sjever Istre	CV ₃₀	149	SV ₃₀	1186	MOD 3/4	2,04 mil./ 36 mil.	133/ 1140	627/ 704	1070/ 372	430079	1372	929	601
	zapad Istre	CV ₃₁	1124	SV ₃₁	8712						3159142	10081	6838	4443
	Zadar - Unije	CV ₃₂	500	SV ₃₂	2258						822955	2640	1903	1374
	Šolta - Kornati	CV ₃₃	1145	SV ₃₃	6552						2381913	7621	5330	3662
	Vis - Lastovo	CV ₃₄	1197	SV ₃₄	6245						2272559	7278	5147	3604
	Jabuka - Biševo	CV ₃₅	897	SV ₃₅	7135						2586810	8253	5585	3614
	Lastovo	CV ₃₆	1279	SV ₃₆	10175						3688977	11769	7965	5154
	rubno more	CV ₃₇	1739	SV ₃₇	13833						5015461	16001	10829	7007
	Mljet	CV ₃₈	2533	SV ₃₈	11435						4168263	13373	9639	6965
ZONA 4	Dubrovnik - Kotor	CV ₃₉	1807	SV ₃₉	9791	3561461	11402	8025	5575					
	sjeverni Jadran	CV ₄₀	12406	SV ₄₀	98683	MOD 4	636 mil./36 mil.	526/ 1140	704/ 704	372/ 372	114424987	119024	78206	41325
	srednji Jadran	CV ₄₁	6202	SV ₄₁	49335						57205644	59505	39098	20660
	južni Jadran	CV ₄₂	17523	SV ₄₂	139392						161627597	168124	110468	58372

Zbrajajući kvalitetu ispuštene sanitarne otpadne vode AWT i MSD sustava dolazimo do ukupnih opterećenja mora po geografskim područjima u godini istraživanja, prikazanoj u tablici 21. Treba imati na umu da su za proračune korištena prosječna vremena plovidbe, prosječan kapacitet brodova te da navedeni rezultati mogu odstupati od stvarnih vrijednosti onečišćenja. Međutim, rezultati su dovoljno točni za generalnu sliku onečišćenja morskog okoliša Jadranskog mora. Preciznije rezultate moguće je dobiti računalnim programom *Kruzeri* (detaljnije predstavljen u poglavlju 8.4.) koji za svako krstarenje koristi točne podatke o kapacitetu broda, vremenu plovidbe na rutama s obzirom na uneseni itinerar te sustavu pročišćavanja koji taj brod koristi.

Tablica 21. Ukupno opterećenje mora ispuštenim sanitarnim otpadnim vodama brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama plovidbe u jednogodišnjem istraživanju

geografska zona plovidbe		ispuštene crne vode [m ³]		ispuštene sive vode [m ³]		kvaliteta ispuštene otpadne vode			
						FK (*10 ⁹)	BOD ₅ [kg]	TSS [kg]	Klor [g]
ZONA 1	hrvatska luka	CV ₁₀	0	SV ₁₀	0	/	/	/	/
	strana luka	CV ₁₁	0	SV ₁₁	0	/	/	/	/
ZONA 2	zona 2	CV ₂₀	3394	SV ₂₀	48088	7591440	24282	14982	18118
ZONA 3	sjever Istre	CV ₃₀	315	SV ₃₀	2508	430459	1383	935	1104
	zapad Istre	CV ₃₁	2339	SV ₃₁	18380	3161918	10168	6887	8122
	Zadar - Unije	CV ₃₂	780	SV ₃₂	4488	823596	2660	1914	2223
	Šolta - Kornati	CV ₃₃	2009	SV ₃₃	13426	2383886	7683	5365	6278
	Vis - Lastovo	CV ₃₄	2003	SV ₃₄	12657	2274400	7336	5179	6044
	Jabuka - Biševo	CV ₃₅	1896	SV ₃₅	15084	2589092	8324	5625	6638
	Lastovo	CV ₃₆	2704	SV ₃₆	21511	3692231	11871	8022	9467
	rubno more	CV ₃₇	3677	SV ₃₇	29246	5019885	16140	10907	12871
	Mljet	CV ₃₈	3949	SV ₃₈	22692	4171494	13474	9696	11248
	Dubrovnik - Kotor	CV ₃₉	3086	SV ₃₉	19969	3564383	11493	8077	9448
ZONA 4	sjeverni Jadran	CV ₄₀	26227	SV ₄₀	208632	241909025	184127	165341	87368
	srednji Jadran	CV ₄₁	13112	SV ₄₁	104303	120939817	92052	82660	43678
	južni Jadran	CV ₄₂	37047	SV ₄₂	294697	341701468	260084	233548	123409

Rezultati modela onečišćenja prikazani u prethodnim tablicama ukazuju kako je zona 2 Republike Hrvatske jako ugrožena prometom brodova za kružna putovanja. Iako je zona 2 zaštićena od ispuštanja neobrađenih i nedovoljno obrađenih crnih voda Prilogom IV MARPOL konvencije, problem sivih voda koje nisu regulirane ovim Prilogom (ukoliko nisu pomiješane s crnim vodama) iznimno je velik. Proučavajući politiku kompanija brodova za kružna putovanja uočeno je da nemaju praksu prazniti tankove u zoni 2 zbog loše slike u javnosti što znači da se navedena količina ispuštenih sanitarnih voda u zoni 2 raspodjeljuje na neposredne zone uz zonu 2 čime su opterećenja tih područja još veća od navedenih (o čemu će se raspravljati u poglavlju 8.3.). Međutim, prateći pravnu regulativu i slobodu brodova da prazne sabirne tankove sivih voda u zoni 2, može se zaključiti da je mijenjanje pravne regulative i uvrštavanje sivih voda kao onečišćivača neminovno.

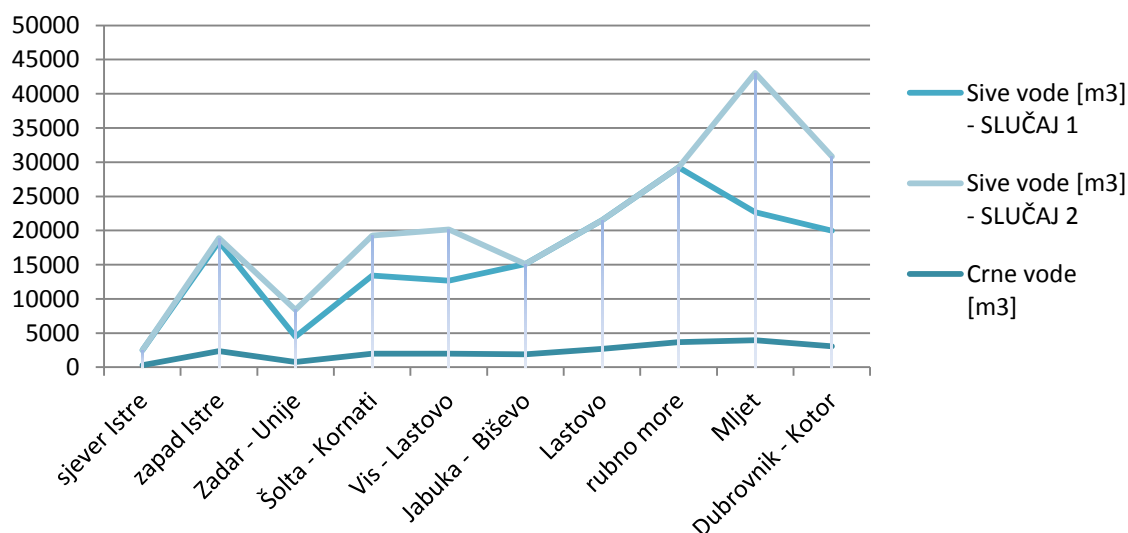
Vrijednosti u zoni 4, odnosno izvan teritorijalnog mora RH-a očekivano su velike, budući da se ne traži obrada otpadnih voda prije ispuštanja. Pozornost bi trebalo obratiti na područje sjevernog Jadrana koje je zbog svoje male dubine posebno osjetljivo na sve vrste onečišćenja i u kojem se već javljao problem eutrofikacije.

8.3. Identifikacija kritičnih područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja

Vrednovanjem onečišćenja Jadranskog mora u promatranoj godini istraživanja primjenom razvijenih modela dobivene su vrijednosti količine i kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode prema geografskim područjima plovidbe. Ukoliko detaljnije analiziramo rezultate za zonu plovidbe 3, možemo identificirati kritična područja s obzirom na onečišćenje Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama, što potvrđuje PH 8. Razmotrit ćemo onečišćenje u dva slučaja:

- Slučaj 1. Siva voda MSD sustava ispuštena je u zoni 2 poštujući Prilog IV MARPOL konvencije.
- Slučaj 2. Siva voda MSD sustava ispuštena je u zoni 3 koja neposredno slijedi zonu 2 poštujući uobičajenu praksu brodova za kružna putovanja.

Vrijednosti količine i kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode u prvom slučaju već su prikazane u tablici 20. Za potrebe drugog slučaja količina sivih otpadnih voda iz zone 2 za MSD sustave raspodijeljena je u zone 3 koje neposredno slijede s obzirom na kretanje broda. Time su se količine ispuštenih sivih voda povećale u nekim geografskim područjima. Najveće je povećanje, za čak 90 %, na području Mljeta, nakon kojeg slijede: područje Zadar – Unije s povećanjem od 87 %; Vis – Lastovo s 59 %; Dubrovnik – Kotor s 54 % i Šolta – Kornati s povećanjem od 43 %. Na slici 45 grafički su prikazane količine ispuštenih crnih i sivih voda u zoni 3 teritorijalnog mora RH-a u oba slučaja.



Slika 45. Grafički prikaz količine ispuštenih crnih i sivih voda u zoni 3 teritorijalnog mora RH-a

U prvom slučaju najviše je otpadnih voda ispušteno u području rubnog mora. Međutim, ono se ne smatra kritičnim područjem jer je to usko područje teritorijalnog mora u srednjem Jadranu uz granicu RH-a te područje oko otoka Palagruže. Samom udaljenošću od najbližeg kopna i položajem područja na otvorenom moru, ispuštena sanitarna otpadna voda na tom području ne smatra se kritičnom po morski okoliš RH-a.

Kritičnim područjima, na temelju rezultata modela vrednovanja onečišćenja, smatraju se:

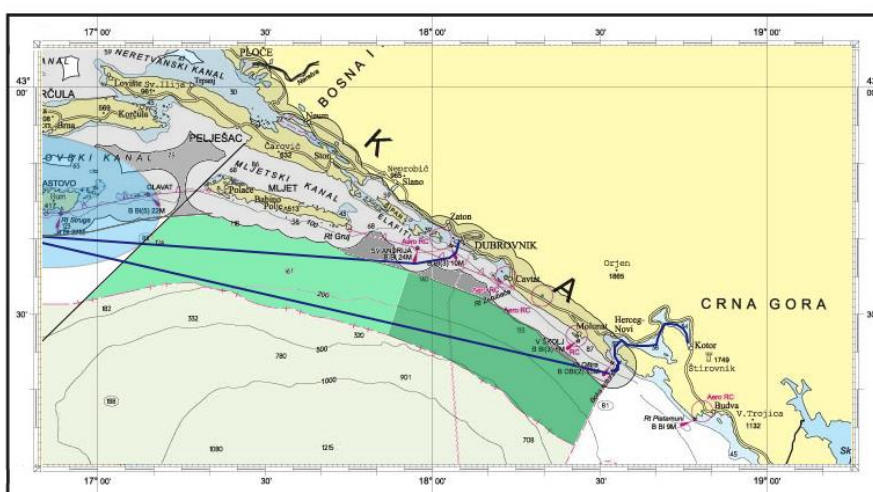
- područje Mljeta
- područje Dubrovnik – Kotor
- područje Lastova.

8.3.1. Područje Mljeta

Otok Mljet spada u južnodalmatinsku otočnu skupinu. Proteže se između $17^{\circ}19'19''$ i $17^{\circ}45'16''$ istočne zemljopisne dužine i $42^{\circ}41'12''$ i $42^{\circ}48'23''$ sjeverne zemljopisne širine. Dužina otoka je 37 km, a prosječna širina 3 km. Mljet je osmi po veličini hrvatski otok s površinom od $100,4 \text{ km}^2$. Duljina obalne crte je 131,3 km, a pomorski akvatorij zauzima prostor do vanjske granice teritorijalnih voda Republike Hrvatske, površine $1286,77 \text{ km}^2$ [74].

Sjeverozapadnu trećinu otoka zauzima Nacionalni park Mljet, najstariji morski park u cijelom Mediteranu. Proteže se na 5375 hektara zaštićenog kopna, uključujući i morski pojas 500 m od obale, otočića i hridi. To je područje nacionalnim parkom proglašeno u studenom 1960., a morski dio pridodan je 1997. godine [58]. Na Mljetu se velika pažnja posvećuje očuvanju okoliša, a unutar Nacionalnog parka najstrože je zabranjeno, među ostalim, i svako pogoršanje kakvoće mora i podmorja te njihovo onečišćavanje [74].

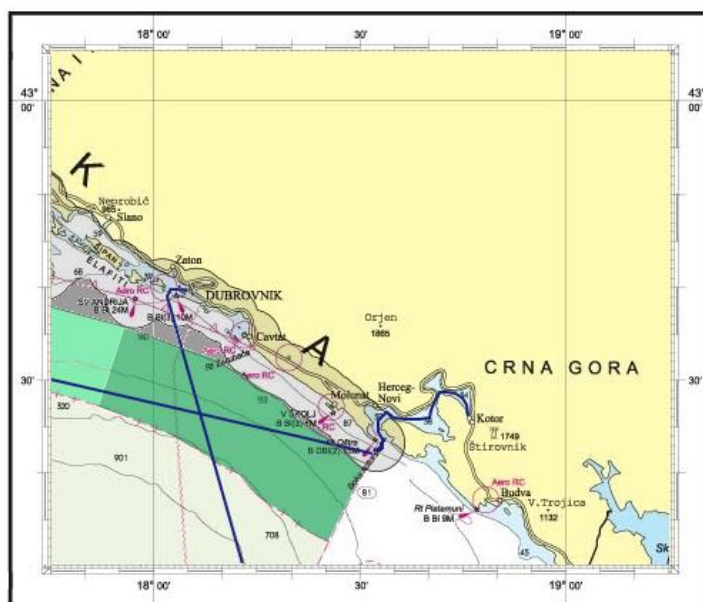
S obzirom na to, jasno je zašto je područje Mljeta kritično područje u onečišćenju mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Svi brodovi koji kreću iz Dubrovnika prema sjeveru, bilo hrvatskim ili stranim lukama prolaze u neposrednoj blizini otoka Mljeta. Budući da je Dubrovnik imao 338 ticanja u promatranoj godini, što je 24,2 % svih ticanja, jasno je da je promet brodova na ovoj liniji jako izražen. Imajući na umu da brodovi na izlasku iz Dubrovnika upravo na području Mljeta ulaze u zonu dopuštenog ispuštanja obrađenih sanitarnih otpadnih voda, problem je još naglašeniji. Brodovi iz Kotora također prolaze područjem Mljeta, međutim zbog svog položaja, ruta kretanja iz/prema Kotoru udaljenija je od samog otoka Mljeta i položena je uz granicu teritorijalnog mora čime je njen utjecaj manji, ali nikako zanemariv. Na slici 46 prikazano je područje Mljeta i najčešća linija kretanja brodova za kružna putovanja iz/prema Dubrovniku i Kotoru.



Slika 46. Kritično područje Mljeta

8.3.2. Područje Dubrovnik – Kotor

Područje Dubrovnik – Kotor obuhvaća teritorijalno more RH-a južno od Dubrovnika do crte razgraničenja s Crnom Gorom. Svi brodovi kojima je prva ili zadnja luka ticanja Dubrovnik, kao i svi brodovi koji iz Kotora nastavljaju prema sjeveru ili sa sjevera plove prema Kotoru, prolaze područjem Dubrovnik – Kotor. Budući da su Dubrovnik i Kotor zajedno imali 508 ticanja u promatranoj godini, što je 36,4 % svih ticanja, jasno je da je promet brodova za kružna putovanja na ovoj liniji jako izražen. Imajući na umu da brodovi na izlasku iz Kotora upravo na ovom području ulaze u zonu dopuštenog ispuštanja obrađenih sanitarnih otpadnih voda jasno je zašto je područje Dubrovnik – Kotor ubrojeno u kritična područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama. Na slici 47 prikazano je područje Dubrovnik – Kotor i najčešća linija kretanja brodova za kružna putovanja iz/prema Dubrovniku i Kotoru.

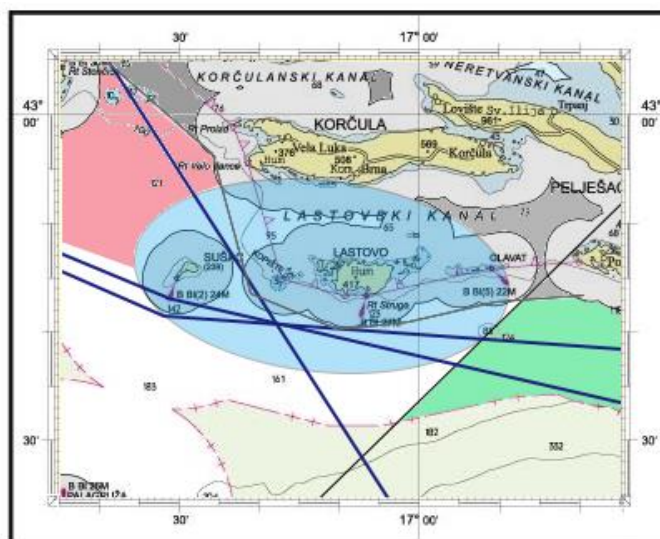


Slika 47. Kritično područje Dubrovnik – Kotor

8.3.3. Područje Lastova

Lastovo pripada skupini južnodalmatinskih otoka. Hrvatski sabor je 29. rujna 2006. godine proglasio Park prirode Lastovsko otočje, što ga čini jedanaestim parkom prirode u Hrvatskoj. Park obuhvaća 44 otoka, otočića, hridi i grebena (najveći od njih su Lastovo i Sušac) ukupne površine 53 km² i 143 km² morske površine. "Lastovsko otočje" je proglašeno parkom prirode zbog svoje mistične ljepote, naglašene krajobrazne vrijednosti, kopnenih i podvodnih špilja te brojnih rijetkih morskih i kopnenih vrsta i staništa. O bogatstvu podmorja otočja govori broj od 248 vrsta morske flore, a taj je broj na ovom malom području jednak onom sa širokog prostora srednjeg i južnog Jadrana. Plitka uzobalna dna prekrivena su ugroženim i zaštićenim livadama morske cvjetnice posidonije (*Posidonia oceanica*). Skrivena luka iznimno je rijetko stanište zelene alge *Caulerpa prolifera*, jedine autohtone kaulerpe u Jadranu. Zahvaljujući obilju i raznovrsnosti zooplanktona, podmorje Parka bogato je koraljima, spužvama, mekušcima, mahovnjacima, bodljikašima, rakovima te mnogim drugim vrstama pa su karike podmorskog životnog lanca vrlo snažne. Do sada je zabilježeno 330 vrsta beskralješnjaka, od kojih je 20 na popisu ugroženih vrsta [59].

