

# Problematika balastnih voda i metode njihovog zbrinjavanja

---

**Vučković, Tina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:206256>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Podvodne znanosti i tehnologija

**Tina Vučković**

**Problematika balastnih voda i metode njihovog  
zbrinjavanja**

**Završni rad**

Zadar, 2021

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu  
Podvodne znanosti i tehnologija

Problematika balastnih voda i metode njihovog zbrinjavanja

Završni rad

Student/ica:

Tina Vučković

Mentor/ica:

Doc.dr.sc. Mate Barić

Zadar, 2021.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Tina Vučković**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Problematika balastnih voda i metode njihovog zbrinjavanja** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 29. srpnja 2021.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	3
2. CILJEVI I SVRHA RADA.....	4
3. RAZRADA TEME.....	5
3.1. Definiranje pojma balastnih voda .....	5
3.2. Karakteristike balastnih voda.....	6
3.3. Utjecaj balastnih voda .....	9
3.4. Zbrinjavanje balastnih voda.....	13
3.5. Mehanička metoda .....	15
3.6. Kemijska metoda.....	16
3.7. Balastne vode i pravna regulativa .....	20
4. ZAKLJUČAK .....	26
5. POPIS LITERATURE.....	27

# **Problematika balastnih voda i metode njihova zbrinjavanja**

## **SAŽETAK**

Balastne vode su jedan od glavnih putova za unošenje alohtonih morskih vrsta. Balastne vode su slatka ili slana voda koja se nalazi u balastnim tankovima i/ ili u brodskim teretnim skladištima. Koriste se za osiguravanje stabilnosti i upravljivosti tijekom plovidbe kada brodovi ne prevoze teret, kada ne prevoze dovoljno težak teret ili kada je zbog loših vremenskih uvjeta i stanja mora potrebna veća stabilnost. Balastne vode također se mogu koristiti za dodavanje težine, tako da brod uroni dovoljno duboko u vodu da prolazi ispod mostova i drugih građevina. Ono što je specifično za balastne vode je njihovo ispuštanje u raznim lukama. Tijekom ispuštanja vode može doći do ispuštanja mikroorganizama koji u većini slučajeva imaju negativan utjecaj na okoliš. Glavni cilj rada je istražiti na koji način balastne vode utječu na okoliš te koje su metode zbrinjavanja najprihvatljivije. Sve potencijalne metode obrade balastne vode uključuju troškove rada koji su glavni zabrinjavajući faktori vlasnika brodova i često najvažniji parametar za odabir tehnologija obrade balastne vode koja će se koristiti na brodu. Danas se u tretiranju balastnih voda koriste kombinirane metode koje su odobrene od strane IMO-a (International maritime organisation). Metode koje su dozvoljene i koriste se nakon primarne obrade balasta su npr. PERACLEAN® Ocean Ballast Water Treatment – odobrena kemijska metoda obrade balasta ili npr. Optimarin sustav za pročišćavanje balastnih voda koji koristi kombinaciju filtracije te UV zračenja (fizikalna metoda).

Ključne riječi: Brodovi, balastne vode, ispuštanje, mikroorganizmi, utjecaj na okoliš, metode zbrinjavanja,

# **Problems of ballast water and methods of their disposal**

## **ABSTRACT**

Ballast water is one of the main routes for the introduction of non-indigenous marine species. Ballast water is fresh or salt water found in ballast tanks and / or in ship's cargo warehouses. It is used to ensure stability and maneuverability during navigation when ships are not carrying cargo, when they are not carrying heavy enough cargo or when due to bad weather and sea conditions, greater stability is needed. Ballast water can also be used to add weight so that the ship dives deep enough into the water to pass under bridges and other structures. What is specific for ballast water is their discharge in various ports. During the discharge of water, microorganisms are released, which in most cases have a negative impact on the environment. The main goal of this paper is to investigate how ballast water affects the environment and which disposal methods, ie which disposal methods are the most acceptable. All potential ballast water treatment methods include labor costs which are the main concerns of shipowners and often the most important parameter for selecting ballast water treatment technologies to be used on board. Nowadays, for ballast water combined methods are used based on the recommendations of the IMO (International maritime organisation). The methods are approved and are used after the initial assessment of the ballast water such as PERACLEAN ® Ocean Ballast Water Treatment- approved chemical method to assess ballast water. Optimarin uses a system to purify the ballast water by using a combination of filtration and UV radiation (physical method).

Keywords: Ships, ballast water, discharge, microorganisms, environmental impact, disposal methods

## 1. UVOD

Balastne vode jedan su od glavnih putova za unošenje alohtonih morskih vrsta. Balastne vode su slatka ili slana voda koja se nalazi u balastnim tankovima i/ ili u brodskim teretnim skladištima (Anonymous 1, 2008.). Koristi se za osiguravanje stabilnosti i upravljivosti tijekom plovidbe kada brodovi ne prevoze teret, kada ne prevoze dovoljno težak teret ili kada je zbog loših vremenskih uvjeta i stanja mora potrebna veća stabilnost. Balastne vode također se mogu koristiti za dodavanje težine, tako da brod uroni dovoljno duboko u vodu da prolazi ispod mostova i drugih građevina (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010.).

Obično se balastne vode pumpaju u tankove za balast kada je brod isporučio teret u luku i ako isplovjava s manje tereta ili bez tereta. Zatim se balastne vode transportiraju i ispuštaju u sljedećoj luci, gdje brod preuzima više tereta. Ako brod prima ili isporučuje teret u veći broj luka, može ispustiti ili prihvatiti dio balastne vode u svakoj luci. U takvim slučajevima brodske balastne vode sadrže mješavinu voda iz više luka. Oslobođanjem balastne vode mogu se unijeti alohtoni organizmi u luku ispuštanja. Dakle, balastne vode su i vektor za prijenos vrsta iz jednog dijela svijeta u druge dijelove. Vrsta koja je premještena u novo područje, izvan svog prirodnog zemljopisnog raspona obično je poznata kao strana ili alohtona vrsta. Ako su uvjeti okoliša u novom zemljopisnom području prikladni, strane vrste mogu tada ne samo preživjeti, nego i uspostaviti i proširiti, te u mnogim slučajevima nanijeti štetu lokalnom okruženju, gospodarstvu ili ljudskom zdravlju (Elcicek i sur., 2013.).

Iz toga razloga je potrebno voditi brigu o zbrinjavanju balastnih voda.

Postoji nekoliko metoda za zbrinjavanje balastnih voda, a uključuju recirkulaciju balasta na otvorenom moru ili fizičko i kemijsko tretiranje balasta u tankovima.



## **2. CILJEVI I SVRHA RADA**

Cilj rada je bio istražiti na koji način je potrebno zbrinjavati balastne vode. Istražio se način na koji balastne vode nastaju te koje su posljedice unosa balastnih voda u nova područja. Također je bilo potrebno istražiti na koji način se balastne vode zbrinjavaju te koje su pozitivne, a koje negativne strane određenih metoda.

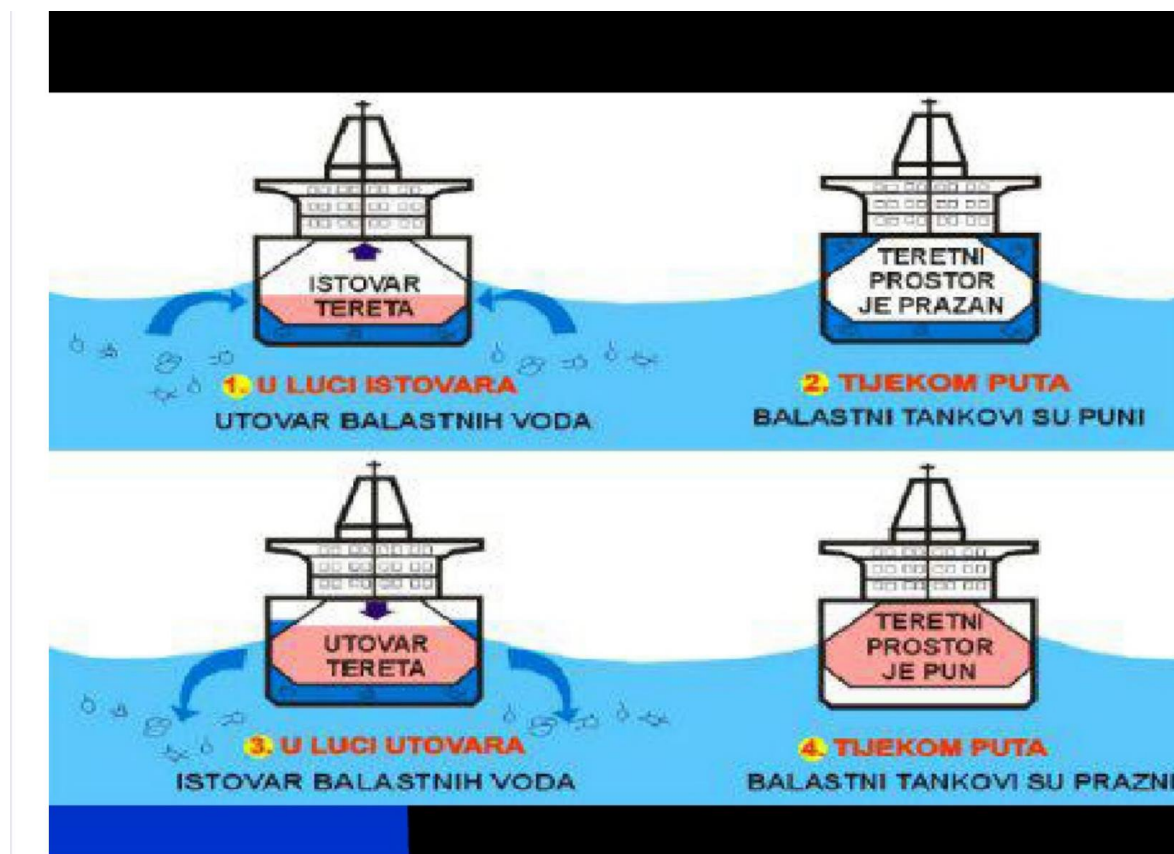
Svrha rada je pružiti glavne informacije o balastnim vodama i načinima na kojima ih je moguće zbrinuti te kao i definirati koji način zbrinjavanja je najprihvatljiviji.

