

## WASTE MANAGEMENT ON PASSENGER SHIPS

Zvonimir Šoša

University of Dubrovnik - Maritime Department, Croatia, zvonimir.sosa@unidu.hr

**Abstract:** Pollution of the marine environment as a result of maritime transport today represents a significant environmental problem. It causes permanent disturbances to the ecosystem of the sea and coastal areas and thus significantly affects fisheries, mariculture, tourism, industry and has a negative impact on human health. The marine environment can be contaminated with nutrients from fecal waters that cause algae blooms, sediments, pathogenic organisms from fecal waters, new (foreign) species transferred in ballast waters, persistent toxins (heavy metals), oil, plastic, radioactive material, thermal pollution from cooling systems and noise. International regulations for the protection of marine pollution from vessels are based on the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78), which is binding on the signatory countries of the MARPOL agreement. MARPOL is divided into six technical annexes according to different categories of pollutants, each of which includes regulations aimed to preventing and minimizing, accidental and operational, contamination from ships. Countries that are not signatories to the MARPOL Convention adopt their legislation even stricter regulations relating to territorial waters under the jurisdiction of the countries concerned. The development of tourist cruises encourages the construction of larger passenger ships with an increasing number of passengers and crew. Consequently, there is an increasing amount of waste produced on ships. Waste management is based on waste collection, treatment and storage of waste for the purpose of significantly reducing the amount or volume of waste on board. Without a waste treatment system, ships would have large storage facilities for untreated waste, which would lead to a significant reduction in the useful space on board and higher financial costs when disembarking at port reception facilities. Treated waste is incinerated in the incinerator, discharged into the sea if it complies with legal regulations (black and gray water, bilge water and processed food) kept in storage on board and disposed of in port reception facilities. The choice of waste treatment system on board depends on the purpose of the ship, the number of persons staying on board, the time of detention of the ship in the port and the time in navigation, the area of navigation, the required quality of waste treatment or standards for meeting legal regulations. This paper presents international legislation, lists the types of waste produced on passenger ships and systems for the treatment of various types of waste on passenger ships, the responsibilities of crew members as well as measures for more efficient waste management in order to reduce the negative impact on the marine environment.

**Keywords:** marine environment, MARPOL, waste, waste treatment.

## UPRAVLJANJE OTPADOM NA PUTNIČKIM BRODOVIMA

Zvonimir Šoša

Sveučilište u Dubrovniku - Pomorski odjel, Hrvatska, zvonimir.sosa@unidu.hr

**Sažetak:** Onečišćenje morskog okoliša kao posljedica pomorskog prometa danas predstavlja značajan ekološki problem. Uzrokuje trajne poremećaje ekosustava mora i priobalja i time značajno utječe na ribarstvo, marikulturu, turizam, industriju, a ima negativan utjecaj i na ljudsko zdravlje. Morski okoliš može biti onečišćen hranjivim tvarima iz fekalnih voda koje uzrokuju cvjetanje algi, sedimentima, patogenim organizmima iz fekalnih voda, novim (stranim) vrstama prenesenim u balastnim vodama, postojećim toksinima (teški metali), uljem, plastikom, radioaktivnim materijalom, termalnim zagađenjem iz rashladnih sustava i bukom. Međunarodni propisi o zaštiti zagađenja mora s plovila temelje se na Međunarodnoj konvenciji o sprječavanju onečišćenja s brodova (MARPOL 73/78) koji je obvezujući za zemlje potpisnice MARPOL ugovora. MARPOL je podijeljen na šest tehničkih priloga prema različitim kategorijama onečišćujućih tvari od kojih svaki uključuje propise usmjerene na sprečavanje i minimiziranje, slučajnog i operativnog, onečišćenja s brodova. Države koje nisu potpisnice MARPOL konvencije donose svoju zakonsku regulativu još strožih propisa koji se odnose na teritorijalne vode pod nadležnosti dotičnih država. Razvoj turističkih krstarenja potiče gradnju sve većih putničkih brodova sa sve većim brojem putnika i posade. Posljedično, sve je veća količina otpada koja se proizvede na brodovima. Upravljanje otpadom se zasniva na prikupljanju otpada, obradi i skladištenju otpada u svrhu značajnog smanjenja količine odnosno volumena otpada na brodu. Bez sustava obrade otpada brodovi bi morali imati velika skladišta za neobrađeni otpad što bi dovelo do znatnog smanjenja korisnog prostora na brodu i većih financijskih troškova kod iskrcanja u lučka prihvatna postrojenja. Obradeni otpad se spaljuje u spalionici, ispušta u more ukoliko je u skladu sa zakonskim propisima

(crna i siva voda, kaljužna voda i obrađena hrana) ili se skladišti na brodu i odlaže u lučke prihvatne objekte. Odabir sustava za obradu otpada na brodu ovisi o namjeni broda, broju osoba koje borave na brodu, vremenu zadržavanja broda u luci i vremenu u plovidbi, području plovidbe, zahtijevanoj kvaliteti obrade otpada odnosno standardima za udovoljavanje zakonskih propisa. U radu je prezentirana međunarodna zakonska regulativa, navedene su vrste otpada koje se proizvode na putničkim brodovima i sustavi za obradu raznih vrsta otpada na putničkim brodovima, odgovornosti članova posade kao i mjere za efikasnije gospodarenje otpadom u svrhu smanjenja negativnog učinka na morski okoliš.