Na temelju toga jasno je zašto se područje Lastova ističe kao kritično područje s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama. Promet brodova za kružna putovanja na području Lastova odvija se longitudinalno, povezujući luke južnog Jadrana (Dubrovnik i Kotor) i luke srednjeg i sjevernog Jadrana (Hvar, Split, Šibenik, Zadar, Rijeka, Pula, Koper, Trst i Venecija) te transversalno, povezujući luke Split i Hvar s izlazom iz Jadrana ili južnim talijanskim lukama (Bari i Brindisi), slika 48. Iz navedenog je jasno da veliki broj ruta u Jadranskom moru prolazi područjem Lastova, uključujući one najčešće: Dubrovnik – Venecija – Dubrovnik, Ulaz – Split – Izlaz i Venecija – Kotor – Venecija.



Slika 48. Kritično područje Lastovo

8.4. Primjer vrednovanja budućeg onečišćenja Jadranskog mora primjenom računalnog programa *Kruzeri*

Brodovi za kružna putovanja sanitarne otpadne vode, neobrađene ili obrađene, u dozvoljenim područjima ispuštanja mogu ispuštati proizvoljnom brzinom koja kreće od približno 40 m³/h, koliki je prosječan protok obrađene sanitarne vode iz sustava za pročišćavanje, do maksimalne brzine pražnjenja sabirnih tankova koja ovisi o hidrauličkom kapacitetu pumpe sabirnih tankova i seže do 200 m³/h. To znači da ne postoji način preciznog poznavanja brzine pražnjenja obrađenih i neobrađenih otpadnih voda u nekim budućim plovidbama brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru. Međutim, brodovi su ograničeni s nekoliko faktora.

Kao prvo, brodovi za kružna putovanja ograničeni su kapacitetom sabirnih tankova sanitarnih otpadnih voda koji varira s obzirom na veličinu broda, a u omjeru s kapacitetom osoba na brodu prosječno vrijeme zadržavanja crnih voda na brodovima za kružna putovanja iznosi 62 sata [64], a sivih voda 56 sati [76]. Samim time, logično je pretpostaviti da brod koji uplovljavanjem u luku prestaje prazniti svoje sanitarne otpadne vode pri izlasku iz te luke nastoji do uplovljavanja u sljedeću luku isprazniti sabirne tankove kao i sanitarne otpadne vode generirane u plovidbi do te sljedeće luke.

Drugi ograničavajući faktor su pravni propisi. S obzirom na sustav za obradu sanitarnih otpadnih voda koji brod posjeduje, postoje određena područja u kojima je pražnjenje sabirnih tankova dozvoljeno. U dozvoljenim područjima ispuštanja brod može sanitarne otpadne vode ispuštati jednoliko kontinuirano odnosno proporcionalno vremenu boravka u dozvoljenim područjima ispuštanja tako da opterećenje morskog okoliša bude ravnomjerno raspoređeno. Također, brod može ispuštati sanitarne otpadne vode određenim protokom, ovisnim o kapacitetu crpki na brodu i veličini izlaza.

Treći ograničavajući faktor je politika kompanije u čijem je vlasništvu brod. Naime, mnoge kompanije prezentiraju se kao okolišno odgovorne i dio njih tvrdi da se ispuštanje sanitarnih otpadnih voda vrši samo izvan teritorijalnog mora, odnosno na udaljenosti većoj od 12 M od obale. Takva politika je hvalevrijedna, međutim, zbog razvedenosti hrvatske obale u dosta slučajeva i neodrživa.

Uzimajući u obzir sve ove faktore, računalni program *Kruzeri* omogućava mijenjanje mnogih parametara kako bi obuhvatio razne mogućnosti politike kompanija i rada brodova za kružna putovanja čime bi se mogli uspoređivati i vrednovati različiti scenariji. Tako je moguće zasebno odabrati mod rada brodova s AWT sustavom i brodova s MSD sustavom čime je omogućeno vrednovanje onečišćenja i u scenariju koji prati propise Priloga IV MARPOL konvencije, ali i u scenariju ispuštanja sanitarnih otpadnih voda samo izvan teritorijalnog mora. Uz ta dva, moguće je odabrati i niz drugih scenarija ukoliko udovoljavaju minimalnim propisima Priloga IV MARPOL konvencije. Također je omogućen odabir brzine pražnjenja sabirnih tankova ili odabir jednolikog kontinuiranog ispuštanja u odabranim dozvoljenim područjima ispuštanja. Brzina pražnjenja sabirnih tankova može se unijeti za svaki brod posebno, kao vrijednost iz tehničkih knjiga broda ili se može odabrati skupna vrijednost koja će se odnositi na sve brodove u promatranom vremenskom razdoblju. Mijenjanjem te brzine na generalnoj razini moguće je pratiti promjene u opterećenjima određenih područja i zaključivanje o optimalnim brzinama i smjernicama za ograničavanje brzina u određenim područjima.

Mijenjanjem različitih scenarija omogućeno je vrednovanje trenutačnih pravnih propisa, a usporedbom različitih vrijednosti opterećenja u različitim scenarijima te usporedbom istih omogućava se pronalazak najboljeg mogućeg rješenja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja s jedne strane i tehničkih mogućnosti brodova za kružna putovanja s druge strane.

Simulacija rada modela kretanja i modela vrednovanja onečišćenja implementiranih u računalni program *Kruzeri* prikazana je u nastavku, kao i opis samog računalnog programa.

8.4.1. Opis računalnog programa *Kruzeri*

Otvaranjem ikone računalnog programa dolazimo do sučelja programa, slika 49, u kojem imamo pet padajućih izbornika. Prvi padajući izbornik *Program* omogućuje mijenjanje postavki programa, korisnika i izlaz iz programa. Posljednji padajući izbornik *O programu* omogućava informacije o programu te pomoć pri korištenju samoga. Drugi, treći i četvrti padajući izbornici sadrže najbitnije podatke za korisnike programa.

Slika 49. Sučelje računalnog programa *Kruzeri*

Padajući izbornik *Matični podaci* daje pregled četiri kategorije koje se klikom otvaraju u novom prozoru: *Brodovi*, *Luke*, *Područja* i *Čimbenici*. U otvorenom prozoru *Brodovi* mogu se vidjeti svi brodovi svjetske flote brodova za kružna putovanja s kapacitetom 500 i više putnika. Svakom brodu pridruženi su podaci o sustavu za pročišćavanje koji brod posjeduje i prosječan kapacitet osoba na brodu te je omogućen unos brzine pražnjenja sabirnih tankova sanitarnih otpadnih voda prema tehničkim knjigama broda. U otvorenom prozoru *Luke* mogu se vidjeti sve luke u Jadranskom moru u koje uplovljavaju brodovi za kružna putovanja. Otvoreni prozor *Područja* daje pregled podjele Jadranskog mora na geografska područja plovidbe, njihovu šifru i zonu plovidbe kojoj pripadaju. Otvoreni prozor *Čimbenici* daje pregled vrijednosti svih čimbenika onečišćenja s obzirom na sustav za obradu sanitarnih otpadnih voda i mod rada broda. Sve kategorije u izborniku *Matični podaci* pregledne su kategorije, odnosno podaci u njima su već uneseni i nije ih potrebno otvarati i popunjavati za vrednovanje onečišćenja. Međutim, omogućeno je mijenjanje, brisanje i dodavanje stavki unutar kategorija ukoliko se npr. promijeni sustav na brodu, promijeni ime broda ili se flota proširi novogradnjama.

Padajući izbornik *Evidencije* daje pregled tri kategorije koje se klikom otvaraju u novom prozoru: *Rute*, *Krstarenja* i *Obračuni*. Otvoreni prozor *Rute* omogućava uvid u sve rute korištene i analizirane u jednogodišnjem istraživanju. U gornjoj polovici otvorenog prozora prikazana je lista ruta. Svakoj ruti pridružena je šifra u obliku broja (prema oznaci iz tablice 15), polazišna i odredišna luka, vrijeme plovidbe ako se radi o prvoj ili posljednoj luci ticanja (t_{UL} i t_{IZL}) te još dva obilježja: *Oznaka* i *Sati* koja se odnose samo na one rute u kojima se brodovi kreću različitim putanjama ovisno o vremenu plovidbe između luka. U obilježje rute *Sati* unosi se granično vrijeme koje mijenja odabir putanje brodova na ruti, a *Oznaka* može biti A i B. Oznaka A obilježava rutu na kojoj se plovidba odvija u kraćem ili jednakom

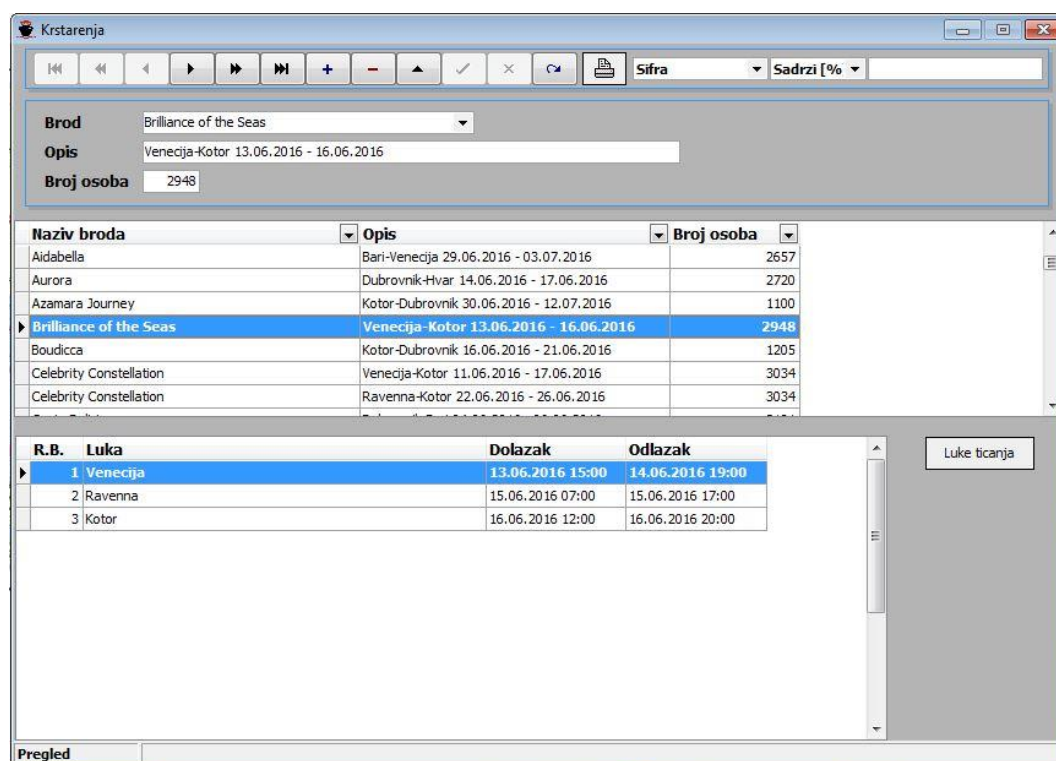
vremenu kao *Sati*, dok oznaka B obilježava rutu na kojoj se plovidba odvija u dužem vremenu od graničnog vremena unesenog u obilježje *Sati*. U donjoj polovici otvorenog prozora *Rute* prikazane su stavke odabrane rute. *Stavke rute* obuhvaćaju područja u kojima brod plovi na toj ruti, zonu plovidbe kojoj to područje pripada i koeficijent koji je zapravo udio vremena plovidbe u tom geografskom području (UB_{gz}). Svakom je području u stavkama rute pridružen redni broj koji označava redoslijed izmjene geografskih područja plovidbe na ruti. Izgled otvorenog prozora *Rute* prikazan je na slici 50.

Šifra	Oznaka	Polazišna luka	Odredišna luka	Sati	rijeme plovidbe
001		ULAZ	Dubrovnik		10,09
002		Dubrovnik	Venecija		
003		Bari	IZLAZ		6,52
004		Venecija	Bari		
005		ULAZ	Venecija		26,41
006		Kotor	IZLAZ		10,08
007		Dubrovnik	IZLAZ		9,86

R.B.	Područje	Zona	Koeficijent
1	Južni Jadran	ZONA 4	0,8358
2	Dubrovnik - Kotor	ZONA 3	0,0903
3	ZONA 2	ZONA 2	0,0739

Slika 50. Prikaz otvorenog prozora kategorije *Rute* računalnog programa *Kruzeri*

Otvoreni prozor *Krstarenja*, prikazan na slici 51, služi za upis itinerara brodova za kružna putovanja u vremenskom razdoblju za koje želimo promatrati kretanje brodova i vrednovati onečišćenje. Prva stavka u kategoriji *Krstarenja* je *Brod* i odnosi se na ime broda za kružna putovanja koje se može unijeti na tipkovnici ili odabirom u padajućem izborniku u kojem program nudi popis svih brodova svjetske flote brodova za kružna putovanja, kapaciteta većeg od 500 putnika. Drugu stavku, *Opis*, program popunjava automatski na temelju unesenih podataka o lukama ticanja i odnosi se na opis krstarenja radi lakšeg snalaženja među podacima. *Opis* uključuje prvu i posljednju luku ticanja u Jadranskom moru na tom krstarenju s datumom uplovljavanja u prvu luku ticanja i datumom isplovljavanja iz posljednje luke ticanja u Jadranskom moru. Treća stavka *Broj osoba* se opcionalno popunjava. Ukoliko je poznat točan broj osoba na određenom krstarenju na određenom brodu, može se unijeti u ovu stavku, međutim, ukoliko taj broj nije poznat, stavka *Broj osoba* se ostavlja praznom čime program povlači podatak o prosječnom kapacitetu broda iz kategorije *Brodovi* unutar izbornika *Matični podaci*. Nakon unosa imena broda, klikom na stavku *Luke ticanja*, prelazi se na unos itinerara broda na tom krstarenju – luke ticanja i vremena uplovljavanja i isplovljavanja iz svake luke.

Slika 51. Prikaz otvorenog prozora kategorije *Krstarenja* računalnog programa *Kruzeri*

Otvoreni prozor *Obračuni*, slika 52, prikazuje rezultate rada programa na temelju unesenih ulaznih parametara. Prva stavka je odabir vremenskog razdoblja koje želimo promatrati. Hoće li to biti tjedan, mjesec, godina dana ili bilo koji drugi vremenski period koji je korisniku zanimljiv, ovisi o isključivom odabiru korisnika uz uvjet da je za to vremensko razdoblje unesen itinerar brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru. Druga stavka je *Sustav pročišćavanja*. Ova stavka se pri klasičnom obračunu preskače jer program za svaki pojedinačni brod ima podatke o sustavu koji taj brod posjeduje (iz kategorije *Brodovi* unutar izbornika *Matični podaci*). Međutim, radi znanstvenog istraživanja pruža se mogućnost odabira jednog sustava za sve brodove, čime je omogućeno vidjeti koliko bi opterećenje morskog okoliša bilo da svi brodovi imaju npr. AWT sustav. Treća stavka *Brzina ispuštanja* označava brzinu pražnjenja sabirnih tankova u kojima se nalaze obrađene, neobrađene ili djelomično obrađene sanitarne otpadne vode. I ovdje postoji više opcija za odabir: može se unijeti generalna brzina ispuštanja koja se odnosi na sve brodove u promatranom razdoblju, čime se omogućava vrednovanje onečišćenja pri različitim brzinama pražnjenja tankova; polje se može ostaviti nepopunjeno čime program sam jednoliko raspoređuje ispuštanje sanitarnih otpadnih voda u dozvoljenim zonama ispuštanja do određene luke ili se može odabrati korištenje brzina pražnjenja iz tehničkih knjiga brodova (iz kategorije *Brodovi* unutar izbornika *Matični podaci*). Četvrta i posljednja stavka je odabir modova rada brodova za kružna putovanja prema zoni plovidbe i sustavu pročišćavanja. Posebno se odabiru modovi rada u zonama plovidbe za AWT sustave, a posebno za crne vode MSD sustava i sive vode MSD sustava.

Datum od	Datum do	Naziv sustava pročišćavanja	Brzina ispuštanja
1.6.2016.	30.6.2016.	AWT SUSTAV	100
1.6.2016.	7.6.2016.	AWT SUSTAV	40
1.6.2016.	30.6.2016.		40

Slika 52. Prikaz otvorenog prozora kategorije *Obračuni* računalnog programa *Kruzeri*

Kad su sve četiri stavke popunjene, klikom na ikonu *Obračun* program, koristeći prethodno analizirane razvijene modele: model kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru i model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja obrađuje sve ulazne parametre i prikazuje izlazne parametre:

- vrijeme zadržavanja u geografskim područjima plovidbe;
- sumu generiranih sivih i crnih sanitarnih otpadnih voda prema geografskim područjima plovidbe;
- sumu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda u geografskim područjima plovidbe prema odabranim brzinama i modovima rada brodova za kružna putovanja i
- količine ispuštenih onečišćivača u geografskim područjima plovidbe s obzirom na odabrane sustave i modove rada.

