

Utjecaj klimatskih promjena na pomorstvo

Zurić, Krešimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:948356>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru
Pomorski odjel - Nautički odsjek



Završni rad

Utjecaj klimatskih promjena na pomorstvo
Effects of climate changes on maritime industry

Krešimir Zurić

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Nautički odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij nautike i tehnologije pomorskog prometa

(jednopedmetni - izvanredni)

Završni rad iz predmeta: Elektronička navigacija

Utjecaj klimatskih promjena na pomorstvo

Effects of climate changes on maritime industry

Student:

Krešimir Zurić

Mentor:

doc. dr. sc. Ivan Toman

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Krešimir Zurić**, ovime izjavljujem da je moj **završni rad** pod naslovom „**Utjecaj klimatskih promjena na pomorstvo**“ rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovog rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

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

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

Zadar, 26. listopada. 2024.

SAŽETAK

Konačni cilj ovog završnog rada je istražiti i analizirati utjecaj klimatskih promjena na pomorstvo, s posebnim naglaskom na promjene koje se događaju u morskom okolišu, pomorskoj infrastrukturi i operativnim aspektima pomorskih aktivnosti. Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih izazova današnjice, a njihov utjecaj na pomorstvo postaje sve izraženiji. Porast razine mora, promjene u morskim strujama, povećanje učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih uvjeta te zakiseljavanje oceana jedni su od segmenata klimatskih promjena koji direktno utječu na pomorstvo. Rad se sastoji od pet glavnih poglavlja. U uvodnom dijelu objašnjena je važnost pomorstva za globalnu ekonomiju, te je precizirana problematika klimatskih promjena. Drugo poglavlje daje pregled ključnih klimatskih promjena i njihovih učinaka na morski okoliš. Treće poglavlje se usredotočuje na utjecaj tih promjena na pomorsku infrastrukturu, uključujući luke, brodogradilišta i plovne putove. U četvrtom poglavlju analiziraju se operativni izazovi s kojima se suočava pomorski sektor, poput sigurnosti plovidbe, promjena u rutama i povećanih troškova. Peto poglavlje daje pregled mogućih mjera prilagodbe i strategija za ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena na pomorstvo.

Zaključak rada naglašava potrebu za hitnim i koordiniranim akcijama na globalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini kako bi se smanjili negativni učinci klimatskih promjena na pomorstvo. Također se ističe važnost daljnjih istraživanja i razvoja inovativnih tehnologija koje mogu doprinijeti održivosti pomorskog sektora u uvjetima promjenjive klime.

Ključne riječi: *klimatske promjene, pomorstvo, morski okoliš, pomorska infrastruktura, sigurnost plovidbe, održivi razvoj, globalna ekonomija*

SUMMARY

The ultimate goal of this thesis is to investigate and analyze the impact of climate change on maritime activities, with a particular emphasis on changes occurring in the marine environment, maritime infrastructure, and operational aspects of maritime activities. Climate change represents one of the greatest challenges of today, and its impact on maritime activities is becoming increasingly pronounced. Rising sea levels, changes in ocean currents, increased frequency and intensity of extreme weather events, and ocean acidification are some aspects of climate change that directly affect maritime activities. The thesis consists of five main chapters. The introductory part explains the importance of maritime activities for the global economy and defines the issues related to climate change. The second chapter provides an overview of key climate changes and their effects on the marine environment. The third chapter focuses on the impact of these changes on maritime infrastructure, including ports, shipyards, and waterways. The fourth chapter analyzes the operational challenges faced by the maritime sector, such as navigation safety, route changes, and increased costs. The fifth chapter provides an overview of possible adaptation measures and strategies to mitigate the negative effects of climate change on maritime activities. The conclusion emphasizes the need for urgent and coordinated actions at the global, regional, and local levels to reduce the negative effects of climate change on maritime activities. It also highlights the importance of further research and the development of innovative technologies that can contribute to the sustainability of the maritime sector in a changing climate.

