

Pregled i ocjena metoda za nadzor i prikupljanje plutajućeg otpada iz mora

Blažičko, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:137345>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



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

Repository / Repozitorij:

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



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

PETRA BLAŽIČKO

**PREGLED I OCJENA METODA ZA NADZOR I
PRIKUPLJANJE PLUTAJUĆEG OTPADA IZ MORA**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023..

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PREGLED I OCJENA METODA ZA NADZOR I
PRIKUPLJANJE PLUTAJUĆEG OTPADA IZ MORA**

**REVIEW AND ASSESSMENT OF METHODS FOR
MONITORING AND COLLECTING OF FLOATING LITTER
FROM THE SEA**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Ekološki održive marine

Mentor: Doc. dr. sc. Livia Maglić

Studentica: Petra Blažičko

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120731216

Rijeka, rujan 2023.

Studentica: Petra Blažičko
Studijski program: Ekološki održive marine
JMBAG: 01120731216

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom
Pregled i ocjena metoda za nadzor i prikupljanje plutajućeg otpada iz mora
izradio/la samostalno pod mentorstvom
doc.dr. sc. Livije Maglić
(*prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime*)

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica:

Petra Blažičko

Ime i prezime studenta/studentice

Studentica: Petra Blažičko
Studijski program: Ekološki održive marine
JMBAG: 01120731216

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao studentica – autorica diplomskoga rada dopuštam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskoga fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenoga pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskoga fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnoga, vremenskoga i prostornoga ograničenja svojega diplomskoga rada kao autorskoga djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>.

Studentica – autor

Petra Blažičko

SAŽETAK

Nadzor i prikupljanje otpada s morske površine ključni su aspekti očuvanja morskih ekosustava i zaštite morskog okoliša od onečišćenja. Postoji niz metoda koje se koriste za rješavanje ovog problema te su u ovom radu detaljno opisane i analizirane primjenom SWOT analize. SWOT analiza metoda nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine istaknula je niz ključnih aspekata koji su od važnosti za očuvanje morskog okoliša. Snage ovih metoda, uključujući preciznost identifikacije većih otpadaka putem naprednih tehnologija te mogućnost praćenja potencijalnih nakupina otpada, pružaju temelj za brzu i ciljanu intervenciju. S druge strane, slabosti poput nedostatka preciznosti kod manjih otpadaka i ovisnosti o povoljnim vremenskim uvjetima ukazuju na potrebu za daljnjim tehničkim i tehnološkim unapređenjima. Prilike poput razvoja autonomnih čistača i primjene umjetne inteligencije za dubinsku analizu podataka otvaraju nove perspektive u borbi protiv onečišćenja. U radu je opisano nekoliko inovativnih metoda i uređaja koji se koriste za uklanjanje otpada s površine mora u lukama i marinama. Između navedenih metoda, nadzor plutajućeg otpada iz zraka ističe se kao posebno učinkovit, budući da omogućuje otkrivanje većih objekata i pregled šireg područja. Upotreba bespilotnih letjelica (dronova), zračnih patrola, satelita visoke rezolucije i tehnike automatiziranog prepoznavanja objekata pruža različite mogućnosti za precizno identificiranje i praćenje otpada na morskoj površini. Budući tehnološki napredak otvara prilike za unapređenje tih metoda.

Ključne riječi: morski otpad, morska površina, metode prikupljanja otpada, metode nadzora otpada, SWOT analiza

SUMMARY

Monitoring and collecting marine litter from the sea surface are key aspects of preserving marine ecosystems and protecting the marine environment from pollution. There are a number of methods that are used to solve this problem, and in this paper they are described in detail and analyzed using a SWOT analysis. The SWOT analysis of methods of monitoring and collecting marine litter from the sea surface highlighted a number of key aspects that are important for the preservation of the marine environment. The strengths of these methods, including the precision of identification of larger debris through advanced technologies and the ability to monitor potential debris accumulations, provide the basis for rapid and targeted intervention. On the other hand, weaknesses such as the lack of precision with smaller scraps and the dependence on favorable weather conditions point to the need for further technical and technological improvements. Opportunities such as the development of autonomous cleaners and the application of artificial intelligence for in-depth data analysis open up new perspectives in the fight against pollution. The paper describes several innovative methods and devices used to remove marine litter from the sea surface in ports and marinas. Among the mentioned methods, the monitoring of floating marine litter from the air stands out as particularly effective, since it enables the detection of larger objects and the inspection of a wider area. The use of unmanned aerial vehicles (drones), aerial patrols, high-resolution satellites and automated object recognition techniques provide various opportunities for precise identification and monitoring of debris on the sea surface. Future technological progress opens up opportunities for improvement of these methods.

Keywords: marine litter, sea surface, waste collection methods, waste control methods, SWOT analysis

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	2
1.2. RADNA HIPOTEZA	3
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	3
1.4. ZNANSTVENE METODE	4
1.5. STRUKTURA RADA	5
2. OSNOVNE VRSTE OTPADA U MORSKOM OKOLIŠU	6
2.1. OTPAD NA OBALI	7
2.2. PLUTAJUĆI OTPAD U MORU	9
2.3. OTPAD NA MORSKOM DNU	12
3. METODOLOGIJE NADZORA MORSKOG OTPADA U SKLADU S REGIONALNIM KONVENCIJAMA O ZAŠTITI MORSKOG OKOLIŠA	14
3.1. OPĆI PRISTUPI I STRATEGIJE ZA NADZOR MORSKOG OTPADA PREMA DIREKTIVI O POMORSKOJ STRATEGIJI	14
3.2. METODOLOGIJE NADZORA OTPADA U MORSKOM OKOLIŠU PREMA NAJVAŽNIJIM KONVENCIJAMA O REGIONALNIM MORIMA	16
3.2.1. OSPAR konvencija	17
3.2.2. Barcelonska konvencija	20
3.2.3. Helsinška konvencija (<i>Baltic Sea Environmental Protection Commission – HELCOM</i>)	22
3.2.4. Bukurešt konvencija	24
4. METODE NADZORA PLUTAJUĆEG OTPADA	26
4.1. METODE NADZORA PLUTAJUĆEG OTPADA IZ ZRAKA	26
4.2. METODE NADZORA S BRODOVA	28
4.3. BUDUĆI TRENDOVI NADZORA OTPADA	30
5. METODE UKLANJANJA OTPADA S POVRŠINE MORA NA PODRUČJU LUKA I MARINA	33
5.1. Sustav 001 za prikupljanje plastičnog otpada s vodene površine (System001)	33
5.2. Plutajući morski spremnik „Seabin“	35
5.3. Presretač plutajućeg otpada s vodene površine - Mr. Trash Wheel	36
5.4. Plutajući autonomni bespilotni uređaj za prikupljanje otpada s vodene površine - WasteShark A	39
5.5. Plutajući robot za prikupljanje otpada s vodene površine – FRED	40
5.6. Plutajući robot za prikupljanje otpada s vodene površine (Jellyfishbot)	41
5.7. Magnetna zavojnica za prikupljanje mikroplastike iz mora - <i>Magnetic coils</i>	43
5.8. Uređaj za uklanjanje naftne i naftni derivata sa morske površine (Skimmer)	44
6. SWOT ANALIZA METODA NADZORA I PRIKUPLJANJA OTPADA SA MORSKE POVRŠINE	46
6.1. SWOT ANALIZA METODA NADZORA OTPADA	47
6.2. SWOT ANALIZA METODA PRIKUPLJANJA OTPADA	49
7. ZAKLJUČAK	54
LITERATURA	
KAZALO KRATICA	
POPIS TABLICA	
POPIS SLIKA	

1. UVOD

Otpad u moru (morski otpad) obuhvaća sve vrste materijala i otpada koji su odloženi ili napušteni u morskom okolišu i obalnom području. Pod morskim otpadom se podrazumijevaju: plastični predmeti, staklo, metal, drvo, tekstil, beton, gume i različite vrste organskog otpada. Otpad može dospijevati u more na različite načine, uključujući kopneni otpad koji putem rijeka dolazi u more, otpad s brodova, industrijski otpad i otpad koji se ostavlja na plažama.

Razmjeri otpada u moru predstavljaju ozbiljan ekološki izazov globalnih razmjera. Otpadni materijali, posebno plastika, staklo, drvo i metal, preplavljaju morske ekosustave i predstavljaju prijetnju za morske organizme, obalne zajednice te cjelokupni ekosustav. Osim toga, plastika se može razgraditi na manje čestice koje postaju mikroplastika i šire onečišćenje morskog okoliša.

Metode nadzora omogućuju brzo otkrivanje, praćenje i upravljanje plutajućim otpadom na morskoj površini, što je ključno kako bi se spriječilo onečišćenje mora, zaštitilo morske organizme, smanjila prijetnja obalnim zajednicama i očuvala morska biološka raznolikost. Nadzor otpada u moru također pomaže u razumijevanju dinamike morskog otpada te u razvoju strategije za njegovo uklanjanje. Metode nadzora uključuju promatranje iz zraka, pomoću bespilotne letjelice, satelita visoke rezolucije i tehnologije poput automatiziranog prepoznavanja objekata. Nadzor se također provodi s brodova putem vizualnog promatranja, kamera, senzora i radarskih sustava. Budući trendovi u nadzoru uključuju autonomne plutače i brodove, aplikaciju umjetne inteligencije za analizu podataka, korištenje tehnologije blockchain za praćenje porijekla otpada te mobilne aplikacije koje potiču građane na sudjelovanje u nadzoru morskog otpada. Sve navedene metode imaju važnu ulogu u zaštiti morskog okoliša. Uklanjanje morskog otpada je važan aspekt upravljanja morskim okolišem i očuvanja biološke raznolikosti. Glavni cilj uklanjanja morskog otpada je smanjiti količinu otpada u moru te minimizirati negativne posljedice na morski ekosustav i ljudsko zdravlje.

Postoje različite strategije i tehnike koje se koriste za uklanjanje morskog otpada. Neke od strategija i metoda uključuje fizičko čišćenje plaža i obala, sakupljanje otpada pomoću specijaliziranih plovila i sustava kao što su mreže, sakupljači otpada i plutajući sustavi.

Također, kontinuirano se razvijaju inovativne tehnologije koje uvelike unapređuju i ubrzavaju proces uklanjanja otpada iz mora.

Onečišćenje mora otpadom predstavlja jedan od najozbiljnijih izazova za očuvanje morskog okoliša i biodiverziteta na globalnoj razini. Otpad u moru, posebno plastika, predstavlja ozbiljnu prijetnju ekosustavu oceana i morskim organizmima, kao i ljudskom zdravlju i gospodarstvu. Ova problematika zahtijeva sveobuhvatna rješenja, uključujući učinkovite metode nadzora i uklanjanja otpada s morske površine.

U ovom pregledu, istražiti ćemo različite aspekte otpada u moru i metode nadzora i uklanjanja koje su razvijene kako bi se suočili s ovim izazovom. Otpad u moru nije samo ekološki problem, već i globalno pitanje koje utječe na ekonomske sektore poput ribarstva, turizma i pomorske industrije. Stoga je nužno razumjeti raznolike tehnike i pristupe koji se koriste za nadzor i uklanjanje otpada s morske površine kako bismo bolje zaštitili morski okoliš i očuvali oceane za buduće generacije.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja diplomskoga rada je pregled i ocjena metoda za nadzor i prikupljanje morskog otpada iz mora.

Nadzor i uklanjanje morskog otpada iz mora su važni aspekti u očuvanju morskog okoliša i sprečavanju negativnih utjecaja otpada na ekosustav i ljudsko zdravlje. Nadzor morskog otpada uključuje identifikaciju i analizu prisutnosti i raznolikosti otpada u morskom okolišu.

Problem istraživanja diplomskog rada proizlazi iz činjenice da postoji nedovoljna učinkovitost i nedostatak koordinacije u praćenju, identifikaciji, prikupljanju i uklanjanju otpada iz morskog okoliša. Postojeće metode praćenja mogu biti nedosljedne ili nedovoljno standardizirane, što otežava dobivanje točnih informacija o količini, vrstama i distribuciji otpada. Također, nedostaju adekvatni mehanizmi i resursi za učinkovito uklanjanje otpada iz mora, što rezultira njegovom akumulacijom i daljnjim negativnim utjecajem na morski ekosustav i ljude.

Problem i predmet istraživanja odnose se na objekt istraživanja, a to je morski otpad.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Glavna hipoteza:

- H0: Otpad na plaži, betonski otpad, plutajući otpad, i mikroplastika predstavljaju značajne oblike otpada s negativnim utjecajem na morski okoliš. Primjena standarda kvalitete, nadzor otpada u moru sukladno međunarodnim konvencijama, prevencija onečišćenja mora s brodova, planovi gospodarenja morskim otpadom i inovativne tehnologije prikupljanja otpada mogu doprinijeti smanjenju i održivom upravljanju morskim otpadom.

Pomoćne hipoteze:

- H1: Inovativne tehnologije prikupljanja otpada mogu biti učinkovit način za uklanjanje otpada iz morskog okoliša, a njihova primjena može doprinijeti smanjenju količine otpada i obnovi očuvanja morskog okoliša.
- H2: SWOT analiza metoda praćenja i tehnologija prikupljanja otpada može pružiti uvid u njihove prednosti, slabosti, mogućnosti i prijetnje te doprinijeti razumijevanju najboljih praksi i unapređenju tih metoda i tehnologija.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja diplomskoga rada je prikazati osnovne vrste istraživanja morskog otpada, standarda kvalitete, praćenja otpada prema konvencijama o regionalnim morima, onečišćenja mora s brodova, plana gospodarenja morskim otpadom, tehnologija nadzora otpada i inovativnih načina prikupljanja otpada iz mora.

Ciljevi diplomskoga rada su sljedeći:

- Analizirati različite vrste otpada.
- Istražiti standarde kvalitete, preporuke i mjere koje se primjenjuju u Europi kako bi se reguliralo gospodarenje morskim otpadom i očuvao morski okoliš.
- Istražiti strategije nadzora otpada u moru prema međunarodnim konvencijama.
- Istražiti tehnologije i metode za nadzor otpada u moru.
- Istražiti inovativne tehnologije i metode za prikupljanje otpada iz mora.
- Napraviti SWOT analizu metoda nadzora i tehnologija prikupljanja otpada.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Metode istraživanja koje su uključene u izradu diplomskoga rada temelje se na neizravnom ispitivanju, odnosno takvom pri kojem je istraživačka osnova akademska i publicistička građa, a koja se sama temelji na izravnim ispitivanjima teorijske građe.

U tom teorijskom kontekstu metode istraživanja uključuju:

- metoda sinteze – koristi se u poglavlju metodologije nadzora morskog otpada u skladu s regionalnim konvencijama o zaštiti morskog okoliša kako bi dobili informacije o metodologijama nadzora morskog otpada
- metode analize – primjenjuje se u uvodu kako bi se opisala radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja.
- metoda deskripcije – koristila se kroz cijeli rad kako bi se zaključivala svaka pojedinačna tema.
- induktivne metode – primjenjuje se u SWOT analizi za analizu snage, slabosti, prilika i prijetnji povezanih s metodama nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine
- metode komparacije – primjenila se u poglavlju metode uklanjanja otpada s površine mora na području luka i marina kako bi se usporedile različite metode uklanjanja otpada.
- metoda kompilacije – primjenjuje se u SWOT analizi kako bi se uspoređivali različite metode nadzora i prikupljanja otpada u SWOT analizi

- metode dedukcije – koristila se u zaključku.

1.5. STRUKTURA RADA

Rad je strukturno podijeljen na osam međusobno povezanih poglavlja i započinje uvodom.

U uvodu su definirani problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i struktura rada.

Nakon uvoda obrađena je tema osnovne vrste istraživanja morskog otpada u sklopu koje su prikazani otpadi koji se mogu nalaziti na obali mora, uključujući plutajući otpad u moru i otpad na morskom dnu

Kroz treće poglavlje je prikazan nadzor morskog otpada u skladu s međunarodnim konvencijama o morima u sklopu čega su opisani opći pristupi i strategije za nadzor morskog otpada.

U četvrtom poglavlju razmatra se tema plana za upravljanje otpadom u moru, unutar kojeg su utvrđeni ciljevi, koraci za provedbu te model za ostvarivanje plana upravljanja otpadom u moru. Kroz peto poglavlje su prikazane metode nadzora otpada na morskoj površini u sklopu čega su opisane metode nadzora iz zraka i s brodova, te budući trendovi nadzora otpada.

Kroz šesto poglavlje su prikazane metode prikupljanja otpada s površine mora na području luka i marina koje uključuju sljedeće tehnologije: System 001, Seabin V5, Mr. Trash Wheel, WasteShark, FRED, Magnetic Coils, Skimmer i Surface net trawls.