### 3. RAZRADA TEME

#### 3.1. Definiranje pojma balastnih voda

Transport je danas presudan za globalno gospodarstvo. Preko 90% svjetske trgovine - uključujući sve, od hrane i goriva do građevinskog materijala, kemikalija i predmeta za kućanstvo prevozi se brodovima. Oko 36,000 trgovačkih brodova plovi svjetskim oceanima i morima, s kombiniranom tonažom od preko 1 milijarde tona ukupne nosivosti broda (dwt) (Anonymous 1, 2008).

Brodovi su konstruirani za sigurnu plovidbu dok prevoze teret. Ali, kada brod putuje ili bez tereta ili samo djelomično nakrcan, mora uzeti dodatnu težinu koja će mu omogućiti učinkovitu i sigurnu plovidbu. Ta dodatna težina naziva se balast. Ranije su brodovi nosili čvrsti balast, poput stijena, olova, pijeska ili metala. Međutim, od oko 1880. godine brodovi koriste morsk vodu kao balast uglavnom zato što je mnogo dostupnija te se lakše s njom manipulira (Anonymous 2, 2009.). Kada je brod prazan i ne prevozi teret, balastni tankovi se pune morsk vodom, a kad ukrca teret, balastne vode se ispuštaju.



Slika 1: Primjer korištenja balastne vode na brodovima (izvor: balastnevode.html)

Od uvođenja brodova s čeličnom oplatom, morska voda se koristi kao balast za stabilizaciju na moru. Pumpanjem balastnih voda održavaju se sigurni radni uvjeti tijekom cijelog putovanja u svrhu smanjenja opterećenja na trupu broda, osiguravanja povoljnog gaza broda i poboljšava upravljivosti.

Iako je balast ključan za sigurne i učinkovite suvremene brodske operacije, može predstavljati ozbiljne ekološke, značajne ekonomske i vrlo velike zdravstvene probleme zbog mnoštva morskih vrsta koje se mogu nalaziti u balastnim vodama. Vrste koje se mogu naći u balastnim vodama, uključuju bakterije, mikrobe, male beskralješnjake, jaja, ciste i ličinke raznih vrsta. Vrste koje bivaju prenesene putem balastnih voda mogu preživjeti i razmnožiti se u okolišu domaćina, postajući invazivne, nadmetajući se s domaćim vrstama i množeći se.

Znanstvenici su prvi put prepoznali znakove unošenja stranih vrsta nakon masovne pojave azijskih fitoplanktonskih algi *Odontella (Biddulphia sinensis)* u Sjevernom moru 1903. No, znanstvene su zajednice tek 1970-ih počele detaljno pregledavati problem. Krajem 1980-ih, Kanada i Australija bile su među zemljama koje su imale posebne probleme s invazivnim vrstama i skrenule su pažnju na IMO-ov (IMO – International Maritime Organisation) Odbor za zaštitu morskog okoliša (MEPC – Marine Environment Protection Committee) (Anonymous 2, 2009.).

Problematika invazivnih vrsta u balastnim vodama brodova uvelike je posljedica povećanja obujma prometa tijekom posljednjih nekoliko desetljeća, a budući da se količina pomorske trgovine nastavlja povećavati, problem još možda nije dosegnuo svoj vrhunac.

Obično se balastne vode pumpaju u balastne spremnike kada je brod isporučio teret u luku i isplovljava s manje tereta ili bez tereta. Zatim se balastne vode transportiraju i ispuštaju u sljedećoj luci, gdje brod preuzima više tereta. Ako brod prima ili isporučuje teret u veći broj luka, može ispustiti ili prihvatiti dio balastne vode u svakoj luci. U takvim slučajevima brodske balastne vode sadrže mješavinu voda iz više luka.

Bez obzira na mehaničko filtriranje pri ukrcanju i iskrcanju balastne vode mogu unijeti strane organizme u luku ispuštanja. Ove se uvedene vrste nazivaju i egzotičnim vrstama, stranim vrstama i alohtonim vrstama (Charlton, 1985.).

### **3.2. Karakteristike balastnih voda**

Vodeni balast se uglavnom odnosi na morsku vodu, ponekada postoje slučajevi kada je balast u kombinaciji sa slatkom vodom, a do takvih specifičnih situacija dolazi kada se balast uzima u slatkovodnim ili bočatim vodama. U balastnim vodama između ostalog mogu se nalaziti alohtoni organizmi. Alohtoni organizmi su svi oni organizmi koji se mogu sa balastnom

vodom premjestiti na novo stanište. Kada je riječ o vodenom balastu tada je moguće uvidjeti da se dugi niz godina smatralo da je vodeni balast čist te da ne postoji potreba za filtriranjem.

Balastne vode imaju:

- Fizikalna svojstva
- Kemijska svojstva
- Biološka svojstva

Glavna razlika između morske i slatke vode je u njenim specifičnim fizikalnim svojstvima koju ima zbog vrste i koncentracije soli. Morska voda složena je smjesa od 96,5 % vode, 2,5 % soli i manjih količina drugih tvari, uključujući otopljene anorganske i organske materijale, čestice i nekoliko atmosferskih plinova.

Morska voda bogat je izvor različitih komercijalno važnih kemijskih elemenata. Velik dio magnezija na svijetu obnavlja se iz morske vode. U određenim dijelovima svijeta natrijev klorid (kuhinjska sol) i dalje se dobiva isparavanjem morske vode. Uz to, voda iz mora, kada se desalinizira, može pružiti neograničene količine pitke vode.

Šest najzastupljenijih iona morske vode su klorid ( $\text{Cl}^-$ ), natrij ( $\text{Na}^+$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), magnezij ( $\text{Mg}^{2+}$ ), kalcij ( $\text{Ca}^{2+}$ ) i kalij ( $\text{K}^+$ ). Po težini ti ioni čine oko 99 % svih morskih soli. Količina tih soli u količini morske vode varira zbog dodavanja ili uklanjanja vode lokalno (npr. oborinama ili isparavanjem). Sadržaj soli u morskoj vodi označava se salinitetom (S), koja se definira kao količina soli u gramima otopljene u jednom kilogramu morske vode i izražena u tisućitom dijelu. Primijećeno je da se slanosti u otvorenom oceanu kreću od oko 34 do 37 promila (‰ ili ppm), što se također može izraziti kao 34 do 37 praktičnih jedinica saliniteta (Oemck i Leeuwen, 2003).

Anorganski ugljik, bromid, bor, stroncij i fluorid čine ostale glavne otopljene tvari morske vode. Od mnogih manjih otopljenih kemijskih sastojaka, anorganski fosfor i anorganski dušik među najistaknutijima su, jer su važni za rast organizama koji naseljavaju oceane i mora. Morska voda također sadrži razne otopljene atmosferske plinove, uglavnom dušik, kisik, argon i ugljični dioksid. Neke druge komponente morske vode su otopljene organske tvari, poput ugljikohidrata i aminokiselina, te organske čestice. Ti materijali potječu prvenstveno iz gornjih 100 metara sloja oceana, gdje se otopljeni anorganski ugljik fotosintezom pretvara u organsku tvar.

Mnoge karakteristike morske vode odgovaraju karakteristikama vode općenito, zbog njihovih zajedničkih kemijskih i fizikalnih svojstava. Na primjer, molekularna struktura morske vode, poput one slatke, pogoduje stvaranju veza među molekulama. Neke karakteristične osobine morske vode mogu se pripisati sadržaju soli. Na primjer, viskoznost (tj. unutarnji otpor protoku)

morske vode veća je od viskoznosti slatke vode zbog veće slanosti. Iz istog je razloga i gustoća morske vode veća. Točka leđišta morske vode niža je od točke čiste vode, a točka vrenja viša (Oemck i Leeuwen, 2003).