Svi napravljeni obračuni sačuvani su s glavnim karakteristikama obračuna u listi koja se nalazi u donjoj polovici otvorenog prozora *Obračuni* čime im je omogućen pristup u bilo kojem trenutku. Izlazni parametri prikazani su u tri verzije: dužoj tabličnoj raspoređenoj prema krstarenjima; kraćoj tabličnoj raspoređenoj prema geografskim područjima plovidbe i slikovnoj verziji s prikazom geografskih područja plovidbe i količina ispuštenih sanitarnih otpadnih voda prema područjima. Također je moguć izvoz podataka u *Excel* tablice radi lakše daljnje obrade.

8.4.2. Vrednovanje onečišćenja primjenom računalnog programa *Kruzeri*

Za vrednovanje onečišćenja primjenom računalnog programa *Kruzeri* odabran je mjesec lipanj 2016. godine. U program su uneseni podaci o kretanju brodova u Jadranskom moru za navedeni mjesec, odnosno itinerar brodova. Podaci su dobiveni s nekoliko internetskih stranica specijaliziranih za *online* rezervaciju krstarenja: www.cleancruising.com.au, www.igluccruise.com i www.cruiseshipschedule.com.

Vrednovanje onečišćenja napravljeno je za sljedeće scenarije pri različitim brzinama ispuštanja, prikazanim u tablici 22 s oznakom scenarija.

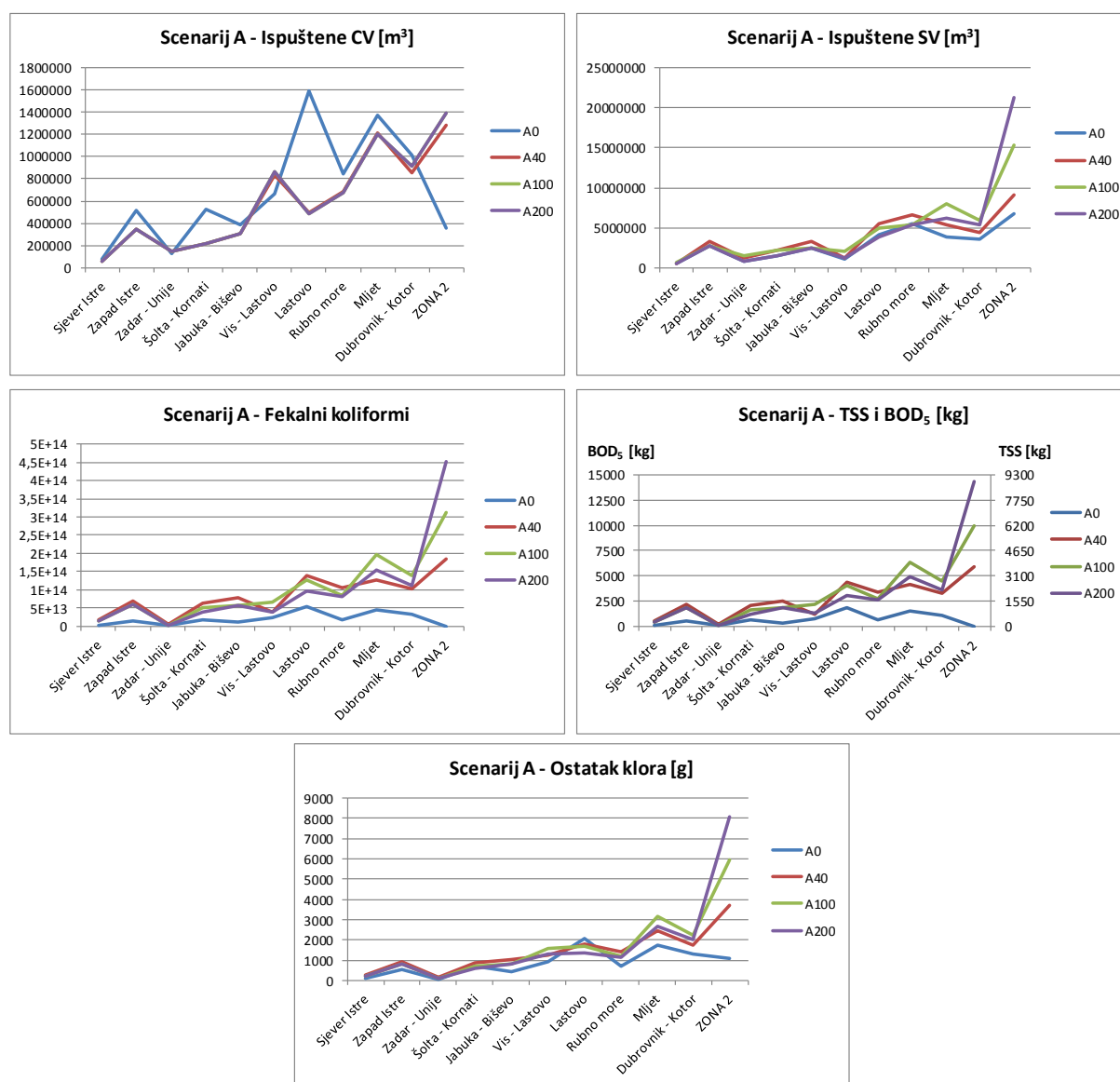
Tablica 22. Matrica scenarija simuliranih računalnim programom *Kruzeri*

generirane sanitarne otpadne vode		brzina pražnjenja sabirnih tankova [m^3/h]			
crne vode	sive vode	jednoliko	40	100	200
Prilog IV MARPOL	Prilog IV MARPOL	A_0	A_{40}	A_{100}	A_{200}
izvan 12 M	neobrađene	B_0	B_{40}	B_{100}	B_{200}
izvan 12 M	izvan Zone 2	C_0	C_{40}	C_{100}	C_{200}
najbolja dostupna tehnologija		D_0	D_{40}	D_{100}	D_{200}
svi brodovi s AWT sustavom		E_0	E_{40}	E_{100}	E_{200}

Svaki scenarij testirat će se u četiri slučaja: pražnjenje tankova vrši se jednoliko kontinuirano što znači da je pražnjenje tankova raspoređeno na dozvoljene zone ispuštanja; pražnjenje tankova vrši se brzinom $40 \text{ m}^3/\text{h}$ što odgovara prosječnoj brzini obrade sanitarnih otpadnih voda u AWT sustavu i prosječnoj maksimalnoj brzini ispuštanja crnih voda MSD sustava prema izrazu (1); pražnjenje tankova vrši se brzinom $100 \text{ m}^3/\text{h}$ što je nominalna brzina za pražnjenje sabirnih tankova; pražnjenje tankova vrši se brzinom $200 \text{ m}^3/\text{h}$ što je prosječna maksimalna brzina pražnjenja sabirnih tankova. Svi rezultati testiranja tablično su prikazani u Prilogu 4, a u nastavku su prikazani i analizirani rezultati po scenarijima i područjima plovidbe.

Rezultati scenarija A

Brodovi za kružna putovanja u scenariju A slijede propise Priloga IV MARPOL konvencije što znači da brodovi s AWT sustavom u zoni 2 ispuštaju potpuno obrađene sanitarne otpadne vode, u zoni 3 ispuštaju djelomično obrađene sanitarne otpadne vode (bez UV dezinfekcije), a u zoni 4 ispuštaju neobrađene sanitarne otpadne vode. Brodovi s MSD sustavom u zoni 2 zadržavaju crne vode u sabirnim tankovima, u zoni 3 ispuštaju obrađene crne vode, a u zoni 4 neobrađene crne vode maksimalnom brzinom pražnjenja po izrazu (1) dok se sive vode ispuštaju neobrađene jer nisu prepoznate kao onečišćivač u Prilogu IV MARPOL konvencije. Rezultati scenarija A za zone 2 i 3 prikazani su grafički na slici 53.

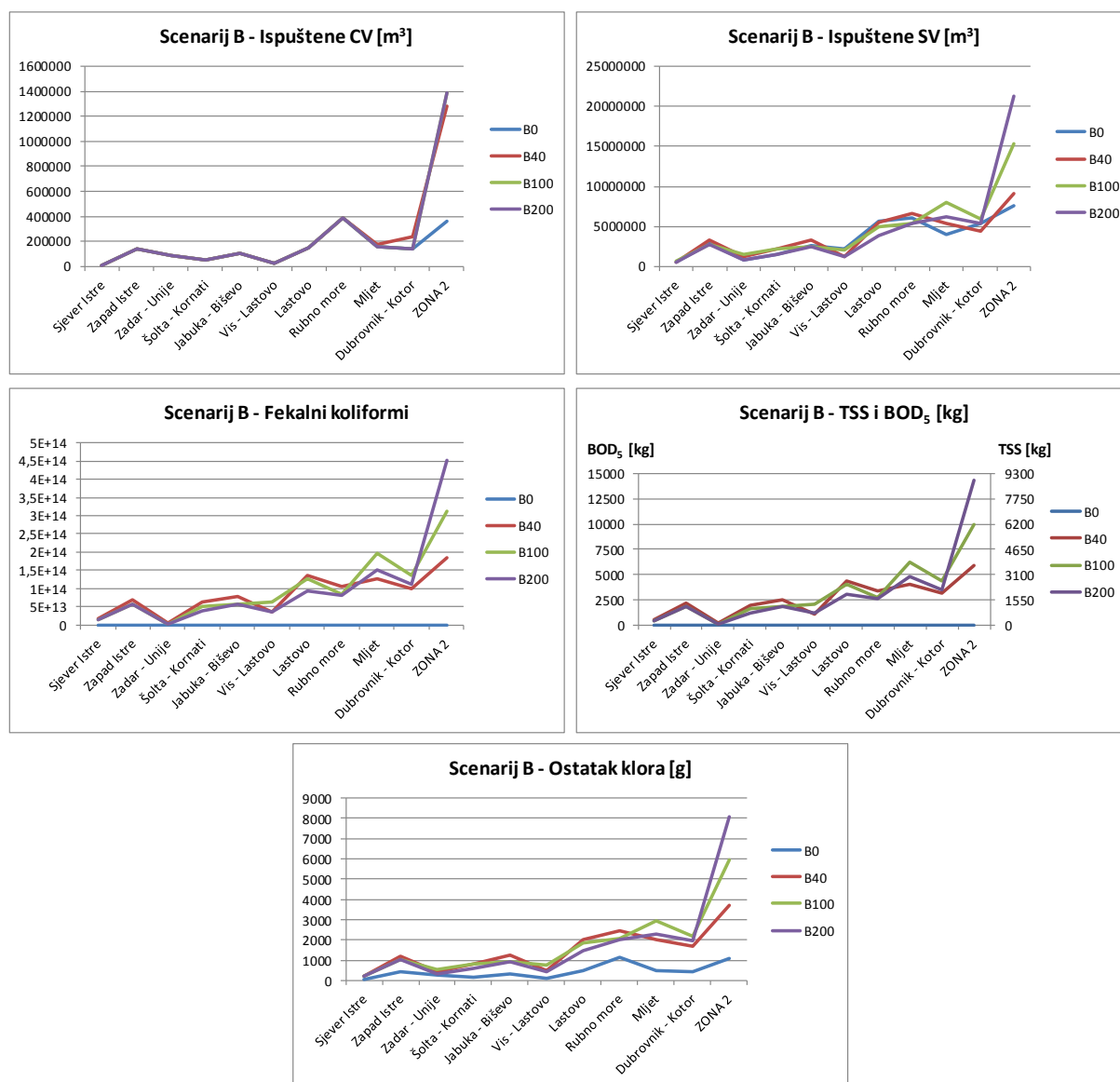


Slika 53. Rezultati scenarija A

Ispuštene crne vode bitno variraju po geografskim područjima plovidbe. Ukoliko se crne vode ispuštaju jednoliko raspoređeno na cijelu rutu plovidbe (A_0), njihov se volumen raspoređuje na veći prostor i samim time opterećenje priobalnih područja je manje. Ukoliko je definirana brzina ispuštanja, neovisno kolika je, opterećenje crnim vodama je približno jednako u svim područjima jer se sve, ili gotovo sve, crne vode generirane i obrađene u lukama prazne u zoni 2. Time je količina ispuštenih sanitarnih otpadnih voda u zoni 2 najveća pa samim time i opterećenje čimbenicima onečišćenja. Međutim, uzimajući u obzir veliku površinu zone 2 u RH i očekivano je da će ove vrijednosti biti veće od površinom manjih geografskih područja u zoni 3. Općenito, može se zaključiti da opterećenje zone 2 raste kako raste brzina ispuštanja sanitarnih otpadnih voda.

Rezultati scenarija B

Brodovi za kružna putovanja u scenariju B prate politiku velikih kruzerskih kompanija za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda. U ovom scenariju brodovi s AWT sustavima pražnjenje tankova vrše izvan 12 M od najbližeg kopna, a unutar teritorijalnog mora koriste MOD 2 dok brodovi s MSD sustavom crne vode drže u prihvatnim tankovima i ispuštaju ih izvan 12 M od najbližeg kopna, a sive vode ispuštaju neobrađene u svim zonama plovidbe. Rezultati scenarija B za zone 2 i 3 prikazani su grafički na slici 54.

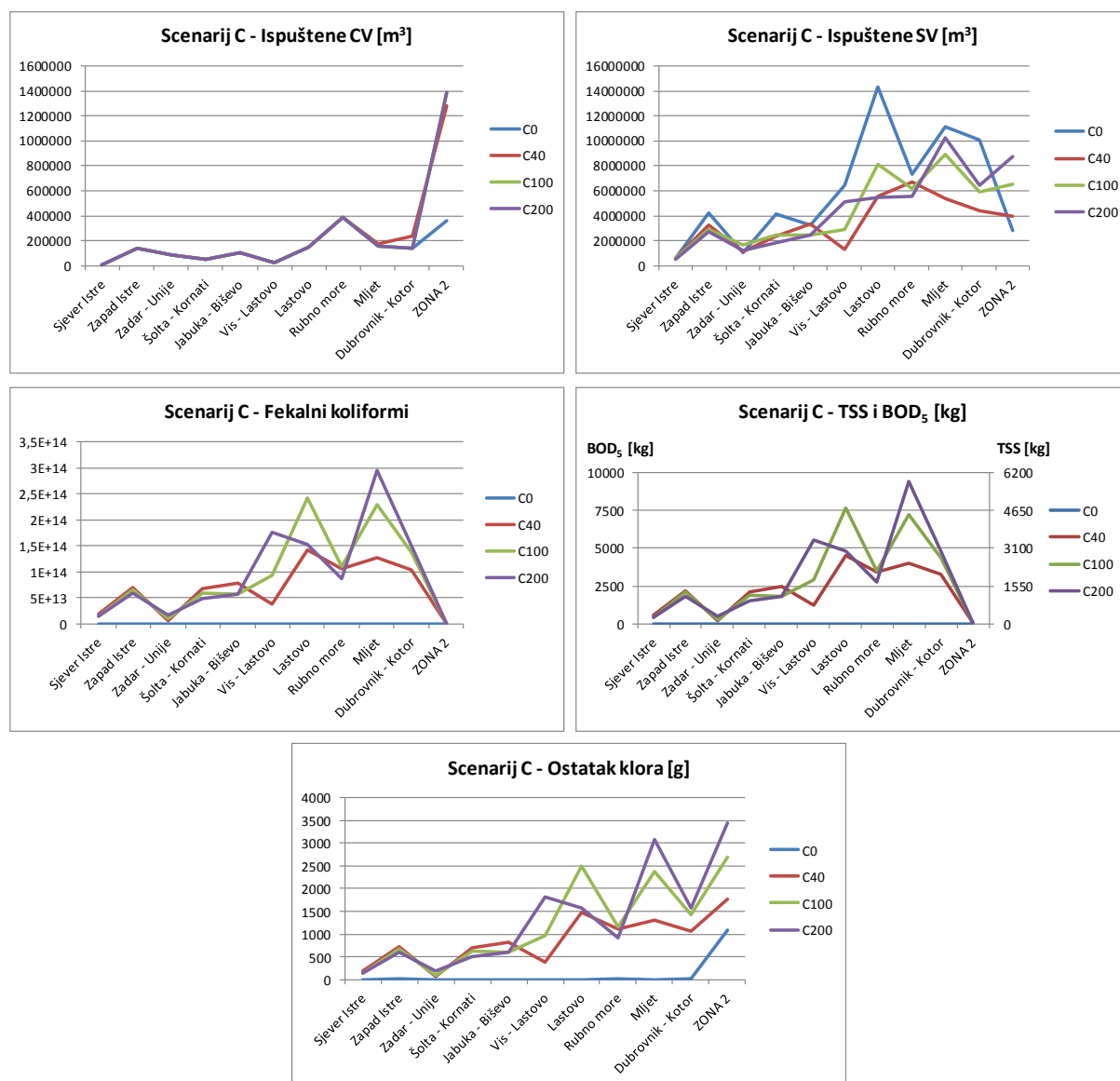


Slika 54. Rezultati scenarija B

Rezultati scenarija C

Brodovi za kružna putovanja u scenariju C također prate politiku velikih kruzerskih kompanija za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda. Jedina razlika je u ispuštanju sivih voda brodova s MSD sustavom. Dok su se u scenariju B sive vode ispuštale u zoni 2, u ovom scenariju sive vode se ispuštaju izvan zone 2, odnosno u zonama 3 i 4. Scenarij C je

napravljen kako bi se uočila razlika u onečišćenju priobalnog područja u slučajevima kada se siva voda ispušta i kad se ne ispušta. Rezultati scenarija C za zone 2 i 3 prikazani su grafički na slici 55.



Slika 55. Rezultati scenarija C

Usporedbom s rezultatima scenarija B može se jasno uočiti smanjenje onečišćenja zone 2. Tako je volumen ispuštenih sivih voda u zoni 2 prosječno smanjen 2,4 puta u odnosu na scenarij B, a količine ispuštenih onečišćivača drastično su smanjene u zoni 2 (približno 160 puta smanjene su količine TSS-a i BOD₅-a, a količina klora dvostruko je smanjena), a povećane na određenim geografskim područjima zone 3 (maksimalno povećanje u zoni Lastova TSS-a od 1,9 puta).