**Ključne riječi:** morski okoliš, MARPOL, otpad, obrada otpada.

## 1. UVOD

Turistička krstarenja danas predstavljaju značajan segment turističke ponude s trendom porasta u budućnosti. Namjenjena su za odmor i relaksaciju velikog broja putnika kroz razne sadržaje obilaskom svjetski popularnih destinacija. Broj putnika na najvećim brodovima za kružna putovanja premašuje 6000 putnika. Sama činjenica da kruzari nude sadržaje koji su po ponudi i komforu istovjetni hotelskim sadržajima na kopnu dovodi do zaključka da se na njima proizvodi i velika količina otpada koji se mora zbrinuti na ekološki prihvatljiv način. Prema Copeland (2011) prosječna proizvodnja otpada za putničkom brodu s 3000 ljudi tijekom jednodnevnog krstarenja iznosi: 795 m<sup>3</sup> crne otpadne vode (fekalne vode), 3785 m<sup>3</sup> sive vode, 95 m<sup>3</sup> zauljene vode i 8 tona krutog otpada. Obzirom da je brod neovisan o kopnenoj infrastrukturi potrebno je otpad kvalitetno obraditi odnosno uskladištiti do isporuke u luci kako bi utjecaj na onečišćenje okoliša bio što manji. Onečišćenje morskog okoliša uzrokovano različitim tvarima kao što su fekalne vode, ulja, plastika, kemikalije negativno utječu na morske organizme, ekosustav, ljudsko zdravlje i gospodarstvo. Zbog toga je prijeko potrebno dopunjavati zakonske propise te unaprijediti tehnologiju za proizvodnju opremu koja će kvalitetno obrađivati sve vrste otpada koji se proizvedu na brodovima s ciljem da se što manji volumen otpada predaje na kopno. Oprema za obradu otpada mora biti odobrena od nadležnih autoriziranih tijela i imati tražene svjedodžbe. Stoga broderske kompanije i proizvođači opreme za obradu otpada zajednički nastoje proizvesti i primijeniti sustave koji će obraditi otpad sukladno zakonskim propisima i na taj način stvoriti uvjete za održivi razvoj upravljanja otpadom. Posebni naglasak je na sustavima obrade otpadaka od hrane, sustave obrade sanitarnih otpadnih voda i spaljivanje otpada.

Utjecaji koje broderska industrija ima na onečišćenje okoliša navedeni su u Međunarodnoj konvenciji za sprječavanje onečišćenja s brodova (*eng. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*) poznatoj kao MARPOL 73/78 utemeljenoj 1973. godine od strane Međunarodne pomorske organizacije (*eng. International Maritime Organization - IMO*). Konvencija donosi pravila i standarde glede sprječavanja onečišćenja okoliša (mora i atmosfere) s brodova, a čiji se prilozima konstantno nadopunjuju. MARPOL-om je zabranjeno ispuštanje većine vrsta otpada u more. Zabrana se odnosi na plastiku, kućni otpad, ulje za kuhanje, pepeo proizveden spaljivanjem otpada, operativni otpad i elektronski otpad. Kategorije koje bi se pod određenim uvjetima mogle ispustiti su ostaci hrane, trupla životinja, ostaci tereta koji nisu štetni po morski okoliš kao i sredstva za čišćenje i aditivi koji nisu štetni po morski okoliš.

Svrha ovog rada je pregled načina postupanja sa otpadom koji se proizvede na brodovima odnosno obrada različitih vrsta otpada koja se primjenjuje na putničkim brodovima.

## 2. MATERIJAL I METODE

U ovom radu korištene su znanstvene metode deskripcije i kompilacije. Izvori su znanstveni radovi autora objavljeni na internetu, a navedeni su u literaturi.

### Međunarodni zakonski propisi

Međunarodna konvencija za sprječavanje onečišćenja s brodova MARPOL 73/78 sadrži šest priloga, ovisno o vrsti otpada:

Prilog I - sprječavanje onečišćenja okoliša uljima,

Prilog II - sprječavanje onečišćenja štetnim tekućim tvarima,

Prilog III - sprječavanje onečišćenja štetnim tvarima koje se prevoze morem u pakiranom obliku,

Prilog IV - sprječavanje onečišćenja sanitarnim otpadnim vodama,

Prilog V - sprječavanje onečišćenja smećem,

Prilog VI - sprječavanje onečišćenja emisijom štetnih plinova.

Prilog I se odnosi na ulja u bilo kojem obliku uključujući sirovu naftu i naftne preradevine kao i zauljene vode. Definira područja zabrane ispuštanja u more i posebne slučajeve kada se dopušta ispuštanje neškodljive količine ulja. Propisuje sustav pregleda i izdavanja svjedodžbi od strane IMO. Propisuje broderski plan za nuždu u slučaju izlivanja ulja (SOPEP), uvjete za balastne tankove, provjere osposobljenosti posade u slučaju mogućeg onečišćenja mora. Uvjetuje potrebnu opremu na brodu: uređaj za odvajanje ulja od vode (separator), sustave za upravljanje i

nadzor ispuštanja ulja, postojanje kaljužnog tanka za odlaganje ostataka ulja (*eng. sludge*). Nadalje, propisuje način vođenja evidencije o uljima putem Knjige o uljima.

Prilog II sadrži odredbe o rukovanju i nadzoru opasnih tvari u tekućem stanju za četiri skupine u ovisnosti o opasnosti za okoliš i ljudsko zdravlje.