Na kemijski sastav morske vode utječe širok spektar kemijskih transportnih mehanizama. Rijeke dodaju otopljene i krute kemikalije na oceanske rubove. Čestice koje se prenose vjetrom prenose se u regije srednjeg oceana tisućama kilometara od njihovih kontinentalnih područja. Hidrotermalne otopine koje cirkuliraju kroz koru ispod morskog dna dodaju otopljene čestice u duboki ocean. Organizmi u gornjem sloju oceana pretvaraju otopljeni materijal u krutine, koje se na kraju talože u većim oceanskim dubinama. Čestice u tranzitu do morskog dna, kao i materijali na i unutar morskog dna, podvrgavaju se kemijskoj izmjeni s okolnim otopinama. Kroz ove lokalne i regionalne mehanizme kemijskog unosa i uklanjanja, svaki element u oceanima pokazuje prostorne i vremenske varijacije koncentracije. Fizičko miješanje u oceanima (termohaline i cirkulacija pokretana vjetrom) nastoji homogenizirati kemijski sastav morske vode. Suprotstavljeni utjecaji fizičkog miješanja i biogeokemijskih mehanizama unosa i uklanjanja rezultiraju značajnom raznovrsnošću kemijske raspodjele u oceanima (Vilibić, 2006.).

Koncentracije glavnih anorganskih sastojaka oceana izuzetno su stalne. Proračuni pokazuju da je za glavne sastojke morske vode vrijeme potrebno za temeljito miješanje oceana prilično kratko u usporedbi s vremenom koje bi bilo potrebno za postupke unosa ili uklanjanja da bi se značajno promijenila koncentracija sastojka. Koncentracije glavnih sastojaka oceana variraju ponajprije kao odgovor na relativno brzu izmjenu vode (oborine i isparavanje), s relativnim koncentracijama koje ostaju gotovo konstantne (Endresen i sur., 2004).

Salinitet oceanografi koriste kao mjeru ukupnog sadržaja soli u morskoj vodi. Salinitet se određuje mjerenjem električne vodljivosti i temperature morske vode, koja se tumače algoritmom razvijenim od strane Ujedinjenih naroda za obrazovanje i znanost i kulturu (UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (Vilibić, 2006). Salinitet, zajedno s temperaturom, može se koristiti za precizno izračunavanje gustoće uzoraka morske vode. Zbog konstantnih relativnih udjela glavnih sastojaka, salinitet se također može koristiti za izravni izračun koncentracija glavnih iona u morskoj vodi. Raznoliki elementi bitni su za rast morskih organizama, kao i neki elementi koji nemaju poznatu biološku funkciju, pokazuju hranjivo ponašanje slično poput nitrata i fosfata. Mnogi elementi, uključujući esencijalne metale u tragovima željezo, kobalt i bakar, pokazuju oštećenje površine, ali općenito pokazuju ponašanje složenije od ponašanja fosfata, nitrata i silikata. Neke složenosti uočene u elementarnoj oceanskoj raspodjeli mogu se pripisati adsorpciji elemenata na površini tonućih

čestica. Adsorptivni procesi, isključujući ili uz biološko usvajanje, služe za uklanjanje elemenata iz gornjeg oceana i isporuku u veće dubine. Općenito, reakcije izmjene elektrona dovode do dubokih promjena u topljivosti i reaktivnosti metala u tragovima u morskoj vodi. Takve su reakcije važne za oceansko ponašanje raznih elemenata, uključujući željezo, mangan, bakar, kobalt, krom i cerij (Oemck i Leeuwen, 2003).

Karakteristike ispuštanja balastne vode u velikoj su mjeri određene trgovinskim obrascima zemlja. Dakle, priroda tereta i vrsta plovila u kojem se prevozi igraju ulogu u određivanju volumena i obrazaca ukrcaja i ispuštanja balastne vode. Na primjer, tereti poput sirove nafte, željezna ruda, ugljen i žito, uglavnom se prevoze u brodskim skladištima ili tankovima. Takva plovila u pravilu ukrcajavu ili iskrcavaju cijeli teret u jednoj luci, tako da nose značajne količine balastne vode. Te balastne vode većinom dolaze iz jednog izvora, čime se pojednostavljuje postupak utvrđivanja rizika koji predstavljaju.

Suprotno tome, brodovi koji prevoze generalni teret i kontejnere obično se zaustavljaju u više luka, s djelomičnim ukrcajem ili istovarom tereta u svakoj od njih. Rezultat toga je, dok su količine balastne vode manje, daleko složeniji sastav vrsta, što komplicira postupak procjene rizika (Charlton, 1985).

Početak 20. stoljeća javljaju se prve naznake u vezi s prijenosom morskih organizama balastnom vodom. Ako se morska voda koristi kao balast, s njome se uzimaju i lokalni životni oblici. Većina njih preživljavaju u tankovima sve dok ih se izmjenom balasta ne vrati natrag u more. Najveća opasnost se krije u tome što i najmanja količina organizma koja preživi može se razmnožiti u velikim razmjerima, ako uvjeti novog okoliša budu povoljni. Unos alohtonih (unesenih u nova staništa) organizama u vodenom balastu prvi put je otkriven 1908. godine kada je zabilježen unos tropske alge kremenjašice roda *Biddulphia sinensis* u Sjeverno more (Charlton, 1985).

### **3.3. Utjecaj balastnih voda**

Iako su balastne vode presudne za siguran rad brodova, studije su pokazale kada balastne vode uđu u tankove na brodu, organizmi koji žive u toj vodi također se nalaze u tom balastu. Ovisno o trajanju putovanja i drugim čimbenicima, mnogi od tih organizama mogu preživjeti putovanje, a nakon toga se zajedno s balastom ispuste u odredišnoj luci. Dakle, balastne vode služe kao vektor za prijenos vrsta iz jednog dijela svijeta u druge dijelove. U novom području, izvan svog prirodnog zemljopisnog raspona, vrsta koja je premještena obično je poznata kao strana vrsta. Ako su uvjeti okoliša u novom zemljopisnom području prikladni, strane vrste mogu

tada ne samo preživjeti, nego se i uspostaviti i proširiti, te u mnogim slučajevima nanijeti štetu lokalnom okruženju, gospodarstvu ili ljudskom zdravlju (Elcicek i sur., 2013).

Takve se vrste općenito nazivaju invazivne strane vrste, ali drugi izrazi koji se koriste za morske invazivne uključuju uvedene morske štetnike.

Konvencija o upravljanju potonje definira na sljedeći način:

„Štetni vodeni organizmi i patogeni znači vodene organizme ili patogene koji, ako se unesu u more, uključujući ušća, ili u vodotoke slatke vode, mogu stvoriti opasnost za okoliš, ljudsko zdravlje, imovina ili resursi, narušavaju biološku raznolikost ili ometaju druge legitimne namjene takvih područja“ (Venom, 2008).

Invazivne strane vrste danas su općenito prepoznate kao jedna od najvećih prijetnji biološkoj raznolikosti na globalnoj razini. Oni također imaju ozbiljne ekonomske, ekološke i zdravstvene učinke i, kao rezultat toga, imaju glavno mjesto ograničenja u razvoju. U morskom i obalnom okruženju invanzivne vrste identificirane su kao jedna od četiri najveće prijetnje svjetskim oceanima, zajedno sa:

- kopnenim izvorima zagađenja mora,
- pretjeranim iskorištavanjem živih morskih resursa,
- fizičkim promjenama / uništavanjem morskih staništa.

Balastne vode su posebno zabrinjavajuće kao vektor za unošenje invazivnih stranih vrsta i zbog toga što velike količine balastne vode koja se koristi i ispušta u nova staništa, ali i zbog velike raznolikosti i broja vrsta koja se mogu prenijeti.

Procjenjuje se da se oko 3-5 milijardi tona balastne vode prenosi po cijelom svijetu godišnje s brodovima, bilo od nekoliko stotina litara do više od 130,000 tona balastne vode, ovisno o veličini i namjeni plovila. Budući da jedan kubični metar vode može ponijeti do 50,000 jedinki zooplanktona i / ili 10 milijuna stanica fitoplanktona, a većina morskih vrsta uključuju planktonsku fazu u svoj životni ciklus, doslovno postoje tisuće različitih morskih vrsta koje se mogu prenositi u balastnim vodama brodova (URL1).

Vrlo je važno napomenuti da nisu sve strane vrste invazivne, razlog k tomu je zato što određeni dio stranih vrsta ne uspije preživjeti kada im se promjeni stanište. Invazivne strane vrste su one koje ako im je područje povoljno, lako se prilagode novim uvjetima i u odsustvu svojih prirodnih predatora trajno se nastane i drastično promjene ekosustav.

S balastnom vodom usko su povezani i sedimenti balasta. Kad brod preuzme balastne vode, on također uzima i materijal koji se nalazi u vodi. U mutnim ili plitkim vodama to često uključuje čvrsti materijal. Kada ovaj materijal ulazi u balastni tank, taloži se na dno kao "talog" i daje podlogu za raznolikost morskih vrsta, posebno dinoflagelata. Prema Konvenciji o upravljanju

balastnim vodama sedimenti se definiraju kao „Materija koja se nataloži iz balastne vode unutar broda“ (Anonymous 2, 2009.).