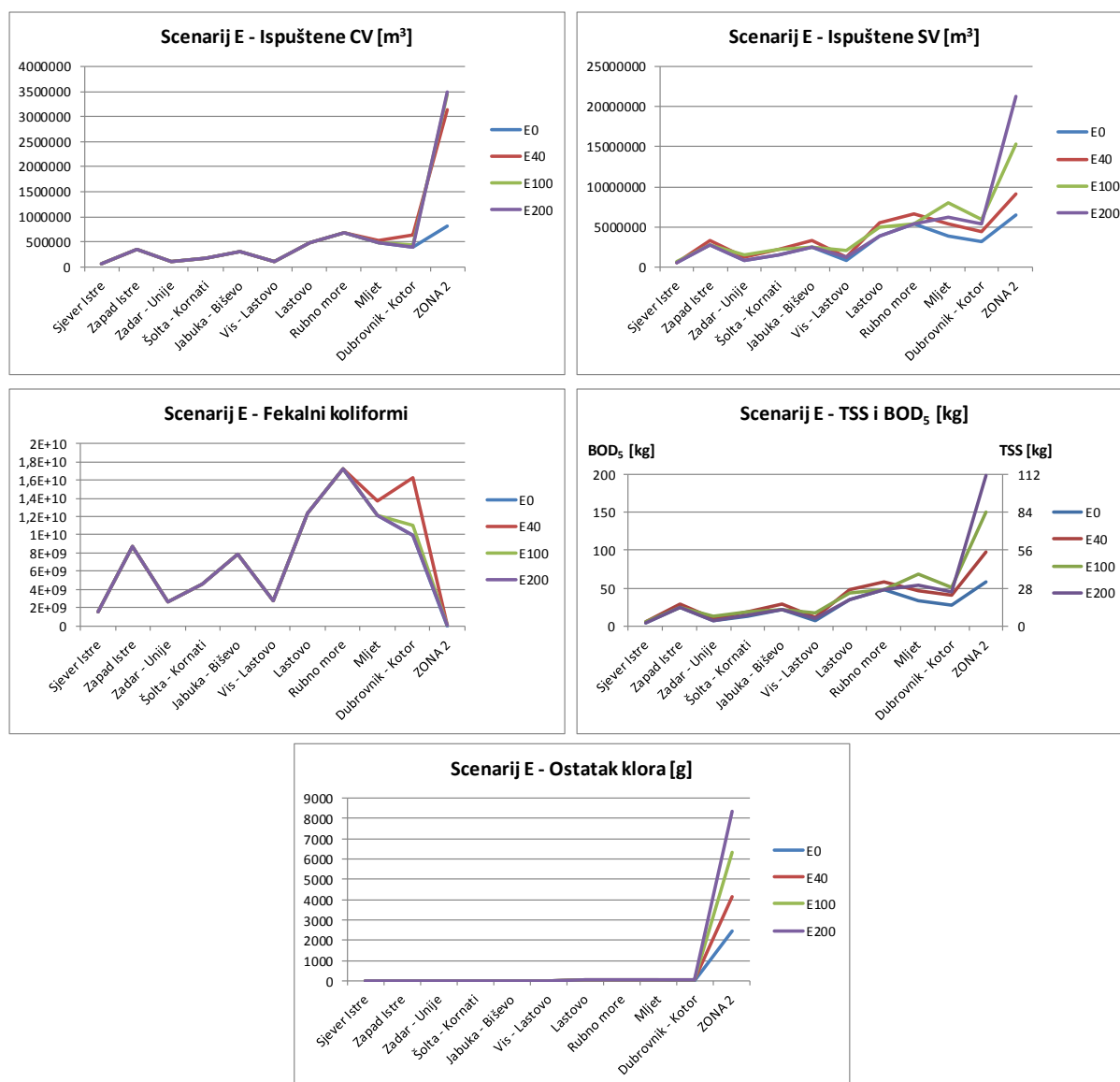
Rezultati scenarija D

Brodovi za kružna putovanja u scenariju D koriste najbolju dostupnu tehnologiju (eng. *Best available technology*), odnosno brodovi s AWT sustavom koriste sustav pročišćavanja

tijekom cijele plovidbe, a MSD sustavi ispuštaju obrađene crne vode izvan teritorijalnog mora, a sive vode izvan zone 2. Rezultati scenarija D za zone 2 i 3 već su grafički prikazani na slici 55 jer se s obzirom na ispuštanja sanitarnih otpadnih voda u zonama 2 i 3 ne razlikuju. Jedina razlika je u načinu postupanja sa sanitarnim otpadnim vodama u zoni 4, o čemu će biti riječi u nastavku.

Rezultati scenarija E

Scenarij E daje nam sliku koliko bi onečišćenje bilo da svi brodovi za kružna putovanja imaju instalirane AWT sustave. Rezultati scenarija E za zone 2 i 3 prikazani su grafički na slici 56.

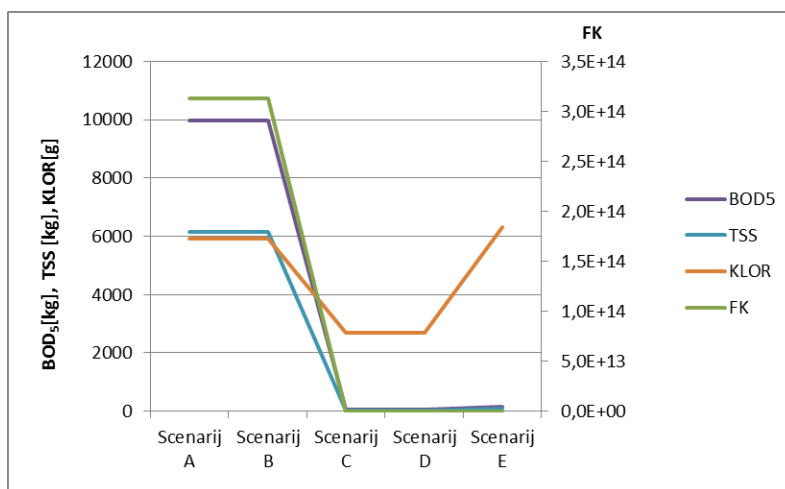


Slika 56. Rezultati scenarija E

Scenarij E daje daleko najmanje rezultate onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Kada bi svi brodovi za kružna putovanja imali AWT sustave i pravilno i savjesno njima rukovali, problem onečišćenja mora na ovaj način sveo bi se na minimum.

Rezultati onečišćenja zone 2

Promatrajući samo zonu 2 i njeno opterećenje s obzirom na odabrane scenarije, dolazimo do kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode prikazane na slici 57.

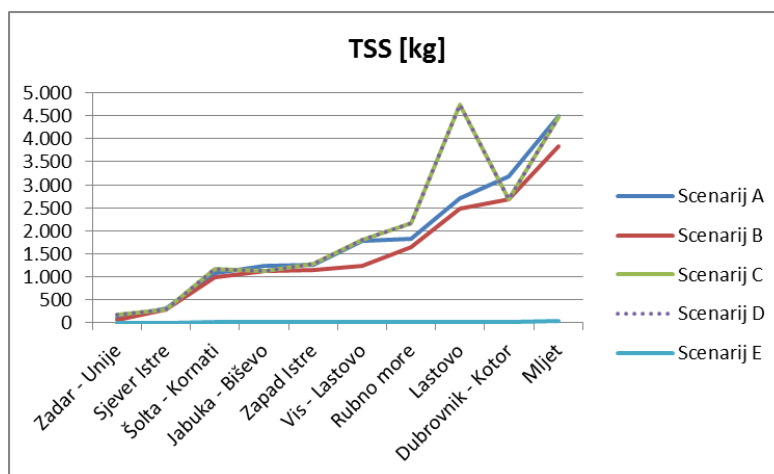


Slika 57. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 2 s obzirom na scenarije rada

Rezultati onečišćenja zone 2 daju nam zaključiti da se velika razlika u kvaliteti ispuštene sanitarne otpadne vode javlja isključivo radi sivih voda MSD sustava. Mod rada AWT sustava u svih pet scenarija je jednak (mod 2) kao i mod rada za crne vode MSD sustava (mod 1) što znači da se razlika između kvalitete ispuštene sanitarne vode scenarija A i B u odnosu na scenarije C, D i E javlja jer se u prva dva scenarija siva voda ispušta neobrađena, a u druga tri scenarija siva voda MSD sustava se ne ispušta.

Rezultati onečišćenja zone 3

Onečišćenje zone tri prema čimbenicima onečišćenja detaljno je prikazano u rezultatima prema scenarijima. Promatrajući jedan čimbenik onečišćenja – TSS i nominalnu brzinu ispuštanja sanitarnih otpadnih voda u zoni 3 dolazimo do grafa prikazanog na slici 58 u kojem su geografska područja poredana od najmanje do najviše opterećenog.

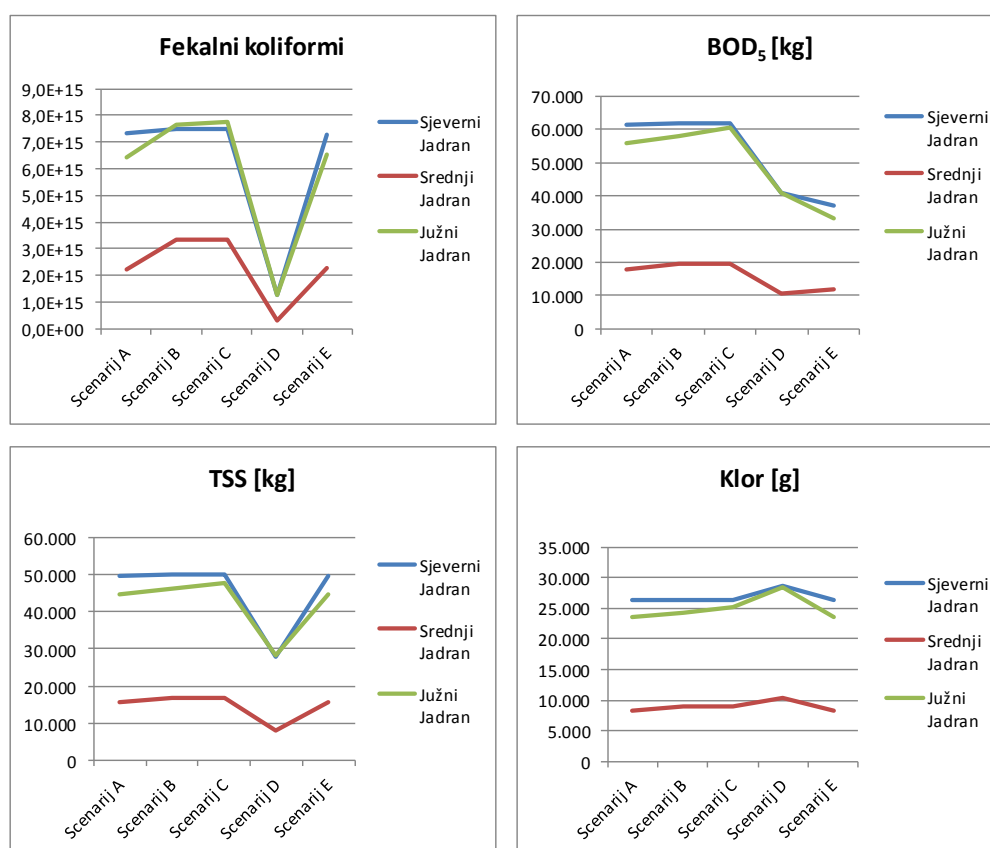


Slika 58. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 3 s obzirom na scenarije rada

Razlika opterećenja u scenarijima C i D javlja se zbog ispuštanja sivih voda koje nisu bile ispuštene u zoni 2. Najvažnija razlika u opterećenju može se uočiti u scenariju E, pri čemu je onečišćenje teritorijalnog mora RH-a gotovo nepostojeće, iz čega možemo zaključiti da do onečišćenja mora uglavnom dolazi od brodova za kružna putovanja s MSD sustavom kojih je u promatranom vremenskom razdoblju bilo trinaest od ukupno 24.

Rezultati onečišćenja zone 4

Promatrajući samo zonu 4 i njeno opterećenje s obzirom na odabrane scenarije dolazimo do kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode prikazane na slici 59. Rezultati pokazuju da je najmanje opterećenje srednjeg Jadrana, približno trostruko manje od opterećenja sjevernog i južnog Jadrana, što je i logično s obzirom da na području srednjeg Jadrana teritorijalno more zauzima najveći prostor zbog razvedenosti obale i udaljenih otoka (Lastovo, Sušac, Biševo, Jabuka, Palagruža...). Opterećenje sjevernog i južnog Jadrana podjednako je. Međutim, posebnu pozornost potrebno je obratiti na sjeverni Jadran. Zbog male prosječne dubine, u sjevernom Jadranu se u prošlosti već javljao problem eutrofikacije. Volumen sjevernog i srednjeg Jadrana zajedno zauzima tek 20 % ukupnog volumena mora dok južni Jadran zauzima 80 % volumena. Samim time, opterećenje sjevernog Jadrana je mnogostruko veće od opterećenja južnoga Jadrana jer se ista količina onečišćivača raspodjeljuje u mnogo manji volumen mora.



Slika 59. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 4 s obzirom na scenarije rada

9. PRIJEDLOG SMJERNICA ZA BUDUĆE ZAHTJEVE ZA ISPUŠTANJE SANITARNIH OTPADNIH VODA S BRODOVA ZA KRUŽNA PUTOVANJA

Smjernice za buduće zahtjeve vezane za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja mogu se podijeliti na opće i ciljane smjernice. Opće smjernice su prve tri smjernice. To su međunarodne smjernice i odnose se na Prilog IV MARPOL konvencije. Ciljane smjernice su četvrta i peta smjernica i odnose se na zakonsku regulativu Republike Hrvatske u cilju zaštite morskog okoliša.

Smjernica 1. Uvođenje sivih voda kao onečišćivača u Prilog IV MARPOL konvencije

U dosadašnjim istraživanjima već je izloženo da nepročišćene sive vode negativno djeluju na okoliš ukoliko su ispuštene u blizini obale, a primjenom modela vrednovanja onečišćenja to je samo i potvrđeno. Smatra se neophodnim uvođenje zakonskih mjera ograničavanja ispuštanja neobrađenih sivih otpadnih voda u području luka i području do 3 M udaljenosti od najbližeg kopna.

Smjernica 2. Obveza nadzora ispuštanja sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja

Sva zakonska regulativa u svijetu logična je samo ukoliko se poštovanje iste može pratiti. Budući da ne postoji zahtjev za praćenje ispuštanja otpadnih voda s brodova za kružna putovanja, poštivanje zakonske regulative je vrlo lako izbjeći. Nadzor plovidbe i satelitsko praćenje brodova kao metode testiranja poštivanja zakonske regulative za većinu država su preskupe i nedostupne. Zato se smatra važnim uvođenje obveze nadzora ispuštanja sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja.

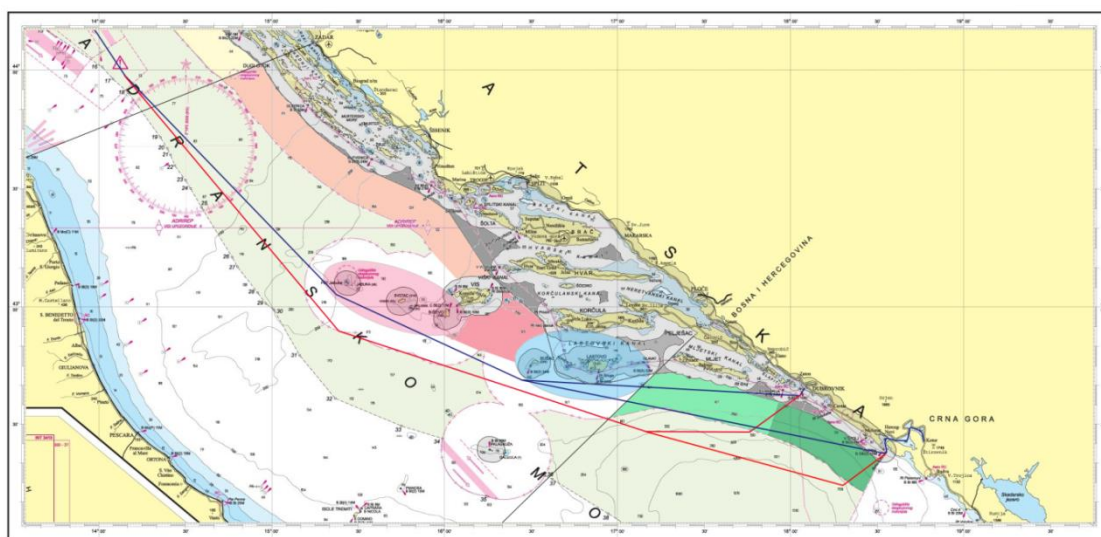
Smjernica 3. Uvođenje dodatnog obrazovanja za časnike stroja na brodovima za kružna putovanja o postrojenjima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda

Postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda kompleksni su sustavi za koja je osim brodstrojarskog znanja potrebno poznavati i kemijske procese i razne kemikalije koje se sustavu dodaju radi ispravnog rada. Nepoznavanje istih dovodi do neispravnog rada postrojenja i nedovoljno pročišćene sanitarne otpadne vode na izlazu iz sustava. Budući da je u raznim inspekcijama uočeno da se ovi problemi često javljaju, smatra se neophodnim uvođenje dodatnog obrazovanja za časnike stroja na brodovima za kružna putovanja o postrojenjima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda kao što to postoji za brodove za prijevoz sirove nafte ili za brodove za prijevoz ukapljenog plina.