Prilog III se odnosi na opasne tvari u pakiranim oblicima.

Prilog IV se odnosi na mjere suzbijanja i nadziranja onečišćenja mora crnim (fekalnim) otpadnim vodama s brodova. Propisuje uvjete zabrane ili ograničenog ispuštanja fekalnih voda, izdavanje svjedodžbi i preglede, korištenje opreme i nadzora ispuštanja fekalnih voda i uvjetuje obalne uređaje za prihvatanje fekalnih voda. Pravila se primjenjuju na brodove koji plove na međunarodnim putovanjima, nosivosti od 400 ili više bruto tona te na brodove koji prevoze 15 ili više osoba. Izljev obrađene fekalne vode iz uređaja za obradu otpadnih voda odobrenog od IMO-a mora udovoljavati zahtjevima iz Priloga IV, odnosno u izljevu ne smije biti vidljivih plutajućih krutih čestica niti smije izazivati promjenu boje u okolnoj vodi. Propisan je zahtjevan stupanj čistoće obrađene crne vode prije njezina ispuštanja s broda u more. Brod mora biti opremljen i standardnom priključnicom propisanih dimenzija kojom se priključuje na uređaj za prihvatanje fekalnih voda na kopnu. Za svaki brod se izdaje Međunarodna svjedodžba o sprječavanju onečišćenja fekalijama u koju se upisivaju rezultati ispitivanja.

Prilog V propisuje najmanju udaljenost od kopna na kojima se dozvoljava izbacivanje određenih vrsta čvrstog otpada (smeće). Svaki brod mora imati jedan uređaj za spaljivanje otpada (*eng. incinerator*) ili za sakupljanje smeća ili za obradu smeća usitnjavanjem i zbijanjem smeća na minimalno 12 puta manji volumen. Smeće koje se ne smije spaliti na brodu mora se uskladištiti te predati na obali u prikladne objekte za prihvatanje smeća u lukama. Propisuje način vođenja evidencije o smeću putem Knjige o smeću.

Prilog VI se odnosi na onečišćenje zraka štetnim emisijama s brodova. Propisuje granice dozvoljenih emisija SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i sitnih čestica nastalih kao posljedica izgaranja fosilnih goriva, a koje su prisutne u brodskim ispušnim plinovima, zabranjuje namjerno ispuštanje tvari koje oštećuju ozon, definira tehničke i operativne mjere za povećanje energetske učinkovitosti usmjerene na smanjenje emisija stakleničkih plinova na brodovima od 400 ili više bruto tona nosivosti. Propisuje opremu za smanjenje štetnih emisija.

Prema MARPOL konvenciji izdaju se svjedodžbe o sprječavanju onečišćenja uljem IOPP (*eng. International Oil Pollution Protection*), svjedodžbe o sprječavanju onečišćenja fekalijama i svjedodžbe o sprječavanju onečišćenja smećem. Neke države donose svoje zakonske odredbe koje se odnose na teritorijalne vode dotičnih država i koja propisuju još stroža pravila kako bi dodatno sačuvala prirodni okoliš od negativnih utjecaja s brodova.

#### **Sustavi obrade otpada na putničkim brodovima**

Sustavi obrade otpada na putničkim brodovima imaju za cilj smanjiti količinu otpada na brodu bilo spaljivanjem otpada, zakonski dozvoljenim ispuštanjem u more ili skladištenjem i predajom na kopnu uz što manji štetni utjecaj na okoliš. Sustav se sastoji od uređaja za prikupljanje otpada, uređaja za obradu otpada i uređaja za spaljivanje otpada. Upravljanje otpadom na putničkim brodovima uključuje sustav obrade otpadnih voda (crna i siva), sustav obrade otpadaka od hrane, sustav obrade smeća, razbijač staklenog otpada, presu, drobilicu, spalionicu, separator zauljene vode i prostore i tankove za čuvanje otpada do predaje na kopnu. Predmeti poput ambalaže od plastike, smeća koje nastaje u smještajnim prostorima na brodu, ulje za kuhanje - jestivo ulje ili životinjska mast koja se koristi za pripremu ili kuhanje hrane, pepeo iz spalionica, kruti otpad (uključujući mulj) koji se skuplja na brodu tijekom normalnog rada ili održavanja ili se koristi za skladištenje i rukovanje teretom, radni otpad koji uključuje sredstva za čišćenje i aditive koji mogu biti štetni za morski okoliš te ribolovnu opremu zabranjeno je ispuštati u more. **Obrada smeća**