Balastne vode složen su problem i uvođenjem relevantnih političkih, pravnih i institucionalnih reformi imat će određene financijske implikacije. Kretanjem u takav postupak, neophodno je odgovarajuće razmotriti i društveno-politički i tehnički aspekt.

Kao rezultat ljudskih aktivnosti, biljke, životinje i drugi organizmi prenose se na nova staništa vrlo brzo stoga je zagađenje mora doseglo ozbiljne razine za morski okoliš. Prijenos vodenih organizama brodskim balastnim vodama jedno je od najvažnijih pitanja. Vodeni organizmi koji se prevoze brodskom balastnom vodom mogu negativno utječu na morsku i obalnu ekologiju. Rast vodenih organizama na njihovom novom području, natječući se s prirodnim vrstama staništa može imati za posljedicu propadanje ili izumiranje jedne ili više autohtonih vrsta, ozbiljno narušavajući ekosustav. Uz njih, oni uzrokuju ozbiljne utjecaje na okoliš, gospodarstvo i ljudsko zdravlje. O takvim se organizmima i vrstama govori kao o invazivnim stranim vrstama (Elcicek i sur., 2013).

Iako je balastna voda bitna za sigurne i učinkovite moderne brodske operacije, može predstavljati ozbiljne ekološke, gospodarske i zdravstvene probleme zbog mnoštva morskih vrsta koje se prevoze u balastnim vodama brodova. To uključuje bakterije, mikrobe, male beskičmenjake, jaja, ciste i ličinke različitih vrsta. Prenošene vrste mogu preživjeti kako bi uspostavile reproduktivnu populaciju u okruženju domaćina, postajući invazivne, autohtone vrste i množeći se u razmjere štetočina.

Sudbina novih, unesenih (stranih, egzotičnih, alohtonih) vrsta može biti različita:

- Vrste se ne mogu prilagoditi novim uvjetima i ubrzo nestaju-ugibaju ili migriraju iz novog područja
- Vrste se asimiliraju u zajednice bez većih negativnih utjecaja za nove ekosustave
- Brzo se adaptiraju, često nemaju prirodnih neprijatelja, te njihove populacije ubrzano rastu i istiskuju domaće (autohtone) vrste.

Znanstvenici su prvi put prepoznali znakove uvođenja stranih vrsta nakon masovne pojave azijske fitoplanktonske alge *Odontella (Biddulphia sinensis)* u Sjevernom moru 1903.

(Anonymus 3, 2017.). No, tek je sedamdesetih godina prošlog stoljeća znanstvena zajednica počela detaljno razmatrati problem. Krajem 1980 -ih, Kanada i Australija bile su među zemljama koje su imale posebne probleme s invazivnim vrstama, te su svoje zabrinutosti skrenule pozornost IMO -ovog Odbora za zaštitu morskog okoliša (MEPC).



Problem invazivnih vrsta u balastnim vodama brodova uvelike je posljedica proširene trgovine i obujma prometa u posljednjih nekoliko desetljeća, a budući da se obim pomorske trgovine nastavlja povećavati, problem možda još nije dosegao vrhunac. Učinci u mnogim područjima svijeta bili su poražavajući. Kvantitativni podaci pokazuju da se stopa bio-invazija nastavlja povećavati alarmantnom brzinom te da se stalno napadaju nova područja.

S obzirom da će strana vrsta teško biti podvrgnuta istoj prirodnoj kontroli koja je održavala populaciju ove vrste u njenom prirodnom okruženju, vrsta se, u odsustvu prirodnih neprijatelja, može izrazito brzo razmnožavati do točke da postane dominantna vrsta u cijelom novom okolišu, najčešće na štetu bioraznolikosti ekosustava i čovjekovog životnog prostora (Anonymus 3, 2017).

Nekoliko primjera invanzivnih vrsta :

- Azijski Kelp (*Undaria pinnatifida*) - Poznatija kao „wakame“, ova jestiva morska trava obično se koristi u japanskoj i korejskoj kuhinji. Iako potječe iz obalnih područja hladnih voda Japana, Koreje i Kine, pronašao je put do Novog Zelanda, Francuske, Velike Britanije, Španjolske, Italije, Argentine, Australije, Meksika i SAD-a, gdje su u tijeku agresivne mjere za uklanjanje biljka iz luka na zapadnoj obali. Morske alge otkrivene su u zaljevu San Francisco u svibnju 2009. godine.
- Kolera (*Vibrio cholera*) - Lučka područja u blizini ušća rijeka glavna su staništa bakterija kolere, posebno u zemljama u kojima su loši sanitarni uvjeti i voda je jako zagađena kanalizacijom. Bakterije *V. cholera* vežu se na površine planktonskih životinja, poput kopepoda (vrsta malih rakova) i drugog zooplanktona, osobito u tropskim zemljama, kao i na školjke i vodene biljke. Vezujući se za mikroskopske organizme koji se prenose vodom, bakterije mogu ući u balastnu vodu i prenijeti se u nova područja diljem svijeta. Na taj način mogu utjecati na zdravlje ljudi.
- Europski zeleni rak (*Carcinus maenas*) - Druga vrsta koja kolonizira Australiju je europska zelena rakovica koja je našla svoj put od svog izvornog staništa na sjeveroistoku Atlantskog oceana i Baltičkog mora do Antipoda, Južne Afrike, Južne Amerike te obala Atlantika i Pacifika Sjeverne Amerike. Zeleni rak je mesožder koji lovi školjke, kamenice i puževe. Njegovo prenošenje u SAD 1950 -ih koštalo je američku ribarsku industriju milijune dolara jer zeleni rak lovi Jakovljeve kapice i druge komercijalno važne školjke. Osim što lovi autohtone vrste, europski zeleni rak može više hrane konzumirati i razmnožavati se u velikim količinama.

- Sjevernopacifička morska zvijezda (*Asterias amurensis*) - Porijeklom iz Japana, Sjeverne Kine, Koreje i dalekog istoka Rusije, ova morska zvijezda sposobna je podnijeti visoke temperature i širok raspon saliniteta vode i često se nalazi u estuarijima i interdalnim zonama. Mrijesteći se od srpnja do listopada, ženka je sposobna nositi do 20 milijuna jaja, koja se izlegu i žive kao planktonske ličinke do 180 dana. Vrsta je unesena u jugoistočnu Australiju i Tasmaniju, najvjerojatnije nakon što je prenijeta kao ličinka u balastnim vodama (Anonymous 4, 2017).

### 3.4. Zbrinjavanje balastnih voda

Postoji nekoliko metoda za zbrinjavanje balastnih voda, a uključuju recirkulaciju balasta na otvorenom moru ili fizičko i kemijsko tretiranje balasta u tankovima.

Recirkulacija balasta na moru, prema preporukama smjernica IMO-a, trenutno pruža najjednostavniju dostupnu mjeru za smanjenje rizika od prijenosa štetnih vodenih organizama, ali podliježe ozbiljnim sigurnosnim ograničenjima (URL2). Čak i kad se može u potpunosti primijeniti, ova tehnika nije u potpunosti učinkovita u uklanjanju organizama iz balastne vode. Postoji čitav niz tehnika kojima se može smanjiti i spriječiti unošenje alohtonih vodenih vrsta koje smetaju iz balastnih voda. Nažalost, ne postoji niti jedna tehnika koja bi iz balastne vode uklonila sve invazivne vrste. Kombinacija različitih metoda može biti učinkovitija od jedne metode. Vlasnike brodova vrlo je teško nagovoriti da ugrade tehnologiju za obradu balastnih voda koja je skupa, nepouzdana ili dugotrajna. To je propisano Međunarodnom konvencijom o kontroli i gospodarenju balastnim vodama i sedimentu s brodova. Stoga bi mogli biti neki kriteriji za odabir metode:

- Sigurnost posade i putnika,
- učinkovitost uklanjanja ciljnih organizama,
- lakoća rada opreme za tretiranje balasta,
- količina smetnji u normalnom radu broda i vremenu putovanja,
- strukturni integritet broda,
- veličina i trošak opreme za obradu,
- količina potencijalna šteta okoliša,
- jednostavnost lučkih uprava da nadgledaju poštivanje propisa (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010.).

Kod izmjene balastnih voda postoje dva glavna tipa izmjene balastne vode: sekvencijalni ili povratni balast i kontinuirano pražnjenje. Prvi uključuje potpuno pražnjenje tankova balasta

(pojedinačno ili u slijedu) i njihovo punjenje oceanskom vodom; a drugi se odnosi na djelomično pražnjenje i punjenje tankova balasta. Modifikacija sustava cijevi ugrađenog na brodovima smatra se presudnim čimbenikom učinkovitosti metode. Strukturni integritet trupa broda također je faktor koji utječe na učinkovitost razmjene.

Sekvencijalna metoda zahtijeva da se tankovi za balast isprazne, a zatim dopunjavaju tijekom putovanja. Postupak pražnjenja i punjenja obično se obavlja pomoću postojećih sustava, koji se također koriste za pražnjenje i punjenje tankova balasta spremnika. Smjernice IMO-a preporučuju da se balastne vode ispušta sve dok se tankovi ne isprazne. Također se naglašava da bi tijekom ovog postupaka mogle nastati velike promjene koje bi mogle utjecati na stabilnost i čvrstoću trupa broda (Anonymus 1, 2008). Efikasnost ove metode razmatrale su studije koje ističu da je efikasnost ovakvog načina izmjene balastu u rasponu od razmjene balasta u rasponu od 70 do 90% (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010).