Keywords: *climate change, maritime activities, marine environment, maritime infrastructure, navigation safety, sustainable development, global economy*

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. KLIMATSKE PROMJENE I NJIHOV UTJECAJ NA MORSKI OKOLIŠ.....	2
2.2. PROMJENE U MORSKIM STRUJAMA.....	6
2.3. UČESTALOST I INTENZITET EKSTREMNIH VREMENSKIH UVJETA.....	9
2.4. ZAKISELJAVANJE OCEANA.....	12
3. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POMORSKU INFRASTRUKTURU.....	14
3.1. LUKE.....	16
3.3. PLOVNI PUTOVI.....	20
4. OPERATIVNI IZAZOVI U POMORSKOM SEKTORU.....	21
4.1. SIGURNOST PLOVIDBE.....	22
4.2. PROMJENE U RUTAMA.....	24
4.3. POVEĆANI TROŠKOVI.....	25
5. MOGUĆNOST PRILAGODBE I STRATEGIJE ZA UBLAŽAVANJE NEGATIVNIH UČINAKA.....	26
5.1. MJERE PRILAGODBE.....	27
5.2. STRATEGIJE UBLAŽAVANJA.....	27
5.3. POTENCIJAL ARTIČKIH RUTA U POMORSKOM TRANSPORTU.....	29
6. ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA.....	37

1. UVOD

Pomorstvo ima značajnu ulogu u svjetskoj ekonomiji, jer preko 80% svjetske trgovine odvija se morskim putem. Luka i brodovi predstavljaju ključne značajke međunarodnog transportnog sustava, omogućavajući prijevoz robe, energenata i sirovina diljem svijeta. Ova globalna mreža pomorskog prometa osigurava ekonomski rast, povezivanje tržišta i dostupnost resursa. Međutim, s porastom svijesti o klimatskim promjenama i njihovim posljedicama dugoročno gledano, postaje jasno da je pomorski sektor suočen s brojnim izazovima. Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih izazova s kojima se čovječanstvo suočava u 21. stoljeću. Povećanje emisija stakleničkih plinova uzrokovalo je značajne promjene u klimatskim obrascima, što se manifestira kroz porast globalnih temperatura, rast razine mora, sve češće ekstremne vremenske uvjete i promjene u ekosustavima. Ovi čimbenici imaju značajan utjecaj na morski okoliš i pomorsku infrastrukturu, što izravno i neizravno utječe na operativne aspekte pomorskih aktivnosti. U ovom radu istražit će se različiti koncepti utjecaja klimatskih promjena na pomorstvo. Prvo će se analizirati kako promjene u morskom okolišu, poput porasta razine mora i zakiseljavanja oceana utječu na pomorske ekosustave i biološku raznolikost. Zatim će se preispitati utjecaj tih promjena na pomorsku infrastrukturu, uključujući luke, brodogradilišta i plovne putove, s posebnim naglaskom na rizike i prilagodbe koje su potrebne kako bi se osigurala njihova dugoročna održivost. Posebna pažnja bit će posvećena operativnim izazovima s kojima se suočava pomorski sektor. To uključuje promjene u sigurnosti plovidbe zbog sve učestalijih i intenzivnijih oluja, prilagodbe u navigacijskim rutama te povećanje troškova povezanih s novim sigurnosnim i ekološkim zahtjevima. Također, razmotriti će se mogućnosti prilagodbe i strategije za ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena, kao i potencijalne inovacije i tehnologije koje mogu doprinijeti održivosti pomorskog sektora. Rad će istaknuti potrebu za hitnim i koordiniranim akcijama na globalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini kako bi se smanjili negativni učinci klimatskih promjena na pomorstvo. Važnost daljnjih istraživanja i razvoja inovativnih tehnologija također će biti naglašena kao ključni elementi za osiguranje održivog razvoja pomorskog sektora u uvjetima promjenjive klime.