Kroz sedmo poglavlje je obrađena SWOT analiza metoda nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine u sklopu koje su definirane prednosti tehnologija prikupljanja otpada, slabosti tehnologija prikupljanja otpada, mogućnosti unaprjeđenja tehnologija prikupljanja otpada i prijetnje tehnologija prikupljanja otpada.

Diplomski rad završava zaključkom kao posljednjim poglavljem u radu.

2. OSNOVNE VRSTE OTPADA U MORSKOM OKOLIŠU

Prisutnost morskog otpada, zajedno sa svojom fizičkom, ekološkom i socio-ekonomskom složenosti, predstavlja ozbiljnu prijetnju održivosti svjetskih prirodnih resursa i zdravlju čovjeka.¹ Otpad koji završava u morskom okolišu nepažljivim rukovanjem ili odlaganjem, namjernim ili nenamjernim ispuštanjem ili kao sami rezultat prirodnih katastrofa jedan je od najvećih problema globalnog razmjera. U nastavku ovog rada detaljno su prikazane osnovne vrste otpada u morskom okolišu koje podrazumijevaju: otpad na obali, plutajući otpad u moru i otpad na morskom dnu.

Morski otpad može se definirati kao bilo koji postojani, proizvedeni ili prerađeni čvrsti materijal odbačen u more, rijeke ili na plaže; rijekama, kanalizacijom, oborinskim vodama ili vjetrovima neizravno dovedena u more; ili odbačeni ili izgubljeni u moru.²

Osim toga, morski otpad može se okarakterizirati različitim razinama detalja te se stoga može otkriti i analizirati. Najniža razina detalja je vrsta materijala od kojeg se sastoji otpad, dok najviša razina detalja mogu biti klase veličine pojedinačnih otpada, kao što su plastične boce s volumenom manjim ili većim od 0,5 L. Morski otpad može biti klasificiran u sljedeće kategorije na temelju materijala od kojeg je izrađen: kemikalije, odjeća/tekstil, otpad od hrane (organski), staklo/keramika, umjetni polimeri/plastika, papir/karton, guma i obrađeno drvo. S obzirom na veličinu, morski otpad uobičajeno se svrstava u sljedeće veličine: makro-otpad veće od 25 mm, mezo-otpad od 5 mm do 25 mm i mikro-otpad do 5 mm.³

Opće je prihvaćeno da uzorkovanje različitih klasa veličine morskog otpada (makro-, mezo-, mikro-) zahtijeva različite metodološke pristupe.⁴

Procjenjuje se da globalno 8 milijuna tona plastičnog otpada dnevno završi u oceanima, od čega samo 1% plastičnog morskog otpada pluta na površini mora.⁵

¹ Učinkovita uporaba resursa i kružno gospodarstvo, dostupno na: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/76/ucinkovita-uporaba-resursa-i-kruzno-gospodarstvo> (20.5.2023.)

² Maglić, L., Maglić, L., Grbčić, A., Gulić, M. (2022). Composition of Floating Marine Litter in Port Areas of the Island of Mallorca. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10, 1079., str. 1.

³ Ibidem.

⁴ Ibidem.

⁵ Ibidem.

Mikroplastika je definirana kao plastična čestica promjera <5 mm, koja također sadrži čestice u rasponu nano veličine (1 nm). Može doći iz izravnog izvora ili nastati procesom razgradnje plastike zbog UV zračenja, vjetra, strujanja i drugih prirodnih čimbenika. Takve plastične čestice također zagađuju ocean iz sustava za pročišćavanje otpadnih voda jer mogu proći kroz posebne filtere za vodu. Plastični otpad predstavlja prijetnju morskim organizmima (ribe, rakovi, mekušci, dagnje itd.) jer se mogu slučajno kontaminirati mikroplastikom.⁶

Prisutnost morskog otpada ozbiljna je prijetnja svjetskim prirodnim resursima, okolišu i zdravlju ljudi. Otpad koji završava u morima i oceanima, bilo da je rezultat nepažljivog odlaganja, ispuštanja ili prirodnih katastrofa, predstavlja globalni problem.

2.1. OTPAD NA OBALI

Otpad na obali predstavlja veliki problem u cijelom svijetu. Otpad na obali smatra se jednim od najočitijih znakova onečišćenja mora otpadom. Ova vrsta otpada u morskom okolišu posljedica je ljudskih aktivnosti.. Postoje različite vrste otpada na obali, poput plastičnih vrećica, plastične boce, limenki, staklo, papir i dr.⁷

Taj otpad može nastati od strane ljudskih aktivnosti poput turizma, odnosno posjetitelja plaža ili može biti donesen morskim strujama iz udaljenih područja. Osim od ljudskih aktivnosti postoje i drugi izvori otpada na obali, a to su dotok otpada iz rijeka koji završi u moru, a potom i na plaži te ribarske aktivnosti.⁸ Istraživanja otpada koji se nasukao na obali primarni su alat za nadzor i evidentiranje količine otpada u morskom okolišu i koriste se diljem svijeta za kvantificiranje i opisivanje onečišćenja morskog otpada. Istraživanja su izuzetno korisna za mjerenje učinkovitosti upravljanja pojedinim tehnologijama i metodama ili mjerama ublažavanja otpada, identificiranje izvora i aktivnosti koje dovode do onečišćenja otpadom i utvrđivanje prijetnji morskoj bioti i ekosustavima.⁹

⁶ Ibidem.

⁷ Ibidem.

⁸ Ibidem.

⁹ Ibidem.

Iz tog razloga, količina otpada na obali (slika 1) predložena je kao glavni pokazatelj onečišćenja mora morskim otpadom koji se karakterizira kao „trendovi u količinama otpada izbačenog na obalu i/ili odloženog na obale, uključujući analizu njegovog sastava, prostornu distribuciju i, gdje je moguće, izvor.“¹⁰



Slika 1. Otpad na plaži u Velikoj Britaniji

Izvor: Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.

Nadzor morskog otpada na Europskim obalama razvio se iz niza kampanja, uglavnom pokrenutih od strane nevladinih organizacija. Sve kampanje izvorno su osmišljene s ciljem povećanja svjesnosti javnosti ili jednostavnog procjenjivanja opsega problema. Upute Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (engl. *United Nations Environment Programme - UNEP*) i Nacionalne uprave za oceane i atmosferu (engl. *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA*), su najkorisnije upute i postupci provođenja metoda nadzora, odnosno evidentiranja otpada na obali. Pregled UNEP-a uključuje sveobuhvatnu usporedbu postojećih metoda i protokola istraživanja te praćenja morskog otpada. Kako bi se mogla procijeniti količina, sastav i izvor stanja otpada na plaži, osnovan je DeFishGear projekt „Metodologija za monitoring morskog otpada na plažama“. On služi za uzorkovanje i obradu uzoraka. Postupak projekta je za početak, mjerenje širine i dužine plaže.

¹⁰ Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeftic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T. Lavine I., Manyara P. Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B. and Westphalen G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC.

Zatim se prikuplja, analizira, prebrojava i sortira otpad (sa zaštitnim rukavicama). Otpad koji se ne može ukloniti s plaže jer je pretežak ili prevelik, fotografira se i unosi u protokol. Uzorkovanje se većinom izvodi ukupno četiri puta kroz cijelu godinu (ožujak, svibanj, kolovoz, studeni). Tim projektom je unaprijeđena osnova znanja o količini i nastanku svih vrsta otpada u moru, pojačane su aktivnosti nadziranja otpada te je pojačana suradnja raznih institucija za planiranje i donošenje alternativnih rješenja u budućnosti. Kako bi došlo do održivog upravljanja i gospodarenja morem i obalnim pojasom, uvedena je Plava zastava. Ona je međunarodni ekološki program zaštite okoliša, mora i priobalja te najpriznatiji model ekološkog odgoja i obavješćivanja javnosti.¹¹

Rješenje smanjenja otpada na plažama su češće provedbe akcije čišćenja, recikliranje, postavljanje dovoljnog broja kanti za otpad duž plaže, rigorozniji zakoni plave zastave, postavljanje upozoravajućih znakova te podizanje ekološke svijesti. Trebalo bi kvantificirati i karakterizirati zagađenje otpadom na plažama te osigurati usporedive skupove podataka za podršku nacionalnim i regionalnim procjenama morskog otpada. Shodno tome također bi trebalo pružiti osnovu za razvoj mjera upravljanja, kontrole i provedbe te omogućiti mjere strategija ublažavanja. To bi nam pomoglo da shvatimo razinu prijetnje koju morski otpad predstavlja.¹²

2.2. PLUTAJUĆI OTPAD U MORU

Morski otpad uključuje plutajući otpad poput plastike i stiropora (slika 2).

Plutajući otpad ulazi u vodeni stup kroz odbačeni otpad uz cestu i kombinirane kanalizacijske ispuste te potom ulazi u rijeke i na kraju u more i ocean.

¹¹ Ibidem.

¹² Ibidem.



Slika 2. Plutajući otpad u moru

Izvor: Photo of environmentally dangerous plastic garbage floating in the sea, dostupno na: <https://www.istockphoto.com/photo/plastic-trash-environmental-hazard-floating-in-sea-gm1158525940-316493550> (12.8.2023.)

Najčešće vrste otpada koje se nalaze u rijekama i oceanima su različite vrste plastičnog otpada od polietilena, polipropilena, polivinil-klorida, i polistirena. Tehnologija za prikupljanje i uklanjanje plutajućeg otpada uključuju: zaštitne grane i barijere, zamke za otpad te posude (kante) za sakupljanje otpada.¹³

Zaštitne grane, plutajuće mrežaste grane ili barijere mogu biti učinkovit način za kontrolu plutajuće plastike kako bi se mogla sakupiti i reciklirati.¹⁴

Plutajuća mrežasta grana koristi se za kontrolu morskog otpada na dovodima, ispustima i u marinama.¹⁵

Korištenje mreža smanjuje troškove skupih programa čišćenja, omogućuje kontrolirano održavanje i minimalizira negativne utjecaje na okoliš.

Plutajući otpad u moru može potjecati iz različitih izvora koji mogu biti svjesno ili nesvjesno odbačeni te nastali isključivo ljudskim nemarom i nepažnjom. Postoje različiti izvori plutajućeg otpada u moru (Tablica 1) koji su prikazani u nastavku.

¹³ Marine Waste, Floating Debris & Aquatic Plant Control Technology, dostupno na: <https://www.elastec.com/marine-waste-floating-debris-technology/> (25.5.2023.)

¹⁴ Ibidem.

¹⁵ Visual Feature | Beat Plastic Pollution - UNEP, dostupno na: <https://unep.org/interactive/beat-plastic-pollution/> (25.5.2023.)

Tablica 1. Izvori plutajućeg otpada u moru

Izvori plutajućeg otpada u moru	Opis
Ribarski otpad	Ribarski otpad uključuje odbačene ribarske mreže i drugu ribarsku opremu koja može završiti u moru. Ovo se često naziva i "izgubljena ribarska oprema" i predstavlja značajan izvor otpada koji može prouzročiti ozljede i smrtnost morskih organizama.
Odbačeni otpad s brodova	Brodovi i plovila mogu doprinijeti otpadu na moru putem odbačenih predmeta poput plastičnih boca, limenki, ambalaže i drugog otpada koji može završiti u vodi.
Otpad s obale	Odbačeni otpad na obali, kao što su otpad s plaža ili otpad koji se ispire s kopna preko rijeka i potoka, može završiti kao plutajući otpad u moru.

Izvor: Obrada autorice prema <https://unep.org/interactive/beat-plastic-pollution/> (25.5.2023.)

Predmeti koji se susreću kao plutajući morski otpad kreću se od ribarskih mreža, bačvi, kutija, boca, plastičnih vrećica, malih potrošačkih predmeta, fragmenata predmeta i mikročestica otpada do nano i molekularne razine. Procjenjuje se da su gotovo 90 % plutajućeg morskog otpada predmeti izrađeni od polimera antropogenog podrijetla.¹⁶

Predmeti s pozitivnim uzgonom mogu plutati zbog svojstava materijala (polimerni materijal s pozitivnim uzgonom) ili dizajna (boce, spremnici, mreže s plovcima itd.). Predmeti se prenose po površini vode površinskim strujama, ali značajan utjecaj ima djelovanje vjetera koje može utjecati na raspored objekata koji strše s površine.

Pretpostavlja se da se ovi objekti pod utjecajem valova i vremenskih utjecaja fizički razgrađuju i stvaraju manje komade otpadaka, sve do tzv. mikrostelja, definiranog kao čestice veličine ispod 5 mm.¹⁷

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ Ibidem.

Fizička degradacija može naknadno stvoriti čestice mikrometarskog raspona i niže. Proces razgradnje može uključivati promjenu kemijskog sastava i strukture zbog ispiranja aditiva ili promjene polimera UV zračenjem.

Postoje procesi koji mogu dovesti do promjene gustoće plutajućeg predmeta i time uzrokovati potonuće predmeta, npr. bioobraštaj (nakupljanje organskog materijala).

Postoji širok raspon mogućih šteta uzrokovanih plutajućim otpadom. Gutanje i uplitanje morskih ptica, riba, kornjača i morskih sisavaca, s različitim veličinama plutajućih predmeta, jedan je od negativnih utjecaja otpada na površini mora.¹⁸

Iz navedenog je razvidno da plutajući otpad u moru predstavlja ozbiljan ekološki problem i prijetnju za morski ekosustav, morske organizme i obalne zajednice. Daljnji razvoj metoda za nadzor, prikupljanje i recikliranje ovog otpada ključan je za očuvanje morskog okoliša i smanjenje negativnih utjecaja na ocean i obalna područja.

2.3. OTPAD NA MORSKOM DNU

Otpad na morskom dnu odnosi se na otpadne materijale, objekte i čestice koje se nalaze na dnu oceana, mora ili drugih vodenih tijela. Ovaj tip otpada može uključivati različite materijale, poput potonulih brodova, automobila, odbačenog građevinskog materijala, plastičnog otpada, te drugih predmeta i čestica (slika 3).

¹⁸ Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.



Slika 3. Otpad na morskom dnu

Izvor: Despite deals, plans and bans, the Mediterranean is awash in plastic, dostupno na:

<https://news.mongabay.com/2021/11/despite-deals-plans-and-bans-the-mediterranean-is-awash-in-plastic/>

(12.8.2023.)

Otpad na morskom dnu može biti posljedica neodgovornog odlaganja otpada, nesreća na moru ili potapanja objekata. Strukture poput olupine brodova mogu postati umjetna staništa za određene vrste dok ostale strukture poput plastičnih vrećica mogu smetati normalnom funkcioniranju ekosustava. Otpad na morskom dnu, također je poznat pod nazivom podvodni otpad. Ovaj otpad često ostaje skriven ispod površine vode i manje je vidljiv od plutajućeg otpada, ali i dalje ima ozbiljne posljedice.

Otpad ima ozbiljne ekološke i ekonomske posljedice. Može utjecati na morski ekosustav, ugroziti životinje i biljke koje nastanjuju to područje, te imati negativan utjecaj na ribolov i druge gospodarske aktivnosti. Uklanjanje otpada s morskog dna može biti izazovno i zahtijeva posebne tehnike i opremu, a cilj je smanjiti negativne utjecaje ovog otpada na morski okoliš i očuvati morska područja za buduće generacije. Problem onečišćenja proizlazi od aktivnosti na moru, kao što su: ribarstvo, akvakultura i nautički turizam, te od neadekvatnog odlaganja otpada na zemljištu koje na kraju može završiti u moru.

Takav otpad koji potječe s kopna računa 80% ukupnog onečišćenja mora plastikom. Procjenjuje se da u svijetu dnevno završi 8 milijuna tona plastičnog otpada u oceanima, od čega samo 1% plastičnog morskog otpada pluta na površini mora.¹⁹

¹⁹ Ibidem.

3. METODOLOGIJE NADZORA MORSKOG OTPADA U SKLADU S REGIONALNIM KONVENCIJAMA O ZAŠTITI MORSKOG OKOLIŠA

Preporuke i mjere u Europi se odnose na uspostavljanje standarda i smjernica za nadzor, upravljanje i smanjenje morskog otpada u europskim zemljama. Ovo poglavlje obuhvaća opće pristupe i strategije za nadzor i evidentiranje morskog otpada, preporuke za nadzor preko Direktive o pomorskoj strategiji (engl. *Marine Strategy Framework Directive* - MSFD) i zajedničke strategije provedbe, te pregled međunarodnih konvencija o regionalnim morima kao što su Oskar, Barcelona, Helsinki i Bukurešt konvencije koje daju smjernice za nadzor i upravljanje morskim otpadom u tim područjima.