Nadalje, za učinkovitost uklanjanja alohtonih organizama, ova metoda nije toliko učinkovita jer velik dio nataloženih organizama na dnu tanka ne bi mogao biti uklonjen tijekom pražnjenja. Pražnjenje i punjenje spremnika vjerojatno bi rezultiralo resuspendiranjem sedimenata i organizama koji se ne ispuštaju.

IMO preporučuje da se najmanje tri puta ispumpa volumen spremnika. Provedena je teoretska dinamiku izračuna razrjeđenja. Neka terenska ispitivanja navode u teoriji da bi 95% izvorne vode balastnog spremnika trebalo zamijeniti različite količine jednake trostrukoj količini spremnika koja se pumpa kroz spremnik (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010).

Također su analizirana četiri analizirali su četiri kontejnerska broda koja su ukrcala balast u Meksiku i ispraznili ga 21 dan kasnije u Hong Kongu. Nakon tog razdoblja, nekoliko dinogela i dijatomejskih vrsta preuzetih u Meksiku bilo je živo u balastnoj vodi u Hong Kongu. Pet brodova koji su rebalastirali u otvorenom oceanu smanjili su populaciju dijatomeja i dinogela za 48% (Dickman i Zhang, 1999).

Jedna od opcija je i zbrinjavanje balasta u luci (lučka postrojenja). Ova alternativa obrade zahtijevaju da se balastne vode iskrcaju na obalno postrojenje za pročišćavanje. U nekim lukama može biti dovoljno prostora za uspostavljanje velikog postrojenja na obali za pročišćavanje balastne vode. Veličina uređaja za tretman ovisila bi o broju, vremenu i vrsti brodova koji napuštaju ili ulaze u lučki sustav, a sustav cjevovoda trebao bi biti prikladan za prijenos vode između broda i obale. Ovisno o količini vode koja je potrebna za balastiranje, kopnena postrojenja za pročišćavanje mogu također skladištiti pročišćenu vodu za upotrebu kao balast kako bi omogućili brodu da razmijeni neočišćenu balastnu vodu za pročišćenu balastnu

vodu. Međutim, IMO ne promovira regionalne sustave uzimajući u obzir da je problem balastnih voda globalno pitanje.

Kada je riječ o tretiranju na brodu danas postoje dvije glavne kategorije:

- Primarne tehnike odvajanja,
- Sekundarne tehnike odvajanja (Anonymus 2, 2009).

Primarno odvajanje uključuje fizičke metode odvajanja kao što su filtracija i hidrocikloni. Filtracija je najčešća ekološka metoda za obradu balastne vode. Većina tehnika filtracije djelotvorna je protiv sedimenata i mnogih vrsta organizama. To se može postići tijekom balastiranja pomoću filtracijskog sustava broda.

Sekundarno odvajanje uključuje širok raspon mehaničkih i kemijskih metoda ili njihovu kombinaciju primijenjenih na balastne spremnike. Najčešće mehaničke metode uključuju ultraljubičasto zračenje (UV), termičko, ultrazvučno (US), magnetsko i električno odvajanje. Kemijske metode uključuju upotrebu biocida, klora, ozona, vodikovog peroksida, klorov dioksida.

U mnogim ispitivanjima filtracija na brodu koristi se kao osnovni tretman. Ovisno o dizajnu i primjeni, hidrocikloni zahtijevaju manji pritisak pumpe od filtra sita i omogućuju odvajanje sedimenata i ostalih suspendiranih krutina na približno 20 µm.

Dvije metode se koriste za obradu balastnih voda:

- mehanička obrada i
- kemijska obrada.

Najbolji način u današnje vrijeme je koristiti sustav upravljanja balastnim vodama na način da se kombiniraju više metoda.

### **3.5. Mehanička metoda**

Mehanička metoda je metoda koja se bazira na separaciji, odnosno na uklanjanju kako organizama tako i taloga iz balasta. Mehanička metoda se koristi kao priprema za daljnju obradu. Najčešće je metoda filtracije koja se koristi s ostalima u kombinaciji unutar BWMS (Ballast Water Management System) (Zukanović, 2020). Organizmi se tijekom filtracije odvajaju od balasta preko filtra. Učinkovitost filtracije ovisi o propusnosti filtra, a količina organizama je obrnuto proporcionalna navedenoj propusnosti. Što je propusnost manja to je učinkovitost filtracije učinkovitija. Filteri su učinkoviti kada su mikroorganizmi veći od 50 mikrometara. Filter je potrebno čistiti u radu. Za čišćenje filtera potrebno je povratno ispiranje.

Mehaničke metode odvajanja uključuju:

- upotrebu ultraljubičastog zračenja,
- toplinske obrade,
- primjena električnih impulsa (Dickman i Zhang, 1999).

Ultraljubičasto zračenje (UV) se obično koristi za dezinfekciju otpada i površinskih voda. Uz odgovarajuću dozu, ultraljubičasto zračenje pokazalo se učinkovitim baktericidom i virucidom za otpadne vode, dok ne pridonosi stvaranju opasnih nusprodukata (Zukanović, 2020). UV zračenje djeluje uzrokujući fotokemijske reakcije s biološkim komponentama poput nukleinskih kiselina (DNA i RNA) i proteina. Učinkovitost UV zračenja ovisi o veličini i morfologiji organizama. Smatra se sekundarnom opcijom za obradu balastnih voda. Veći dio vremena kombinira se s filtracijom ili uporabom hidrociklona. Montani i sur. otkrili su da nakon dvosatnog izlaganja ultraljubičastom svjetlu klijanje *Chattonella* sp. ciste su se smanjile na 6% kontrole, dok je klijavost cista ostalih vrsta dinogelata (*Alexandrium* sp. i *Gymnodinium* sp.) bila više od 40% kontrola (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010).

Toplinska obrada balasta provodi se: korištenjem otpadne topline koju proizvode brodski motori, upotrebom topline stvorene rezervnim sustavima kotlova ugrađenim na brodu. Minimalna temperatura potrebna za deaktiviranje neželjenih vrsta je 40° C .

Općenito, toplinska obrada ograničena je dostupnošću otpadne topline, načinom izmjene te topline, duljinom putovanja, učincima hlađenja u hladnom vremenu, učinkom rada motora na uklanjanje topline, potencijalom povećane korozije i vjerojatnosti visokog održavanja s izmjenjivačima topline

Toplinska obrada najbolja je kad se kombinira s prethodno navedenim metodama. Toplinska metoda služi kao nadopuna ultrazvučnoj metodi na takav način da postigne veću učinkovitost u kratkom vremenu. Od svih navedenih metoda toplinska je najučinkovitija, najisplativija, ekološki najprihvatljivija.

Metoda električnog pulsa podrazumijeva primjenu električnog napona u opsegu 15 do 45 kV s trajanjem impulsa od 1 $\mu$ s (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010). Kod ove metode bila bi potrebna velika količina energije da bi se mogle pročistiti velike količine balasta.

### **3.6. Kemijska metoda**

Kemijska metoda se ističe kao metoda koja ima najveći utjecaj na ekosustav jer koristi kemikalije, tj. biocide. Biocidi su sredstva za uništavanje živih bića i obuhvaćaju sve pesticide osim sredstava za zaštitu bilja (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010).

Široki spektar kemijskih tvari ili procesa koristi se širom svijeta za pročišćavanje vode i otpadnih voda. Biocidi su kemikalije koje bi ubile ili inaktivirale razne organizme koji se nalaze u balastnoj vodi, a privlačna je tehnologija zbog jednostavnosti primjene. Biocid bi se mogao jednostavno dodati u spremnik balasta i pustiti da reagira određeno razdoblje. Biocidi su među najčešće korištenim industrijskim kemikalijama i postoji veliko znanje o korištenju u pročišćavanju vode i otpadnih voda.

Mikroorganizme najbolje uništavaju i sprječavaju njihovo daljnje širenje anorganski i organski biocidi. Anorganski biocidi objedinjuju klor, ozon i vodikov peroksid koji djeluju na način da su oksidativni tj. da organizmima oduzimaju kisik te time se uništava stanična membrana što za posljedicu ima sprječavanje njihovog daljnjeg širenja. Anorganski spojevi se općenito koriste u industriji kod obrade plitkih i otpadnih voda. Ovdje je klor jedan od najraširenijih biocida, a važno je sredstvo za dezinfekciju vode i za inaktivaciju bakterija i virusa u vodi. Klor je najrašireniji isključivo zbog svoje jako povoljne cijene. U skupinu organskih biocida spadaju glikolna i perocetna kiselina te luteraldehid koji djeluju toksično oksidativno. Organski biocidi djeluju na mikroorganizme kao pesticid.