Smjernica 4. Izmještanje ruta plovidbe na veću odaljenost od hrvatske obale

Na najčešćoj ruti u promatranom razdoblju primijećeno je da većina brodova prilikom plovidbe između Dubrovnika i Venecije ima tendenciju plovidbe u bliskom obalnom pojasu (od 2 do 5 M). Time se sanitarna otpadna voda ispušta u neposrednoj blizini hrvatskog

Nacionalnog parka Mljet i Parka prirode Lastovo. Samo je manji dio brodova odabrao svoju rutu izmjestiti izvan teritorijalnog mora RH-a. Na slici 60 je tamnoplavom bojom prikazana uobičajena plovidba većine brodova za kružna putovanja iz Dubrovnika i Kotora prema lukama sjevernog Jadrana i obrnuto. Crvenom bojom označene su predložene izmještene rute plovidbe koje je koristila nekolicina brodova. Smatra se potrebnim uvođenje usmjerene plovidbe za brodove za kružna putovanja za sve rute između luka istočne obale južnog Jadrana (Dubrovnik, Kotor, Durres) i luka sjevernog Jadrana (Zadar, Koper, Trst, Venecija, Ravenna...) jer bi se ovakvim, izmještenim rutama, plovidba brodovima za kružna putovanja produžila za zanemarivih 14 M, a opterećenje zaštićene prirode RH-a smanjilo bi se na minimum.



Slika 60. Izmještanje ruta plovidbe na veću udaljenost od obale

Brodovi za kružna putovanja posebna su kategorija brodova prilikom odabira rute i brzine plovidbe na svojim putovanjima. Dok brodovi trgovačke mornarice biraju optimalnu brzinu plovidbe (s obzirom na cijene goriva i vozarine) te optimalne rute (s obzirom na dužinu puta, vremenske prilike i, naravno, navigacijska ograničenja), brodovi za kružna putovanja prilagođavaju rutu i brzinu plovidbe vremenu planiranog uplovljavanja u sljedeću luku. Iz tih razloga nije nužno birati "najkraću" moguću rutu između dvije luke što omogućava realizaciju ovog prijedloga smjernica bez ugrožavanja kruzing turizma u RH.

Smjernica 5. Uvođenje zakonske regulative "najbolje raspoložive tehnologije" za teritorijalno more RH-a

55 % brodova za kružna putovanja u svijetu koristi napredna postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda (AWT), međutim slijedeći zakonsku regulativu Priloga IV MARPOL konvencije dužni su je u potpunosti koristiti samo u luci i zoni 2 (do 3 M od najbližeg kopna). Uvođenjem zakonske regulative "najbolje raspoložive tehnologije" (engl. *best available technology*) za teritorijalno more RH-a dodatno bi se zaštitila ekološki osjetljiva područja mora, morska flora i fauna.

Uvođenjem pravnih propisa iz ovih smjernica moguće je smanjiti onečišćenje Jadranskog mora bez ugrožavanja kruzing turizma u RH, što potvrđuje PH 9.

10. ZAKLJUČAK

Onečišćenje mora s brodova uvijek je aktualan problem jer predstavlja veliku opasnost za morski okoliš. Taj problem posebno je izražen kod zatvorenih mora kao što je Jadransko i kod država koje svoje gospodarstvo većim dijelom temelje na turizmu, dakle, čistoći mora, kao što je to Republika Hrvatska. Promet brodova za kružna putovanja u kontinuiranom je porastu. Grade se brodovi sve većeg kapaciteta koji danas prelazi 8000 osoba. Dosadašnja istraživanja o ispuštanju otpadnih voda s brodova za kružna putovanja bave se uglavnom pokazateljima kvalitete te tehnologijama pročišćavanja istih, međutim, u svijetu ne postoji model kojim bi se moglo vrednovati onečišćenje nekog područja sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja. Stoga je za predmet istraživanja odlučeno sustavno i znanstveno utemeljeno istražiti, analizirati, razviti i predložiti model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

U uvodnom poglavlju definirani su problem, predmet i znanstvena hipoteza istraživanja, ocijenjena su dosadašnja istraživanja i predstavljene znanstvene metode istraživanja.

U drugom poglavlju doktorske disertacije istražena su osnovna obilježja Jadranskog mora kao objekta istraživanja te je analiziran pomorski promet i prijetnje morskom okolišu. Utvrđeno je da je Jadransko more posebno osjetljivo na sva onečišćenja s brodova iz više razloga: prirodnih obilježja Jadranskog mora (usko, plitko, poluzatvoreno more); brojnih zaštićenih morskih područja; jedinstvenog i osjetljivog morskog ekosustava; bogatstva i biološke raznolikosti morskih vrsta (od kojih su pojedine populacije malobrojne i ugrožene) i intenziviranja plovidbene aktivnosti. Također je analizirana uloga Jadranskog mora u turističkoj ponudi RH-a čime je utvrđeno da se turizam kao strateška grana gospodarstva temelji na čistoći Jadranskog mora.

U trećem poglavlju analiziran je kruzing turizam, istražen je trend kretanja prometa brodova za kružna putovanja u svijetu i u Hrvatskoj. Kruzing turizam također je analiziran s aspekta održivog razvoja kroz ekonomsku i socijalnu sastavnicu te sastavnicu zaštite okoliša. Posebno su analizirana svojstva i utjecaj sanitarnih otpadnih voda na more i morski okoliš te je utvrđeno da sanitarne otpadne vode s brodova za kružna putovanja onečišćuju more.

Četvrto poglavlje doktorske disertacije analizira međunarodne i nacionalne pravne propise. Detaljno je istražena i analizirana međunarodna pravna regulativa koju donosi IMO Prilogom IV MARPOL konvencije, kao i pravni propisi SAD-a te nacionalni propisi RH-a. Analizom i usporedbom navedenih propisa utvrđeno je da kompliciranost i sporost međunarodnog sustava donošenja pravnih normi kasni za potrebama zaštite okoliša.

Peto poglavlje detaljno analizira tehnologiju pročišćavanja sanitarnih otpadnih voda na brodovima. Istraženi su svi tehnološki procesi koji se koriste prilikom obrade sanitarnih otpadnih voda te su predstavljene i analizirane izvedbe dviju glavnih skupina sustava za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda na brodovima za kružna putovanja: brodskih

sanitarnih uređaja (MSD sustavi) i naprednih postrojenja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda (AWT sustavi).

Međusobno ovisno šesto i sedmo poglavlje najvažnija su poglavlja ove doktorske disertacije jer predstavljaju nove izvorne modele: model kretanja brodova u Jadranskom moru i model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

Model kretanja brodova za kružna putovanja u Jadranskom moru razvijen je na temelju jednogodišnjeg istraživanja pri kojem je praćeno kretanje brodova u Jadranskom moru, njihove rute te vremena ulaska i izlaska iz Jadranskog mora i definiranih zona ograničenog ispuštanja sanitarnih otpadnih voda prema Prilogu IV MARPOL konvencije. Koristeći se rezultatima istraživanja uspostavljen je matematički model koji na temelju ulaznih parametara, odnosno poznavajući samo luke ticanja i predviđeno vrijeme uplovljavanja i isplovljavanja iz luka te na temelju razvijenih definiranih udjela boravka u geografskim područjima (UB_{gz}) omogućava predviđanje kretanja brodova u Jadranskom moru te daje izlazne parametre – vremena boravka brodova u četrnaest definiranih geografskih područja Jadranskog mora. Ti podaci temeljni su ulazni parametri za model vrednovanja onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja.

Uz kretanje brodova u Jadranskom moru, model vrednovanja onečišćenja koristi još dvije kategorije čimbenika: količinu generiranih sanitarnih otpadnih voda i kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda koje su detaljno predstavljene u šestom poglavlju. Razvijeni matematičko-konceptualni model vrednovanja onečišćenja omogućava izračun količine i kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode na određenom geografskom području u određenom vremenskom periodu pri različitim scenarijima rada brodova. Mijenjanje ulaznih parametara – vrsta instaliranog sustava za obradu sanitarnih otpadnih voda, mod rada brodova te brzine ispuštanja sanitarnih otpadnih voda omogućava izračun izlaznih parametara – količine i kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode u različitim scenarijima čijom se usporedbom može vrednovati i trenutačna pravna regulativa, kao i razviti smjernice za buduće zahtjeve.

Razvijeni modeli primijenjeni su na područje Jadranskog mora u osmom poglavlju. Primjena modela kretanja omogućila je njegovo testiranje i potvrdu dok je primjena modela vrednovanja onečišćenja u scenariju koji prati pravne propise Priloga IV MARPOL konvencije omogućila identifikaciju kritičnih područja s obzirom na onečišćenje mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja, a to su: područje Mljeta, područje Dubrovnik – Kotor i područje Lastova.

Radi lakše obrade mnogobrojnih ulaznih parametara razvijen je računalni program *Kruzeri* kao eksperimentalni dio rada koji provjerava vjerodostojnost postavljenih izvornih modela kretanja i modela vrednovanja onečišćenja. Modeli su implementirani u program koji omogućava korisnicima brzu izmjenu ulaznih parametara i trenutačno dobivanje izlaznih parametara čime su modeli postali pristupačni i lako primjenjivi. Računalni program detaljno je opisan i njime je vrednovano buduće onečišćenje Jadranskog mora za mjesec lipanj 2016. godine u pet različitih scenarija pri četiri različite brzine ispuštanja sanitarnih otpadnih voda.

Rezultati vrednovanja onečišćenja primjenom računalnog programa *Kruzeri* potvrdili su rezultate vrednovanja onečišćenja u promatranoj godini istraživanja te su još jednom potvrdili identificirana kritična područja. Usporedbom rezultata različitih scenarija rada utvrđeno je da je promjenom brzine ispuštanja sanitarnih otpadnih voda razlika opterećenja u zoni 3 minimalna dok se u zoni 2 primjećuje velika promjena u opterećenju povećavanjem brzine ispuštanja sanitarnih otpadnih voda.

Detaljna analiza rezultata istraživanja također je utvrdila smjernice za buduće zahtjeve za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja prikazane u poglavlju 9. Dokazano je da ispuštanje neobrađenih sivih voda znatno utječe na kvalitetu ispuštene vode u zoni 2 te da bi se sive vode trebale uvesti kao onečišćivač u međunarodne pravne propise, odnosno Prilog IV MARPOL konvencije. Rezultati kvalitete ispuštene sanitarne vode različitih scenarija dokazali su da raspoloživa tehnologija na brodovima u većini slučajeva nadilazi pravne propise i korištenjem takve tehnologije u punom obujmu znatno se smanjuje opterećenje priobalnih područja, a samim time dodatno se štite ekološki osjetljiva područja mora, morska flora i fauna. Opterećenje zaštićene prirode RH također bi se smanjilo izmještanjem ruta plovidbe na veću udaljenost od hrvatske obale što je moguće uvođenjem usmjerene plovidbe. Kako bi se osiguralo poštovanje pravne regulative smatra se neophodnim uvođenje obveze nadzora ispuštanja sanitarnih otpadnih voda, kao i uvođenje dodatnog obrazovanja za časnike stroja o sustavima za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda.

Navedeni rezultati nedvojbeno su dokazali postavljenu temeljnu znanstvenu hipotezu kojom se tvrdi da je primjenom predloženog modela moguće doprinijeti vrednovanju onečišćenja Jadranskog mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja, a time i povećanju stupnja zaštite morskog okoliša.

Očekivani doprinos znanosti u teorijskom smislu ova doktorska disertacija ima u izvedbi i prijedlogu novih modela kretanja i vrednovanja onečišćenja koji obuhvaćaju i prepoznaju sve čimbenike koji utječu na količinu i kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja u Jadransko more korištenjem znanstvenih teorijskih postavki i znanstvenih metoda prilikom prikupljanja i obrade podataka.

Rezultati istraživanja također mogu naći praktičnu primjenu kroz računalni program *Kruzeri*. Model kretanja brodova za kružna putovanja omogućava poznavanje rasporeda kretanja brodova unaprijed i opterećenje pojedinih područja plovidbom brodova za kružna putovanja. Na temelju takvih podataka moguće je pravovremeno ograničiti ili raspodijeliti promet, ali i analizirati buduća kretanja s aspekta onečišćenja okoliša. Model vrednovanja onečišćenja mora sanitarnim otpadnim vodama s brodova za kružna putovanja omogućava procjenu razine ugroženosti morskog okoliša koja će usmjeriti korisnike na buduće zahtjeve vezane za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda s brodova za kružna putovanja, čime će imati utjecaj na zaštitu morskog okoliša, a samim time i na očuvanje turizma kao strateške grane gospodarstva RH i kvalitete života priobalnog stanovništva.

LITERATURA

KNJIGE

- [1] Cohen, G.: *Overview of Cruise Ship Facts, Criminal History, Regulatory Status and Threats to the Environment*, Earth Island Institute, 2006.
- [2] Ćorić, D.: *Onečišćenje mora s brodova*, Rijeka, 2009.
- [3] Dowling, R. K.: *Cruise Ship Tourism*, CAB International, 2006.
- [4] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability: *External costs of Transportation Case study: Maritime Transport*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2009.
- [5] Jardas i suradnici: *Crvena knjiga morskih riba Hrvatske*, Ministarstvo kulture RH, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 2008.
- [6] Jardas, I.: *Jadranska ihitiofauna*, Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- [7] Klein, R. A.: *Cruising – Out of Control: The Cruising Industry, The Environment, Workers, and the Maritimes*, Canadian Centre for Policy Alternatives – Nova Scotia, 2000.
- [8] Klein, R. A.: *Getting a Grip on Cruise Ship Pollution*, Friends of the Earth, 2009.
- [9] Komadina, P.: *Tankeri*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 1994.
- [10] Martinović, D.: *Brodski strojni sustavi*, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2005.
- [11] Metcalf & Eddy Inc.: *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th edition*, McGraw-Hill Higher Education, New York, 2003.
- [12] Ozretić, V.: *Brodski pomoćni strojevi i uređaji*, Split Ship Management d.o.o., Split, 1996.
- [13] Spellman, F. R.: *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, CRC Press, Lewis Publishers, 2003.
- [14] Russel, D. L.: *Practical Wastewater Treatment*, 2006.
- [15] Tedeschi, S.: *Zaštita voda*, Zagreb, 1997.
- [16] Tušar, B.: *Pročišćavanje otpadnih voda*, Zagreb, 2009.
- [17] von Sperling, M.: *Volume 1. Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*, IWA Publishing, London, 2007.
- [18] von Sperling, M.: *Volume 2. Basic Principles of Wastewater Treatment*, IWA Publishing, London, 2007.
- [19] Zelenika, R.: *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 1998.

ČLANCI, STUDIJE, ELABORATI, PRIRUČNICI, POSEBNI DOKUMENTI I DRUGI IZVORI (ENCIKLOPEDIJE, LEKSIKONI, UPUTE, DOKTORSKI RADOVI)

- [20] Agencija za zaštitu okoliša: *Izvešće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj*, Zagreb, 2007., dostupno na: <http://www.azo.hr/Izvjesci29> (pristupljeno 20.3.2015.)
- [21] Agencija za zaštitu okoliša, dostupno na: <http://www.azo.hr/ZERP>. (pristupljeno 30.3.2015.)
- [22] Alaska Department of Environmental Conservation: *2012 Cruise Ship Wastewater Science Advisory Panel, Preliminary Report*, 2012.
- [23] Benić, I.: *Utjecaj pomorskih krstarenja na turističku destinaciju*, pregledni rad, Poslovna izvrsnost, Zagreb, God. V, br. 1, 2011., dostupno na: <http://hrcak.srce.hr/file/112075> (pristupljeno 19.3.2015.)
- [24] Bluewater Network & Friends of the Earth: *Ship Air Pollution*, 2006., dostupno na <http://www.foe.org/projects/oceans-and-forests/cruise-ships> (pristupljeno 20.2.2010.)
- [25] Butt, N.: *The impact of cruise ship generated waste on home ports and ports of call: A study of Southampton*, Marine Policy 31 (2007) 591–598, 2007.
- [26] Carić, H.; Mackelworth, P.: *Cruise tourism environmental impacts – The perspective from the Adriatic Sea*, Ocean & Coastal Management 102(2014), 350-363, 2014.
- [27] Carić, H.: *Direct Pollution Cost Assessment of Cruising Tourism in the Croatian Adriatic*, Financial Theory and Practice 34 (2), 161-180, 2010.
- [28] Carić, H.: *Model vrednovanja onečišćenja u funkciji upravljanja morskim okolišem - primjer cruising turizma*, doktorska disertacija, Split, 2011.
- [29] Center for Environmental Leadership in Business: *A Shifting Tide, Environmental Challenges & Cruise Industry Responses*, 2011.
- [30] Chen W.: *Addressing Grey Water Pollution from Ships*, 2014., dostupno na: <http://gcaptain.com/addressing-grey-water-pollution-ships/> (pristupljeno 20.3.2015.)
- [31] Cruise Lines International Association: *2014 CLIA State of Cruise Industry Report*, 2014.
- [32] Cruise Lines International Association: *Cruise Industry's Commitment to the Environment Practice*, dostupno na: <http://www.cruising.org/regulatory/cruise-industry-policies/industry-practices/cruise-industrys-commitment-environment-practice> (pristupljeno 11.9.2014.)