3.1. OPĆI PRISTUPI I STRATEGIJE ZA NADZOR MORSKOG OTPADA PREMA DIREKTIVI O POMORSKOJ STRATEGIJI

MSFD zahtijeva od europskih država članica da razviju strategije koje bi trebale dovesti do programa mjera kojima se postiže ili održava dobro stanje okoliša u europskim morima. Važan korak u postizanju dobrog stanja okoliša, države članice trebale bi uspostaviti programe praćenja za procjenu, omogućujući redovitu procjenu stanja dotičnih morskih voda.²⁰

MSFD smjernice pružaju detaljan pregled metoda za nadzor morskog otpada, uključujući postupke uzorkovanja, analizu podataka i izvješćivanje rezultata. Smjernice MSFD-a se temelje na znanstvenim studijama i praksama praćenja morskog otpada diljem Europe.²¹

Opći pristupi i strategije za nadzor morskog otpada obično se definiraju i razvijaju na međunarodnoj, nacionalnoj i lokalnoj razini.

²⁰ Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas, dostupno na: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC83985> (10.6.2023.)

²¹ Ibidem.

Nadzor morskog otpada prema Direktivi o pomorskoj strategiji predstavlja ključni aspekt očuvanja morskog okoliša i borbe protiv onečišćenja u morskim ekosustavima Europske unije. Direktiva pruža okvir za razvoj općih pristupa i strategiju za učinkovit nadzor i upravljanje morskim otpadom u okviru europskog morskog područja. Ključni aspekti općih pristupa i strategija za nadzor morskog otpada prema Direktivi o pomorskoj strategiji su sljedeći:²²

- **Sustavno prikupljanje podataka:** Prvi korak u nadzoru morskog otpada je sustavno prikupljanje relevantnih podataka o vrstama otpada, njihovim izvorima, količinama i lokacijama na morskoj površini, što uključuje suradnju s državama članicama, znanstvenim organizacijama i akademskim institucijama kako bi se osigurala ažurirana i pouzdana baza podataka.
- **Identifikacija i kategorizacija otpada:** Otpad u moru treba identificirati i kategorizirati prema vrstama materijala (npr. plastika, drvo, metal), veličini, gustoći i stanju raspadanja.
- **Postavljanje ciljeva i pokazatelja:** Definiranje ciljeva i pokazatelja za nadzor morskog otpada ključno je za procjenu uspješnosti provedenih mjera. Ciljevi uključuju smanjenje količine plutajućeg otpada ili očuvanje morske biološke raznolikosti.
- **Primjena naprednih tehnologija:** Tehnološki napredak igra ključnu ulogu u nadzoru morskog otpada, što uključuje korištenje satelita visoke rezolucije, bespilotnih letjelica (dronova), tehnike daljinske detekcije i senzora za identifikaciju i praćenje otpada.
- **Uključivanje građana:** Edukacija i uključivanje građana igraju važnu ulogu u nadzoru morskog otpada. Razvoj mobilnih aplikacija i sustava za prijavu otpada omogućuje građanima da sudjeluju u prikupljanju podataka i praćenju problema s otpadom na obalama.
- **Koordinacija i suradnja:** Nadzor morskog otpada zahtijeva suradnju između država članica, znanstvenih organizacija, nevladinih organizacija i industrije. Koordinacija aktivnosti i razmjena informacija ključne su za uspješno upravljanje otpadom u moru.
- **Izrada planova upravljanja:** Na temelju prikupljenih podataka i postavljenih ciljeva, trebaju se izraditi detaljni planovi upravljanja morskim otpadom, što uključuje strategije za uklanjanje otpada, sprječavanje daljnjeg čišćenja te edukaciju i svijest javnosti.

²² Ibidem.

- **Prilagodba strategije:** Nadzor morskog otpada treba biti dinamičan proces. Strategije i planovi trebaju se prilagoditi novim saznanjima, tehnološkim inovacijama i promjenama u okolišu kako bi se očuvala morska sredina.

Obično su uključeni kao što su regulacija pomorskog prometa, obrazovanje i svijest javnosti, prevencija stvaranja otpada i uklanjanje postojećeg otpada. Opći pristupi i strategije za nadzor morskog otpada mogu se pronaći na različitim izvorima, ovisno o potrebama i interesima kao što su web stranice međunarodnih organizacija, regionalnih organizacija i nacionalnih agencija i ministarstava, međunarodnih konvencija te akademskih i istraživačkih baza podataka.

Obuhvaćaju metode i smjernice koje se koriste za sustavni nadzor i ocjenu količine, vrsta i distribucije otpada u morskom okolišu. Opći pristupi i strategije osmišljeni su kako bi se osigurala dosljednost, pouzdanost i usporedivost podataka o morskom otpadu.²³

Opći pristupi i strategije za nadzor morskog otpada omogućuju sustavni nadzor količine, vrsta i distribucije otpada, ključne za učinkovito upravljanje morskim otpadom.

3.2. METODOLOGIJE NADZORA OTPADA U MORSKOM OKOLIŠU PREMA NAJVAŽNIJIM KONVENCIJAMA O REGIONALNIM MORIMA

Nadzor morskog otpada prema konvencijama o regionalnim morima ima za cilj uspostaviti smjernice i protokole za nadzor otpada u određenim regionalnim morima diljem svijeta.

Konvencije o regionalnim morima služe kao okvir za suradnju između država članica s ciljem zaštite morskog okoliša i očuvanja biološke raznolikosti.

U nastavku su detaljno opisane najvažnije međunarodne konvencija o regionalnim morima i njihov pristup nadzoru morskog otpada.

²³ Ibidem.

3.2.1. OSPAR konvencija

Konvencija o zaštiti morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika (engl. *Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic – OSPAR*) je regionalna pomorska konvencija koja je stvorena s ciljem zaštite morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika.

OSPAR je stoga pravni mehanizam kojim ugovorne strane koje čine Komisiju OSPAR surađuju u zaštiti morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika. Ugovorne strane OSPAR-a su: Belgija, Danska, Finska, Francuska, Njemačka, Island, Irska, Nizozemska, Norveška, Portugal, Španjolska, Švedska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Luksemburg, Švicarska i također Europska unija. Komisija je započela 1972. godine Konvencijom iz Osla koja je raspravljala o problemu dampinga.²⁴

Kasnije, 1974. godine, Pariška konvencija raspravljala je o pitanjima koja se odnose na izvore onečišćenja mora kopnenog podrijetla i od obale.

Ove dvije konvencije su objedinjene, ažurirane i proširene Konvencijom OSPAR 1992. Naziv OSPAR stoga dolazi od dviju izvornih konvencija ("OS" u Oslu i "PAR" u Parizu).²⁵

Odluke i preporuke OSPAR Komisije temelje se na sljedećim načelima:²⁶

- **Ekosustavni pristup:** Odluke se donose uzimajući u obzir cjelokupni ekosustav morskog okoliša, prepoznajući međuovisnost svih njegovih komponenti.
- **Načelo predostrožnosti:** Odluke se donose uzimajući u obzir potencijalne rizike za okoliš, čak i ako znanstveni podaci nisu potpuno utvrđeni, a sa ciljem da se spriječi moguća šteta.
- **Načelo zagađivač plaća:** Odgovornost za onečišćenje snosi zagađivač, a troškovi zaštite okoliša i obnove morskog ekosustava trebaju biti preneseni na one koji pridonose onečišćenju.

²⁴ Convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic, dostupno na: <https://treaties.un.org/pages/showdetails.aspx?objid=0800000280069bb5> (9.9.2023).

²⁵ Ibidem.

²⁶ Ibidem.

- **Najbolje dostupne tehnike i najbolje prakse zaštite okoliša:** uključujući čistu tehnologiju: Primjena najboljih dostupnih tehnika i praksi zaštite okoliša promiče smanjenje onečišćenja i negativnih utjecaja na morski okoliš.

Ugovorne stranke OSPAR konvencije obvezuju se na usvajanje potrebnih mjera za sprečavanje onečišćenja, zaštitu morskog okoliša od utjecaja ljudskih aktivnosti, očuvanje i obnovu morskih ekosustava te zaštitu zdravlja ljudi.²⁷

Istraživanje otpada na plažama koje provodi OSPAR dokumentiraju 120 različitih stavki koje se mogu koristiti za identifikaciju izvora otpada. Međutim, jedan od izazova koji se pojavljuje u svim tim skupovima podataka jest da mnogi predmeti mogu potjecati iz više od jednog izvora, dok drugi ne mogu biti jasno pripisani niti jednom specifičnom izvoru, kao što su na primjer komadi plastike/polistirena u rasponu od 2,5 cm do 50 cm..²⁸

Kako bi OSPAR prevladao ovaj problem i identificirao trendove za kategorije izvora, identificirao je stavke pokazatelja koje se izravno odnose na određenu kategoriju izvora.

Kategorizacija izvora otpada na plaži prema OSPAR konvenciji je prikazana u Tablici 2.

Tablica 2. Kategorizacija izvora otpada na plaži prema OSPAR konvenciji

Izvor	Indikatori
Ribarstvo, uključujući akvakulturu	<ul style="list-style-type: none"> • Limenke, kutije za ribe, ribolovna mreža, utezi za ribolov, gumene rukavice, plovci/plutače. • Užad/konopci/mreže <50 cm, odnosno >50 cm, zapetljane mreže. • Lonci za rakove/jastoge, lonci od hobotnice. • Mreže za kamenice i vrećice za dagnje, posude za kamenice, plastična folija iz uzgoja dagnji.
Otpad od brodarstva i aktivnosti na moru (neoperativni otpad)	<ul style="list-style-type: none"> • Kartoni/tetrapak, boce za čistače, sprejevi. • Metalne konzerve za hranu, plastične rukavice, plastični proizvodi.

²⁷ OSPAR Convention, dostupno na: <https://www.dgrm.mm.gov.pt/en/web/guest/ospar> (10.6.2023.)

²⁸ Ibidem.

Sanitarni i kanalizacijski otpad	<ul style="list-style-type: none"> • Kondomi, pamuk ili štapići. • Higijenski ulošci/pozadinske trake za gaćice. • Tamponi/aplikatori za tampone. • Trake za vezivanje, industrijska ambalaža, kacige. • Drvene palete, bačve za ulje (nove i stare). • Žarulje/cijevi, spremnici pištolja za ubrizgavanje.
Dostava, uključujući offshore aktivnosti (operativni otpad)	<ul style="list-style-type: none"> • Trake za vezivanje, industrijska ambalaža, kacige. • Drvene palete, bačve za ulje (nove i stare). • Žarulje/cijevi, spremnici pištolja za ubrizgavanje.
Turizam i rekreacijske aktivnosti	<ul style="list-style-type: none"> • Plastične vrećice za kupovinu, plastične boce/spremnici za piće. • Metalne boce/posude za piće. • Plastične posude za hranu, staklene boce, paketi za hrskavo meso/slatkiše i štapići od lizalica.

Izvor: Izrada autorice prema Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.

Tablica 2 predstavlja kategorizaciju izvora otpada na plaži prema OSPAR konvenciji. Kategorizacija ima za cilj identificirati različite izvore otpada koji završavaju na obalama te pružiti konkretne indikatore koji ilustriraju vrste otpada koje se često pojavljuju iz svakog izvora.

Pod kategorijom "Ribarstvo, uključujući akvakulturu", navedeni su primjeri otpada koji proizlazi iz ribarskih aktivnosti, kao što su limenke, kutije za ribe, ribolovne mreže, utezi za ribolov, gumene rukavice te plovci i plutače. Dodatno su navedeni detalji kao što su zapetljane mreže i korovi, lonci za rakove, mreže za kamenice te pripadajući otpad iz uzgoja dagnji.

OSPAR konvencija ima važnu ulogu u podršci provedbi MSFD-a. OSPAR konvencija pruža dodatnu potporu za ostvarivanje ciljeva MSFD-a.

Konkretno, OSPAR konvencija pomaže u usklađivanju i koordinaciji napora država članica EU-a i drugih zemalja koje sudjeluju u OSPAR konvenciji kako bi se postigli ciljevi MSFD-a.²⁹

3.2.2. Barcelonska konvencija

Konvencija o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja (Barcelonska konvencija) donesena je 16. veljače 1976. u Barceloni, a stupila je na snagu 1978. godine.³⁰

Barcelonska konvencija izmijenjena je 1995. godine i preimenovana u Konvenciju o zaštiti morskog okoliša i obalnog područja Sredozemlja. Izmjene i dopune Barcelonske konvencije stupile su na snagu 2004. godine.³¹

Barcelonska konvencija i njezinih sedam protokola usvojenih u okviru MAP-a (engl. *Mediterranean Action Plan*, Mediteranski akcijski plan) čine glavni regionalni pravno obvezujući Multilateralni sporazum o okolišu (engl. *Multilateral environmental agreement - MEA*) u Sredozemlju.³²

Ugovorne stranke Barcelonske konvencije su Albanija, Alžir, Bosna i Hercegovina, Hrvatska, Cipar, Europska unija (engl. *European Union*), Egipat, Francuska, Grčka, Izrael, Italija, Libanon, Libija, Malta, Monako, Crna Gora, Maroko, Slovenija, Španjolska, Sirija, Tunis i Turska. Nadalje, izmijenjeni Ugovor Europske unije daje isključivu nadležnost EU u području „očuvanja morskih bioloških resursa u okviru zajedničke ribarstvene politike“.³³

Uz izuzetak Crne Gore, sve ugovorne stranke Barcelonske konvencije također su članice Protokola o odlaganju otpada. Alžir, Bosna i Hercegovina, Grčka, Izrael, Libanon i Libija nisu prihvatile amandmane na Protokol o odlaganju otpada iz 1995. godine.³⁴

²⁹ Ibidem.

³⁰ Barcelona Convention for the protection of the Mediterranean, dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/barcelona-convention-for-the-protection-of-the-mediterranean.html> (9.9.2023).

³¹ Ibidem.

³² Barcelona Convention and Protocols, dostupno na: <https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols> (10.6.2023.)

³³ Ibidem.

³⁴ Ibidem.

Barcelonska konvencija obuhvaća širok raspon pitanja vezanih uz zaštitu sredozemnog mora, uključujući:

- **Onečišćenje mora:** Konvencija se bavi različitim izvorima onečišćenja, uključujući onečišćenje mora iz brodova, obalnih postrojenja i drugih izvora. Cilj je smanjiti onečišćenje i uspostaviti mjere zaštite obalnih područja.
- **Biološka raznolikost:** Konvencija promiče zaštitu morskog ekosustava i biološke raznolikosti Sredozemlja. Poseban fokus je na zaštitu ugroženih vrsta i ekosustava.
- **Obalni razvoj:** Pitanja obalnog razvoja, uključujući održivo upravljanje obalnim resursima i zaštitu priobalnih zona, također su obuhvaćena Konvencijom.
- **Sigurnost plovidbe:** Konvencija promiče sigurnost plovidbe i sprečavanje nesreća na moru, uključujući mjere zaštite od onečišćenja nafte i kemikalija.

U sklopu konvencije, definirana je metodologija za nadzor morskog otpada, a s ciljem identifikacije vrsta i količina otpada u Sredozemnom moru.

Nadzor morskog otpada prema Barcelonskoj konvenciji obuhvaća uspostavu smjernica i protokola za prikupljanje i analizu podataka o otpadu. Metode uzorkovanja se primjenjuju kako bi se utvrdila količina, vrste i distribucija otpada u Sredozemnom moru. Nadzor morskog otpada prema Barcelonskoj konvenciji ima važnu ulogu u informiranju donositelja odluka i oblikovanju politika za održivo upravljanje morskim okolišem. Održiv nadzor morskog otpada pomaže u zaštiti biološke raznolikosti Sredozemnog mora i očuvanju njegovih ekosustava.³⁵Kategorizacija otpada prema Barcelonskoj konvenciji je prikazana u Tablici 3.

Tablica 3. Kategorizacija otpada prema Barcelonskoj konvenciji

Otpad	Indikatori
Teški metali	Olovo, živa, kadmij itd.
Radioaktivni otpad	Ispuštanje radioaktivnih materijala u morsku vodu.
Naftni proizvodi i hidrokarboni	Ispuštanje nafte i naftnih derivata.
Biološki otpad	Otpadni proizvodi iz akvakulture i ribarstva.
Industrijski otpad	Kemijski i toksični otpad iz industrijskih postrojenja.
Komunalni otpad	Otpad koji potječe iz naseljenih područja, uključujući kanalizaciju.

³⁵ Ibidem.

Plastični otpad	Otpadne plastične materijale koji mogu doći u morski ekosustav.
-----------------	---

Izvor: Izrada autorice prema Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.

Analizirajući različite kategorije otpada kao što su teški metali, radioaktivni materijali, naftni proizvodi, biološki otpad, industrijski otpad, komunalni otpad i plastični otpad, postaje jasno da različite vrste otpada mogu značajno utjecati na kvalitetu mora. Otpuštanje štetnih tvari poput teških metala, radioaktivnih materijala i kemikalija iz industrijskih postrojenja te kanalizacije ima potencijal da ozbiljno ugrozi morski ekosustav.