Kemijska metoda najčešće se primjenjuje kod brodova gdje je kapacitet balasta do 10% ukupne nosivosti broda iz razloga što je za tretiranje potrebno koristiti manju količinu kemikalije. Veliki problem i negativni utjecaji ove metode su korozija i klor koji se vraća u vodu prilikom ispuštanja balasta koji djeluje jako nepovoljno za organizme koji žive u području ispusta balasta. Uz klor, postoje i metode elektrolize i elektroklorinacija. Ove druge dvije metode koriste istosmjernu struju koja prolazi kroz anodokatodnu ćeliju. Na ovaj način se dobiva klor, natrijev hipoklorit i hidroksilni radikali koji uzrokuju elektrokemijsku oksidaciju. Reagensi poput natrijevog klorata i sličnih kemijskih spojeva mogu biti opasni jer su otrovni. U kemijskoj metodi se primjenjuje postupak detoksikacije, odnosno oduzimanja kisika dodavanjem kemikalija, a to uzrokuje odumiranje mikroorganizama kojima je kisik potreban. Na ovaj način se onemogućuje razmnožavanje mikroorganizama. Navedena metoda je najbolja za brodove na dužim putovanjima i one brodove koji se nalaze u hladnim područjima. Kod kemijskih metoda moguće je i koristiti inertne plinove, koji se koriste na način da se ubacuju u balast i tako smanjuju pH vrijednost, a ne uzrokuju koroziju u tankovima, što je za brodove jako korisno (Tsolaki i Diamadopoulou, 2010).

Četiri su glavna mehanizama koji su predloženi za objašnjenje djelovanja biocida:

- oštećenje stanične stijenke,
- promjena propusnosti stanica,

- promjena koloidne prirode protoplazme, i
- promjena DNK ili RNK organizma i inhibicija aktivnosti enzima (Dickman i Zhang, 1999).

Biocidi se svrstavaju u dvije skupine:

- oksidirajući biocidi, i
- neoksidirajući biocidi.

Oksidirajući biocidi se obično koriste u slatkovodnim sustavima, jer im je aktivnost iscrpljena organskim tvarima prisutnim u vodama. Uključuju kemikalije poput klora, klor-dioksida, ozona, broma, vodikovog peroksida i peroksioctene kiseline. Neoksidirajući biocidni spojevi obuhvaćaju širok spektar kemijskih spojeva koji uključuju dibromonitrilo-propionamid, formaldehid, glutaraldehid, kvaterne amonijeve soli, var -ioni organo - sumporni spojevi, anionska i neonaionska površinski aktivna sredstva. Upotreba biocida za pročišćavanje balastnih voda dovedena je u pitanje iz nekoliko razloga, uključujući nespremnost dodavanja otrovnih kemikalija u vodu koja se može ispuštati natrag u okoliš, te nepoznatu učinkovitost biocida.

Jedan od biocida je i ozon. Ozon je vrlo moćno, ali nestabilno i oksidirajuće sredstvo koje uništava viruse i bakterije, uključujući spore kada se koristi kao sredstvo za dezinfekciju u postrojenjima za pročišćavanje vode. Koristi se već više od stoljeća kao dezinficijens u Europi, a manje u SAD-u. Kemija ozona u morskoj vodi razlikuje se iz te slatke vode zbog prisutnosti bromida iona (Tsolaki i Diamadopoulos, 2010).

Elektro-ionizacijsko magnetsko odvajanje je tretman koji zahtijeva nekoliko uzastopnih procesa. Prvo se u vodu uvodi kontinuirani protok ioniziranog plina (koji sadrži kisik i dušik). Zatim se stvaraju ioni kisika i dušika na način da se zrak propusti kroz ultraljubičasta i magnetska polja. Jednom kad se ti ioni ubrizgaju u vodu, uzrokuju koagulaciju onečišćenja u vodi. Skupine krutih tvari filtriraju se izvan suspenzije magnetskom filtracijom.

Deoksigenacija uključuje dodavanje dušika ili drugih inertnih plinova u balastnu vodu kako bi se smanjio sadržaj kisika. Druge, složenije tehnologije tretmana deoksigenacijom uključuju upotrebu glukoze, ugljičnog monoksida ili bioreaktora koji sadrže fiksirane slojeve bakterija koje uklanjaju kisik i koji su svi dizajnirani da iscrpe razinu kisika iz morske vode.

Za obradu balastne vode koriste se kombinirane metode. Ove metode kombiniraju pojedinačne operacije i procese kao što je prethodno analizirane. Sve potencijalne metode obrade balastne vode uključuju troškove rada koji su glavni zabrinjavajući faktori vlasnika brodova i često najvažniji parametar za odabir tehnologija obrade balastne vode koja će se koristiti na brodu.

Počevši od mehaničke obrade, filtracija i jedinice hidrociklona poželjni su prvi korak za rješenje koje se lako može primijeniti tijekom ukrcaja balastne vode (Kotinis i Parsons, 2010).



### 3.7. Balastne vode i pravna regulativa

Ujedinjeni narodi prepoznali su prijenos štetnih vodenih organizama i patogena (HAOP - Harmful Aquatic Organisms and Pathogens) preko prirodnih barijera kao jedan od najvećih problema svjetskih oceana i mora, što uzrokuje globalne promjene u okolišu, prijeteći ljudskom zdravlju, imovini i resursima. Među glavnim ljudskim aktivnostima koje nenamjerno prenose HAOP-e je međunarodna plovidba i ispuštanje balastne vode na brodovima, rutinska operacija koja se provodi kako bi se zajamčila stabilnost i upravljivost. Moguće štete uzrokovane ispuštanjem balastnih voda koje sadrže HAOP u more vjerojatno će biti dramatičnije ako se uzmu u obzir karakteristike okoliša primatelja. U Jadranskom moru, poluzatvorenom bazenu unutar Sredozemnog mora, postoji ogroman i sve veći opseg brodarstva koji koegzistira s osjetljivim ekosustavima, kao i sa značajnim gospodarstvima koja uvelike ovise o njegovom dobrom ekološkom stanju (Kraus, 2013).

Ovaj biološki oblik onečišćenja može naštetiti okolišu, zdravlju ljudi, turizmu, ribarstvu i drugim namjenama i vrijednostima mora, utječući na razvoj gusto naseljenih obalnih područja. Uzimajući u obzir ta razmatranja, Europska unija i zemlje koje sudjeluju u IPA-i ( IPA - Instrument for Pre-Accession assistance) utvrdile su zaštitu od onečišćenja balastnim vodama među strateškim prioritetima za financiranje u okviru IPA Jadranskog programa prekogranične suradnje, a 2012. godine BALMAS - a projekt „Upravljanje balastnim vodama Sustav za zaštitu Jadranskog mora ” dobio je financijsku pomoć. Projektne aktivnosti BALMAS usredotočene su na razvoj znanja i alata, uključujući uspostavljanje veza između stručnjaka i državnih vlasti, podržavajući zajednički jadranski prekogranični sustav za kontrolu i upravljanje rizicima koji proizlaze iz uvođenja HAOP-a. Takav bi sustav olakšao razvoj dosljednih mjera i koherentnih političkih odgovora za cijeli sliv.

Kontrola i upravljanje brodskim balastnim vodama i sedimentima (BWM – Ballast Water Management), nadopunjeno je nizom međunarodnih dokumenata. Do stupanja na snagu ovih globalnih obveza, države su odobrile nacionalne mjere upravljanja balastnim vodama ili su razvile regionalne politike djelujući putem međunarodnih organizacija. U Jadranskom moru su tri pogranične države ratificirale Konvenciju BWM i odobrile zakonodavne akte po tom pitanju, dok su druge jadranske zemlje već postavile administrativni aranžman u svjetlu predstojećih globalnih standarda (Anonymous 1, 2008).

Nakon UN-ove konferencije o okolišu i razvoju (UNCED - United Nations Conference on Environment and Development), održane u Rio de Janeiru 1992. godine, IMO je pokrenuo pregovore o razmatranju mogućnosti razvoja međunarodno obvezujućeg instrumenta za

rješavanje prijenosa štetnih vodenih organizama i patogena u balastnu vodu brodova. Od 1999. godine nadalje, Radna skupina za balastne vode, koju je osnovala MEPC ( MEPC - Marine Environment Protection Committee) 1994. godine, usredotočila se na pripremu samostalne Konvencije o kontroli i upravljanju balastnim vodama i sedimentima brodova. Unošenje štetnih vodenih organizama i patogena u nova okruženja identificirano je kao jedna od četiri najveće prijetnje svjetskim oceanima (ostale tri su onečišćenje mora s kopna, prekomjerno iskorištavanje živih morskih resursa i uništavanje staništa), a 2002. godine Svjetski summit o održivom razvoju održan u Johannesburgu pozvao je na akciju na svim razinama kako bi se ubrzao razvoj mjera za rješavanje invazivnih vodenih vrsta u balastnim vodama.