2. KLIMATSKE PROMJENE I NJIHOV UTJECAJ NA MORSKI OKOLIŠ

Klimatske promjene su složen fenomen koji obuhvaća niz promjena u atmosferi, hidro sferi i biosferi našeg planeta. Morski okoliš, kao ključna značajka globalnog ekosustava, izuzetno je osjetljiv na ove promjene koje se manifestiraju na različite načine. Porast globalnih temperatura, rast razine mora, promjene u oceanografskim procesima i zakiseljavanje oceana samo su neki od čimbenika klimatskih promjena koji imaju značajan utjecaj na morski okoliš. Jedan od najizraženijih učinaka klimatskih promjena je porast razine mora. Ovaj fenomen prvenstveno je uzrokovan topljenjem ledenih kapa i glečera te toplinskom ekspanzijom vode u oceanima. Porast razine mora ima brojne negativne posljedice na morski okoliš, uključujući eroziju obala, gubitak staništa, salinizaciju priobalnih područja i degradaciju ekosustava koraljnih grebena. Erozija obala ne samo da uništava prirodna staništa, već prijeti i ljudskim naseljima i infrastrukturi smještenima uz obalu. Zakiseljavanje oceana je proces koji nastaje uslijed povećane apsorpcije ugljičnog dioksida (CO₂) iz atmosfere. Kako se koncentracija CO₂ u atmosferi povećava, sve veće količine ovog plina otapaju se u oceanima, stvarajući ugljičnu kiselinu. Ovo dovodi do smanjenja pH vrijednosti morske vode, što ima štetne učinke na morski život, posebno na organizme koji izgrađuju svoje skelete od kalcijevog karbonata, kao što su koralji, školjke i neki planktoni. Degradacija koraljnih grebena, koji su od izuzetnog značaja za mnoge morske ekosustave, predstavlja ozbiljnu prijetnju biološkoj raznolikosti i ekosustavnim uslugama koje pružaju. Klimatske promjene također utječu na oceanografske procese, uključujući morske struje, cikluse hranjivih tvari i distribuciju topline. Promjene u morskim strujama mogu imati dalekosežne posljedice na globalnu klimu, jer struje igraju ključnu ulogu u regulaciji klimatskih uvjeta na Zemlji. Na primjer, promjene u Golfskoj struji mogu utjecati na klimatske uvjete u Sjevernoj Americi i Europi. Osim toga, promjene u ciklusima hranjivih tvari mogu utjecati na produktivnost mora, što ima direktan utjecaj na ribarstvo i opskrbu hranom. Povećanje učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih uvjeta, kao što su uragani, tajfuni i tropske oluje, također je povezano s klimatskim promjenama. Ove pojave mogu uzrokovati značajne štete na priobalnim ekosustavima i ljudskim zajednicama. Uragani i tajfuni mogu dovesti do masovnih erozija obala, razaranja staništa i gubitka biološke raznolikosti. Također, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati pojavu poplava, koje unose velike količine taložina i zagađivača u morski okoliš, dodatno pogoršavajući njegovu kvalitetu (IPCC, 2011).

Klimatske promjene uzrokuju i razne biološke promjene u morskim ekosustavima. Promjene u temperaturi vode mogu utjecati na migracijske obrasce, reprodukciju i distribuciju morskih

organizama. Neke vrste mogu biti prisiljene migrirati u hladnije vode, dok se druge suočavaju s izumiranjem zbog nemogućnosti prilagodbe novim uvjetima. To može rezultirati poremećajem u ekološkoj ravnoteži, jer se promjene u populaciji jedne vrste mogu reflektirati na cijeli prehrambeni lanac. Jedan od najpoznatijih primjera utjecaja klimatskih promjena na morski okoliš je Veliki koraljni greben u Australiji. Ovaj UNESCO-ov svjetski prirodni biser suočen je s masovnim izbjeljivanjem koralja, koje je uzrokovano porastom temperature mora i zakiseljavanjem oceana. Izbjeljivanje koralja dovodi do smrti koraljnih kolonija, što negativno utječe na cijeli ekosustav grebena koji je dom tisućama morskih vrsta (UNFCC, 2018).