3.2.3. Helsinška konvencija (*Baltic Sea Environmental Protection Commission – HELCOM*)

Konvenciju o zaštiti morskog okoliša u području Baltičkog mora – također poznatu kao Helsinška konvencija, izvorno su 1974. potpisale sve obalne zemlje Baltičkog mora, u nastojanju da se pozabave sve većim ekološkim izazovima industrijalizacije i drugih ljudskih aktivnosti i da su ima ozbiljan utjecaj na morski okoliš.³⁶

Helsinška konvencija uključuje zaštitu Baltičkog mora od svih izvora onečišćenja s kopna, zraka i mora. Također obvezuje potpisnike na poduzimanje mjera za očuvanje staništa i biološke raznolikosti te za održivo korištenje morskih resursa.

Konvencija pokriva cijelo područje Baltičkog mora, uključujući kopnene vode, kao i same morske vode i morsko dno. Također se poduzimaju mjere u cijelom slivnom području Baltičkog mora kako bi se smanjilo onečišćenje s kopna. Izvornu Konvenciju potpisalo je u Helsinkiju 22. ožujka 1974. tadašnjih sedam ugovornih strana: Danska, Finska, Njemačka Demokratska Republika (DDR), Savezna Republika Njemačka (FRG), Poljska, Švedska i Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika (SSSR). Stupio je na snagu 3. svibnja 1980.³⁷

³⁶ The Helsinki Convention, dostupno na: <https://helcom.fi/about-us/convention/> (9.9.2023).

³⁷ Ibidem.

Helsinška konvencija ažurirana je 1992. kako bi uzela u obzir geopolitičke promjene i nove ekološke izazove u regiji.

Konvencija je proširena na deset ugovornih strana, odnosno Dansku, Estoniju, Europsku uniju, Finsku, Njemačku, Latviju, Litvu, Poljsku, Rusiju i Švedsku.

Ažurirana Helsinška konvencija iz 1992. stupila je na snagu 17. siječnja 2000., nakon što su instrumente ratifikacije položile Europska zajednica, Njemačka, Latvija i Švedska 1994., Estonija i Finska 1995., Danska 1996., Litva 1997. te Poljske i Rusije u studenom 1999.³⁸

Konvencija se mijenja i dopunjuje kad god se to smatra potrebnim, kao što je nadzor razvoja međunarodnih ekoloških i pomorskih zakona. Posljednji amandman na Konvenciju stupio je na snagu 1. srpnja 2014. godine.³⁹

Helsinška konvencija obuhvaća širok raspon pitanja koja se tiču Baltičkog mora, uključujući:

- **Onečišćenje mora:** Konvencija se bavi onečišćenjem mora iz različitih izvora, uključujući onečišćenje iz brodova, industrijskih postrojenja, komunalnih izvora i poljoprivrede. Cilj je smanjiti i kontrolirati emisije tvari koje mogu štetiti morskom okolišu.
- **Biološka raznolikost:** Konvencija promiče očuvanje biološke raznolikosti i ekosustava Baltičkog mora te potiče mjere zaštite ugroženih vrsta i staništa.
- **Otpad:** Pitanja upravljanja otpadom i zaštite obalnih područja također su obuhvaćena Konvencijom.
- **Nesreće na moru:** Konvencija sadrži odredbe za sprečavanje nesreća na moru i zaštitu mora od onečišćenja uzrokovanog takvim nesrećama.
- **Znanstveno istraživanje:** Konvencija potiče suradnju u znanstvenom istraživanju i razmjeni informacija kako bi se bolje razumjeli procesi u Baltičkom moru i njegove ekosisteme.

³⁸ Baltic Marine Environment Protection Commission HELCOM, dostupno na: <https://oceanexpert.org/institution/20989> (9.9.2023).

³⁹ The Helsinki Convention, dostupno na: <https://helcom.fi/about-us/convention/> (12.6.2023.)

Unutar okvira HELCOM-a, uspostavljene su smjernice i protokoli za nadzor morskog otpada. Metode uzorkovanja obuhvaćaju prikupljanje uzoraka otpada iz različitih područja Baltičkog mora, dok se analizom podataka ocjenjuje razina i distribucija otpada.⁴⁰

Nadzor morskog otpada prema HELCOM-u pruža važne informacije o stanju otpada u Baltičkom moru, identificira ključne izvore i utjecaje otpada te pomaže u razvoju mjera za smanjenje i upravljanje otpadom.

Podaci prikupljeni putem nadzora morskog otpada koriste se za informiranje odlučivanja i planiranje aktivnosti za očuvanje i obnovu morskog okoliša u regiji Baltičkog mora.⁴¹

3.2.4. Bukurešt konvencija

Bukurešt Konvencija, punim nazivom "Konvencija o zaštiti i očuvanju crnomorskog okoliša" (engl. *Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution*), je međunarodni sporazum koji ima za cilj zaštititi i očuvati okoliš Crnog mora i promicati održivo gospodarenje njegovim resursima. Konvencija je potpisana 21. travnja 1992. godine u Bukureštu, Rumunjska, i stupila je na snagu 1994. godine.⁴²

Glavni cilj Bukurešt Konvencije je zaštita Crnog mora od onečišćenja i očuvanje njegove biološke raznolikosti. Konvencija se bavi širokim rasponom pitanja, uključujući:

- **Onečišćenje mora:** Konvencija se bavi kontrolom i smanjenjem onečišćenja mora iz različitih izvora, uključujući onečišćenje iz brodova, industrijskih postrojenja, komunalnih izvora, poljoprivrede i drugih aktivnosti koje mogu utjecati na Crno more.
- **Biološka raznolikost:** Konvencija promiče zaštitu biološke raznolikosti Crnog mora, uključujući mjere zaštite ugroženih vrsta i staništa.
- **Obalna zona:** Pitanja upravljanja obalnom zonom, uključujući očuvanje priobalnih ekosustava i obalnih područja, također su obuhvaćena Konvencijom.

⁴⁰ Ibidem.

⁴¹ Ibidem.

⁴² Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution (Bucharest Convention), dostupno na: https://www.mfa.gov.tr/convention-on-the-protection-of-the-black-sea-against-pollution-bucharest-convention_en.mfa (9.9.2023).

- **Suradnja:** Konvencija potiče suradnju između obalnih država Crnog mora kako bi se postigli zajednički ciljevi zaštite i očuvanja morskog okoliša.

U okviru Bukurešt konvencije provode se strategije nadzora morskog otpada s ciljem procjene stanja morskog okoliša i identifikacije problema vezanih uz otpad u Crnom moru. Nadzor morskog otpada prema Bukurešt konvenciji uključuje uspostavu smjernica i protokola za prikupljanje, analizu i izvješćivanje o podacima o otpadu. Metode uzorkovanja se primjenjuju kako bi se utvrdila količina, vrste i distribucija otpada u Crnom moru. Analiza podataka omogućuje praćenje trendova, identifikaciju izvora otpada i razvoj mjera za smanjenje i sprječavanje morskog otpada.

Nadzor morskog otpada prema Bukurešt konvenciji pruža važne informacije o stanju Crnog mora i doprinosi razumijevanju utjecaja otpada na morski ekosustav. Podaci prikupljeni putem nadzora morskog otpada koriste se za informiranje odlučivanja i planiranje mjera za očuvanje i obnovu Crnog mora. Održivi nadzor morskog otpada igra ključnu ulogu u postizanju održivog upravljanja morskim okolišem u regiji Crnog mora.⁴³

⁴³ Bucharest Convention, dostupno na: <https://water.europa.eu/marine/countries-and-regional-seas/regional-conventions/bucharest-convention> (12.6.2023.)

4. METODE NADZORA PLUTAJUĆEG OTPADA

Plutajući otpad u moru predstavlja ozbiljan ekološki problem i prijetnju morskom ekosustavu, morskim organizmima i obalnim zajednicama, a odnosi se na otpadne materijale i predmete koji se nalaze na površini mora ili oceana. Ovaj tip otpada često uključuje različite materijale, kao što su plastika, drvo, staklo, metal, plutači i drugi predmeti koji plutaju na vodi ili su preneseni na more. Od navedenih materijala plastični otpad posebno je zabrinjavajući jer se može razgraditi na manje čestice koje mogu širiti onečišćenje i štetiti morskom životu, stoga je od iznimne važnosti provoditi različite metode nadzora takvog otpada kako bi se prije no što potone na morsko dno, takav otpad mogao ukloniti iz mora. U ovom dijelu rada detaljno su opisane sve postojeće metode nadzora plutajućeg otpada u moru. Metode nadzora otpada s morske površine su pretežito metode promatranja. Metode promatranja se mogu provoditi golim okom ili korištenjem slika koje su zabilježene s brodova ili dronova. Metode nadzora plutajućeg otpada na morskoj površini mogu se podijeliti na:⁴⁴

- Metode nadzora iz zraka
- Metode nadzora s brodova.

Metode nadzora otpada s morske površine većinom se oslanjaju na metode promatranja, koje se provode vizualno golim okom ili pomoću slika snimljenih s brodova ili dronova, a detaljnije su opisane u nastavku rada.

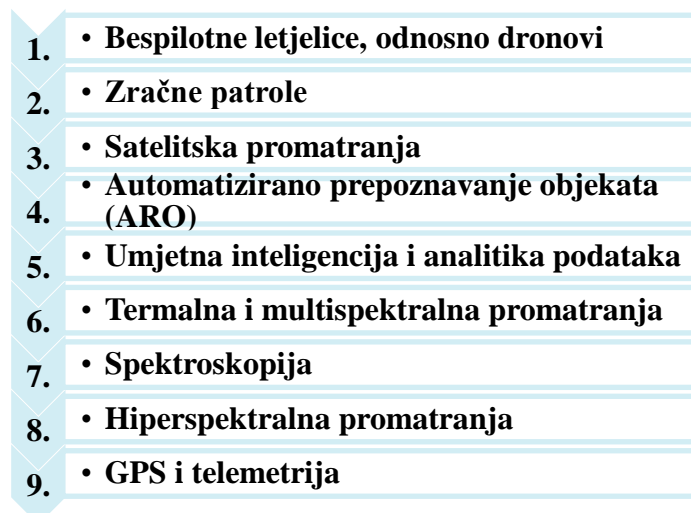
4.1. METODE NADZORA PLUTAJUĆEG OTPADA IZ ZRAKA

Nadzor plutajućeg otpada iz zraka često puta je korak naprijed u otkrivanju većeg otpada, a istovremeno omogućuje pregled šireg područja što je od iznimne važnosti za očuvanje morskog okoliša.

⁴⁴ Ibidem.

Ove tehnike nadzora su prikladne za otkrivanje većih objekata, kao što su zapašteni ribolovni alati (plutajuće mreže) ili velika mjesta nakupljanja otpada.⁴⁵Najniža granica za mjerenje plutajućeg otpada iz zraka je cca. 30-40 cm.

Nadzor plutajućeg otpada iz zraka može se provoditi raznim metodama, a sve u cilju identifikacije, kontinuiranog praćenja i upravljanja otpadom u smislu njegovog uklanjanja sa morske površine. Neke od metoda su prikazane na slici 4.

- 
1. • **Bespilotne letjelice, odnosno dronovi**
 2. • **Zračne patrole**
 3. • **Satelitska promatranja**
 4. • **Automatizirano prepoznavanje objekata (ARO)**
 5. • **Umjetna inteligencija i analitika podataka**
 6. • **Termalna i multispektralna promatranja**
 7. • **Spektroskopija**
 8. • **Hiperspektralna promatranja**
 9. • **GPS i telemetrija**

Slika 4. Metode nadzora morskog otpada s površine mora iz zraka

Izvor: Izrada autorice prema Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.

Bespilotne letjelice, odnosno dronovi mogu pružiti precizno, relativno jednostavno i efikasno nadziranje određenih područja mora i obala. Dodatno, u relativno kratkom vremenu mogu pregledati veliku kvadraturu morske površine. Bespilotne letjelice opremljene su kamerama koje omogućavaju visoko kvalitetne video snimke, a dodatno mogu biti opremljene i sensorima za identifikaciju plutajućeg otpada.

Zračne patrole opremljene sensorima i kamerama koje mogu zahvatiti veći dio područja oceana nego dronovi. Često se koriste za identifikaciju većih nakupina plutajućeg morskog otpada. Sateliti visoke rezolucije mogu pružiti kontinuirane slike velikih područja oceana. Ova tehnologija omogućuje identifikaciju većih mrlja (npr. uljnih) plutajućeg otpada te nadzor njihovog kretanja tijekom vremena.

⁴⁵ Ibidem.

Automatizirano prepoznavanje objekata (engl. *Automated object recognition* - ARO) podrazumijeva računalno prepoznavanje oblika i uzoraka plutajućeg otpada kako bi se automatski identificirao plutajući otpad sa slika snimljenih iz zraka.

Kombinacija naprednih algoritama obrade slika i analize podataka omogućuje automatsko prepoznavanje, nadzor i kvantifikaciju otpada na morskoj površini.

Termalne kamere i multispektralni senzori mogu otkriti različite vrste otpada na temelju njihove emisije topline ili refleksije svjetlosti u različitim valnim duljinama.

Spektroskopija koristi analizu elektromagnetskog zračenja koje objekti odašilju ili reflektiraju kako bi identificirala sastav otpada. To može pomoći u razlikovanju raznih materijala i vrsta otpada.

Hiperspektralni senzori omogućuju detaljniju analizu površine mora putem prikupljanja spektralnih potpisa različitih materijala. Ova metoda može biti korisna za precizno identificiranje različitih vrsta otpada.

Integracija GPS sustava i telemetrije omogućuje nadzor kretanja otpada u stvarnom vremenu, što je posebno korisno za bolje razumijevanje dinamike morskog otpada.

Važno je napomenuti da je kombinacija različitih metoda često najučinkovitija za sveobuhvatan nadzor morskog otpada i da tehnologija u ovom području nastavlja napredovati kako bi se poboljšala preciznost identifikacije otpada te osigurala bolja zaštita okoliša.⁴⁶

4.2. METODE NADZORA S BRODOVA

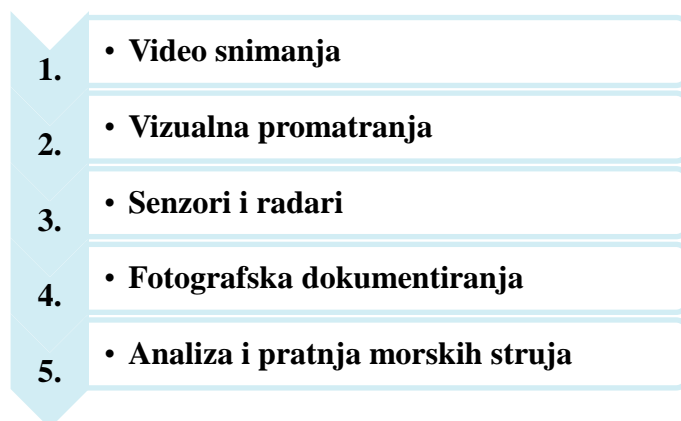
Vizualno promatranje s brodova najčešće je korištena metodologija za kvantifikaciju plutajućeg morskog otpada. Metodologija uvelike ovisi o cilju promatrača, protokolu, brodu i uvjetima promatranja. Budući da rezultati ovise o različitim vanjskim čimbenicima, teške su procjene trendova i usporedbe između različitih istraživanja.

⁴⁶ Ibidem.

Usklađeni protokoli za izvješćivanje i detaljno bilježenje uvjeta promatranja su ključni.⁴⁷

Američka Nacionalna oceanografska i atmosferska uprava (engl. - *National Oceanic and Atmospheric Administration* - NOAA) razvila je protokole pod nazivom „Brodski obrazac za promatranje plutajućeg morskog otpada“ (engl. *A ship's form for the observation of floating marine debris*) (Arthur et al., 2011.). On se temelji na metodama korištenim u istraživanjima plutajućeg morskog otpada, prethodnim promatranjima s broda koje je na moru provela NOAA te iskustvu i doprinosu mornara. Cilj nadzora morskog otpada s brodova je izračunati gustoću morskog otpada unutar određenog područja.⁴⁸

Postoje različite metode nadzora otpada na morskoj površini koje se provode s brodova, što je prikazano na Slici 5.



Slika 5. Metode nadzora otpada na morskoj površini

Izvor: Izrada autorice prema Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.

Kamere postavljene na brodu mogu kontinuirano snimati morsku površinu kako bi se kasnije analizirao te identificirao plutajući otpad.

Osobe na brodu golim okom ili dalekozorom identificiraju plutajući otpad s morske površine.

Senzori i radarski sustavi identificiraju velike plutajuće otpade na morskoj površini. Fotografiranje morskog otpada uz pomoć pametnih telefona ili fotoaparata koja može pomoći u kasnijoj analizi količine i vrste otpada.

⁴⁷ UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter, Regional Seas Reports and Studies No. 186 IOC Technical Series No. 83.

⁴⁸ Ibidem.