- [33] Davies-Colley, R.; Bell, R.G.; Donnison, A.M.: *Sunlight Inactivation of Enterococci and Faecal Coliforms in Sewage Effluent Diluted in Seawater*, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 60, No.6, 1994., dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC201600/> (pristupljeno 30.8.2014.)
- [34] Državni zavod za statistiku: *Kružna putovanja stranih brodova u Republici Hrvatskoj*, 2003. – 2014., dostupno na: <http://www.dzs.hr> (pristupljeno 30.8.2014.)
- [35] Državni zavod za statistiku RH: *Promet u morskim lukama od 2006. do 2010.*, Zagreb, 2011., dostupno na: http://www.dzs.hr/Hrv_Eng/Other/morske-luke_2006-2010.pdf (pristupljeno 30.8.2014.)
- [36] Državni zavod za zaštitu prirode: *Analiza stanja prirode u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2008. - 2012.*, dostupno na: <http://www.dzzp.hr/analiza-stanja-prirode-u-republici-hrvatskoj/razdoblje-2008-2012/analiza-stanja-prirode-u-republici-hrvatskoj-za-razdoblje-2008-2012-1379.html> (pristupljeno 10.4.2015.)
- [37] Eley, W. D.; Morehouse, C. H.: *Evaluation of new technology for shipboard wastewater treatment*; Proceedings, Oceans 2003 Conference, Marine Technology Society, Columbia, Maryland, str. 748–753, dostupno na : <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9015/28646/01283364.pdf?arnumber=1283364> (pristupljeno 15.4.2016.)
- [38] Evac: *Treatment – Black and Gray Water*, dostupno na: <http://www.evac.com/category/treatment-%E2%80%93-black-and-gray-water> (pristupljeno 1.3.2016.)
- [39] Franić, Z.: *Estimation of the Adriatic Sea water turnover time using fallout 90Sr as a radioactive tracer*, Journal of Marine Systems, 57, 1-12, 2005., dostupno na: <https://arxiv.org/ftp/physics/papers/0410/0410247.pdf> (pristupljeno 13.7.2014.)
- [40] Friends of the Earth: *2013 Cruise Report Card*, 2014., dostupno na: <http://www.foe.org/cruise-report-card> (pristupljeno 13.7.2014.)
- [40] GE Power: *Water & Process Technologies*, dostupno na: <https://www.gewater.com/> (pristupljeno 20.2.2016.)
- [41] Hänniken, S.; Sassi, J.: *Estimated nutrient load from waste water originating from ships in the Baltic Sea area*, Research Report, Finland, 2009.
- [42] Headworks Bio Int.: *CleanSea Shipboard Wastewater Treatment System*, dostupno na: <http://www.headworksinternational.com/biological-wastewater-treatment/shipboard-wastewater-treatment.aspx> (pristupljeno 15.2.2016.)
- [43] Heinen i suradnici: *Dilution of wastewater discharges from moving cruise ships*, Oceans 2003. Proceedings, Vol. 1, IEEE, San Diego, 2003.
- [44] Herz, M.; Davis, J.: *Cruise Control*, The Ocean Conservancy, 2002.

- [45] Institute of Shipping Economics and Logistics: *Shipping Statistics and Market Review*, Volume 54, No 8-2010, Bremen, 2010., dostupno na: <http://www.isl.org> (pristupljeno 7.9.2011.)
- [46] Institut za turizam: *Studija održivog razvoja kruzing turizma*, Zagreb, 2007.
- [46] Johnson, D.: *Environmentally sustainable cruise tourism: a reality check*, Marine Policy, Volume 26, Issue 4, 261–270, July 2002.
- [47] Koboević, Ž.: *Model onečišćenja mora crnim otpadnim vodama s plovila*, doktorska disertacija, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2015.
- [48] Koboević, Ž.; Kurtela, Ž.: *Comparison of Marine Sewage Treatment Systems*, 14th International Conference on transport science ICTS 2011, Portorož – Slovenia, 2011.
- [49] Koboević, Ž.; Komadina, P.; Kurtela, Ž.: *Protection of the Seas from Pollution by Vessel's Sewage with Reference to Legal Regulations*, Promet – Traffic & Transportation, Vol. 23, No. 5, 2011.
- [50] Lučka uprava Dubrovnik: *Lučka uprava Dubrovnik i održivi razvoj kruzing turizma*, dostupno na: <http://www.portdubrovnik.hr> (pristupljeno 1.4.2015.)
- [51] Lušić, Z.; Kos, S.: *Glavni plovidbeni putovi na Jadranu*, Naše more, 53(5-6)/2006, pregledni članak, 2006.
- [52] Maria G.; Maria C.: *Evaluation of Risk Zones Over a River Pathway, Downstream a Release Point, Under Seasonal Pollutant Biodegradability*, Chem. Biochem. Eng. Quaterly 20 (3) 333–342, Original scientific paper, 2006.
- [53] Marine Traffic, dostupno na: <http://www.marinetraffic.com/> (pristupljeno 20.3.2015.)
- [54] McGee, C. D.; Loehr, L.C.: *An Assessment of Fecal Coliform Bacteria in Cruise Ship Wastewater Discharge*, IEEE Conference, San Diego, 2003.
- [55] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Ministarstvo turizma: *Strategija razvoja nautičkog turizma Republike Hrvatske za razdoblje 2009.-2019.*, Zagreb, 2008.
- [56] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva: *Nacrt prijedloga strategije održivog razvitka Republike Hrvatske*, Zagreb, 2008., dostupno na: <http://www.savez-gradovaopcina-rh.hr> (pristupljeno 19.4.2011.)
- [57] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša hrvatskog dijela Jadrana*, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 2012., dostupno na: http://mzoip.hr/doc/pocetna_procjena_stanja_i_opterecenja_morskog_okolisa_hrvatskog_dijela_jadrana.pdf (pristupljeno 15.10.2015.)
- [58] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Nacionalni park Mljet*, dostupno na: <http://np-mljet.hr/o-parku/> (pristupljeno 30.4.2016.)

- [59] Ministarstvo zaštite okoliša i prirode: *Park prirode Lastovsko otočje*, dostupno na: <http://pp-lastovo.hr/> (pristupljeno 30.4.2016.)
- [60] Passenger Shipping Association: *Discover Cruises – Annual Cruise Review*, 2006.
- [61] Perić, T.; Oršulić M.: *Cruising-turizam u Republici Hrvatskoj u funkciji održivog razvoja*, stručni rad, Naše more, 58(5-6)/2011.
- [62] Petrinc, D.: *Radiološka karakterizacija srednjeg i južnog Jadrana*, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2010., dostupno na: <http://digre.pmf.unizg.hr/56/1/2385.pdf> (pristupljeno 20.3.2016.)
- [63] Professional Yachting Association: *Grey Water - The Silent Killer*, 2011., dostupno na: http://www.pya.org/article/Grey-Water_-The-Silent-Killer (pristupljeno 20.3.2015.)
- [64] Prvan, M.: *Ugroženost morskih staništa*, Prirodoslovni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, diplomski rad, Zagreb, 2010.
- [65] Rochem: *Rochem Sewage Systems*, dostupno na: <http://www.rochem-italy.it/our-products/treatment-systems/sewage-treatment-systems/rochem-sewage-system/> (pristupljeno 1.3.2016.)
- [66] Royal Caribbean International: *Advanced Wastewater Purification Systems*, 2012., dostupno na: http://www.royalcaribbean.com/content/en_US/pdf/RCI_wastewater_pur.pdf (pristupljeno 2.3.2016.)
- [67] Royal Caribbean Cruises Ltd.: *2010 Annual Report*, 2011.
- [68] Royal Caribbean Cruises Ltd.: *2012 Stewardship Report*, dostupno na: http://media.royalcaribbean.com/content/en_US/pdf/13034530_RCL_2012StwrdshpT woPgrs_v4.pdf (pristupljeno 10.10.2014.)
- [69] Scroccaro i suradnici: *Submarine wastewater discharges: dispersion modelling in the Northern Adriatic Sea*, Environmental Science and Pollution Research, 17:844-855, 2010.
- [70] Slobodna Dalmacija: *Hrvatska u 2014. od turizma ostvarila 7,4 milijardi eura prihoda*, dostupno na: <http://www.slobodnadalmacija.hr/Biznis/tabid/69/articleType/ArticleView/articleId/280566/Default.aspx>. (pristupljeno 1.4.2015.)
- [71] State of Alaska: Department of Environmental Conservation, Division of Water: *Large Commercial Passenger Vessel Wastewater Discharge General Permit No. 2009DB0026*, 2009.
- [72] State of Alaska: Department of Environmental Conservation, Division of Water: *Large Commercial Passenger Vessel Wastewater Discharge General Permit No. 2013DB0004*, 2013.

- [73] Šantić L.; Vilke S.; Grubišić N.: *Čimbenici štetnog djelovanja kruzing-turizma na brodski okoliš*, pregledni rad, Naše more 58(5-6)/2011.
- [74] Turistička zajednica otoka Mljet: *Mljet – mistična oaza*, dostupno na: <http://www.mljet.hr/> (pristupljeno 30.4.2016.)
- [75] United States Environmental Protection Agency: *Cruise Ship Discharge Assessment Report*, 2008.
- [76] United States Environmental Protection Agency: *Cruise Ship White Paper*, 2000.
- [77] United States Environmental Protection Agency: *Survey Questionnaire to Determine the Effectiveness, Costs and Impacts of Sewage and Graywater Treatment Devices for Large Cruise Ships Operating in Alaska*, 2005.
- [78] United States Environmental Protection Agency: *Sampling Episode Report: Cruise Ship Plume Dilution Study, Skagway, Alaska*, 2009.
- [79] Upravno vijeće Lučke uprave Split: *Plan gospodarenja otpadom s brodova na području pod upravljanjem Lučke uprave Split*, Split, 2014.
- [80] URBOS d.o.o.: *Integralno upravljanje obalnim područjem*, elaborat za Hrvatski zavod za prostorni razvoj, Split, 2014. [53]
- [81] Waignein, O.: *Grey Water Purification and Black Water Treatment on Board Cruise Ships*, dostupno na: <http://www.seaequipment.com/company/694> (pristupljeno 1.3.2016.)
- [82] Wärtsilä Waste, Oil & Fresh Water Management: *Wärtsilä Hamworthy Membrane Bioreactor Technology*, dostupno na: <http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/waste-oil-fresh-water-management/waste-water-systems/brochure-o-water-systems-mbr.pdf?sfvrsn=8> (pristupljeno 2.3.2016.)
- [83] Zodiac Marine & Pool Group: *Evac Standard MBR Units for Marine*, dostupno na: <http://pdf.nauticexpo.com/pdf/evac/evac-standard-mbr-units/30988-44629.html> (pristupljeno 1.3.2016.)

MEĐUNARODNE KONVENCIJE I DRUGI PRAVNI PROPISI

- [84] International Maritime Organization (IMO): *Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova - MARPOL 73/78*
- [85] International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee: *Resolution MEPC.157(55): Recommendation on Standards for the Rate of Discharge of Untreated Sewage from Ships*, 2006.

- [86] International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee: *Resolution MEPC.159(55): Revised Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants*, 2006.
- [87] International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee: *Resolution MEPC.200(62): Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (Special Area Provisions and the Designation of the Baltic Sea as a Special Area under MARPOL Annex IV)*, 2011.
- [88] International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee: *Resolution MEPC.227(64): 2012 Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants*, 2012.
- [89] International Maritime Organization (IMO), Marine Environment Protection Committee: *Resolution MEPC 67/8/2: Review of Nitrogen and Phosphorus Removal Standards in the 2012 Guidelines on Implementation of Effluent Standards and Performance Tests for Sewage Treatment Plants, Non-availability of type approved sewage treatment plants to meet the nitrogen and phosphorus removal standards, Submitted by Cruise Lines International Association (CLIA)*, 2014.
- [90] International Maritime Organization (IMO): *Summary of Status of Conventions*, 2014., dostupno na: <http://www.imo.org> (pristupljeno 30.9.2014.)
- [91] Ministarstvo pomorstva: *Pravilnik o zaštiti morskog okoliša u ZERP-u*, NN 47/08, 2008.
- [92] United States Code of Federal Regulations: *40 CFR 133*, 2012.
- [93] United States Environmental Protection Agency: *No-Discharge Zones*, dostupno na: <https://www.epa.gov/vessels-marinas-and-ports/no-discharge-zones-ndzs-state> (pristupljeno 18.5.2016.)
- [94] Vlada RH: *Nacionalni plan djelovanja na okoliš*, NN 46/02, Zagreb, 2011.
- [95] Vlada RH: *Operativni program za ribarstvo RH za programsko razdoblje 2007. - 2013.*, NN 38/2014, Zagreb, 2014.
- [96] Vlada RH: *Plan upravljanja vodnim područjem*, Zagreb, 2013.
- [97] Vlada RH: *Pomorski zakonik*, Zagreb, 2013.
- [98] Vlada RH: *Prijedlog strategije razvoja turizma RH do 2020.*, Zagreb, 2013.

POPIS SLIKA

Slika 1. Batimetrijska karta Jadranskog mora [62]	7
Slika 2. Glavni uzdužni plovidbeni putevi u Jadranu [51]	10
Slika 3. Gustoća prometa svih brodova u Jadranskom moru [53]	11
Slika 4. Jadransko more pod jurisdikcijom Republike Hrvatske [95].....	13
Slika 5. Zaštićena područja u RH [36]	14
Slika 6. Kretanje broja putnika na brodovima za kružna putovanja u svijetu.....	18
Slika 7. Broj putnika na brodovima za kružna putovanja u svijetu prema području plovidbe od 2007. – 2014. [31]	19
Slika 8. Godišnji promet putničkih brodova za kružna putovanja u hrvatskim lukama [34]...	19
Slika 9. Struktura ukupnih prihoda od putničkih brodova na kružnim putovanjima [46]	20
Slika 10. Protok i opterećenje organskom tvari prije i nakon izjednačavanja [16].....	44
Slika 11. Shema procesa pročišćavanja otpadnih voda aktivnim muljem [16].....	45
Slika 12. Shema djelovanja membrane [16].....	46
Slika 13. MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje	48
Slika 14. MSD sustav za usitnjavanje i kloriranje	48
Slika 15. Shema procesa pročišćavanja unutar Scanship AWP postrojenja	49
Slika 16. Shema procesa pročišćavanja unutar Headworks Bio CleanSea postrojenja.....	50
Slika 17. Shema procesa pročišćavanja unutar Zenon ZeeWeed MBR postrojenja	50
Slika 18. Shema procesa pročišćavanja unutar Rochem Biofilt + LPRO postrojenja	51
Slika 19. Shema procesa pročišćavanja unutar Rochem MBR postrojenja	51
Slika 20. Shema procesa pročišćavanja unutar Zodiac Evac MBBR postrojenja.....	52
Slika 21. Shema procesa pročišćavanja unutar Zodiac Evac MBR postrojenja.....	52
Slika 22. Shema procesa pročišćavanja unutar Wärtsilä Hamworthy MBR postrojenja	53
Slika 23. Shema procesa pročišćavanja unutar Navalys Poseidon postrojenja.....	53
Slika 24. Tijek procesa proračuna količine i kvalitete sanitarne otpadne vode ispuštene u Jadransko more.....	57
Slika 25. Mogućnosti kombinacija modova unutar zona prema MARPOL konvenciji.....	58
Slika 26. Dijagram toka scenarija 1 za MSD sustave.....	59
Slika 27. Dijagram toka scenarija 1 za AWT sustave	60
Slika 28. Granice Jadranskog mora.....	61
Slika 29. Slikovno praćenje brodova na primjeru kruzera MSC Fantasia za rujun i listopad..	62
Slika 30. Tijek procesa proračuna vremena boravka u zonama plovidbe	67
Slika 31. Shema proračuna vremena plovidbe prema lukama ticanja.....	67
Slika 32. Prikaz geografskih područja plovidbe.....	72
Slika 33. Dubrovnik – Venecija – Dubrovnik.....	73
Slika 34. Ulaz – Venecija – Izlaz	75
Slika 35. Venecija – Split – Venecija.....	76
Slika 36. Dubrovnik – Kotor – Dubrovnik.....	76
Slika 37. Ulaz – Split – Izlaz.....	77
Slika 38. Venecija – Kotor – Venecija	78

Slika 39. Boravak brodova za kružna putovanja po mjesecima prema broju brodova i danima boravka	82
Slika 40. Boravak brodova za kružna putovanja po mjesecima prema broju osoba/dan	83
Slika 41. Raspodjela prosječnog broja osoba na brodovima za kružna putovanja prema razredima u svijetu i Jadranu.....	83
Slika 42. Raspodjela prosječnog vremena boravka brodova za kružna putovanja prema razredima u Jadranu	84
Slika 43. Zone 2 i 3 na području Lastova i Biševa.....	87
Slika 44. Sustav odijeljenog prometa u sjevernom Jadranu.....	87
Slika 45. Grafički prikaz količine ispuštenih crnih i sivih voda u zoni 3 teritorijalnog mora RH-a	92
Slika 46. Kritično područje Mljeta.....	93
Slika 47. Kritično područje Dubrovnik – Kotor.....	94
Slika 48. Kritično područje Lastovo	95
Slika 49. Sučelje računalnog programa <i>Kruzeri</i>	97
Slika 50. Prikaz otvorenog prozora kategorije <i>Rute</i> računalnog programa <i>Kruzeri</i>	98
Slika 51. Prikaz otvorenog prozora kategorije <i>Krstarenja</i> računalnog programa <i>Kruzeri</i>	99
Slika 52. Prikaz otvorenog prozora kategorije <i>Obračuni</i> računalnog programa <i>Kruzeri</i>	100
Slika 53. Rezultati scenarija A	102
Slika 54. Rezultati scenarija B	103
Slika 55. Rezultati scenarija C	104
Slika 56. Rezultati scenarija E.....	105
Slika 57. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 2 s obzirom na scenarije rada	106
Slika 58. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 3 s obzirom na scenarije rada	106
Slika 59. Kvaliteta ispuštene sanitarne vode u zoni 4 s obzirom na scenarije rada	107
Slika 60. Izmještanje ruta plovidbe na veću udaljenost od obale.....	109