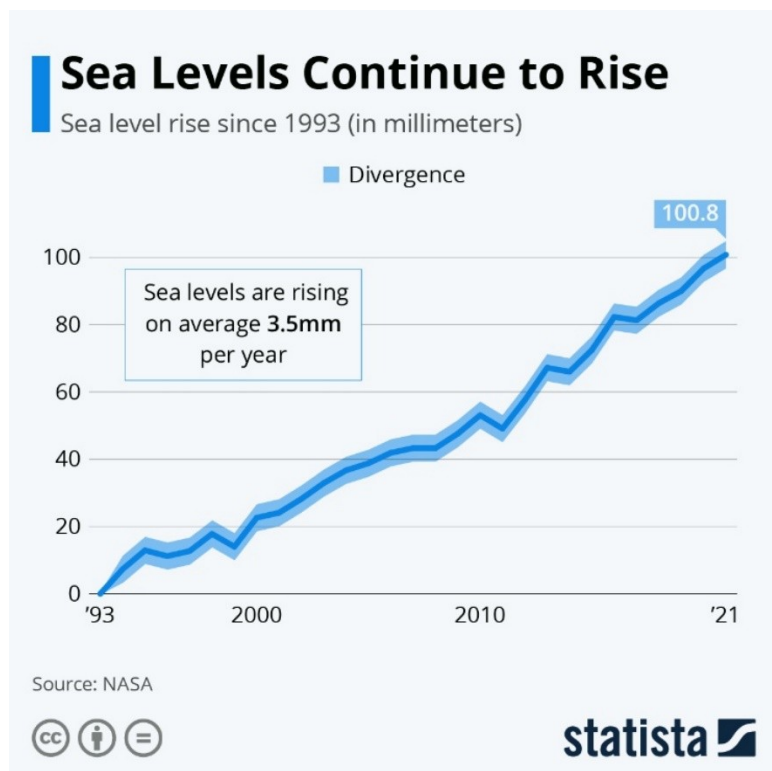
Slika 1. Veliki koraljni greben u Australiji

Izvor: <https://www.thegoldenscope.com/2024/05/islands-of-the-south-pacific/>

Klimatske promjene predstavljaju ozbiljnu prijetnju morskom okolišu, s znatnim posljedicama koje se protežu na ekološkoj, ekonomskoj i socijalnoj razini. Razumijevanje tih utjecaja temeljno je za razvoj strategija prilagodbe i ublažavanja, koje su neophodne za očuvanje biološke raznolikosti i održivost morskih ekosustava. Dok se globalna zajednica suočava s izazovom smanjenja emisija stakleničkih plinova, jednako je važno ulagati u istraživanja i inovacije koje će pomoći u prilagodbi na neizbježne promjene koje donosi klimatska kriza. Samo kroz zajedničke napore možemo osigurati budućnost naših oceana i svih oblika života koji ovise o njima.

2.1. PORAST RAZINE MORA

Porast razine mora jedan je od najizrazitijih učinaka klimatskih promjena. Ovaj fenomen prvenstveno je uzrokovan topljenjem ledenih kapa i glečera te toplinskom ekspanzijom vode u oceanima, što je posljedica globalnog zagrijavanja. Kako globalne temperature rastu, led se na polarnim područjima i na planinskim glečerima topi, a dodatna voda ulazi u oceane, podižući tako razinu mora. Istovremeno, toplinska ekspanzija uzrokuje širenje morske vode, dodatno pridonoseći porastu razine mora. Ove promjene imaju dugoročne i kompleksne posljedice na ekosustave, ljudske zajednice i globalnu ekonomiju. Jedan od najočitijih učinaka porasta razine mora je erozija obala. Kako se razina mora podiže, valovi i plima češće dopiru do viših dijelova obale, što rezultira povećanom erozijom. Erozijski procesi ne samo da uništavaju prirodna staništa, već također prijeti ljudskim naseljima i infrastrukturi smještenima uz obalu. Mnoge priobalne zajednice, posebno one u nižim područjima, suočene su s povećanim rizikom od poplava i gubitka zemljišta. Osim fizičkih gubitaka, erozija obala može uzrokovati ekonomske gubitke zbog smanjenja turističke atraktivnosti i povećanih troškova zaštite i obnove obalnih područja. Porast razine mora također uzrokuje salinizaciju priobalnih područja. Kada se morska voda infiltrira u slatkovodne sustave, kao što su rijeke, jezera i podzemne vode, dolazi do povećanja saliniteta. Salinizacija može imati ozbiljne posljedice na poljoprivredu, jer mnoge kulture nisu tolerantne na visoke razine soli. Također, salinizacija može ugroziti opskrbu pitkom vodom u priobalnim područjima, povećavajući pritisak na postojeće vodne resurse i infrastrukturu za pročišćavanje vode. Osim utjecaja na ljudske zajednice, porast razine mora ima značajne posljedice na ekosustave. Mnogi priobalni ekosustavi, poput močvara i koraljnih grebena, izrazito su osjetljivi na promjene u razini mora. Močvare, na primjer, pružaju temeljne usluge ekosustava, uključujući zaštitu obala od erozije, filtriranje zagađivača i pružanje staništa za brojne vrste. Porast razine mora može dovesti do gubitka ovih ekosustava, što rezultira smanjenjem biološke raznolikosti i smanjenjem prirodne zaštite obala. Koraljni grebeni, koji su među najbogatijim i najraznolikijim ekosustavima na svijetu, također su ozbiljno ugroženi porastom razine mora. Osim fizičkog porasta razine mora, klimatske promjene uzrokuju povećanje temperature mora i zakiseljavanje oceana, što dodatno ugrožava koralje. Kombinacija ovih faktora može dovesti do masovnog izbjeljivanja koralja, što je proces u kojem koralji izbacuju simbiotske alge koje im pružaju hranu i boju, što često rezultira smrću koraljnih kolonija.