Nadzorom struja i vjetra može se predvidjeti na kojem dijelu morske površine će se otpad najviše nakupiti. Time se može prilagoditi ruta broda za učinkovitije prikupljanje.

4.3. BUDUĆI TRENDVI NADZORA OTPADA

Potaknute potrebama znanstvenih istraživanja i zahtjevima za nadzorom, nedavno su razvijene neke buduće metodologije. Potrebna je pažljiva procjena za njihovu moguću primjenu u svrhu MSFD monitoringa morskog otpada u promatranju trendova kao pokazatelja uspješne provedbe mjera. Kako bi se dodatno unaprijedio nadzor otpada s morske površine, preporučuje se da se provode kritičke procjene kako bi se utvrdila vrijednost usporedbe razlika u morskome otpadu, da se provode dodatna ispitivanja protokola u drugim tipovima obalnih staništa te da se uzorkovanja obala odvijaju korištenjem stratificiranog slučajnog uzorkovanja, a ne pristupom fiksnog uzorkovanja.

Procjene površinskog plutajućeg otpada trebale bi dovesti do poboljšanja strategije procjene tijekom sljedećih nekoliko godina. Istraživački naponi trebali bi pružiti uvid u puteve i transportni obrazac otpada, zatim se naponi nadzora mogu usmjeriti na odabrana područja s poznatim karakteristikama, a programi nadzora država članica EU-a mogu pružiti podatke za pouzdane procjene trendova.⁴⁹

Identificirane istraživačke prioritete treba priopćiti organizacijama za financiranje istraživanja na nacionalnoj razini i razini EU-a (Glavna uprava za istraživanje i inovacije).⁵⁰

Stručnjaci za morski otpad uključeni u provedbu MSFD-a trebaju promatrati razvoj i promovirati obećavajuće pristupe. Cilj bi trebao biti postizanje boljeg znanja o čimbenicima koji određuju raspodjelu otpada na moru na vrijeme za reviziju Odluke Komisije (2010/477/EU).⁵¹

⁴⁹ Ibidem.

⁵⁰ Walker, T. R. McGuinty, E., Hickman, D. (2021). Marine debris database development using international best practices: A case study in Vietnam. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 173, Part A, December 2021, 112948.

⁵¹ Ibidem.

Budući trendovi nadzora otpada na morskoj površini obično će se oslanjati na napredne tehnologije i inovativne pristupe kako bi se učinkovitije pratilo i upravljalo zagađenjem morskih ekosustava. Iako precizni trendovi ovise o daljnjem razvoju tehnologije i istraživanjima, neke od mogućih metoda su prikazane u nastavku rada.⁵²

Daljinska detekcija s primjenom satelitskog radara, multispektralnih podataka i daljinske detekcije iz zraka (osobito radara) može se koristiti za identifikaciju vrtloga i zona konvergencije na otvorenom moru. Predlaže se pristup višestupanjskog modeliranja i daljinskog očitavanja za identifikaciju područja otvorenog oceana gdje je veća vjerojatnost nakupljanja otpada. Napredak se najbolje može postići usavršavanjem postojećih postupaka s dodatkom završne faze pretrage pomoću zračnog radara iz zrakoplova simulatora sustava bespilotne zrakoplove (engl. *Unmanned Aircraft System* – UAS) za otkrivanje zona potencijalnog nakupljanja za izravnu pretragu.⁵³

Razvoj autonomnih plutača i brodova opremljenih tehnologijama za prepoznavanje i prikupljanje otpada omogućuje kontinuirano čišćenje morske površine.

Ugradnja senzora i telemetrije u otpad omogućuje nadzor kretanja otpada u stvarnom vremenu, pružajući vrijedne podatke za upravljanje.

Korištenje „strojnog“ učenja i umjetne inteligencije za analizu velike količine podataka može pomoći u prepoznavanju uzoraka i trendova vezanih za otpad na morskoj površini.

Blockchain može pružiti transparentnost u lancu praćenja otpada te bolji nadzor njegovog porijekla. Razvoj mobilnih aplikacija i sustava za savjetovanje omogućuje građanima i korisnicima da prijavljuju lokacije otpada i sudjeluju u nadzoru. Jedna od mobilnih aplikacija je Marine Debris Tracker. Ona je osmišljen kako bi pomogla i doprinijela podacima građanima o plastičnom onečišćenju u vlastitoj zajednici. Obrazovne, neprofitne znanstvene organizacije te građani iz cijelog svijeta svakodnevno bilježe podatke o kopnenom i morskom otpadu pomoću Marine Debris aplikacije, pridonoseći platformi otvorenih podataka i znanstvenim istraživanjima.

⁵² Ibidem.

⁵³ Overview of available methods to monitor marine plastic litter, Incl. method for riverine litter monitoring developed within BLASTIC, dostupno na: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2017/12/blastik-overview-of-available-monitoring-methods-final.pdf> (20.8.2023).

Postoji još sličnih aplikacija (npr. Marine Litter Watch App, Clean Swell App) koje također pomažu u nadzoru morskog otpada diljem svijeta. Uz pomoć ove inovativne metode ljudi bi mogli postati osvješteniji i zainteresiraniji za nadzor i prikupljanje morskog otpada.

Korištenje sustava za nadzor morskog otpada s površine mora preko kamera ima veliki potencijal u usklađivanju vizualnih promatranja plutajućeg otpada s različitim platformi. Sustav za kvantifikaciju otpada na površinama mora temelji se na kameri visoke rezolucije i tehnologiji prepoznavanja slike. Sustav prikuplja slike pomoću uređaja sa spregnutim nabojem (engl. *Charge-coupled device* – CCD) visoke rezolucije usmjerene na površinu mora. Prednost ovakvih automatiziranih sustava je pokrivanje vrlo velikih područja i omogućavanje kontrole kvalitete rezultata, uključujući bolje mogućnosti kategorizacije plutajućih objekata.⁵⁴

Iz prikazanog razvidno je da su budući trendovi nadzora plutajućeg otpada usmjereni su na inovacije, tehnološki napredak i bolju koordinaciju kako bi se očuvao morski okoliš od ovog ozbiljnog izazova.

⁵⁴ Ibidem.

5. METODE UKLANJANJA OTPADA S POVRŠINE MORA NA PODRUČJU LUKA I MARINA

Plutajući otpad može prouzročiti raznoliku štetu u morskom okolišu, što uključuje zaplitanje i unos otpada u morske organizme poput ptica, riba, kornjača i morskih sisavaca.

Različite veličine otpadnih predmeta utječu na različite vrste ugroženih organizama. Plutajući predmeti također predstavljaju prijetnju u obliku mikroplastike koja nastaje razgradnjom te ista može pokrenuti niz drugih negativnih ekoloških posljedica.

Jedna od metoda instalacije uređaja za prikupljanje otpada s površine uključuje pažljiv odabir lokacija za postavljanje uređaja u dogovoru s upraviteljima luka na temelju promatranja količine morskog otpada koji se nakuplja u svakoj luci. Treba razmotriti utjecaj morskih struja, vjetra i valova na distribuciju otpada. Razmatrana je i akumulacija pri odabiru lokacija za seabin uređaje ("*sea bin device*" - plastična zamka, odnosno uređaj), ali na temelju iskustva i subjektivnih procjena upravnog osoblja luke.⁵⁵

5.1. Sustav 001 za prikupljanje plastičnog otpada s vodene površine (System001)

Sustav 001 je prvi sustav na svijetu za uklanjanje plastičnog otpada, isproban testiran 2018. godine u Tihom oceanu. Koristi se povoljnim obrascima kružnog kretanja vode, poznatim kao vrtlozi, kako bi učinkovito sakupljao morski otpad.

Strategija omogućuje uređaju da se prirodno kreće duž vodenih struja i prikuplja otpad koji se nakuplja u tim vrtlozima.

Na taj način, sustav 001 djeluje pasivno i učinkovito čisti morsku površinu od otpada, doprinoseći očuvanju okoliša.

⁵⁵ Kühn, S., Elisa L. Bravo Rebolledo & Jan A. (2015). Deleterious Effects of Litter on Marine Life. *Marine Anthropogenic Litter* pp 75–116.

Sustav 001 je pasivni skupljački aparat koji radi tako što se kreće u tandemu s oceanskim strujama, iskorištavajući obrasce kružnog kretanja vode, zvane vrtlozi koji uzorkuju nakupljanje smeća (slika 6).



Slika 6. System001

Izvor: System001, dostupno na: <https://media.greenmatters.com/brand-img/3HA9UgT/0x0/the-ocean-cleanup-system-001-1546886658056.jpg> (20.8.2023).

Sustav se sastoji od dugih plutajućih barijera napravljenih od izdržljivih materijala koji plivaju na površini mora. Ove barijere su postavljene u obliku slova U, a otvoreni dio slova U usmjerava plastiku prema unutrašnjosti barijera.

U sredini svake plutajuće barijere nalazi se plutajući prikupljač, koji je mreža koja ide ispod površine vode. Plastika koja pluta na površini mora dolazi u obzir s prikupljačem i sklizne preko njega prema sredini. Struje i vjetrovi guraju plastiku prema barijerama, gdje se zatim skuplja. Kada se plastika koncentrira unutar barijera, specijalizirani brodovi dolaze do sustava kako bi prikupili prikupljenu plastiku i prevezli je na kopno radi recikliranja i zbrinjavanja.⁵⁶

Sustav opremljen je svjetlima na solarni pogon, sustavima protiv sudara, kamerama, senzorima i satelitskim antenama.

Dodatno, sustav aktivno priopćava svoj položaj u svakom trenutku i kontinuirano prikuplja podatke o radu. Očekuje se da bi ovaj sustav mogao očistiti do 50% morskog otpada s površine mora svakih 5 godina.⁵⁷

⁵⁶ System 001 – first ocean cleanup system, dostupno na: <https://theoceancleanup.com/milestones/system001/> (20.8.2023).

⁵⁷ Ibidem

5.2. Plutajući morski spremnik „Seabin“

Seabin djeluje kao "čistač otpada" koji pluta po površini mora te hvata plutajući otpad (plastiku), ulja i goriva iz onečišćenih mora i oceana. Seabin je kompaktan uređaj koji se obično postavlja u vodi u blizini obale ili u marinama (slika 7).



Slika 7. Seabin V5

Izvor: Seabin V5, dostupno na: <https://capodorlandomarina.it/wp-content/uploads/2019/05/news-seabin.jpg> (20.8.2023).

Konstrukcija Seabin-a sastoji se od plutajućeg tijela s integriranim elektromotorom i pumpom te posebnom mrežicom za prikupljanje otpada.

Ključni dio Seabin-a je mrežica koja se nalazi ispod površine vode. Mrežica je izrađena od izdržljivog materijala i ima otvore dovoljno velike za prolazak otpada, ali dovoljno male da zadrži veći dio plastičnih čestica i smeća.⁵⁸

U Seabin-u se nalazi elektromotor i pumpa koji stvaraju vrtložne struje oko mrežice za prikupljanje. Ove struje privlače otpad prema mrežici i zadržavaju ga unutar uređaja.⁵⁹

Kada se mrežica napuni otpadom, Seabin se jednostavno izvadi iz vode, a prikupljeni otpad se ručno izbacuje i zbrinjava na odgovarajući način. Otpad se može reciklirati ili odlagati na ekološki prihvatljiv način. Seabin se obično napaja električnom energijom putem kabela spojenog na obalu ili pomoću solarnih panela.⁶⁰

⁵⁸ How Seabin is helping clean the oceans of plastic waste, dostupno na: <https://www.itu.int/hub/2020/05/how-seabin-is-helping-clean-the-oceans-of-plastic-waste/> (20.8.2023).

⁵⁹ Ibidem.

⁶⁰ Seabin, dostupno na: <https://seabin.io/home/> (20.8.2023)

Također je napravljen kako bi pročišćavao vodu koja okružuje morsko lišće, morsku travu ili koralje. Podlošci za upijanje ulja okružuju unutrašnjost uređaja čime postaje pogodan za prikupljanje površinskih ulja. Podvodna vodena pumpa povezuje se s električnim izvorom napajanja, pri čemu se voda usisava s površine i zatim prolazi kroz obloženu vreću unutar Seabin-a. Nakon što se voda skupi u spremniku, odvaja onečišćene fragmente od vode iz oceana, pumpajući čistu vodu natrag u ocean i skupljajući otpad u vrećici za prikupljanje u spremniku. Svaki dan, uređaj ima potencijal prikupljanja gotovo četiri kilograma plutajućeg onečišćenja na površini mora. Tijekom godine može prikupiti oko 1,4 tone otpada. To je otprilike 90.000 plastičnih vrećica za kupovinu, 11.900 plastičnih boca, 50.000 bočica za vodu, 35.700 jednokratnih čaša i 117.600 plastičnih pribora.⁶¹

Seabin je ekološki prihvatljiva opcija za prikupljanje plastičnog otpada iz voda. Može se postaviti u marinama, lukama, obalnim područjima i drugim lokacijama gdje postoji problem onečišćenja voda. Ovaj inovativni uređaj pomaže u očuvanju morskog okoliša i smanjenju negativnog utjecaja plastike na oceane i mora.

Seabin je ekološki prihvatljiv uređaj za čišćenje mora i oceana. Funkcionira tako da pluta po površini vode i prikuplja plutajući otpad, uključujući plastiku, ulje i gorivo.

Osnovna struktura Seabina uključuje plutajuće tijelo s integriranim elektromotorom i pumpom te mrežicu za prikupljanje otpada ispod površine vode. Elektromotor i pumpa stvaraju vrtložne struje koje privlače otpad prema mreži i zadržavaju ga unutar uređaja.

5.3. Presretač plutajućeg otpada s vodene površine - Mr. Trash Wheel

Mr. Trash Wheel poluautonomni hvatač otpada koji se postavlja na jedno mjesto (npr. morski kanal) te čeka da otpad dopluta do njega (slika 8). Uređaj je značajan doprinos čišćenju vodotoka i morskih obala od plastičnog i drugog otpada koji može predstavljati ozbiljnu prijetnju za okoliš.

⁶¹ Ibidem.

Mr. Trash Wheel samo je jedan od mnogih inovativnih uređaja i tehnika koji se koriste za uklanjanje otpada iz vode i zaštitu okoliša od onečišćenja.



Slika 8. Mr. Trash Wheel

Izvor: Mr. Trash Wheel, dostupno na: https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/63974fbfdb846962ef990e53/1fb403ab-bd06-4463-ae37-fac6e9bec554/fullsizeoutput_1609.jpeg (20.8.2023).

Mr. Trash Wheel je uređaj koji ima izgled plutajuće splavi s velikim kotačem na prednjem dijelu. Taj kotač pokreće vodu i otpad, pri čemu prikuplja sve što mu dođe na put. Uglavnom je postavljen na ušćima rijeka u pristaništa ili na drugim lokacijama gdje se skuplja otpad.⁶²

Kotač Mr. Trash Wheel-a pokreće energija vode. Kada voda teče, kotač se okreće, čime stvara vodeni tok. Otpad koji pluta na površini vode povlači se prema kotaču i ulazi u otvor na sredini. Unutar uređaja postoji transportna traka koja prenosi prikupljeni otpad na kontejner za skladištenje. Otpad se pohranjuje u velikim spremnicima na splavi, gdje se može zatvoriti kako bi spriječio širenje mirisa i štetnih tvari. Kad se spremnik napuni, odvlači se brodom i postavlja se novi kontejner.⁶³

Mr. Trash Wheel obično ima solarni panel na vrhu kako bi napajao električnu opremu poput transportne trake i drugih sustava za rad uređaja. Uređaji su često opremljeni senzorima koji prate razinu vode, brzinu vode i količinu prikupljenog otpada. Ti podaci pomažu u učinkovitom nadzoru i upravljanju sustavom.

⁶² Using the power of nature to clean the oceans, dostupno na: <https://www.mrtrashwheel.com/technology/> (20.8.2023).

⁶³ Ibidem.

Bitno je napomenuti neke prednosti i značajke ovog sustava, kao što su:⁶⁴

- ekološka prihvatljivost (solarna energija za napajanje),
- smanjenje poplava (sprječavanje začepjenja odvodnih kanala otpadom),
- smanjenje zagađenja (uklanjanje otpada),
- edukacija i svijest (oblik i ime koji privlače pažnju javnosti te potiču svijest o potrebi za očuvanjem okoliša).

U jednom od ključnih segmenata ovog inovativnog sustava, ističu se brojne prednosti i karakteristike koje ga čine izrazito vrijednim i učinkovitim.

Sustav se ističe po svojoj ekološkoj prihvatljivosti jer se napaja solarnom energijom, smanjujući tako negativan ekološki utjecaj i potrebu za fosilnim gorivima. Tako doprinosi očuvanju prirode i čišćenju okoliša.

Osim toga, značajna prednost ovog sustava je u njegovoj sposobnosti sprječavanja začepjenja odvodnih kanala, što dovodi do smanjenja rizika od poplava u obalnim područjima.