Pravilna kontrola i upravljanje brodskim balastnim vodama postala je glavni ekološki izazov za IMO i globalnu brodsku industriju. Na svom 89. zasjedanju u studenom 2002., Vijeće je odobrilo sazivanje Diplomatske konferencije početkom 2004. Odluku Vijeća IMO – a podržalo je dvadeset i treće zasjedanje Skupštine IMO - A u prosincu 2003. i Međunarodna konferencija o upravljanju balastnim vodama za brodove 'održano je u sjedištu IMO-a u Londonu od 9. do 13. veljače 2004. Konferencija je usvojila Međunarodnu konvenciju o kontroli i upravljanju balastnim vodama i sedimentima brodova (Konvencija o upravljanju balastnim vodama), zajedno s četiri rezolucije konferencije (Anonymous 1, 2008).

Nekoliko članaka i propisa Konvencije o upravljanju balastnim vodama poziva se na smjernice koje će razviti Organizacija i Rezolucija konferencije poziva IMO da hitno razvije ove smjernice i usvoji ih što je prije moguće, a u svakom slučaju prije stupanja u snagu Konvencije, s ciljem olakšavanja globalne i ujednačene provedbe instrumenta.

U naporu da olakšaju postupak, države članice IMO-a izradile su 14 setova smjernica od srpnja 2005. do listopada 2008., od kojih su neke naknadno revidirane. Ovaj vjerojatno jedinstven rezultat u povijesti rada MEPC-a ne bi bio moguć bez zalaganja BWWG (BWWG - Ballast Water Working Group on Active Substances) i tehničke podrške pododbora.

Konvencija je poprimila novi oblik 2017. godine kada je revidirana. Konvencija je stupila na snagu 12 mjeseci nakon što je potpisalo 30 država s 35% svjetske tonaže na datum 8. rujna 2017. Za svaku pojedinu državu Konvencija je ili stupila na snagu 8. rujna 2017. ili stupa 3 mjeseca nakon ratifikacije. Svaka stranka može predložiti izmjene i dopune Konvencije glavnom tajniku. Glavni tajnik ih mora proslijediti svim članicama najkasnije 6 mjeseci prije razmatranja. Razmatranje, u kojem mogu sudjelovati i same članice, obavlja MEPC. Izmjene i dopune se usvajaju dvotrećinskom većinom stranaka prisutnih na glasanju pod uvjetom da je najmanje jedna trećina prisutna. Izmjene i dopune se smatraju prihvaćenima kad ih prihvati

dvije trećine svih stranka Konvencije i to 12 mjeseci nakon usvajanja ili drugog utvrđenog datuma. Šest mjeseci nakon prihvaćanja, izmjene i dopune stupaju na snagu za sve stranke koje su ih prihvatile. Za države koje nisu prihvatile izmjene i dopune smatrat će se da nisu stranke u pogledu tih izmjena i dopuna. U slučaju da se jedna stranka s još jednom trećinom ostalih stanaka slaže da je potrebno razmatranje izmjena i dopuna održati će se konferencija na kojoj će se ponovno odlučivati o usvajanju izmjena i dopuna dvotrećinskom većinom (Anonymous 3, 2017).

Pravila o nadzoru i upravljanju brodskim balastnim vodama i talozima sastoje se od 4 odjeljka: A, B, C i D.

Pravilo A-1 odnosi se na definicije pojmova u svim pravilima. A-2, Opća primjenjivost, naglašava kako se ispuštanje balastnih voda obavlja isključivo prema ovim pravilima, osim ako nije drukčije naznačeno. U pravilu A-3 naznačene su iznimke kod neispravnog ispuštanja balastnih voda. Odnose se na slučajeve u kriznim situacijama kada je ugrožena sigurnost broda, putnika i okoliša kao i kod slučajnog ispuštanja i/ili uslijed oštećenja broda, pod uvjetom da su poduzete sve ispravne mjere. Također se dopušta uzimanje i kasnije ispuštanje u morima izvan teritorijalnih voda istih balastnih voda i taloga. Brod može uzeti i kasnije ispustiti balastne vode na istoj lokaciji pod uvjetom da se nisu miješale s drugim balastnim vodama ili talozima. Prema pravilu A-4 stranke imaju pravo izuzeti brodove od primjene pravila B-3 i C-1 u razdoblju od najviše 5 godina i uz vršenje revizije. Izuzeća se odnose na brodove koji plove između naznačenih luka i ne miješaju balastne vode i taloge van tog područja. IMO o tome mora biti obaviješten. Izuzećima se ne smiju narušiti zdravlje, okoliš niti imovina drugih država. Sva izuzeća moraju biti zapisana u Dnevnik balastnih voda. Pravilo A-5 odnosi se na plovila korištena isključivo za rekreaciju, natjecanja, traganje i spašavanje duljine do 50 metara i kapacitetom balastnih voda do 8 kubičnih metara. Za ta plovila vlada određuje posebna pravila u skladu sa Smjernicama IMO-a (Vlahović, 2018.).

Treba napomenuti da je, zbog složenosti i multidisciplinarnosti prirode problema koji predstavljaju invazivne vodene vrste u balastnim vodama brodova, posao u svojoj pionirskoj fazi i znanje se u ovom pogledu tek skuplja. MEPC pregledava Smjernice i ažurira ih kako se pojavljuju nove tehnologije i kad postaju dostupna dodatna znanja.

Odjeljak B sastoji se od:

- Plana upravljanja balastnim vodama
- Dnevnik balastnih voda
- Izmjena balastnih voda

- Upravljanje talozima za brodove
- Dužnost službenika i posade

Svaki brod mora imati jedinstveni Plan upravljanja balastnim vodama (u nastavku teksta koristi se naziv „Plan“) koji je napravljen prema Smjernicama IMO-a i odobren od Vlade države. Takav Plan sadrži detaljan opis sigurnosnih postupaka i aktivnosti koje je potrebno poduzeti da bi se postupalo u skladu s Konvencijom.

Svaki brod mora imati vlastiti Dnevnik u pisanom ili elektroničkom obliku. Zapisi iz Dnevnika čuvaju se na brodu 2 godine od zadnjeg zapisa, a potom u kompaniji još 3 godine.

Prema Konvenciji svi novi brodovi, kojima je koblica položena 8. rujna 2017. ili kasnije, moraju imati instaliran BWMS (Ballast Water Management System – Sustav upravljanja balastnim vodama) prema pravilu D-2. Brodovi ugrađuju BWMS na IOPP pregledu koji se obavlja svako 5 godina. Brodovi koji obave pregled dobijaju IOPP svjedodžbu (The International Oil Pollution Prevention Certificate – Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja uljem). Svaki brod koji je sagrađen prije 8. rujna 2017., ima obavljen inicijalni IOPP pregled i posjeduje svjedodžbu, a bit će isporučen iza 8. rujna 2017. mora ugraditi BWMS pri sljedećem pregledu (Vlahović, 2018).

Izmjena balastnih voda mora se obavljati 200 NM od najbližeg kopna, na dubini 200 metara. Ako to nije moguće, udaljenost od kopna mora biti što veća, ali barem 50 NM na dubini 200 metara. U područjima gdje nije moguće ispuniti te uvjete države moraju odrediti područje u kojem brod može vršiti izmjenu balasta. Ako kapetan opravdano zaključi da bi izvršavanje izmjene balasta prema ovim propisima ugrozilo sigurnost, broda, posade i putnika ili narušilo stabilnost broda smije postupiti suprotno ovim pravilima, ali mora to upisati u Dnevnik balastnih voda (Anonymous 3, 2017).

Brodovi su dužni ukloniti taloge iz balastnih tankova prema Planu upravljanja balastnim vodama. Brodovi moraju biti sagrađeni tako da omogućuju smanjeni unos i zadržavanje taloga te lakše uklanjanje taloga odnosno siguran pristup radi uklanjanja taloga i uzimanja uzoraka. Postoji spisak metoda tretiranja balastnih voda koji su odobreni od strane IMO. Na spisku su 83 metode. U nastavku slijedi pojašnjenje nekih od metoda.

PERACLEAN® Ocean Ballast Water Treatment - PERACLEAN® otopine su stabilizirane smjese octene kiseline, vodikov peroksid, voda i octena kiselina. PERACLEAN® Ocean vlasnička je formulacija posebno stvoren za pročišćavanje balastnih voda (URL3). Cilj metode je

- Za procjenu učinkovitosti na niskim temperaturama uvjeti (2 °C)

- Za procjenu korištenja katalaze za uklanjanje ostataka toksičnosti

#### Rezultati:

- Unatoč visokoj učinkovitosti za slatku i slanu vodu niske temperature (vrijeme zadržavanja 72 h)
- U slanoj vodi nema zaostale toksičnosti nakon 72 h
- U riječnoj vodi katalaza uklonjena zaostala potpuno peroksid

Techcross Inc. prerastao je u vodeću tvrtku na području obrade vode za elektrolizu stalno istraživanje i razvoj. Electro-Cleen™ sustav (ECS) je tretman balastnih voda sustav razvijen od strane Techcross Inc. (URL3). Techcross Inc. zadovoljava kalifornijske standarde s podacima o najvišoj učinkovitosti. Ovaj standard je također jednak odjeljku 401 Zakona o čistoj vodi u državama New York.