Dijagram 1. Porast razine mora od 1993. godine nadalje

Izvor: <https://www.weforum.org/agenda/2022/08/rising-sea-levels-global-adaptation/>

Primjeri iz prakse pokazuju ozbiljnost situacije. U Bangladešu, zemlji s niskim priobalnim područjima, milijuni ljudi su već suočeni s prijetnjom gubitka domova zbog porasta razine mora. Ova situacija prisiljava ljude na migraciju u unutrašnjost, što stvara dodatne socijalne i ekonomske pritiske. Slično tome, u Pacifičkim otočnim državama, poput Kiribatija i Tuvalua, cijele nacije suočene su s egzistencijalnom prijetnjom zbog porasta razine mora. Ovi primjeri ilustriraju hitnost potrebe za globalnom akcijom kako bi se smanjili učinci klimatskih promjena i prilagodili se novim uvjetim (NASA, 2024).



Slika 2. Bangladeš

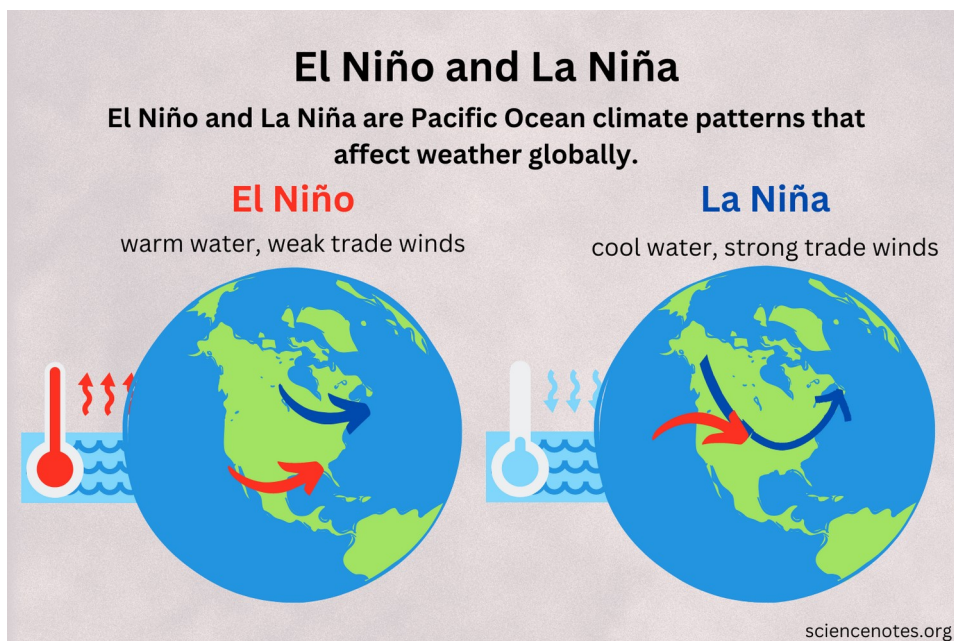
Izvor: <https://www.nrdc.org/stories/bangladesh-country-underwater-culture-move>

Porast razine mora predstavlja jednu od najizravnijih i najštetnijih posljedica klimatskih promjena. Njegovi učinci na priobalne zajednice, ekosustave i globalnu ekonomiju su značajni i zahtijevaju hitne i koordinirane akcije na svim razinama. Potrebno je ulagati u istraživanja, razvoj tehnologija i implementaciju strategija prilagodbe kako bi se smanjili negativni utjecaji porasta razine mora i osigurala održiva budućnost za sve oblike života koji ovise o priobalnim i morskim ekosustavima. Samo kroz zajedničke napore i globalnu suradnju možemo učinkovito odgovoriti na izazove koje donosi porast razine mora u kontekstu klimatskih promjena.