Time se štite obalne zajednice i imovina od potencijalno štetnih posljedica poplava.⁶⁵

Ključna svrha ovog sustava je uklanjanje otpada s površine vode, pridonoseći značajnom smanjenju zagađenja morskog okoliša. Ovom akcijom doprinosi se očuvanju morskog života i održavanju vodenih resursa u čistom i zdravom stanju.⁶⁶

Važno je istaknuti da ovaj sustav ne samo da obavlja funkciju uklanjanja otpada već i oblikom i nazivom privlači pažnju javnosti.

Vrijeme potiče svijest o ozbiljnosti problema zagađenja voda i naglašava važnost brige o okolišu. Osim informiranja, potiče i aktivno sudjelovanje građana u rješavanju ovog globalnog problema.⁶⁷

⁶⁴ The Promise of Mr. Trash Wheel, dostupno na: <https://www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/the-promise-of-mr-trash-wheel> (20.8.2023).

⁶⁵ Ibidem.

⁶⁶ Ibidem.

⁶⁷ Ibidem.

5.4. Plutajući autonomni bespilotni uređaj za prikupljanje otpada s vodene površine - WasteShark A

Prvi svjetski autonomni robot za čišćenje otpada koji je ikada postavljen za rješavanje problema plastičnog onečišćenja u lukama, kanalima, marinama i unutarnjim vodama (slika 9).



Slika 9. WasteShark A

Izvor: WasteShark A, dostupno na: <https://cordis.europa.eu/docs/results/images/2019-02/254172.jpg> (20.8.2023)

WasteShark uređaj osmislila je tvrtka RanMarine kojoj je bio cilj izumiti uređaj koji kontinuirano prikuplja plutajući otpad. WasteShark je prvi svjetski autonomni robot za čišćenje otpada koji je ikada postavljen za rješavanje problema plastičnog onečišćenja u lukama, kanalima, marinama i unutarnjim vodama.⁶⁸

Dizajnirani plutajući robot koji pluta na površini vode i sakuplja različite vrste otpada. Ekološki je prihvatljiv jer radi na električni pogon i ne proizvodi emisije stakleničkih plinova te ima minimalan utjecaj na okoliš i faunu. WasteShark je opremljen sensorima koji omogućuju praćenje kvalitete vode i parametre kao što su pH vrijednosti, razinu kisika u vodi, temperaturu te vrijednosti drugih parametara koji su važni za ekosustav. WasteShark u realnom vremenu može prikupljene podatke slati u centralni nadzorni sustav što omogućuje brzu reakciju i analizu podataka. Opremljen je i sensorima koji mu omogućuju otkrivanje prepreka te izbjegavanje sudara s drugim plovilima ili objektima na vodi.⁶⁹

⁶⁸ WasteShark, dostupno na: <https://dronesolutionservices.com/wasteshark> (20.8.2023).

⁶⁹ WasteShark: An autonomous catamaran, dostupno na: <https://www.wevolver.com/specs/wasteshark> (20.8.2023).

Cilj ove tehnologije je smanjiti onečišćenje voda, poboljšati kvalitetu ekosustava i pomoći u očuvanju morskog života.⁷⁰

WasteShark A je prvi svjetski autonomni robot za čišćenje otpada koji je razvijen kako bi rješavao problem plastičnog čišćenja u lukama, kanalima, marinama i unutarnjim vodama. Ovaj plutajući uređaj kontinuirano prikuplja različite vrste otpada s površine vode, uključujući plastične čestice i smeće.

Radi na električni pogon, čime se minimizira emisija stakleničkih plinova i negativni utjecaj na okoliš. WasteShark je opremljen sensorima za praćenje kvalitete vode i drugih parametara važnih za ekosustav te podatke možete prenositi u stvarnom vremenu. Također, ima sposobnost izbjegavanja sudara s drugim plovilima i objektima na vodi.

5.5. Plutajući robot za prikupljanje otpada s vodene površine – FRED

Plutajući robot za prikupljanje otpada (engl. *Floating Robot for Eliminating Debris - FRED*), je stvorila neprofitna organizacija Clear Blue Sea koja je posvećena razvoju robotskih rješenja za uklanjanje plastičnog onečišćenja iz oceana, rijeka i vodnih putova (slika 10).



Slika 10. FRED

Izvor: FRED, dostupno na: <https://edu.engfemmes.ca/wp-content/uploads/2020/08/canvas-1024x576.png>
(20.8.2023)

⁷⁰ Ibidem.

Svojim polaganim kretanjem uređaj sakuplja i skladišti plutajući otpad uz pomoć različitih mehanizama poput transportnih traka ili mreža.⁷¹

Opremljen je zvučnim pingvama kako bi upozorio životinje na svoju prisutnost te tako omogućuje neometani prolazak morskom životu. FRED je opremljen poroznom transportnom trakom koja može pokupiti plutajući otpad unutar svog dosega dok omogućuje prolazak vode.⁷²

Nakon toga se otpad pohranjuje unutar uređaja dok spremnici ne dosegnu maksimalni kapacitet. Tada se FRED šalje na brod ili natrag na kopno kako bi ispraznio svoj sadržaj i dobio popravke ako je potrebno. Plastika se obrađuje za recikliranje ili se pruža znanstvenicima za istraživanje.⁷³

Redovito održavanje i servisiranje FRED-a ključno je kako bi se osigurala njegova trajnost i učinkovitost. Podizanje svijesti o problemu morskog otpada i uložiti takvih robota u čišćenju voda ključno je za dobivanje podrške i suradnje.

5.6. Plutajući robot za prikupljanje otpada s vodene površine (Jellyfishbot)

Jellyfishbot (slika 11) je plutajući robot koji je dizajniran za prikupljanje otpada s površine vode. Inspiriran biologijom meduza, ovaj robot koristi pulsirajuće pokrete kako bi se kretao po vodi i prikupljao smeće. Razvijen je od francuske startup tvrtke IADYS (engl. *Robotics and Artificial Intelligence for clean-up*).

⁷¹ FRED, dostupno na: <https://edu.engfemmes.ca/wp-content/uploads/2020/08/canvas-1024x576.png> (20.8.2023)

⁷² Ibidem.

⁷³ Meet FRED: The Trash-Collecting Sea Robot Cleaning San Diego Bay, dostupno na: <https://c3newsmag.com/meet-fred-the-trash-collecting-sea-robot-cleaning-plastic-pollution-in-the-ocean/> (20.8.2023)



Slika 11. Jellyfishbot

Jellyfishbot, dostupno na: <https://www.jellyfishbot.io/wp-content/uploads/2023/01/Jellyfishbot-Features.jpg>
(20.8.2023)

Jellyfishbot ima oblik koji podsjeća na meduzu, s prozirnim tijelom koje može biti izrađeno od izdržljivih materijala. Obično ima više dijelova, uključujući glavu i tentakule. Jellyfishbot koristi pulsiranje pokreta kako bi se kretao po vodi. Ovi pokreti podsjećaju na pulsiranje meduze i pomažu mu da pluta na površini vode. Opremljen je sensorima i kamerama koje mu omogućavaju prepoznavanje otpada na vodenoj površini te mu pomažu u navigaciji i pronalaženju otpada.⁷⁴

S obzirom na svoj oblik i pulsiranje pokreta, Jellyfishbot prirodno privlači otpad prema sebi. Otpad koji pluta na površini vode zadržava se na njegovim tentakulama ili drugim prikupljačima. Nakon što prikupi otpad, Jellyfishbot ga pohranjuje u spremnik na svojem tijelu. Ovisno o veličini i kapacitetu, može prikupiti značajnu količinu otpada prije nego što bude potrebno isprazniti spremnik.

Mnogi Jellyfishbot uređaji koriste solarni pogon kako bi napajali električnu opremu, uključujući senzore i motore za pulsiranje pokreta. Solarni paneli su često postavljeni na vrhu tijela robota.⁷⁵

Jellyfishbot može biti programiran za samostalnu navigaciju, ali također može biti kontroliran putem daljinskog upravljanja ili preko mobilne aplikacije.

⁷⁴ Jellyfishbot - Solar Impulse Efficient Solution, dostupno na: <https://solarimpulse.com/solutions-explorer/jellyfishbot> (23.8.2023).

⁷⁵ Ibidem.

Kada je spremnik na Jellyfishbot-u pun, otpad se može isprazniti i zbrinuti na odgovarajući način.⁷⁶

Jellyfishbot se razvija kao inovativno rješenje za čišćenje vodenih površina od otpada i onečišćenja. Njegova inspiracija iz prirode, odnosno biologije morskih meduza, omogućuje mu učinkovito i ekološki prihvatljivo prikupljanje otpada s površine vode, čime doprinosi očuvanju morskog okoliša i smanjenju onečišćenja voda.⁷⁷

5.7. Magnetna zavojnica za prikupljanje mikroplastike iz mora - *Magnetic coils*

Magnetna zavojnica za prikupljanje mikroplastike iz mora, poznata i kao "*Magnetic coils*", tehnološki je uređaj dizajniran za učinkovito uklanjanje mikroplastike iz morskog okoliša. Ova inovativna naprava koristi magnetske principe kako bi privukla i sakupila mikroplastične čestice iz morske vode. Magnetske zavojnice obično uključuju posebno dizajnirane zavojnice ili magnete koji generiraju snažno magnetsko polje u vodi. Mikroplastika, koja često sadrži magnetske čestice ili je privučena magnetskim svojstvima, privlači se prema ovom magnetskom polju. Kada se mikroplastika privuče, može se lako sakupiti i ukloniti iz vode za daljnju obradu ili recikliranje.⁷⁸

Magnetna zavojnica za prikupljanje mikroplastike je inovativno rješenje koje se koristi za uklanjanje mikroplastičnih čestica iz vode.

Ova tehnologija kombinira načela elektromagnetske indukcije i privlačenja plastičnih materijala prema magnetskom polju. Plastika se transformira u ugljikov dioksid i vodu pomoću nanotehnologije koja obuhvaća strukture manje od jedne milijarde metara, što je manje od jedne polovine širine ljudske vlasi. Mikroskopske nanocijevi su izrađene od ugljika i oblikovane poput zavojnica, stoga ih nazivamo nano-zavojnice.

⁷⁶ Ibidem.

⁷⁷ Jellyfishbot - The depollution & preservation of the water, dostupno na: <https://www.jellyfishbot.io/> (20.8.2023)

⁷⁸ Ibidem.

Mangan u interakciji s nano-zavojnica stvara visoko reaktivne molekule kisika koje napadaju, odnosno razgrađuju mikroplastiku u bezopasne spojeve soli, CO₂ i vodu. Proces razgradnje mikroplastike smanjuje se od 30% do 50% u vremenskom periodu od 8 sati.⁷⁹

5.8. Uređaj za uklanjanje naftne i naftni derivata sa morske površine (Skimmer)

Skimmer za prikupljanje nafte je uređaj dizajniran za uklanjanje nafte i naftnih derivata iz vodene površine, kao što su mora, jezera, rijeke ili pruge za drenažu. Ovi uređaji su ključni u hitnim situacijama poput izlivanja nafte iz brodova ili naftnih bušotina, kako bi se spriječilo onečišćenje okoliša.



Slika 12. Skimmer

Skimmer, dostupno na: <https://ig7.ir/wp-content/uploads/2020/02/%D8%A7%D9%88%DB%8C%D9%84-%D8%A7%D8%B3%DA%A9%DB%8C%D9%85%D8%B1-4.jpg> (20.8.2023)

Skimeri mogu biti samohodni, koristiti se s obale ili upravljanjem s plovila, pri čemu najbolji izbor ovisi o specifičnostima posla koji se obavlja.⁸⁰

Njihova učinkovitost uvelike ovisi o uvjetima na moru. Jedan od nedostataka skimmera je da u umjereno valovitoj ili valovitoj vodi imaju tendenciju prikupljanja više vode nego nafte. Mogu biti samohodni, korišteni s obale ili upravljani s plovila, pri čemu najbolji izbor ovisi o specifičnostima posla koji se obavlja.⁸¹

⁷⁹ Ibidem.

⁸⁰ Oil Spill Equipment Glossary, dostupno na: <https://www.cleanupoil.com/oil-skimmer/> (20.8.2023)

⁸¹ Ibidem.

U marinama se često koriste skimmeri koji koriste rotirajuće valjke ili trake kako bi pokupili plutajući otpad s površine vode. U industrijskim postrojenjima, skimmeri se često koriste za uklanjanje ulja ili drugih tekućih nečistoća s tekućih površina medija kako bi se očuvala čistoća i kvaliteta tekućine.⁸²

Skimmeri su važan alat za očuvanje okoliša i održavanje čistoće tekućih medija, posebno u kontekstu zaštite vodenih ekosustava i planiranja onečišćenja vode.

⁸² Ibidem.

6. SWOT ANALIZA METODA NADZORA I PRIKUPLJANJA OTPADA SA MORSKE POVRŠINE

U posljednje vrijeme se sve veći naglasak stavlja se na očuvanje i zaštitu morskog okoliša, imajući u vidu njegovu vitalnu ulogu u globalnom ekosustavu i ljudskom blagostanju. U tom kontekstu, efikasan nadzor i prikupljanje otpada sa morske površine postaju neophodni kako bi se suzbili negativni utjecaji ljudskih aktivnosti na oceane i more. Povećanje zagađenja plastikom i drugim otpadom, kao i njegovi štetni učinci na morske organizme i ekosisteme, ističu hitnu potrebu za razmatranjem različitih metoda i pristupa koji mogu doprinijeti boljem upravljanju otpadom na morskoj površini.

SWOT analiza (analiza snage, slabosti, prilika i prijetnji) predstavlja važan alat za razumijevanje trenutnog stanja i budućih izazova povezanih s metodama nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine. Ova analiza omogućuje dublje sagledavanje unutarnjih i vanjskih faktora koji mogu utjecati na uspješnost i učinkovitost primijenjenih pristupa. Kroz identifikaciju snaga koje treba iskoristiti, slabosti koje treba prevazići, prilika koje treba iskoristiti i prijetnji koje treba suzbiti, u ovom će se poglavlju detaljno istražiti različite aspekte metoda nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine.

Cilj provedene SWOT analize je pružiti sveobuhvatan pregled prednosti i nedostataka uporabe pojedinih metoda i tehnologija za nadzor i prikupljanje plutajućeg otpada kako bi se mogle donijeti odluke u vezi s daljim razvojem i unapređenjem ovih metoda, a sa ciljem još značajnijeg očuvanja integriteta morskih ekosustava za sadašnje i buduće generacije.

6.1. SWOT ANALIZA METODA NADZORA OTPADA

U današnjem dinamičnom svijetu, upravljanje otpadom postaje sve izazovnije sa rastućim obimom i raznolikošću otpada koji se generira iz različitih izvora.

U kontekstu održivosti i zaštite životne sredine, posebna pažnja usmjerava se ka učinkovitom nadzoru otpada kako bi se spriječilo zagađenje i minimizirali negativni utjecaji na morski okoliš.

U ovom poglavlju je prikazana analiza različitih metoda nadzora plutajućeg otpada, istražujući njihove inherentne snage slabosti, prilike i potencijalne prijetnje (Tablica 4).

Kroz sustavan pristup, istraženo je kako različiti faktori utječu na učinkovitost i primjenjivost ovih metoda u različitim kontekstima. Identificirani su ključni aspekti svake metode, kao i okolnosti u kojima se najbolje mogu primijeniti.

Tablica 4. SWOT analiza metoda nadzora otpada

Snage	Slabosti
<ul style="list-style-type: none">• Precizan nadzor većih otpadaka iz zraka uz pomoć satelita, dronova i aviona.• Integracija naprednih tehnologija putem automatskog prepoznavanja objekata i termalnih kamera.• Raznolikost metoda za nadzor iz zraka, kao što su dronovi, sateliti, termalne kamere itd.• Mogućnost praćenja i identifikacije područja potencijalnog nakupljanja otpada putem GPS sustava.	<ul style="list-style-type: none">• Nedostatak preciznosti kod manjih otpadaka.• Ovisnost o vremenskim uvjetima i vidljivost za nadzor iz zraka.• Visoki troškovi i tehnički zahtjevi za upotrebu naprednih tehnologija.• Ograničen domet i pokrivenost pri nadzoru iz zraka.
Prilike	Prijetnje
<ul style="list-style-type: none">• Razvoj autonomnih plutača i brodova za kontinuirano čišćenje morske površine.• Korištenje „strojnog“ učenja i umjetne inteligencije za analizu velike količine podataka.	<ul style="list-style-type: none">• Rastući problem onečišćenja mora plastikom i drugim otpadom.• Nedostatak standardiziranih protokola i metoda za nadzor otpada.• Oporavak i recikliranje morskog otpada zahtijeva složene postupke.