Zeppelin Power Systems službeni je partner za Optimarin sustav za pročišćavanje balastnih voda. Oni imaju razvijen UV sustav za tretman balastnih voda. UV sustav razvijen je na temelju 20 godina iskustva u ubrizgavanju vode na priobalnim platformama, pročišćavanju vode za uzgoj ribe i postrojenjima za piće u Norveškoj na način:

- UV zračenje velike snage za učinkovito ubijanje ili inaktivaciju organizama, bakterija i patogena u balastnoj vodi. Jedna UV lampa po komori (protok od 167 m<sup>3</sup>/h po komori)
- Standardizirana UV komora, instalirana paralelno na jednom razdjelniku za veće protoke
- Razvijeno i proizvedeno za ugradnju na brodove
- Optimizirano za minimalno održavanje i jednostavnost rada. Samočišćenje je, bez pokretnih dijelova ili kemijskog čišćenja
- UV i senzor temperature u svakoj komori
- Napredna kontrola protoka u IMO / USCG načinu rada
- Vrijeme zadržavanja IMO način rada: Nema vremena zadržavanja
- Vrijeme držanja USCG način rada: 2 sata (URL3)

Slijedi ažurirani popis Smjernica koje se odnose na jedinstvenu provedbu Konvencije BWB, a koje su razvijene, usvojene i, u nekim slučajevima, revidirane od MEPC 53:

- glavne crte za objekte za prihvatanje sedimenta (G1) (rezolucija MEPC.152 (55));
- Smjernice za uzorkovanje balastne vode (G2) (rezolucija MEPC.173 (58));
- Smjernice za sukladnost s ravnanjem balastnih voda (G3) (rezolucija MEPC.123 (53));

- Smjernice za upravljanje balastnim vodama i razvoj planova upravljanja balastnim vodama (G4) (rezolucija MEPC.127 (53)); Smjernice za objekte za prihvatanje balastnih voda (G5) (rezolucija MEPC.153 (55));
- Smjernice za razmjenu balastnih voda iz 2017. (G6) (rezolucija MEPC.288 (71));
- Smjernice za procjenu rizika iz 2017. iz pravila A-4 Konvencije BWM (G7) (rezolucija MEPC.289 (7));
- Smjernice za odobrenje sustava upravljanja balastnim vodama iz 2016. (G8) (rezolucija MEPC.279 (70) (to će biti zamijenjeno BWMS kodeksom (rezolucija 300 (72) u listopadu 2019.);
- Postupak za odobrenje sustava upravljanja balastnim vodama koji koriste aktivne tvari (G9) (rezolucija MEPC.169 (57));
- Smjernice za odobravanje i nadzor prototipa programa tehnologije obrade balastnih voda (G10) (rezolucija MEPC.140 (54));
- Smjernice za projektiranje i izgradnju standarda za razmjenu balastnih voda (G11) (rezolucija MEPC.149 (55));
- Smjernice za dizajn i konstrukciju iz 2012. za olakšavanje kontrole taloga na brodovima (G12) (rezolucija MEPC.209 (63));
- Smjernice za dodatne mjere u vezi s upravljanjem balastnim vodama, uključujući izvanredne situacije (G13) (rezolucija MEPC.161 (56));
- Smjernice o određivanju područja za razmjenu balastnih voda (G14) (rezolucija MEPC.151 (55));
- Smjernice za razmjenu balastnih voda na području Antarktičkog sporazuma
- (rezolucija MEPC.163 (56)); i
- Smjernice za nadzor države luke prema Konvenciji BWM (rezolucija MEPC.252 (67) (Anonymus 1, 2008.).

#### 4. ZAKLJUČAK

Balastne vode su slatka ili slana voda koja se nalazi u balastnim tankovima i brodova. Koristi se za osiguravanje stabilnosti i upravljivosti tijekom plovidbe kada brodovi ne prevoze teret, ne prevoze dovoljno težak teret ili kada je zbog nepovoljnih vremenskih prilika mora potrebna veća stabilnost. Balastne vode također se može koristiti za dodavanje težine, tako da brod uroni dovoljno u vodu da prođe ispod mostova i drugih građevina. Obično se balastne vode ukrcavaju u tankove za balast kada je brod isporučio teret u luku i ako isplovljava s manje tereta ili bez tereta. Zatim se balastne vode transportiraju i ispuštaju u sljedećoj luci, gdje brod preuzima više tereta.

Međunarodna konvencija o kontroli i upravljanju balastnim vodama i sedimentima brodova, koja zahtijeva da svi brodovi provode plan upravljanja balastnim vodama (Konvencija BWB), usvojena je 2004. godine. Zemlje potpisnice Konvencije imaju mogućnost poduzimanja dodatnih mjera koje su podložne kriterijima utvrđenim u Konvenciji i smjernicama IMO-a. Konvencija o BWB-u stupila je na snagu 8. rujna 2017. godine. Potpisala ju je 81 zemlja do siječnja 2020. godine. Od dana stupanja na snagu, brodovi u međunarodnom prometu moraju upravljati balastnom vodom i sedimentima u skladu s konvencijom BWB.

Postoji više metoda za zbrinjavanje balastnih voda, a uključuju recirkulaciju balasta na otvorenom moru i fizičko i kemijsko tretiranje balasta u tankovima. Recirkulacija balasta na moru, prema preporukama smjernica IMO-a, trenutno pruža najjednostavniju dostupnu mjeru za smanjenje rizika od prijenosa štetnih vodenih organizama, ali podliježe ozbiljnim sigurnosnim ograničenjima. Smjernice IMO-a preporučuju da se balastne vode ispušta sve dok se tankovi ne isprazne. Također se naglašava da bi tijekom ovog postupaka mogle nastati velike promjene koje bi mogle utjecati na stabilnost i čvrstoću trupa broda. Efikasnost ove metode razmatrale su studije koje ističu da je efikasnost ovakvog načina izmjene balastu u rasponu od razmjene balasta u rasponu od 70 do 90% . Još jedna od metoda tretiranja balasta je mehanička metoda, koja se temelji na postupku separacije, odnosno uklanjanju mikroorganizama i taloga iz balasta.

Za obradu balastne vode danas se najviše, prema smjernicama IMO-a te poštujući konvenciju BWB, koriste kombinirane metode, primarna, kao npr. filtracija te sekundarne metode, najčešće fizikalne (npr. UV zračenje) ili kemijske (npr. vodikov peroksid). Sve potencijalne metode obrade balastne vode uključuju troškove rada koji su glavni zabrinjavajući faktor vlasnika broda i često najvažniji parametar za odabir tehnologija obrade balastne vode koja će se koristiti na brodu.

## 5. POPIS LITERATURE

- Anonymous1,(2008.)<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BallastWaterManagement.aspx> (pristupljeno: 26.09.2021.)
- Anonymous2,(2009.)[https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)(pristupljeno: 28.05.2021.)
- Anonymous3,(2017.)<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/BWM-default.aspx> (pristupljeno, 25.09.2021.)
- Anonymous4,(2017.)<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/BWM-default.aspx> (pristupljeno :25.09.2021.)
- Carlton J.T. (1985.) Transoceanic and Interoceanic Dispersal of Coastal Marine Organisms, The Biology of Ballast Water, Oceanography and Marine Biology Annual Review, 23
- Elcicek H., Parlak A., Cakmakci I. (2013.) Effects of Ballast Water on Marine and Coastal Ecology, Journal of Selcuk University, 18-21
- Endersen O., Behrens H.L., Brynstad S. (2004.) Challenges in global ballast water management. Marine Pollution Bulletin, 615-623
- Oemck D., Leeuwen Van H. (2003.) Chemical and physical characterization of ballast water. Part 2: Determining the efficiency of ballast exchange, Journal of Marine Environmental Engineering, 65-76
- Tsolaki E., Diamadopoulos E. (2010.) Technologies for Ballast Water Treatment: a Review, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 19-32.,
- Kotinis M., Parsons M. (2010.) Hydrodynamics of the Ballast- Free Ship revisited; 301-310
- Kraus,R.(2013)Sustav upravljanja balastnim vodama za zaštitu Jadrana <https://www.irb.hr/Zavodi/Centar-za-istrazivanje-mora/Projekti/Sustav-upravljanja-balastnim-vodama-za-zastitu-Jadrana-BALMAS>) (pristupljeno: 02.06.2021.).
- Venom J. (2008.) Ballast water: A review of the impact on the world public health, Anim. Toxins incl. Trops. Dis: 394 -408
- Vilibić I. (2006.) Kinematika mora i oceana, Split
- Vlahović I. (2018.) Balastne vode, Dubrovnik
- Zukanovć D. (2020). Balastne vode, Sveučilište u Karlovcu, Karlovac
- Zhang F., Dickman M. (1999.) Mid-ocean exchange of container vessel ballast water. 1: Seasonal factors affecting the transport of harmful diatoms and dinoflagellates. Marine Ecology Progress Series. 243- 251



**URL1:**<https://archive.iwlearn.net/globalballast.imo.org/ballast-water-as-a-vector/index.html>

(pristupljeno: 28.05.2021.)

**URL2:** <http://techcross.com/techcross/en/m21.php> (pristupljeno: 25.09.2021.)

**URL3:**[https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerules/gl\\_vi-11-10\\_e.pdf](https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerules/gl_vi-11-10_e.pdf) 29.05.2021.

(pristupljeno: 29.05.2021.)