2.2. PROMJENE U MORSKIM STRUJAMA

Klimatske promjene itekako utječu na morske struje, koje igraju primarnu ulogu u regulaciji globalne klime i održavanju zdravih morskih ekosustava. Morske struje su složeni sustavi kretanja vode unutar oceana, koje su potaknute vjetrovima, razlikama u gustoći vode zbog temperaturnih i slanosti gradijenata, te rotacijom Zemlje. Promjene u ovim strujama imaju dalekosežne posljedice na globalnu klimu, morski okoliš i ljudske zajednice koje ovise o oceanima. Možda i najvažniji čimbenik promjena u morskim strujama je njihova uloga u distribuciji topline širom planete. Oceani apsorbiraju veliki dio sunčevog zračenja, a morske struje prenose tu toplinu iz ekvatorijalnih područja prema polovima. Na taj način, struje poput Golske struje i Kuroshio struje pomažu u regulaciji klimatskih uvjeta, održavajući toplije zime u Europi i Sjevernoj Americi. Međutim, klimatske promjene mogu uzrokovati promjene u intenzitetu i smjeru ovih struja, što može dovesti do ekstremnih vremenskih uvjeta, poput

hladnijih zimskih sezona u Europi ili povećanja učestalosti toplinskih valova. Promjene u morskim strujama također mogu utjecati na cikluse hranjivih tvari u oceanima. Morske struje donose hranjive tvari iz dubokih voda na površinu, podržavajući primarnu proizvodnju fitoplanktona, koji su temelj morskih hranidbenih lanaca. Ako klimatske promjene oslabe ili promijene smjer ovih struja, može doći do smanjenja opskrbe hranjivim tvarima, što će negativno utjecati na cijeli ekosustav. Na primjer, promjene u Humboldtovoj struji mogu utjecati na produktivnost ribe u istočnom Tihom oceanu, što ima izravne posljedice na ribarstvo i prehrambenu sigurnost. Promjene u morskim strujama također utječu na migracijske obrasce morskih organizama. Mnogi morski organizmi, poput riba, morskih kornjača i morskih sisavaca, ovise o specifičnim strujama za svoje migracijske rute. Promjene u intenzitetu i smjeru struja mogu poremetiti ove migracijske obrasce, što može dovesti do smanjenja populacija, promjena u distribuciji vrsta i povećanog stresa na ekosustave. Na primjer, promjene u Atlantskoj meridijanskoj cirkulaciji mogu utjecati na migracijske obrasce atlantskog bakalara, koji je važna komercijalna vrsta. Jedan od značajnih primjera utjecaja klimatskih promjena na morske struje je slabljenje Golfske struje. Golfska struja je dio složenog sustava Atlantske meridijanske cirkulacije, koja prenosi toplinu iz tropskih područja prema sjeveru. Istraživanja pokazuju da topljenje leda na Grenlandu i povećanje slatke vode u sjevernom Atlantiku mogu oslabiti ovu struju. Slabljenje Golfske struje može uzrokovati hladnije zime u Europi i Sjevernoj Americi, te promjene u morskim ekosustavima u ovim regijama. Promjene u morskim strujama također imaju utjecaj na klimatske uvjete u priobalnim područjima. Na primjer, promjene u Kalifornijskoj struji mogu utjecati na učestalost i intenzitet El Nino i La Nina događaja, koji imaju značajne klimatske i ekonomske posljedice na globalnoj razini. El Nino može dovesti do povećanja temperatura mora, što uzrokuje masovno izbjeljivanje koralja, smanjenje ribljih populacija i ekstremne vremenske uvjete poput suša i poplava (NOAA,2024).