<ul style="list-style-type: none"> • Upotreba blockchain tehnologije za bolje praćenje porijekla otpada. • Razvoj mobilnih aplikacija i sustava za prijavljivanje otpada od strane građana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potreba za većom suradnjom i koordinacijom međunarodnih organizacija.
---	---

Izvor: Izrada autorice

Navedene snage naglašavaju razinu preciznosti i tehničke naprednosti u nadzoru otpada na morskoj površini iz zraka. Uvođenje satelita, dronova i aviona omogućuje učinkovito praćenje većih otpadaka te brzu identifikaciju potencijalno problematičnih područja. Integracija naprednih tehnologija kao što su automatsko prepoznavanje objekata i kamere dodatno povećava mogućnosti preciznog nadzora. Raznolikost metoda za nadzor pružanja fleksibilnosti u pristupu, omogućavajući adekvatno reagiranje na različite vrste otpada i uvjete. Sposobnost praćenja i identifikacije područja potencijalnog nakupljanja otpada putem GPS sustava omogućuje proaktivno djelovanje u smanjenju onečišćenja morskih ekosustava.

Sve ove snage zajedno čine nadzor plutajućeg otpada iz zraka i s brodova ključnim alatom u borbi protiv onečišćenja mora i očuvanju morske okoline.

Navedene slabosti ukazuju na izazove koji mogu utjecati na učinkovitost nadzora otpada na morskoj površini iz zraka. Nedostatak preciznosti kod manjih otpadaka predstavlja ograničenje u identifikaciji i praćenju sitnijeg otpada, što može smanjiti cjelokupnu učinkovitost sustava. Ovisnost o vremenskim uvjetima i vidljivosti dodatno povećava nesigurnost, jer neoptimalni uvjeti mogu ometati planirane operacije nadzora. Visoki troškovi i tehnički zahtjevi za korištenje naprednih tehnologija mogu predstavljati financijski teret i ograničiti pristup ovim metodama nadzora. Ograničen domet i pokrivenost pri nadzoru iz zraka također mogu otežati praćenje većih područja mora, što može rezultirati nepotpunim ili nepreciznim podacima.

Navedene prilike predstavljaju ključne puteve za inovativno unapređenje sustava nadzora otpada na morskoj površini. Razvoj autonomnih plutača i brodova za kontinuirano čišćenje morske površine otvara potpuno novu dimenziju u borbi protiv onečišćenja. Ova tehnološka mogućnost omogućuje redovito i učinkovito čišćenje mora, čime se znatno smanjuje negativni utjecaj otpada na ekosustav.

Korištenje "strojnog" učenja i umjetne inteligencije omogućuje dubinsku analizu velikih količina podataka, čime se otkrivaju uzorci i trendovi koji bi inače bili teško uočljivi. Povećati sposobnost donošenja informiranih odluka i usmjeravati mjere za smanjenje otpada na ciljane načine. Upotreba blockchain tehnologije za praćenje porijekla otpada donosi transparentnost i pouzdanost u lancu praćenja, što pomaže u osiguranju odgovornosti svih sudionika u procesu. Razvoj mobilnih aplikacija i sustava za prijavljivanje otpada od strane građana omogućuje veću angažiranost javnosti u borbi protiv onečišćenja, doprinoseći većem osvještavanju o problemu povećanja prikupljenih podataka.

Sve te prilike zajedno predstavljaju ključne strategije za unapređenje i jačanje sustava nadzora otpada na morskoj površini u cilju postizanja čistog i održivijeg okoliša.

Navedene prijetnje naglašavaju ozbiljnost problema onečišćenja mora otpadom i izazove koji su povezani s nadzorom i upravljanjem ovim problemom.

Rastući problem onečišćenja mora plastikom i drugim otpadom ističe hitnu potrebu za učinkovitim strategijama nadzora i prevencije. Nedostatak standardiziranih protokola i metoda za nadzor otpada može otežati usporedbu podataka i implementaciju dosljednih pristupa. Oporavak i recikliranje morskog otpada predstavljaju izazovne postupke koji zahtijevaju koordinaciju različitih aktera i ulaganje u razvoj naprednih tehnika.

Potreba za većom suradnjom i koordinacijom međunarodnih organizacija ukazuje na kompleksnost problema i važnost globalnog pristupa. Unatoč tim prijetnjama, prepoznavanje izazova pruža priliku za napredak.

6.2. SWOT ANALIZA METODA PRIKUPLJANJA OTPADA

U današnjem globalnom kontekstu sveprisutnog otpada, učinkovito prikupljanje plutajućeg otpada postaje ključni aspekt odgovornog upravljanja resursima i morskog okoliša. Povećanje količine otpada i rizik od njegovog negativnog utjecaja na morske ekosustave i društvo, zahtijevaju dubinsko razmatranje različitih metoda prikupljanja otpada.

U ovom poglavlju je prikazana analiza metoda prikupljanja otpada kroz prizmu SWOT analize, u sklopu čega je prikazano kako metode doprinose učinkovitom smanjenju količine otpada i minimiziranju njegovih negativnih učinaka (Tablica 5).

Tablica 5. SWOT analiza metoda prikupljanja otpada

Snage	Slabosti
<ul style="list-style-type: none"> • Učinkovito uklanjanje velikih količina otpada • Smanjenje zagađenja • Brze reakcije u slučaju izvanrednog onečišćenje • Automatizacija 	<ul style="list-style-type: none"> • Visoki troškovi • Ovisnost o tehnologiji • Manji komadi otpada teže se identificiraju • Potreba za stručnim osobljem • Ovisnost o vremenskim uvjetima
Prilike	Prijetnje
<ul style="list-style-type: none"> • Edukacija javnosti-ekološka svijest • Potencijal za financiranje iz EU fondova • Moguća suradnja s lokalnim organizacijama • Daljnji tehnološki napredak 	<ul style="list-style-type: none"> • Klimatske promjene • Ekološke katastrofe • Nedostatak financiranja • Politika i regulativa

Izvor: Izrada autorice

Svaka od navedenih snaga ima značajnu ulogu u kontekstu metoda prikupljanja otpada s površine mora u lukama i marinama.

Učinkoviti načini prikupljanja otpada omogućuju brzo i pravilno uklanjanje otpada s površine mora. To je ključno kako bi se spriječilo nakupljanje otpada koje može štetiti morskom okolišu, životinjama i biljkama. Učinkovito uklanjanje smanjuje rizik od onečišćenja i omogućuje očuvanje čiste i zdrave morske ekosfere.

Metode prikupljanja otpada koje su usmjerene prema smanjenju zagađenja imaju pozitivan utjecaj na kvalitetu vode i životne uvjete morskog okoliša. Uklanjanje otpada prije nego što se razgradi ili zagađuje vodu pomaže očuvanju biološke raznolikosti i pridonosi dugoročno održivom razvoju obalnih ekosustava.

Uklanjanje otpada s površine mora ima izravan pozitivan utjecaj na poboljšanje ekosustava. Otpad može ometati prirodne procese, kao što su kretanje vode, fotosinteza i hranidbeni lanci, te stvarati opasnosti za morski organizam.

Uklanjanje otpada doprinosi obnovi prirodnih ekosustava i omogućuje morskim organizmima i biljkama da prosperiraju.

Jedna od značajnih brzih reakcije u slučaju izvanrednog onečišćenja je njihova sposobnost brže reakcije u slučaju iznenadnog onečišćenja, što je od vitalne važnosti za zaštitu okoliša i morskih ekosustava od štetnih posljedica.

Automatizirani sustavi za prikupljanje otpada mogu kontinuirano raditi bez potrebe za stalnim ljudskim nadzorom, čime se povećava učinkovitost i smanjuju operativni troškovi.

Visoki troškovi povezani s implementacijom i održavanjem metoda prikupljanja otpada mogu predstavljati financijski teret za organizacije ili zajednice koje ih provode, što uključuje troškove nabave opreme, obuke osoblja, transporta i zbrinjavanja prikupljenog otpada. Ovi troškovi mogu biti posebno izazovni za manje proračune ili za zajednice koje se bore s financijskim ograničenjima.

Kvalitetna oprema za prikupljanje otpada zahtijeva redovito održavanje kako bi ostala u funkcionalnom stanju. Slabosti u održavanju opreme mogu dovesti do smanjenja učinkovitosti, čime se smanjuje sposobnost brzog i pravilnog prikupljanja otpada. Nedostatak redovitog održavanja može rezultirati povećanim troškovima popravaka ili čak potrebom za zamjenom opreme.

Učinkovito prikupljanje otpada s površine mora zahtijevati obučeno osoblje koje razumije pravilne tehnike i postupke. Potreba za stručnim osobljem može predstavljati izazov, posebno ako je prisutan nedostatak radne snage ili ako se zahtijevaju vještine koje se teže pronalaze u lokalnoj zajednici. Nedostatak obučenog osoblja može utjecati na učinkovitost i kvalitetu procesa prikupljanja otpada.

Učinkovitost ovih metoda često ovisi o tehnološkim aspektima, uključujući funkcionalnost senzora, elektromotora i drugih komponenti. Poteškoće ili kvarovi u tehnologiji mogu usporiti ili onemogućiti prikupljanje otpada.

Sitni komadi otpada, poput mikroplastike, mogu biti teški za identifikaciju i prikupljanje automatskim sustavima.

Održavanje i upravljanje ovim sustavima zahtijeva stručno osoblje, što može povećati operativne troškove.

Metode prikupljanja otpada koje ovise o solarnoj energiji ili drugim čimbenicima osjetljivima na vremenske uvjete mogu biti ograničene tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta.

Iako ove slabosti mogu predstavljati prepreke, važno je naglasiti da se mnoge od njih mogu prevladati kroz dobro planiranje, upravljanje resursima i ulaganje u obuku.

Pronalaženje održivih rješenja za visoke troškove, redovito održavanje opreme i osposobljavanje stručnog osoblja ključno je za uspješnu implementaciju metoda prikupljanja otpada s površine mora.

Prilika za edukaciju javnosti o važnosti pravilnog odlaganja otpada i zaštiti okoliša omogućuje promicanje svijesti o problemima zagađenja mora. Kroz informiranje i obrazovanje ljudi će bolje razumjeti kako njihove aktivnosti utječu na morski okoliš te će se vjerojatno skloniti podržati i sudjelovati u inicijativama prikupljanja otpada.

EU fondovi često podržavaju projekte usmjerene prema zaštiti okoliša i održivom razvoju. Postoji mogućnost prijave za financiranje iz ovih fondova kako bi se podržale inicijative prikupljanja otpada u lukama i marinama. Ova prilika može značajno olakšati troškove implementacije, posebno u kontekstu visokih troškova koji se povezuju s ovim aktivnostima.

Suradnja s lokalnim organizacijama, uključujući udruge za zaštitu okoliša, sportske klubove, škole i druge zajednice, pruža priliku za širenje utjecaja i jačanje inicijativa za podršku prikupljanju otpada.

Postoji prilika za suradnju s lokalnim organizacijama i zajednicama koje dijele iste ciljeve očuvanja okoliša. Suradnja može poboljšati učinkovitost prikupljanja otpada i angažirati zajednicu.

Neprestani tehnološki napredak može rezultirati poboljšanjima u učinkovitosti i performansama metoda prikupljanja otpada.

Klimatske promjene, uključujući porast razine mora, promjene u temperaturama i intenzitetu vremenskih ekstrema, mogu imati ozbiljne posljedice na infrastrukturu i metode prikupljanja otpada. Ekstremni vremenski uvjeti mogu otežati procese prikupljanja otpada i povećati rizik od onečišćenja morskog okoliša. Osim toga, porast razine mora može povećati opseg otpada koji završava na obalama, što dodatno otežava njegovo prikupljanje.

Prirodne katastrofe poput poplava, uragana ili izlivanja nafte mogu uzrokovati velike količine otpada, što predstavlja izazov u prikupljanju i sanaciji.

Nedostatak financijskih resursa ili sredstava za održavanje i nadogradnju sustava može ograničiti njihovu funkcionalnost i učinkovitost.

Održavanje i poboljšanje metoda prikupljanja otpada zahtijeva financijska sredstva za nabavu opreme, obuku osoblja, redovito održavanje i druge troškove. Nedostatak adekvatnog financiranja može ograničiti mogućnosti za implementaciju učinkovitih metoda i opreme, što rezultira manjom pokrivenošću i učinkovitošću prikupljanja otpada.

Nejasna ili nedostatna politika i regulativa može stvoriti poteškoće u implementaciji metoda prikupljanja otpada. Nedostatak jasnih smjernica ili usklađenih zakona može dovesti do nedosljedne prakse prikupljanja otpada ili čak do prepreka u provođenju inicijative. Također, promjene u političkom okruženju ili nesuglasice oko prioriteta pitanja mogu usporiti ili onemogućiti napredak u sprječavanju onečišćenja.

7. ZAKLJUČAK

Istraživanje različitih vrsta morskog otpada ključno je za razumijevanje ozbiljnosti problema onečišćenja morskih ekosustava.

Svaka vrsta otpada ima svoje specifične izvore, distribuciju i potencijalne učinke na morski život.

Učinkovito praćenje i analiza ovih vrsta otpada omogućuju nam da razvijemo strategije upravljanja i ublažavanja onečišćenja.

Upravljanje morskim otpadom predstavlja ključan izazov za zaštitu morskih ekosustava i očuvanje biološke raznolikosti. U skladu s regionalnim konvencijama o morima, kao što su OSPAR, Barcelona, Helsinki i Bukurešt konvencije, uspostavljene su smjernice i protokoli za praćenje morskog otpada kako bi se identificirali problemi i razvile mjere za smanjenje i upravljanje otpadom u tim područjima.

Opći pristupi i strategije za praćenje morskog otpada u Europi temelje se na uspostavljanju standarda, smjernica i metoda za sustavno praćenje količina, vrsta i distribucije otpada u morskom okolišu. Pomoću ovih strategija omogućuje se dosljedno i usporedno prikupljanje podataka, što je ključno za informirane odluke i učinkovito upravljanje morskim otpadom.

Problem onečišćenja morske površine otpadom zahtijeva ozbiljan pristup kako bi se sačuvali oceani i morski ekosustavi. Otpad koji dolazi s kopna, posebno plastika, čini značajan udio onečišćenja i zahtijeva pažljivo praćenje i nadzor. Metode nadzora otpada na morskoj površini igraju ključnu ulogu u praćenju i upravljanju tim problemom. U radu su predstavljene različite metode nadzora iz zraka i brodova, kao i budući trendovi u tom području.

Metode nadzora iz zraka, uključujući upotrebu dronova, aviona, satelita i raznih senzora, omogućuju precizno praćenje i identifikaciju otpada na širokom području mora. Ove tehnike korisne su za otkrivanje većih objekata i njihovo praćenje kretanja. S druge strane, metode nadzora s brodova, poput vizualnog promatranja, kamera, senzora i automatskih sustava, omogućuju detaljniji uvid u vrste otpada na morskoj površini i bolje razumijevanje gustoće otpada na određenim područjima.

Budući trendovi u nadzoru otpada na morskoj površini usmjereni su prema naprednim tehnologijama kao što su daljinska detekcija, autonomni sustavi za prikupljanje otpada, umjetna inteligencija i mobilne aplikacije.

Nadalje, u ovom radu prikazane su različite metode prikupljanja otpada s površine mora na području luke i marine. Plutajući otpad ima potencijal uzrokovati štetu morskim organizmima te izazvati širok spektar okolišnih problema. Metode prikazane u radu obuhvaćaju različite tehnološke inovacije i strategije kako bi se smanjio negativan utjecaj otpada na morske ekosustave.

Sustav 001 je prvi uspješan primjer uređaja za čišćenje oceana koji koristi struju, vjetar i valove kako bi prikupljao i koncentrirao plastiku koju je reciklirao.

Seabin, nagrađivani uređaj, djeluje kao čistač površine mora i vode, skupljajući otpad, ulje i gorivo te pružajući održivo rješenje za prikupljanje i recikliranje otpada. Mr. Trash Wheel, uz pomoć solarne i hidroenergije, izvlači otpad iz mora te ga prikuplja u kontejner. WasteShark A, autonomni robot, omogućuje učinkovito čišćenje luka i marina, dok FRED i Jellyfishbot predstavljaju inovativne robote koji također pridonose smanjenju plastičnog čišćenja.

Istraživačke tehnike kao što su magnetske nano-spirale za razgradnju mikroplastike te površinsko neto kočarenje pružaju nove perspektive u borbi protiv otpada. Metode poput skimmera omogućuju učinkovito uklanjanje prolivene nafte s površine vode.

Svaka od ovih metoda ima svoje prednosti i izazove te bi se njihova primjena trebala temeljiti na specifičnostima svakog područja. Kombinacija različitih tehnika i sustava može pružiti holistički pristup čišćenju površine mora, doprinoseći očuvanju morskih ekosustava i zaštiti okoliša. Uz daljnja istraživanja, tehnološki napredak i suradnju, moguće je stvoriti još učinkovitije i održivije načine prikupljanja otpada s površine mora na području luke i marine.