Prema MARPOL Prilogu V smeće uključuje sve vrste otpada od hrane, domaći i operativni otpad, svu plastiku, ostatke tereta, pepeo spalionice, ulje za kuhanje, ribolovnu opremu i otpad životinjskog porijekla nastalog na brodu tijekom normalnog rada. Postoje četiri različite kategorije otpada (metal, staklo, papir i plastika) koje se mogu reciklirati. Prije skladištenja volumen proizvedenog otpada je potrebno minimizirati različitim metodama. Za obradu smeća na brodovima koristi se slijedeća oprema: spalionica (*eng. incinerator*), razbijač (*eng. crusher*), presa (*eng. compactor*) i drobilica (*eng. shredder*). Svrha je smanjiti volumen otpada proizvedenog na brodu. Spalionica služi za spaljivanje suhog otpada, mulja i uljnih ostataka u svrhu uštede prostora potrebnog za skladištenje otpada na brodu kao i uštede na troškovima odlaganja otpada na kopnu. Suhi otpad prikuplja se ručno i dostavlja u brodsku prostoriju namijenjenu za otpad, gdje se sortira i dalje tretira na različite načine. Spaliti se može suhi gorivi otpad kao što su otpaci hrane, drvo, papir, staklo, a također i talog ulja, goriva kao i mulj iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i postrojenja za obradu otpadaka od hrane. Spalionica se sastoji od odjeljka za punjenje, primarne komore za sagorijevanje krutog otpada i mulja i sekundarne komore za potpuno izgaranje svih ne izgorjenih plinova izgaranja. Temperature u sekundarnoj komori više su od onih u primarnoj komori što pridonosi smanjenju neugodnih mirisa. Spalionice moraju biti odobrene od IMO-a i udovoljavati određenim radnim uvjetima tako da je najviša dopuštena temperatura na izlazu iz komore za izgaranje 1200°C, a najniža 850°C dok je najniža dopuštena temperatura u

komori izgaranja 650°C. Najniži dopušteni postotak kisika u plinovima izgaranja na izlazu iz spalionice je 6%. U spalionici se ne smiju spaljivati: poliklorin bifenoli, ostaci tereta s ostacima ambalaže, ostaci tereta koji sadrže tragove teških metala npr. živa, olovo, arsen, molibden te ostaci tereta koji sadrže halogene dijelove. Prema MARPOL Prilogu V zabranjeno je spaljivanje polivinil klorida (PVC), osim u brodskim spalionicama za koje su izdane potvrde o homologaciji IMO-a. Proces spaljivanja otpada proizvodi pepeo i dimne plinove koji se kroz dimnjak ispuštaju u atmosferu. Emisija štetnih plinova mora zadovoljiti uvjete propisane MARPOL Prilogom VI. Pepeo iz spalionice mora se zbrinuti na obali i zabilježiti u Knjizi evidencije o smeću. Presa je uređaj kojim se smanjuje volumen otpada za otprilike 70% od prvobitnog stanja silom pritiska u iznosu jedne do dvije tone. Koristi se za papir, karton, plastiku, limenke, staklene boce i kosti. Razbijač je uređaj za lomljenje staklene ambalaže čime se također smanjuje volumen otpada za skladištenje i transport. Drobilica je uređaj namijenjen usitnjavanju čvrstog otpada u manje dijelove. Može usitnjavati drvo, karton, kosti, krpe i slično.

#### **Obrada otpadaka hrane**

Pod otpacima hrane se podrazumijevaju svi ostaci koji proizlaze iz pripreme i konzumacije hrane uključujući kvarenje. IMO definira proizvedeni otpad od hrane na brodovima kao pokvarene ili nepokvarene prehrambene namirnice: voće, povrće, mliječne proizvode, mesne proizvode i ostatke hrane. Otpaci hrane čine takozvani mokri otpad koji se prikuplja s nekoliko sabirnih mjesta raspoređenih u kuhinjama i u prostorijama za pripremu hrane i dalje obrađuje raznim postupcima. Obzirom na broj putnika na putničkim brodovima obrada otpadaka hrane ima veliki značaj zbog količine otpada. Obrada otpadaka hrane važna je i zbog zdravstvenih razloga. Sustav se sastoji od vakumskog sistema, mlinaca, razbijača kostiju, jedinice separatora vode, jedinice za sušenje, spalionice i filtera dima. Danas se razvijaju učinkoviti vakumski sustavi za prikupljanje, transport i daljnju preradu prehrambenog otpada. Takav sustav umanjuje potrebu za kompliciranim cjevovodima i sisaljka. Minimalizira neugodne mirise, a voda koja cirkulira između sabirnih mjesta i opreme za obradu otpadaka nije inficirana. Vakumski transport osigurava siguran transport kroz cijevi do središnjeg sustava obrade i doprinosi homogenizaciji otpadaka hrane prije daljnje obrade. Otpaci hrane se prikupljaju u stanicama za otpad gdje se sortiraju. Hrana se usitnjava mlincima, a kosti se odvajaju i drobe prije obrade pomoću razbijača kostiju. Otpaci se vakumski dovode u sabirni tank gdje se cijede. Iz sabirnog tanka otpad se pumpa u jedinicu separatora vode gdje se iz prehrambenih otpadaka dodatno odvaja voda. Suhi otpad se šalje u tank za mulj i pumpa u spalionicu. Ukoliko je otpad još uvijek mokar šalje se u jedinicu za sušenje. Pepeo iz spalionice se skladišti do iskrcanja na obali. Ispušni dimovi iz jedinice za sušenje se filtriraju kako bi se izbjegli neugodni mirisi i širenje bioloških čestica zrakom. Vrući ispušni plinovi se hlade u zatvorenom sistemu i kondenziraju, a tekućina se odvodi natrag u sustav za obradu otpadnih voda. Obradeni otpaci hrane se mogu ispustiti u more ako su smrvljeni ili sameljeni na udaljenosti većoj od 3 nautičke milje od najbližeg kopna ili na udaljenosti većoj od 12 nautičkih milja unutar posebnih područja. Otpaci hrane koji nisu propisno obrađeni mogu se ispustiti samo na udaljenosti većoj od 12 nautičkih milja od najbližeg kopna.