POPIS TABLICA

Tablica 1. Raspodjela obalnog stanovništva po županijama [80]	9
Tablica 2. Promet brodova u morskim lukama RH-a prema vrsti brodova [35].....	12
Tablica 3. Morska zaštićena područja prema Upisniku zaštićenih prirodnih vrijednosti [64].	14
Tablica 4. Ukupna onečišćenja na dan kruzera koji prevozi 3.000 putnika [46]	21
Tablica 5. Usporedba proizvodnje otpada i otpadnih voda po stanovniku na dan za Republiku Hrvatsku, Europsku uniju i gosta na kruzaru [61]	23
Tablica 6. Primjer dopuštenih brzina ispuštanja fekalnih otpadnih voda od strane Uprave za putnički brod [85].....	30
Tablica 7. Standardi za tipno odobrenje postrojenja za obradu sanitarnih otpadnih voda prema Rezoluciji MEPC.227(64) MARPOL konvencije [88]	34
Tablica 8. Usporedba propisa za ispuštanje otpadnih voda u SAD-u s obzirom na područje plovidbe te povijesni osvrt evolucije standarda [22][71][72][75].....	37
Tablica 9. Usporedba zahtjeva za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda.....	41
Tablica 10. Pregled mogućnosti pročišćavanja otpadnih voda s obzirom na proces pročišćavanja i stupanj pročišćavanja [14][16]	42
Tablica 11. Usporedba zahtjeva za kvalitetu ispuštenih sanitarnih otpadnih voda Priloga IV MARPOL konvencije prema području plovidbe [84][86][87]	55
Tablica 12. Usporedba kvalitete ispuštene sanitarne otpadne vode obzirom na sustav za obradu i mod rada broda [75].....	56
Tablica 13. Raspored kretanja brodova za kružna putovanja prema lukama ticanja u promatranom periodu	63
Tablica 14. Ukupan boravak brodova za kružna putovanja u Jadranu prema zonama plovidbe i prema brodovima u danima, satima i minutama	64
Tablica 15. Udjeli boravka u zonama plovidbe prema rutama kretanja.....	69
Tablica 16. Geografska područja plovidbe s pripadajućim oznakama.....	71
Tablica 17. Rezultati testiranja modela kretanja brodova za kružna putovanja prema prosječnom vremenu plovidbe i broju putovanja na ruti.....	85
Tablica 18. Usporedba rezultata jednogodišnjeg istraživanja i rezultata testiranja modela kretanja.....	86
Tablica 19. Raspodjela vremena boravka i generiranih sanitarnih otpadnih voda brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama u jednogodišnjem istraživanju.....	89
Tablica 20. Raspodjela približne količine i kvalitete ispuštenih sanitarnih otpadnih voda brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama plovidbe u jednogodišnjem istraživanju	90
Tablica 21. Ukupno opterećenje mora ispuštenim sanitarnim otpadnim vodama brodova za kružna putovanja prema geografskim zonama plovidbe u jednogodišnjem istraživanju.....	91
Tablica 22. Matrica scenarija simuliranih računalnim programom <i>Kruzari</i>	101

KRATICE I OZNAKE

ADEC	Odsjek za zaštitu okoliša Aljaske (engl. <i>Alaska Department of Environmental Conservation</i>)
AWT	Postrojenje za obradu sanitarnih otpadnih voda (engl. <i>Advanced Wastewater Treatment</i>)
BOD₅	Petodnevna biološka potrošnja kisika (engl. <i>Biochemical Oxygen Demand</i> , BOD ₅)
CLIA	Međunarodna udruga brodara brodova za kružna putovanja (engl. <i>Cruise Lines International Association</i>)
CWA	Zakon o čistoj vodi SAD-a (engl. <i>Clean Water Act</i>)
DAF	Isplivavanje potpomognuto zrakom (engl. <i>Dissolved Air Flotation</i>)
EPA	Uprava za zaštitu okoliša SAD-a (engl. <i>Environmental Protection Agency</i>)
ETA	Procijenjeno vrijeme uplovljavanja u luku (engl. <i>Estimated Time of Arrival</i>)
ETD	Procijenjeno vrijeme isplovljavanja iz luke (engl. <i>Estimated Time of Departure</i>)
BT	Bruto tonaža predstavlja veličinu unutarnjeg volumena broda u skladu sa zadanim pravilima za ovu vrstu mjerenja (eng. <i>Gross Tonnage</i> , GT)
HRB	Hrvatski registar brodova
IMO	Međunarodna pomorska organizacija (engl. <i>International Maritime Organization</i>)
LPRO	Niskotlačna reverzna osmoza (engl. <i>Low Pressure Reverse Osmosis</i>)
MBBR	Bioreaktor s pokretnom podlogom s biološkom opnom (engl. <i>Moving Bed Biofilm Reactor</i>)
MBR	Membranski bioreaktor (engl. <i>Membrane BioReactor</i>)
MEPC	Međunarodni odbor za zaštitu morskog okoliša (engl. <i>Maritime Enviromental Protection Committee</i>)
MSD	Brodski sanitarni uređaj (engl. <i>Marine Sanitation Device</i>)
TSS	Standard o ukupnoj količini suspendirane tvari (engl. <i>Total Suspended Solids</i>)
VGP	Generalna dozvola za ispuštanje sanitarnih otpadnih voda (engl. <i>Vessel General Discharge Permit</i>)

PRILOZI

Prilog I. Tablica prosječnih kapaciteta brodova za kružna putovanja svjetske flote

Prilog II. Tablica prosječnih vremena uplovljavanja i isplovljavanja iz Jadranskog mora

Prilog III. Udjeli plovidbe prema geografskim područjima

Prilog IV. Rezultati računalnog programa *Kruzeri* prema matrici scenarija

Prilog V. Osobni podaci, životopis, znanstvena i stručna djelatnost

PRILOG I

Tablica prosječnih kapaciteta brodova za kružna putovanja svjetske flote

ime broda	prosječan broj osoba na brodu	ime broda	prosječan broj osoba na brodu	ime broda	prosječan broj osoba na brodu
Adonia	1091	Costa Luminosa	3181	Norwegian Escape	5950
Adventure of the Seas	4299	Costa Magica	3729	Norwegian Gem	3494
AIDAaura	1655	Costa Mediterranea	3011	Norwegian Getaway	5595
AIDAbella	2657	Costa neoClassica	1898	Norwegian Jade	3480
AIDAblu	2803	Costa neoRomantica	2172	Norwegian Jewel	3476
AIDAcara	1549	Costa Pacifica	4118	Norwegian Pearl	3494
AIDAdiva	2657	Costa Serena	4100	Norwegian Sky	2938
AIDAluna	2657	Costa Victoria	2718	Norwegian Spirit	2980
AIDamar	2805	Costa Voyager	1192	Norwegian Star	3431
AIDAprima	3465	Crown Princess	4270	Norwegian Sun	2889
AIDAsol	2805	Crystal Harmony	1342	Oasis of the Seas	6806
AIDAstella	2805	Crystal Serenity	1751	Ocean Dream	1506
AIDAvita	1655	Crystal Symphony	1497	Ocean Majesty	792
Albatros	1224	Dawn Princess	2916	Ocean Princess	1051
Allure of the Seas	7806	Diamond Princess	3794	Ocean Star Pacific	1480
Amadea	892	Disney Dream	3953	Oceana	2886
Amsterdam	1995	Disney Fantasy	3953	Oosterdam	2733
Anthem of the Seas	6265	Disney Magic	2699	Oriana	2680
Arcadia	2896	Disney Wonder	2699	Pacific Aria	1850
Artania	1620	Emerald Princess	4266	Pacific Dawn	2326
Atlantic Star	1750	Empress	2235	Pacific Eden	1850
Aurora	2720	Enchantment of the Seas	3092	Pacific Explorer	2850
Azamara Journey	1100	Eurodam	3033	Pacific Jewel	2398
Azamara Quest	1100	Europa 2	860	Pacific Pearl	2252
Azura	4326	Explorer of the Seas	4299	Pacific Princess	1051
Bahamas Celebration	2575	Freedom of the Seas	4994	Prinsendam	1305
Balmoral	1910	Golden Iris	1125	Quantum of the Seas	6265
Black Watch	1134	Golden Princess	3692	Queen Elizabeth	3092
Boudicca	1205	Grand Celebration	2156	Queen Mary	5056
Braemar	1358	Grand Holiday	2112	Queen Victoria	2983
Brilliance of the Seas	2948	Grand Mistral	1718	Radiance of the Seas	3008
Britannia	4950	Grand Princess	3688	Regal Princess	4950
Calypso	762	Grandeur of the Seas	2710	Regatta	1084
Caribbean Princess	4296	Harmony of the Seas	7588	Rhapsody of the Seas	2763
Carnival Breeze	5076	Horizon	2062	Riviera	2058
Carnival Conquest	4124	Independence of the Seas	4994	Rotterdam	2004
Carnival Dream	5013	Insignia	1084	Royal Princess	4950
Carnival Ecstasy	2976	Island Escape	2084	Ruby Princess	4268
Carnival Elation	2972	Island Princess	2874	Ryndam	1840
Carnival Fantasy	2976	Jewel of the Seas	2971	Saga Ruby	1052
Carnival Fascination	2972	Koningsdam	3675	Saga Sapphire	1158

Carnival Freedom	4124	Legend of the Seas	2530	Sapphire	816
Carnival Glory	4124	Liberty of the Seas	4994	Sapphire Princess	3774
Carnival Imagination	2972	Louis Aura	1006	Sea Princess	2916
Carnival Inspiration	2972	Louis Cristal	1364	Serenade of the Seas	3003
Carnival Legend	3044	Maasdam	1838	Seven Seas Mariner	1153
Carnival Liberty	4124	Majestic Princess	4910	Seven Seas Navigator	851
Carnival Magic	5076	Majesty of the Seas	3246	Seven Seas Voyager	1153
Carnival Miracle	3044	Marina	2058	Silver Muse	923
Carnival Paradise	2972	Mariner of the Seas	4299	Silver Spirit	916
Carnival Pride	3044	Mein Schiff 1	2704	Sovereign	3144
Carnival Sensation	2972	Mein Schiff 2	2692	Splendour of the Seas	2591
Carnival Spirit	3044	Mein Schiff 3	2925	Star Pisces	1818
Carnival Splendor	4156	Mein Schiff 4	2925	Star Princess	3742
Carnival Sunshine	3692	Monarch	3246	Statendam	1840
Carnival Triumph	3858	MSC Armonia	2254	Sun Princess	2916
Carnival Valor	4124	MSC Divina	4872	SuperStar Aquarius	2230
Carnival Victory	3858	MSC Fantasia	4644	SuperStar Libra	2156
Carnival Vista	5404	MSC Lirica	2260	SuperStar Virgo	3160
Celebrity Century	2672	MSC Magnifica	3505	Thomson Celebration	1770
Celebrity Constellation	3034	MSC Meraviglia	6140	Thomson Destiny	1990
Celebrity Eclipse	4100	MSC Musica	3537	Thomson Discovery	2591
Celebrity Equinox	4100	MSC Opera	2452	Thomson Dream	2106
Celebrity Infinity	3046	MSC Orchestra	3537	Thomson Majesty	2082
Celebrity Millennium	3034	MSC Poesia	3537	Thomson Spirit	1774
Celebrity Reflection	4280	MSC Preziosa	4872	Veendam	1930
Celebrity Silhouette	4136	MSC Seaside	5553	Ventura	4302
Celebrity Solstice	4100	MSC Sinfonia	2254	Viking Sea	1400
Celebrity Summit	3034	MSC Splendida	4644	Viking Sky	1400
Coral	822	Nautica	1084	Viking Star	1400
Coral Princess	2874	Navigator of the Seas	4327	Vision of the Seas	2740
Costa Atlantica	3011	Nieuw Amsterdam	3035	Volendam	2047
Costa Deliziosa	3181	Noordam	2738	Voyager of the Seas	4290
Costa Diadema	4961	Norwegian Bliss	5950	Westerdam	2733
Costa Fascinosa	4112	Norwegian Breakaway	5623	Zaandam	2047
Costa Favolosa	4116	Norwegian Dawn	3413	Zenith	2060
Costa Fortuna	3729	Norwegian Epic	5981	Zuiderdam	2733

PRILOG II

Tablica prosječnih vremena uplovljavanja i isplovljavanja iz Jadranskog mora

VREMENA UPLOVLJAVANJA			VREMENA ISPLOVLJAVANJA		
RUTA		prosječno vrijeme plovidbe [h]	RUTA		prosječno vrijeme plovidbe [h]
r ₁	ULAZ	10,1700	r ₃	BAR	6,5209
	DUB			IZLAZ	
r ₅	ULAZ	26,4092	r ₆	KOT	10,0833
	VEN			IZLAZ	
r ₉	ULAZ	11,0500	r ₇	DUB	9,8575
	KOT			IZLAZ	
r ₂₀	ULAZ	13,9194	r ₈	VEN	26,8167
	SPL			IZLAZ	
r ₂₂	ULAZ	10,2591	r ₁₃	SPL	13,7742
	BAR			IZLAZ	
r ₃₄	ULAZ	4,3033	r ₁₉	BRI	3,5400
	BRI			IZLAZ	
r ₃₅	ULAZ	30,7500	r ₃₉	TRS	32,3667
	KOP			IZLAZ	
r ₅₆	ULAZ	25,1500	r ₄₅	KOR	11,5500
	RAV			IZLAZ	
r ₇₈	ULAZ	6,5833	r ₇₅	HVA	12,3000
	DUR			IZLAZ	
r ₉₅	ULAZ	11,1000	r ₉₄	DUR	7,3417
	KOR			IZLAZ	
r ₉₆	ULAZ	14,3833	r ₁₁₂	RAV	13,3500
	HVA			IZLAZ	

PRILOG III

Udjeli plovidbe prema geografskim područjima

UDJELI PLOVIDBE PREMA GEOGRAFSKIM PODRUČJIMA														
RUTA	GEOGRAFSKA PODRUČJA													
	ZONA 2	ZONA 3										ZONA 4		
		sjever Istre	zapad Istre	Zadar - Unije	Šolta - Kornati	Vis - Lastovo	Jabuka - Biševo	Lastovo	rubno more	Mljet	Dubrovnik - Kotor	sjeverni Jadran	srednji Jadran	južni Jadran
		UB ₂₀	UB ₃₀	UB ₃₁	UB ₃₂	UB ₃₃	UB ₃₄	UB ₃₅	UB ₃₆	UB ₃₇	UB ₃₈	UB ₃₉	UB ₄₀	UB ₄₁
r ₁	0,0739										0,0903			0,8358
r ₂	0,0357		0,0760			0,0875	0,0844	0,0905	0,0151	0,1026		0,3608	0,1474	
r ₃														1
r ₄												0,3988	0,3746	0,2266
r ₅			0,0542						0,1029			0,2874	0,1951	0,3604
r ₆														1
r ₇	0,0551										0,0877			0,8572
r ₈									0,0298			0,2757	0,2715	0,4230
r ₉														1
r ₁₀	0,0414						0,0881	0,0794	0,1002	0,0900		0,4219	0,1790	
r ₁₁	0,1208				0,1808							0,5872	0,1112	
r ₁₂ A ¹	0,0861										0,2254			0,6885
r ₁₂ B ²	0,1694										0,4174			0,4132
r ₁₃	0,1262					0,0730		0,0924	0,0292					0,6792
r ₁₄ A ³							0,0807	0,0619	0,0807	0,0968	0,0860	0,3685	0,1535	0,0719
r ₁₄ B ⁴									0,0758		0,0356	0,2895	0,3131	0,2860
r ₁₅	0,1120		0,1255		0,1663							0,4841	0,1121	
r ₁₆ A ¹	0,0861										0,2254			0,6885
r ₁₆ B ²	0,1694										0,4174			0,4132
r ₁₇		0,1645										0,8355		
r ₁₈ A ⁵			0,0646				0,0780	0,0598	0,0780	0,0936	0,0832	0,3264	0,1318	0,0846
r ₁₈ B ⁶									0,2239		0,0613	0,3512	0,1821	0,1815
r ₁₉														1
r ₂₀	0,1262					0,0730		0,0924	0,0292					0,6792
r ₂₁	0,0773										0,0880			0,8347
r ₂₂														1
r ₂₃	0,1633					0,0873		0,1190	0,0392		0,0962			0,4950
r ₂₄												1		
r ₂₅	0,2172			0,0695			0,1072	0,1110	0,1378	0,1301		0,0543	0,1729	
r ₂₆	0,1778		0,1450	0,1059								0,5713		
r ₂₇	0,3054					0,1286		0,2830		0,2830				
r ₂₈									0,0652			0,3500	0,2566	0,3282
r ₂₉												1		
r ₃₀												1		
r ₃₁	0,2325			0,1298								0,6377		
r ₃₂	0,0438						0,1591	0,1545	0,1091	0,1454		0,1078	0,2803	
r ₃₃	0,1178				0,1094							0,5796	0,1932	
r ₃₄														1
r ₃₅		0,0304	0,0867						0,1339			0,1633	0,1526	0,4331
r ₃₆		0,1381										0,8619		
r ₃₇	0,1792				0,2336		0,0930	0,1196	0,1506	0,1462			0,0778	
r ₃₈	0,0843										0,0766			0,8391
r ₃₉									0,0278			0,3029	0,2424	0,4269
r ₄₀ A ³	0,2189				0,0726							0,4518	0,2567	
r ₄₀ B ⁴	0,1220				0,1482							0,4654	0,2644	
r ₄₁	0,0319	0,0442	0,1104				0,0863	0,0892	0,0982	0,1011		0,2699	0,1688	
r ₄₂														1
r ₄₃	0,3664			0,1285	0,1285							0,0782	0,2984	
r ₄₄												1		
r ₄₅	0,1097									0,0678				0,8225
r ₄₆	0,1512			0,0813					0,2572		0,0391		0,1615	0,3097
r ₄₇	0,2121	0,0940	0,2511	0,1408								0,3020		
r ₄₈	0,4581					0,2004				0,3415				
r ₄₉	0,2146					0,0847		0,1324	0,0582		0,1058			0,4043
r ₅₀	0,1022			0,0980					0,3148		0,1001		0,1507	0,2342
r ₅₁	0,2269								0,0216			0,4238	0,3277	
r ₅₂	0,2322			0,1458								0,6220		
r ₅₃	0,1587				0,1878							0,3706	0,2829	
r ₅₄	0,6058				0,3942									
r ₅₅	0,0772					0,1101		0,1468	0,0440		0,1385			0,4834