SWOT analiza metoda nadzora i prikupljanja otpada sa morske površine istakla je ključna čimbenika koji utječe na uspješnost i učinkovitost ovih pristupa. U kontekstu sve veće zabrinutosti za očuvanje morskog okoliša, precizan nadzor i učinkovito prikupljanje otpada postaju neophodni kako bi se suzbili negativni utjecaji ljudskih aktivnosti na oceane i more. Metode nadzora iz zraka pružaju mogućnost preciznog praćenja većih otpadaka uz pomoć satelita, dronova i aviona, dok se integracijom naprednih tehnologija postiže bolja detekcija objekata.

Ipak, postoji potreba za adresiranjem izazova kao što su nedostatak preciznosti kod manjih otpadaka, ovisno o vremenskim uvjetima te visoki troškovi i tehnički zahtjevi. S druge strane, razvoj autonomnih plutača i brodova, primjena umjetne inteligencije te korištenje blockchain tehnologije otvaraju nove prilike za unapređenje metoda nadzora i prikupljanja otpada. U slučaju metoda prikupljanja otpada, prepoznate su snage kao što su učinkovito uklanjanje otpada, smanjenje zagađenja i poboljšanje ekosustava.

Sve hipoteze koje su postavljene na početku rada su potvrđene.

Primjena standarda kvalitete, praćenje prema regionalnim konvencijama, prevencija onečišćenja mora s brodova, planovi gospodarenja morskim otpadom i inovativne tehnologije prikupljanja otpada mogu doprinijeti smanjenju i održivom upravljanju morskim otpadom.

Otpad na plaži varira prema vrsti i sezonskim promjenama, a poduzimanje mjera praćenja i čišćenja može smanjiti prisutnost otpada na plažama.

Inovativne tehnologije prikupljanja otpada mogu biti učinkovit način za uklanjanje otpada iz morskog okoliša, a njihova primjena može doprinijeti smanjenoj količini otpada i obnoviti očuvanje morskog okoliša.

LITERATURA

1) ČLANCI U ČASOPISIMA

1. Abidli S, Antunes JC, Ferreira JL, Lahbib Y, Sobral P, et al. Microplastics in Sediments from the Littoral Zone of the North Tunisian Coast (Mediterranean Sea). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2018; 205: 1–9.
2. Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science* 329:1185-1188.
3. Alomar C, Deudero S, Compa M, Guijarro B. Exploring the Relation between Plastic Ingestion in Species and Its Presence in Seafloor Bottoms. *Mar. Pollut. Bull.* 2020; 160.
4. Alomar C, Deudero S. Evidence of Microplastic Ingestion in the Shark Galeus Melastomus Rafinesque, 1810 in the Continental Shelf off the Western Mediterranean Sea. *Environ. Pollut.* 2017; 223: 223–229.
5. Alverson, D.L., Freeberg, M.K., Murawski, S.A. and Pope, J.G. (1994) A Global Assessment of Fisheries Bycatch and Discards. FAO Fisheries Technical Paper No 339, FAO, Rome.
6. Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
7. Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. September 9-11, 2008: NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R30.
8. Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. September 9-11, 2008: NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R30.
9. Avio CG, Cardelli LR, Gorbi S, Pellegrini D, Regoli F. Microplastics Pollution after the Removal of the Costa Concordia Wreck: First Evidences from a Biomonitoring Case Study. *Environ. Pollut.* 2017; 227: 207–214.
10. Batten S.D., Clark R., Flinkman J., Hays G., John E., John A.W.G., Jonas T., Lindley J.A., Stevens D.P., and Walne A. 2003a. CPR sampling: the technical background, materials and methods, consistency and comparability. *Progress in Oceanography* 58: 193-215.
11. Batten S.D., Clark R., Flinkman J., Hays G., John E., John A.W.G., Jonas T., Lindley J.A., Stevens D.P., and Walne A. (2003). CPR sampling: the technical background, materials and methods, consistency and comparability. *Progress in Oceanography* 58: 193-215.
12. Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeftic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T. Lavine I., Manyara P.,
13. Deudero S, Alomar C. Mediterranean Marine Biodiversity under Threat: Reviewing Influence of Marine Litter on Species. *Mar. Pollut. Bull.* 2015; 98: 58–68.

14. Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J., Katsavenakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., Poitou, I., Hanke, G., Thompson, R., Amato, E., Birkun, A. and Janssen, C. 2010. Marine Strategy Framework Directive Task Group 10 Report Marine litter , JRC Scientific and technical report, ICES/JRC/IFREMER Joint Report (no 31210 – 2009/2010) , Editor: N. Zampoukas , 57 pp.
15. Kühn, S., Elisa L. Bravo Rebolledo & Jan A. (2015). Deleterious Effects of Litter on Marine Life. Marine Anthropogenic Litter pp 75–116.
16. Law, K. L., Moret-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J. and Reddy, C. M. 2010. Plastic
17. Maglič, L., Maglič, L., Grbčić, A., Gulić, M. (2022). Composition of Floating Marine Litter in Port Areas of the Island of Mallorca. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10, 1079.
18. Marine Litter Technical Recommendations for the Implementation of MSFD Requirements. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter, EUR 25009 EN - 2011.
19. Nichols, C. R., Williams, R. G. Encyclopedia of Marine Science (Facts on File, Inc. New York), 2009, p.360.
20. Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B. and Westphalen G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on
21. Pham CK, Ramirez-Llodra E, Alt CHS, Amaro T, Bergmann M, Canals M, et al. (2014) Marine Litter Distribution and Density in European Seas, from the Shelves to Deep Basins. PLoS ONE 9(4).
22. Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC.
23. Tutman, P., Bojanić, D. (2017.) Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Sunceudruga za prirodu okoliš i održivi razvoj, Split.
24. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter, Regional Seas Reports and Studies No. 186 IOC Technical Series No. 83.
25. Walker, T. R. McGuinty, E., Hickman, D. (2021). Marine debris database development using international best practices: A case study in Vietnam. Marine Pollution Bulletin, Volume 173, Part A, December 2021, 112948.

2) ELEKTRONIČKI IZVORI

26. Baltic Marine Environment Protection Commission HELCOM, dostupno na: <https://oceanexpert.org/institution/20989> (9.9.2023).
27. Barcelona Convention and Protocols, dostupno na: <https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols> (10.6.2023.)
28. Barcelona Convention for the protection of the Mediterranean, dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/barcelona-convention-for-the-protection-of-the-mediterranean.html> (9.9.2023).
29. Bucharest Convention, dostupno na: <https://water.europa.eu/marine/countries-and-regional-seas/regional-conventions/bucharest-convention> (12.6.2023.)

30. Construction debris - reinforced concrete blocks rusty armature, dostupno na: <https://www.dreamstime.com/stock-photo-construction-debris-reinforced-concrete-blocks-rusty-armature-seashore-image68372387> (12.8.2023.)
31. Convention for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic, dostupno na: <https://treaties.un.org/pages/showdetails.aspx?objid=0800000280069bb5> (9.9.2023).
32. Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution (Bucharest Convention), dostupno na: https://www.mfa.gov.tr/convention-on-the-protection-of-the-black-sea-against-pollution-_bucharest-convention_.en.mfa (9.9.2023).
33. Despite deals, plans and bans, the Mediterranean is awash in plastic, dostupno na: <https://news.mongabay.com/2021/11/despite-deals-plans-and-bans-the-mediterranean-is-awash-in-plastic/> (12.8.2023.)
34. FRED, dostupno na: <https://edu.engfemmes.ca/wp-content/uploads/2020/08/canvas-1024x576.png> (20.8.2023)
35. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas, dostupno na: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC83985> (10.6.2023.)
36. How Seabin is helping clean the oceans of plastic waste, dostupno na: <https://www.itu.int/hub/2020/05/how-seabin-is-helping-clean-the-oceans-of-plastic-waste/> (20.8.2023).
37. Jellyfishbot - Solar Impulse Efficient Solution, dostupno na: <https://solarimpulse.com/solutions-explorer/jellyfishbot> (23.8.2023).
38. Jellyfishbot - The depollution & preservation of the water, dostupno na: <https://www.jellyfishbot.io/> (20.8.2023)
39. Jellyfishbot, dostupno na: <https://www.jellyfishbot.io/wp-content/uploads/2023/01/Jellyfishbot-Features.jpg> (20.8.2023)
40. Marine Waste, Floating Debris & Aquatic Plant Control Technology, dostupno na: <https://www.elastec.com/marine-waste-floating-debris-technology/> (25.5.2023.)
41. Meet FRED: The Trash-Collecting Sea Robot Cleaning San Diego Bay, dostupno na: <https://c3newsmag.com/meet-fred-the-trash-collecting-sea-robot-cleaning-plastic-pollution-in-the-ocean/> (20.8.2023)
42. Microplastics flowing into our oceans threaten deep sea marine life, dostupno na: <https://www.manchester.ac.uk/discover/news/microplastics-flowing-into-our-oceans-threaten-deep-sea-marine-life/> (12.8.2023.)
43. Modelled on Planet Earth's biggest fish, dostupno na: <https://dronesolutionservices.com/wasteshark> (20.8.2023)
44. Mr. Trash Wheel, dostupno na: https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/63974fbfdb846962ef990e53/1fb403ab-bd06-4463-ae37-fac6e9bec554/fullsizeoutput_1609.jpeg (20.8.2023).
45. Oil Spill Equipment Glossary, dostupno na: <https://www.cleanupoil.com/oil-skimmer/> (20.8.2023)
46. OSPAR Convention, dostupno na: <https://www.dgrm.mm.gov.pt/en/web/guest/ospar> (10.6.2023.)

47. Overview of available methods to monitor marine plastic litter, Incl. method for riverine litter monitoring developed within BLASTIC, dostupno na: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2017/12/blastic-overview-of-available-monitoring-methods-final.pdf> (20.8.2023).
48. Photo of environmentally dangerous plastic garbage floating in the sea, dostupno na: <https://www.istockphoto.com/photo/plastic-trash-environmental-hazard-floating-in-sea-gm1158525940-316493550> (12.8.2023.)
49. Plan gospodarenja morskim otpadom, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, dostupno na: https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//Uprava_vodnoga_gospodarstva_i_zast_mora/More_ostalo/Plan%20gospodarenja%20morskim%20otpadom%20svibanj%202020.pdf (30.6.2023.)
50. Pollution Prevention, dostupno na: <https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/pollution-prevention.aspx> (30.6.2023.)
51. Pollution Prevention: Legal Requirements and Compliance, dostupno na: <https://www.thegsgroup.com/pollution-prevention-legal-requirements-compliance/> (30.6.2023.)
52. Scientists have created magnetic coils thinner than a human hair that could break down plastic in the ocean, dostupno na: <https://www.businessinsider.com/plastic-pollution-magnetic-coils-could-break-down-microplastics-2019-8> (20.8.2023)
53. Seabin V5, dostupno na: <https://capodorlandomarina.it/wp-content/uploads/2019/05/news-seabin.jpg> (20.8.2023).
54. Seabin V5, dostupno na: <https://capodorlandomarina.it/wp-content/uploads/2019/05/news-seabin.jpg> (20.8.2023).
55. Seabin, dostupno na: <https://seabin.io/home/> (20.8.2023).
56. Shipping Pollution, dostupno na: <https://europe.oceana.org/shipping-pollution-1/> (30.6.2023.)
57. Singh, B. (6.5.2021.) Marine Pollution by Ships -Tips for Reducing & Recycling Waste at Sea, dostupno na: <https://www.marineinsight.com/environment/marine-pollution-by-ships-tips-for-reducing-recycling-waste-at-sea/> (30.6.2023.)
58. Skimmer, dostupno na: <https://ig7.ir/wp-content/uploads/2020/02/%D8%A7%D9%88%DB%8C%D9%84-%D8%A7%D8%B3%DA%A9%DB%8C%D9%85%D8%B1-4.jpg> (20.8.2023)
59. Štirmer, N., Bjegović, D. (1.12.2012.) Gospodarenje građevinskim otpadom i mogućnosti upotrebe građevinskog otpada, dostupno na: <https://www.holcim.hr/> (25.5.2023.)
60. Strategija razvoja održivog turizma do 2030. godine, dostupno na: https://mint.gov.hr/UserDocsImages/2023_WEBMINTS/220112_strat_stud_saz.pdf (20.5.2023.)
61. Surface net trawls, dostupno na: <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/trawls/trawls.html> (20.8.2023)

62. Surface net trawls, dostupno na: <https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/trawls/trawls.html> (20.8.2023)
63. System 001 – first ocean cleanup system, dostupno na: <https://theoceancleanup.com/milestones/system001/> (20.8.2023).
64. System 001 – first ocean cleanup system, dostupno na: <https://theoceancleanup.com/milestones/system001/> (20.8.2023).
65. System001, dostupno na: <https://media.greenmatters.com/brand-img/3HA9UgT/0x0/the-ocean-cleanup-system-001-1546886658056.jpg> (20.8.2023).
66. The Helsinki Convention, dostupno na: <https://helcom.fi/about-us/convention/> (12.6.2023.)
67. The Helsinki Convention, dostupno na: <https://helcom.fi/about-us/convention/> (9.9.2023).
68. The Ocean Cleanup System 001 Explained - Cleaning Oceans, dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=O1EAeNdTFHU&t=73s> (20.8.2023).
69. The Promise of Mr. Trash Wheel, dostupno na: <https://www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/the-promise-of-mr-trash-wheel> (20.8.2023).
70. Učinkovita uporaba resursa i kružno gospodarstvo, dostupno na: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hr/sheet/76/ucinkovita-uporaba-resursa-i-kruzno-gospodarstvo> (20.5.2023.)
71. Using the power of nature to clean the oceans, dostupno na: <https://www.mrtrashwheel.com/technology/> (20.8.2023).
72. Using the V5 Seabin to Reduce Marine Pollution, dostupno na: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=914> (20.8.2023).
73. Visual Feature | Beat Plastic Pollution - UNEP, dostupno na: <https://unep.org/interactive/beat-plastic-pollution/> (25.5.2023.)
74. WasteShark A, dostupno na: <https://cordis.europa.eu/docs/results/images/2019-02/254172.jpg> (20.8.2023)
75. WasteShark, dostupno na: <https://dronesolutionservices.com/wasteshark> (20.8.2023).
76. WasteShark: An autonomous catamaran, dostupno na: <https://www.wevolver.com/specs/wasteshark> (20.8.2023).

3) OSTALI IZVORI

77. Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, (NN 50/05, 39/09, 94/13)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
ARO	engl. <i>Automated object recognition</i>	Automatizirano prepoznavanje objekata
CCD	engl. <i>Charge-coupled device</i>	Uređaj sa spregnutim nabojem
EU	engl. <i>European Union</i>	Europska unija
FRED	engl. <i>Floating Robot for Eliminating Debris</i>	Plutajući robot za uklanjanje krhotina
HELCOM	engl. <i>Baltic Sea Environmental Protection Commission</i>	Komisija za zaštitu okoliša Baltičkog mora
IADYS	engl. <i>Robotics and Artificial Intelligence for clean-up</i>	Robotika i umjetna inteligencija za čišćenje
MAP	engl. <i>Mediterranean Action Plan</i>	Mediterranski akcijski plan
MEA	engl. <i>Multilateral environmental agreement</i>	Multilateralni sporazum o okolišu
MSFD	engl. <i>Directives on the marine environment protection strategy</i>	Direktiva o strategiji zaštite morskog okoliša
NOAA	engl. <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>	Nacionalna uprava za oceane i atmosferu
OSPAR	engl. <i>Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic</i>	Konvencija o zaštiti morskog okoliša sjeveroistočnog Atlantika
UAS	engl. <i>Unmanned Aircraft System</i>	Sustav bespilotnih zrakoplova
UNEP	engl. <i>United Nations Environment Programme</i>	Program Ujedinjenih naroda za okoliš

POPIS TABLICA

Tablica 1. Izvori plutajućeg otpada u moru.....	11
Tablica 2. Kategorizacija izvora otpada na plaži prema OSPAR konvenciji.....	18
Tablica 3. Kategorizacija otpada prema Barcelonskoj konvenciji.....	21
Tablica 4. SWOT analiza metoda nadzora otpada	47
Tablica 5. SWOT analiza metoda prikupljanja otpada	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Otpad na plaži u Velikoj Britaniji	8
Slika 2. Plutajući otpad u moru	10
Slika 3. Otpad na morskom dnu	13
Slika 4. Metode nadzora morskog otpada s površine mora iz zraka	27
Slika 5. Metode nadzora otpada na morskoj površini	29
Slika 6. System001	34
Slika 7. Seabin V5.....	35
Slika 8. Mr. Trash Wheel	37
Slika 9. WasteShark A	39
Slika 10. FRED	40
Slika 11. Jellyfishbot.....	42
Slika 12. Skimmer.....	44