#### **Pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda**

Putnički brodovi imaju veliki broj putnika i posade što rezultira velikim količinama otpadnih voda. Stoga su opremljeni kvalitetnim sustavima za pročišćavanje otpadnih voda koji zadovoljavaju čak i veće zahtjeve nego što su propisani međunarodnim zakonodavstvom. Osim sustava za pročišćavanje otpadnih voda opremljeni su i sustavom za zbrinjavanje mulja nastalog pročišćavanjem kao i sa više spremnika (tankova) za prikupljanje otpadnih voda i spremnika za skladištenje pročišćene otpadne vode. MARPOL Prilog IV, koji se odnosi na sprječavanje onečišćenja sanitarnim otpadnim vodama, uvjetuje da brodovi od 400 ili više bruto tona nosivosti i brodovi koji prevoze više od 15 putnika budu opremljeni jednom od sljedećih mogućnosti:

1. sustavom za obradu fekalnih voda odobrenog od nadležnog tijela države potpisnice MARPOL konvencije i koji je sukladan sa standardima i metodama ispitivanja razrađenima po IMO-u
2. sustavom za usitnjavanje i dezinficiranje odobrenog od nadležnog tijela države potpisnice MARPOL konvencije opremljenog tankom za pohranu crnih otpadnih voda kad je brod na udaljenosti manjoj od 3 nautičke milje od najbližeg kopna
3. tankom za pohranu crnih otpadnih voda volumena u skladu sa zahtjevima nadležnog tijela države potpisnice MARPOL konvencije za zadržavanje svih fekalnih voda sa pokazivačem količine fekalne vode u tanku.

Putnički brodovi su opremljeni uređajem za pročišćavanje otpadnih voda u koje spadaju fekalne vode (crna voda), voda iz nadgrađa (siva voda), vode iz kuhinja, voda iz praonica rublja i otpadne vode iz sustava taloženja. Otpadne vode mogu sadržavati patogene tvari, hranjive tvari, kemikalije, deterdžente, masti i teške metale čime mogu utjecati na onečišćenje morskog okoliša. Sastojci otpadne vode se mogu podijeliti u četiri kategorije: čestice, bio-razgradive organske tvari, hranjive tvari i mikroorganizmi. Sustav mora tretirati sve četiri kategorije, a ispuštena pročišćena otpadna voda mora zadovoljavati zakonske propise MARPOL-a ili nacionalne zakonske odredbe pojedinih država. Pročišćavanje otpadnih voda uključuje niz postupaka kako bi se iz vode uklonile različite plutajuće tvari, suspendirane krute tvari, topljene tvari ili tvari koje mijenjaju svojstva otpadnih voda. Ispuštanje fekalnih voda je,

prema MARPOL Prilogu IV, zabranjeno na udaljenostima manjim od tri nautičke milje od najbližeg kopna osim u slučaju kada brod koristi od autoriziranog tijela odobreni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Na udaljenostima između 3 i 12 nautičkih milja od najbližeg kopna dopušteno je ispuštanje ukoliko je fekalna voda primjereno smrvljena i dezinficirana, a brod je u plovidbi brzinom većom od 4 čvora. Na udaljenostima većim od 12 nautičkih milja dopušteno je ispuštanje neobrađene fekalne vode u plovidbi uz brzinu veću od 4 čvora. Pročišćavanje fekalnih otpadnih voda na brodovima uključuje slijedeće procese:

1. prikupljanje otpadne vode,
2. mehanički pred-tretman otpadne vode,
3. oksidacija otpadne vode,
4. bistrenje i filtriranje otpadne vode,
5. dezinficiranje otpadne vode,
6. tretiranje i zbrinjavanje taloga.

Uređaji za prikupljanje fekalnih voda mogu biti gravitacijski i vakumski. Otpadne vode se prikupljaju u, za tu svrhu namijenjenim, tankovima. Prije pročišćavanja otpadne vode primjenjuje se pred-tretman kojim se mehanički otklanjaju krute tvari. Slijedi biološka razgradnja u kojoj mikroorganizmi (aerobne bakterije) koriste organske nečistoće iz crne otpadne vode za svoju ishranu. Oksidacija je proces u kojem preostale organske čestice trebaju oksidirati, kemijski ili biološki. Određene kemikalije kao što su klor, hidrogen peroksid ili ozon potiču oksidaciju organskih tvari u otpadnoj vodi. Bistrenje i filtriranje služi za odvajanje aktivne bio-mase, čestica taloga i bakterija iz vode. Na brodovima se koristi membransko filtriranje, isplutavanje otopljenog zraka i taloženje. Dezinficiranje je posljednji korak u obradi otpadne vode koje se postiže pomoću ultraljubičaste svjetlosti (UV). U slučaju kada je otpadna voda jako zamućena ultraljubičasto svjetlo se ne primjenjuje. Tada se dezinfekcija vrši pomoću klora koji uništava viruse i bakterije. Napredni sustavi za pročišćavanje otpadnih voda se temelje na mehaničkom odvajanju krutih čestica iz vode, biološkoj obradi u bio-reaktoru gdje aerobne bakterije razgrađuju organske tvari, kemijskom procesu flokulacije i flotacije u flotacijskoj jedinici gdje čestice reagiraju sa koagulantom i polimerom stvarajući krupnije čestice koje se fizički uklanjaju iz vode, dodatnim čišćenjem filterom za poliranje i na kraju uklanjanju virusa i bakterija UV zrakama. Za definiranje svojstava otpadnih voda i uređaja za obradu istih najčešće se upotrebljavaju slijedeći pokazatelji: biokemijska potreba kisika u pet dana – BPK5, količina koliformnih bakterija i količina suspendiranih tvari. Odobreni uređaji moraju zadovoljiti propisane vrijednosti. Prije ispuštanja pročišćene otpadne vode u more potrebno je utvrditi TSS indeks (*eng. Total Suspended solids*) pomoću TSS modula koji mjeri broj nečistoća u vodi. Ako je indeks manji od 30mg/l voda se može ispustiti. U protivnom voda ide ponovo na postupak pročišćavanja otpadne vode. MARPOL Prilog IV regulira samo crnu vodu (fekalnu vodu), dok siva voda nije obuhvaćena MARPOL-om ali je ponekad regulirana nacionalnim propisima.