r ₅₆									0,1180			0,2212	0,2016	0,4592
r ₅₇	0,1219				0,1444							0,6556	0,0781	
r ₅₈	0,2073									0,1129	0,0870			0,5928
r ₅₉									0,2625		0,0436	0,2637	0,1786	0,2516
r ₆₀	0,1810									0,0911				0,7279
r ₆₁	0,0626		0,1907		0,2464							0,5003		
r ₆₂	0,4584				0,2660								0,2756	
r ₆₃	0,4218		0,1937									0,3845		
r ₆₄	0,0263	0,0381	0,0581			0,0846	0,0897	0,0640	0,0820			0,3395	0,2177	
r ₆₅	0,0704										0,2352			0,6944
r ₆₆	0,0462		0,1263					0,0375	0,0705			0,1765	0,4374	0,1056
r ₆₇	0,0689					0,1085		0,2291		0,0865				0,5070
r ₆₈														1
r ₆₉	0,1071	0,0629	0,0662		0,1678							0,4657	0,1303	
r ₇₀	0,0461						0,0902	0,0933	0,1025	0,1057		0,4159	0,1463	
r ₇₁	0,2129			0,1369								0,6502		
r ₇₂												1		
r ₇₃	0,0310							0,0714	0,2447	0,1087		0,3258	0,2184	
r ₇₄	0,0705				0,1574							0,4780	0,2941	
r ₇₅	0,0921					0,0599			0,0824					0,7656
r ₇₆	0,2130			0,0778				0,0732	0,0549	0,1280		0,0390	0,4141	
r ₇₇	0,0441		0,1627									0,7932		
r ₇₈														1
r ₇₉	0,0792				0,2463							0,5671	0,1074	
r ₈₀	0,0654										0,0891			0,8455
r ₈₁	0,0546						0,0771	0,2643	0,1174			0,3085	0,1781	
r ₈₂	1													
r ₈₃														1
r ₈₄	0,0973	0,0645	0,1513		0,2138							0,4096	0,0635	
r ₈₅	1													
r ₈₆	0,1717				0,2219							0,1971	0,4093	
r ₈₇	0,6919				0,3081									
r ₈₈														1
r ₈₉	0,0637						0,0869	0,0779	0,1199	0,0839		0,4133	0,1544	
r ₉₀	0,1015		0,0458		0,1005							0,4992	0,2530	
r ₉₁	1													
r ₉₂	0,2275					0,0499		0,1619	0,0713	0,1735				0,3159
r ₉₃	0,1779					0,0489		0,1124	0,0342					0,6266
r ₉₄														1
r ₉₅	0,1097									0,0678				0,8225
r ₉₆	0,0788					0,0670		0,0893	0,0268					0,7381
r ₉₇	0,2835					0,1096		0,3119		0,2950				
r ₉₈	0,0402										0,0803			0,8795
r ₉₉	0,1753			0,1438				0,0631	0,0473	0,1104		0,0427	0,4174	
r ₁₀₀	1													
r ₁₀₁	0,0633		0,0939						0,1330	0,1408		0,1743	0,3947	
r ₁₀₂	0,1338				0,0419		0,0785		0,1951				0,1091	0,4416
r ₁₀₃	0,1048				0,2282							0,5263	0,1407	
r ₁₀₄	0,8641				0,1359									
r ₁₀₅	0,0888				0,1930							0,6313	0,0869	
r ₁₀₆		0,3467										0,6533		
r ₁₀₇												1		
r ₁₀₈												1		
r ₁₀₉									0,0429			0,3197	0,3791	0,2583
r ₁₁₀	0,2401			0,0749								0,685		
r ₁₁₁	0,1063				0,1177							0,5543	0,2217	
r ₁₁₂									0,0385			0,2178	0,3154	0,4283
r ₁₁₃	0,3347			0,1761	0,4892									
r ₁₁₄	0,1104	0,0643	0,1865		0,2626							0,3260	0,0502	
r ₁₁₅	0,2183		0,2200		0,2708							0,2410	0,0499	
r ₁₁₆														1
r ₁₁₇	0,3997		0,1765									0,4238		
r ₁₁₈	0,0566	0,1797	0,2949									0,4688		
r ₁₁₉	1													
r ₁₂₀	0,0670		0,2320									0,7010		
r ₁₂₁	0,1543					0,1002		0,2203		0,2203	0,2070			0,0979
r ₁₂₂	0,1762		0,3246	0,1812								0,3180		

¹ vrijeme plovidbe duže od 8 h

² vrijeme plovidbe kraće od 8 h

³ vrijeme plovidbe kraće od 24 h

⁴ vrijeme plovidbe duže od 24 h

⁵ vrijeme plovidbe kraće od 20 h

⁶ vrijeme plovidbe duže od 20 h

PRILOG IV

Rezultati računalnog programa *Kruzeri* prema matrici scenarija

KOLIČINA I KVALITETA ISPUŠTENE SANITARNE OTPADNE VODE PREMA PODRUČJU PLOVIDBE																
Scenarij	Čimbenik	Oznaka scenarija	Sjeverni Jadran	Sjever Istre	Zapad Istre	Zadar - Unije	Srednji Jadran	Šolta - Kornati	Jabuka - Biševo	Vis - Lastovo	Lastovo	Rubno more	Južni Jadran	Mljet	Dubrovnik - Kotor	ZONA 2
SCENARIJ A	Ispuštene crne vode [m³]	A0	5.938.639	80.480	515.077	130.025	2.405.992	525.337	381.679	661.825	1.593.253	842.830	9.403.913	1.372.159	1.016.767	357.034
		A40	8.502.231	61.223	343.035	149.599	1.934.727	217.660	306.613	833.745	499.851	687.829	7.007.236	1.215.997	855.768	1.280.945
		A100	8.502.231	61.223	343.035	149.599	1.934.727	217.660	306.613	864.290	483.290	673.844	6.854.933	1.203.080	911.186	1.390.746
		A200	8.502.231	61.223	343.035	149.599	1.934.727	217.660	306.613	864.290	483.290	673.844	6.854.933	1.203.080	911.186	1.390.746
	Ispuštene sive vode [m³]	A0	32.474.930	487.012	2.728.748	817.768	15.279.433	1.442.142	2.439.021	1.104.324	4.184.029	5.462.023	44.590.417	3.779.988	3.592.056	6.742.544
		A40	43.361.505	583.808	3.235.431	1.163.335	18.598.018	2.229.457	3.292.108	1.275.132	5.469.533	6.620.474	53.290.224	5.351.174	4.380.684	9.128.052
		A100	62.088.982	623.222	2.728.748	1.477.925	20.244.363	2.194.549	2.439.021	2.080.574	4.908.067	5.432.532	56.680.834	8.048.086	5.871.657	15.271.005
		A200	67.522.672	487.012	2.728.748	845.631	15.390.208	1.553.610	2.439.021	1.211.797	3.844.434	5.360.237	55.834.769	6.241.170	5.340.570	21.289.688
	Fekalni koliformi	A0	4,4E+15	2,7E+12	1,4E+13	1,5E+12	1,8E+15	1,8E+13	1,0E+13	2,4E+13	5,5E+13	1,7E+13	7,0E+15	4,6E+13	3,3E+13	5,8E+07
		A40	6,0E+15	1,8E+13	6,9E+13	6,0E+12	2,0E+15	6,4E+13	7,8E+13	3,8E+13	1,4E+14	1,1E+14	6,3E+15	1,3E+14	1,0E+14	1,9E+14
		A100	7,3E+15	1,5E+13	5,9E+13	3,6E+12	2,2E+15	5,1E+13	5,8E+13	6,5E+13	1,3E+14	8,4E+13	6,4E+15	2,0E+14	1,4E+14	3,1E+14
		A200	7,8E+15	1,5E+13	5,9E+13	3,6E+12	1,8E+15	3,9E+13	5,8E+13	3,8E+13	9,5E+13	8,2E+13	6,4E+15	1,5E+14	1,1E+14	4,5E+14
BOD 5 [kg]	A0	17.515	91	494	57	7.617	612	358	813	1.845	615	35.396	1.555	1.138	38	
	A40	45.973	565	2.219	202	17.368	2.042	2.502	1.251	4.408	3.391	52.793	4.145	3.296	5.931	
	A100	61.311	474	1.882	130	17.769	1.618	1.848	2.134	4.077	2.719	55.827	6.358	4.456	9.979	
	A200	64.780	473	1.882	124	14.794	1.241	1.848	1.270	3.055	2.637	55.311	4.943	3.649	14.337	
TSS [kg]	A0	16.403	94	514	56	7.704	638	370	849	1.924	634	29.848	1.621	1.186	27	
	A40	36.512	377	1.480	156	14.455	1.354	1.654	1.213	2.911	2.254	42.449	3.127	2.372	3.660	
	A100	49.696	321	1.273	111	15.614	1.092	1.250	1.775	2.697	1.832	44.729	4.494	3.171	6.159	
	A200	53.522	320	1.273	109	12.197	859	1.250	1.242	2.066	1.781	44.134	3.620	2.672	8.849	
Klor [g]	A0	8.672	102	558	60	4.074	691	401	920	2.084	689	15.953	1.755	1.284	1.085	
	A40	19.293	237	936	128	7.638	842	1.024	1.239	1.799	1.420	22.431	2.428	1.714	3.694	
	A100	26.260	208	825	106	8.251	704	810	1.559	1.673	1.185	23.635	3.151	2.250	5.927	
	A200	28.281	207	825	103	6.445	581	810	1.277	1.339	1.158	23.321	2.689	1.987	8.091	
SCENARIJ B	Ispuštene crne vode [m³]	B0	18.327.687	9.874	139.572	90.681	7.278.506	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	27.476.129	159.411	140.956	357.740
		B40	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	172.328	236.672	1.280.945
		B100	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	159.411	139.787	1.390.746
		B200	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	159.411	139.787	1.390.746
	Ispuštene sive vode [m³]	B0	33.345.053	487.012	2.900.960	817.768	15.630.787	1.442.142	2.646.955	2.123.110	5.701.826	6.077.101	50.232.536	4.029.508	5.404.331	7.574.893
		B40	43.361.505	583.808	3.235.431	1.163.335	18.598.018	2.229.457	3.292.108	1.275.132	5.469.533	6.620.474	53.290.224	5.351.174	4.380.684	9.128.052
		B100	62.088.982	623.222	2.728.748	1.477.925	20.244.363	2.194.549	2.439.021	2.080.574	4.908.067	5.432.532	56.680.834	8.048.086	5.871.657	15.271.005
		B200	67.522.672	487.012	2.728.748	845.631	15.390.208	1.553.610	2.439.021	1.211.797	3.844.434	5.360.237	55.834.769	6.241.170	5.340.570	21.289.688
	Fekalni koliformi	B0	1,3E+16	1,3E+06	1,9E+07	1,2E+07	5,1E+15	6,2E+06	1,4E+07	3,2E+06	2,0E+07	5,3E+07	1,9E+16	2,1E+07	3,1E+07	5,7E+07
		B40	6,2E+15	1,8E+13	6,9E+13	5,8E+12	3,1E+15	6,4E+13	7,8E+13	3,6E+13	1,4E+14	1,0E+14	7,5E+15	1,3E+14	1,0E+14	1,9E+14
		B100	7,5E+15	1,5E+13	5,8E+13	3,5E+12	3,3E+15	5,0E+13	5,7E+13	6,4E+13	1,3E+14	8,4E+13	7,6E+15	2,0E+14	1,4E+14	3,1E+14
		B200	8,0E+15	1,5E+13	5,8E+13	3,5E+12	2,9E+15	3,8E+13	5,7E+13	3,7E+13	9,5E+13	8,1E+13	7,6E+15	1,5E+14	1,1E+14	4,5E+14
BOD 5 [kg]	B0	45.762	1	12	6	18.726	3	8	2	11	31	76.585	11	23	36	
	B40	46.319	559	2.192	194	19.344	2.019	2.476	1.144	4.362	3.351	54.804	4.006	3.213	5.931	
	B100	61.657	467	1.855	122	19.745	1.596	1.822	2.022	4.033	2.681	58.012	6.219	4.353	9.979	
	B200	65.126	466	1.855	117	16.769	1.218	1.822	1.158	3.011	2.599	57.496	4.804	3.546	14.337	
TSS [kg]	B0	33.846	0	7	4	14.564	2	4	1	6	19	55.285	6	19	25	
	B40	36.726	345	1.353	119	15.675	1.247	1.528	706	2.693	2.068	43.691	2.473	1.983	3.660	
	B100	49.910	289	1.145	74	16.834	985	1.125	1.249	2.490	1.654	46.078	3.839	2.687	6.159	
	B200	53.735	288	1.145	72	13.417	752	1.125	715	1.859	1.603	45.483	2.966	2.189	8.849	
Klor [g]	B0	17.890	30	410	274	7.699	144	323	75	461	1.159	29.396	482	427	1.083	
	B40	19.406	217	1.206	429	8.283	830	1.222	473	2.030	2.469	23.087	1.986	1.656	3.694	
	B100	26.373	228	1.025	533	8.895	805	915	772	1.830	2.047	24.348	2.959	2.161	5.927	
	B200	28.394	182	1.025	320	7.090	577	915	452	1.440	2.020	24.033	2.306	1.958	8.091	
SCENARIJ C	Ispuštene crne vode [m³]	C0	18.327.687	9.874	139.572	90.681	7.278.506	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	27.476.129	159.411	140.956	357.740
		C40	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	172.328	236.672	1.280.945
		C100	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	159.411	139.787	1.390.746
		C200	8.806.040	9.874	139.572	90.681	3.667.713	47.422	106.552	24.811	152.441	390.342	8.771.066	159.411	139.787	1.390.746
	Ispuštene sive vode [m³]	C0	48.110.314	640.192	4.269.500	1.034.313	19.490.337	4.178.909	3.244.082	6.416.711	14.369.399	7.372.820	81.121.712	11.164.654	10.097.144	2.840.104
		C40	43.471.912	587.153	3.235.431	1.163.335	19.134.647	2.331.954	3.309.784	1.326.791	5.579.489	6.674.742	53.490.551	5.351.174	4.442.504	3.962.001
		C100	62.199.149	623.222	2.939.974	1.638.949	20.244.363	2.462.433	2.439.021	2.883.957	8.091.590	6.155.030	59.016.635	8.950.348	5.871.657	6.573.238
		C200	67.632.839	487.012	2.728.774	1.217.856	15.390.208	1.842.895	2.439.021	5.090.973	5.430.325	5.533.884	56.809.119	10.263.119	6.439.095	8.784.447
	Fekalni koliformi	C0	1,3E+16	2,3E												

PRILOG V

Osobni podatci, životopis, znanstvena i stručna djelatnost

OSOBNİ PODATCI

- Ime i prezime: Tina Perić
- Datum i mjesto rođenja: 11. prosinca 1984., Split
- Bračni status: udana, majka dvoje ženske djece (10 i 11 godina)
- e-mail: tina.peric@pfst.hr

ŽIVOTOPIS

Osnovnu školu završila u Splitu, a potom 2004. godine završava opću gimnaziju „Marko Marulić“ u Splitu s odličnim uspjehom. Nakon završene srednje škole upisuje sveučilišni diplomski studij Pomorski sustavi i procesi na Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Splitu koji završava 2009. godine, izvrsnim uspjehom, stekavši zvanje diplomiranog inženjera pomorskog prometa, smjer pomorski sustavi i procesi, nautika. Za vrijeme trajanja studija dobitnica je državne stipendije četiri godine uzastopno, kao jedna od najboljih studenata u generaciji.

Poslijediplomski doktorski studij „Pomorstvo“ na Pomorskom fakultetu u Rijeci upisuje 2009., a istovremeno se zapošljava na Pomorskom fakultetu u Splitu u svojstvu znanstvenog novaka na Zavodu za brodstrojarstvo gdje aktivno sudjeluje u izvođenju redovne nastave na kolegijima *Tehnička mehanika*, *Tehnička mehanika I i II*, *Terotehnologija*, *Elementi plovidbe*, *Osnove plovidbe i Temeljna sigurnost*. Pored toga sudjeluje u izvođenju Posebnog programa obrazovanja radi stjecanja najviših ovlaštenja u pomorstvu.

Od 2009. do 2011. godine sudjelovala je na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta „Upravljanje brodskim energetske sustavima u uvjetima kvara i otkaza“ (Šifra projekta: 250-2502209-2366) istraživača prof. dr. sc. Marija Oršulića. Od 2011. godine sudjeluje na znanstvenom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta „Nove tehnologije u dijagnostici i upravljanja brodskih porivnih sustava“ (Šifra projekta: 250-2502209-2364) glavnog istraživača prof. dr. sc. Radovana Antonića. Autor je više znanstvenih i stručnih radova te aktivno govori engleski i pasivno talijanski jezik.

ZNANSTVENA I STRUČNA DJELATNOST

Objavljeni radovi u časopisima:

1. Perić, T.; Komadina, P.; Račić N.: *Wastewater Pollution from Cruise Ships in the Adriatic Sea*; *Promet – Traffic&Transportation*, 28(2016), 4; 425-433.
2. Perić, T.; Oršulić, M.: *Cruising-turizam u Republici Hrvatskoj u funkciji održivoga razvoja*; *Naše more: znanstveni časopis za more i pomorstvo*, 58 (2011), 5-6; 219-228.
3. Golub Medvešek, I.; Šoda, J.; Perić T.: *Fault Tree Analysis in the Reliability of Heavy Fuel Oil Supply*; *TOMS*, 3 (2014), 2; 131-136.
4. Matić, P.; Golub Medvešek, I.; Perić, T.: *System Identification in Difficult Operating Conditions Using Artificial Neural Networks*, *TOMS*, 4 (2015), 2; 105-112.

Objavljeni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom:

1. Perić, T.; Kulenović, Z.; Dobrota, Đ.: *Automated wastewater treatment plant on cruisers*, 6th International Scientific Conference on Ports and Waterways, POWA 2011, Zagreb, 2011.
2. Oršulić, M.; Perić, T.; Dobrota, Đ.: *Security and protection in transport of liquefied natural gas by sea*, 5th International Scientific Conference on Ports and Waterways, POWA 2010, Zagreb, 2010.
3. Cibilić, A.; Golub, I.; Kulenović, Z.; Žižić, L.; Perić, T.: *Fuzzy logic approach for control nonlinear vehicle*, IMSC, Split, 2012.
4. Golub, I.; Perić, T.; Cibilić, A.; Žižić, L.: *Qualitative methods of fault detection and diagnosis in the electrohydraulic actuator*; IMSC, Split, 2012.