#### **Obrada mulja**

Postupak pročišćavanja otpadnih voda i obrade otpadaka hrane proizvodi mulj kojeg je potrebno dalje obraditi kako bi mu se smanjio volumen i na kraju spalio u spalionici. Obrada takvog mulja podrazumijeva odstranjivanje vode, sušenje i dostavu u spalionicu. Mokri mulj se prikuplja iz procesa obrade otpadne vode i obrade otpadaka hrane i sabire u tank mulja. Iz tanka mulja se prebacuje sisaljka u jedinicu za odvajanje vode. Voda koja se izdvaja prosljeđuje se u obradu otpadne vode, a ocijeđeni mulj se sakuplja u sabirnom tanku. Odatle se prebacuje sisaljka u jedinicu za sušenje koja dodatno uklanja zaostalu vlagu iz mulja kako bi bio dovoljno suh za spaljivanje u spalionici.

#### **Obrada zauljene vode**

Brodski kaljuža predstavlja mješavinu vode i raznih vrsta prljavština, ulja, goriva, mulja i ostalih tvari kemijskog podrijetla. Sakuplja se u kaljužnim tankovima. Prema MARPOL Prilogu I koji se odnosi na sprječavanje onečišćenja okoliša uljima zabranjeno je ispuštanje zauljene vode izvan broda koja ima udio ulja 15 ppm ili više. Za obradu se koriste separatori zauljenih voda koji odvajaju ulje iz zauljene vode. Ukoliko je zadovoljen uvjet čistoće vode ona se može ispustiti u more na udaljenostima većim od 12 nautičkih milja od najbližeg kopna. U protivnom se ponovo obrađuje u separatoru. Prikupljeno ulje i ostale nečistoće spaljuju se u spalionici ili se predaju na kopnu.

#### **Obrada ispušnih plinova**

MARPOL Prilog VI propisuje granice dozvoljenih emisija SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> i sitnih čestica nastalih kao posljedica izgaranja fosilnih goriva, a koje su prisutne u brodskim ispušnim plinovima, za brodove od 400 ili više bruto tona nosivosti. Sprječavanje onečišćenja zraka s brodova obuhvaća: nadzor nad ispuštanjem dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>) u ispušnim plinovima diesel motora snage iznad 130 kW, nadzor nad ispuštanjem sumpornih oksida (SO<sub>x</sub>) u ispušnim plinovima diesel motora, nadzor nad ispuštanjem tvari koje oštećuju ozon, nadzor nad ispuštanjem hlapljivih organskih spojeva s tankera i nadzor rada brodskih spaljivača. Ugradnjom prečišćavača – sustava za čišćenje ispušnih plinova (*eng. scrubbers*) i upotrebom čišćeg goriva sa manjim udjelom sumpora (MGO 0,5% S) umjesto teškog goriva (HFO 2,7% S) značajno se smanjuje emisija SO<sub>x</sub> i zadovoljavaju propisani zakonski uvjeti. Korištenje

prečišćaća ispušnih plinova ovisno o primjenjenoj metodi može imati negativni utjecaj na morski okoliš (open loop scrubbers) ili proizvodi otpad koji se mora predati u luci (closed loop scrubbers). Suhi prečišćaći ne koriste tekućine za obradu ispušnih plinova nego koriste suhi reagens za neutraliziranje SO<sub>x</sub>. Smanjenje emisija dušikovih oksida NO<sub>x</sub> postiže se metodom selektivne katalitičke redukcije (SCR). Pomoću amonijaka kao reduktanta unutar katalizatorskog sustava NO<sub>x</sub> se razlaže na dušik, vodu i manje količine ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>).

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Upravljanje otpadom se zasniva na prikupljanju, obradi i skladištenju otpada. Obradom otpada smanjuje se količina otpada proizvedenog na brodu. Nakon obrade, otpad se skladišti uz primjenu sigurnosnih uvjeta kako bi se izbjeglo curenje, neugodni mirisi, istjecanje opasnih tvari kao i osigurali zdravstveni uvjeti dok brod ne stigne u luku u kojoj će iskrcati prikupljeni otpad ili dok se ne postignu uvjeti za dozvoljeno ispuštanje u more prema važećim međunarodnim ili nacionalnim zakonskim propisima. Brodski sustavi i oprema za obradu svih vrsta otpada trebaju zadovoljiti zakonom propisane standarde, biti što jednostavniji za korištenje, pouzdani i ne preskupi. Odabir sustava za obradu otpada na brodu ovisi o namjeni broda, broju osoba koje borave na brodu, vremenu zadržavanja broda u luci i vremenu u plovidbi, području plovidbe, zahtijevanoj kvaliteti obrade otpada odnosno standardima za udovoljavanje zakonskih propisa. Skladište otpada se nalazi na donjem dijelu broda, ali iznad strojarnice. Otpaci hrane se čuvaju u hladnoj prostoriji na najviše 4 °C kako bi se spriječilo daljnje kvarenje hrane i neugodan miris. Posebni otpad kao što je ulje za kuhanje, kemikalije, limenke boje s ostacima boje, obojene krpe, masne krpe i krpe od čišćenja mulja, medicinskog otpada ili bilo koji drugi otpad koji je zapaljiv ili opasan za zdravlje, čuva se u posebnim prostorijama za tu namjenu. Rabljeno staklo potpuno se usitnjava, skladišti u odgovarajućim spremnicima, a zatim istovaruje u luci radi lakšeg recikliranja. Rabljene boce se mogu prikupljati i vratiti kao povratna ambalaža proizvođaču. Smanjenje količina papira se može postići manjim brojem brošura, letaka i drugog materijala za informiranje putnika primjenom digitalnih sredstava informiranja (video zidovi, monitori). Smanjenje utroška papira moguće je postići uređajima automatskog otkidanja listića za higijenske potrebe. Svakodnevno korištenje papira za potrebe posla također se može optimizirati. Celulozni otpad (karton, drvo) može se predati na recikliranje u luci ili spaliti u spalionici. Otpad od krute hrane skuplja se u vrećama i kantama i predaje se u lučke prihvatne objekte. Korišteno ulje za kuhanje dostavlja se na kopno za daljnje recikliranje. Otpad prikupljen iz raznih područja na brodu treba dostaviti na određena mjesta na obradu ili skladištenje. Otpad koji će se iskrcati u luci može zahtijevati dugotrajno skladištenje ovisno o duljini putovanja ili dostupnosti lučkih prihvatnih objekata. Sav prerađeni i ne prerađeni otpad koji se mora skladištiti, neovisno o trajanju skladištenja, treba biti čvrsto zatvoren u spremnicima. Otpaci hrane i povezano smeće koje se iskrcava u luci, a koje može sadržavati bolesti ili štetočine treba držati odvojeno od smeća koje ne sadrži takav otpad u jasno označenim spremnicima kako bi se izbjeglo nepravilno odlaganje i postupanje na kopnu. Sva plovila duljine 12 metara ili više moraju imati plakate s informacijama o upravljanju otpadom u područjima gdje se proizvodi otpad i prostorima u kojim borave putnici i posada.

Održivo upravljanje otpadom na brodu kombinacija je usvojene politike zaštite okoliša, predanosti broderske kompanije i angažmana posade koja mora biti osposobljena za upravljanjem otpadom. Stoga je naglasak na osposobljavanju svih članova posade broda kao i upoznavanju putnika o zahtjevima za zaštitu morskog okoliša. Posada je zadužena za razvrstavanje otpada, štednju vode i energije kao i za kontrolu putnika u svrhu sprječavanja bacanja otpada u more. Časnici stroja su odgovorni za upravljanje i održavanje sustava za obradu otpada (prese, razbijači, drobilice za smeće, mlinci za hranu, separatori zauljene vode, postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i spalionice) i brinu da svako ispuštanje u more bude sukladno zakonskim propisima. Časnici palube na mostu obavještavaju časnike stroja kada su uvjeti (udaljenost od najbližeg kopna i brzina broda) primjereni za ispuštanje tekućeg otpada ili prikladno obrađene hrane u more. Časnik zadužen za zaštitu okoliša je odgovoran za kontrolu provedbe pravila i propisa utvrđenih politikom zaštite okoliša na brodu. Zadužen je za osposobljavanje posade, informiranje putnika o mjerama zaštite okoliša, provjeru cjelovitosti i točnosti zapisa u propisanim knjigama otpada (Knjiga o uljima, Knjiga evidencije o smeću). Kapetan broda je vodeći autoritet na brodu i sukladno poziciji nadgleda propisane postupke, raspravlja i donosi odluke zajedno sa časnikom zaštite okoliša o postupanju sa otpadom. Osoblje broderske tvrtke na kopnu ima odgovornost provjeriti, zakonski uskladiti, poboljšati i odobriti postupke upravljanja otpadom u skladu sa zaštitom okoliša koji se moraju provoditi na brodu. Svaki brod nosivosti 100 ili više bruto tona te svaki brod koji je registriran za prijevoz 15 ili više osoba mora imati Plan gospodarenja otpadom koji sadrži postupke za: minimiziranje otpada, prikupljanje otpada, skladištenje otpada, obradu otpada, odstranjivanje otpada, rad s opremom koja se koristi na brodu za rukovanje otpadom, imenovanje osobe ili osoba zaduženih za provedbu Plana gospodarenja otpadom.

#### 4. ZAKLJUČAK

Trend povećanja broja turističkih krstarenja i sve veći broj putničkih brodova rezultira povećanim štetnim utjecajem na morski okoliš. Putnički brodovi, zbog velikog broja putnika i posade, izvori su velike količine otpada. Poštivanje međunarodnih zakonskih propisa i kvalitetna obrada svih vrsta otpada proizvedenog na brodu nužna je kako bi se minimalizirao negativni utjecaj na okoliš. Gospodarenje otpadom se može razlikovati od broda do broda pa tako i njihov utjecaj na onečišćenje okoliša. Otpaci hrane mogu se iskoristiti za proizvodnju bio-plina na kopnu iako je mljevenje otpadaka hrane i ispuštanje u more još uvijek uobičajena praksa. Sive otpadne vode nisu obuhvaćene MARPOL-om te se uglavnom ispuštaju u more. Ispuštanje neobrađene fekalne vode na udaljenostima većim od 12 nautičkih milja od najbližeg kopna i pri brzini većoj od 4 čvora MARPOL-om je dozvoljeno iako je štetno po morski okoliš. Daljnji napredak u očuvanju morskog okoliša moguće je postići svakodnevnim kontrolama poštivanja zakonskih propisa na moru, stalnim osposobljavanjem posade na brodu, podizanjem razine svijesti o zaštiti morskog okoliša, nastojanjima brodarskih kompanija u inzistiranju na postupcima obrade svih vrsta otpada proizvedenog na brodu, razvojem tehnologije za izradu što kvalitetnije opreme za obradu otpada, izgradnjom prihvatnih postrojenja na kopnu, donošenjem novih i strožih propisa te sankcioniranju prekršitelja.

#### REFERENCES

- Copeland, C. (2011). *Cruise Ship Pollution: Background, Laws and Regulations, and Key Issues*, online: [https://www.researchgate.net/publication/290980956\\_Cruise\\_Ship\\_Pollution\\_Background\\_Laws\\_and\\_Regulations\\_and\\_Key\\_Issues](https://www.researchgate.net/publication/290980956_Cruise_Ship_Pollution_Background_Laws_and_Regulations_and_Key_Issues) (28.11.2022.)
- Kobojević, Ž., & Kurtela, Ž. (2012). *Zaštita obalnog mora od onečišćenja fekalijama s brodova*, Digitalna zbirka Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, god. 32, br. 5/6 online: <https://dizbi.hazu.hr/a/?pr=i&id=885971> (28.11.2022.)
- Kobojević Ž., & Krmeč I. (2020). *Napredni sustavi za tretiranje fekalnih voda na kruzerima*, Knowledge International Journal, vol.43(3), 533-539, online: <https://www.bib.irb.hr/1104375> (28.11.2022.)
- Kobojević, Ž., & Kurtela, Ž. (2011). *Comparison of marine sewage treatment systems*, 14th International Conference on Transport Science - ICTS 2011, online: <https://www.bib.irb.hr/570916> (28.11.2022.)
- Kotrikla, A.M., Zavantias, A., & Kaloupi, M. (2021). *Waste generation and management onboard a cruise ship: A case study*, Ocean & Coastal Management, Volume 212, online: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105850> (28.11.2022.)
- Toneatti, L., Deluca, C., Fraleoni-Morgera, A., & Pozzeto, D. (2020). *Rationalization and optimization of waste management and treatment in modern cruise ships*, Waste Management, Volume 118, 209-218, online: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.018> (28.11.2022.)
- Vaneckhaute, C., & Fazlia. A. (2020). *Management of ship-generated food waste and sewage on the Baltic Sea: A review*, Waste Management, Volume 102, 12-20, online: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.030> (28.11.2022.)
- Ostali izvori:
- Clear Seas, *MANAGING WASTE FROM COMMERCIAL SHIPS*, <https://clearseas.org/en/ship-waste-management/> (28.11.2022.)
- DIESEL TECHNOLOGY FORUM, *Selective Catalytic Reduction (SCR)*, online: <https://dieselforum.org/selective-catalytic-reduction-scr> (28.11.2022.)
- Evac, *Evac's vacuum food waste collection system*, online: <https://evac.com/products/evacfoodwastesystem/> (28.11.2022.)
- International Maritime Organization (IMO), *Pollution Prevention*, online: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Pollution-Prevention.aspx> (28.11.2022.)
- MARINE ENGINEERS KNOWLEDGE, (2021). *Working principle of Incinerator*, online: <https://www.marineengineersknowledge.com/2021/06/incinerator.html> (28.11.2022.)
- Marine insight, (2021). *MARPOL ANNEX 4 Explained: How to Prevent Pollution from Sewage at Sea* online: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/marpol-annex-4-explained-how-to-prevent-pollution-from-sewage-at-sea/> (28.11.2022.)
- Mariners galaxy, (2017). *Ships Exhaust Emission Control Practice*, online: <https://marinersgalaxy.com/control-of-emission-from-ships-exhaus/#:~:text=Incinerator%20Emission%20Shipboard%20incinerator%20should%20be%20approved%20by,Bacharach%203%20or%20Ringelman%201%20%20E2%80%93%202820%25%20Opacity%29> (28.11.2022.)
- MARPOL Training, *Annex VI- Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships*, online: [http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex\\_VI/r16.htm](http://www.marpoltraining.com/MMSKOREAN/MARPOL/Annex_VI/r16.htm) (28.11.2022.)

MARPOL Training Institute, Inc. online: <http://marpoltraining.com/faq.html> (28.11.2022.)

NauticEXPO, *Maritime equipment > Water, Waste, Emissions and discharge reduction* online:

<https://www.nauticexpo.com/cat/water-waste-emissions-discharge-reduction-RL.html> (28.11.2022.)