Slika 3. El Nino i La Nina

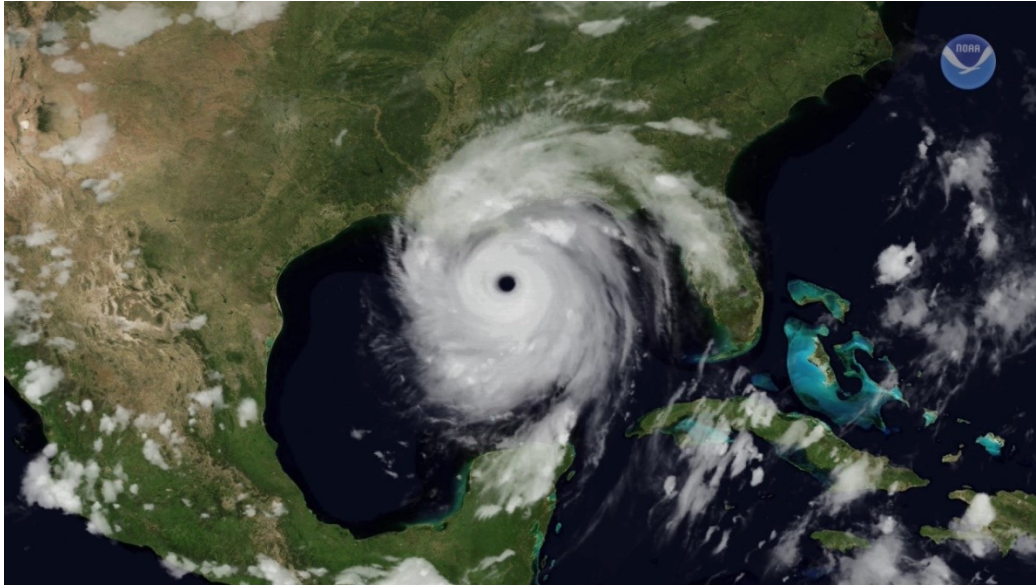
Izvor: <https://www.iasgyan.in/daily-current-affairs/co2-levels>

Promjene u morskim strujama predstavljaju jedan od najvažnijih utjecaja klimatskih promjena na morski okoliš. Njihovi učinci na distribuciju topline, cikluse hranjivih tvari, migracijske obrasce i klimatske uvjete imaju dalekosežne posljedice na ekosustave, ljudske zajednice i globalnu klimu. Razumijevanje i praćenje ovih promjena važno je za razvoj strategija prilagodbe i ublažavanja, koje su neophodne za očuvanje zdravlja naših oceana i održivosti ljudskih zajednica koje ovise o njima. Kroz međunarodnu suradnju, istraživanja i inovacije, možemo se suočiti s izazovima koje donose promjene u morskim strujama i osigurati budućnost za generacije koje dolaze (IPCC, 2019).

2.3. UČESTALOST I INTENZITET EKSTREMNIH VREMENSKIH UVJETA

Klimatske promjene također utječu i na učestalost i intenzitet ekstremnih vremenskih uvjeta, što predstavlja ozbiljnu prijetnju morskome okolišu, ljudskim zajednicama i globalnoj ekonomiji. Povećana učestalost uragana, tajfuna, oluja i drugih ekstremnih vremenskih događaja posljedica je porasta globalnih temperatura i promjena u atmosferskim i oceanografskim procesima. Ovi događaji ne samo da uzrokuju trenutne štete, već imaju i dugoročne posljedice na ekosustave i društva. Jedan od izraženijih učinaka klimatskih promjena je porast intenziteta i učestalosti tropskih oluja, uragana i tajfuna. Toplije morske površine pružaju više energije ovim olujama, što dovodi do jačih vjetrova, intenzivnijih padalina i viših valova. Ove snažnije oluje uzrokuju razorne poplave, eroziju obala i značajna oštećenja infrastrukture. Priobalne zajednice posebno su osjetljive na ove promjene, jer često nemaju dovoljno resursa za obnovu nakon ovakvih događaja. Uragani i tajfuni mogu uzrokovati masovne poremećaje u morskim ekosustavima, uključujući uništavanje koraljnih grebena i močvara. Ovi ekosustavi su esencijalni za održavanje biološke raznolikosti, zaštitu obala i pružanje usluga ekosustava kao što su filtriranje vode i sklonište za brojne vrste. Kada su ovi ekosustavi oštećeni, njihov oporavak može trajati desetljećima, a u nekim slučajevima, šteta može biti i nepovratna (IPCC, 2019).

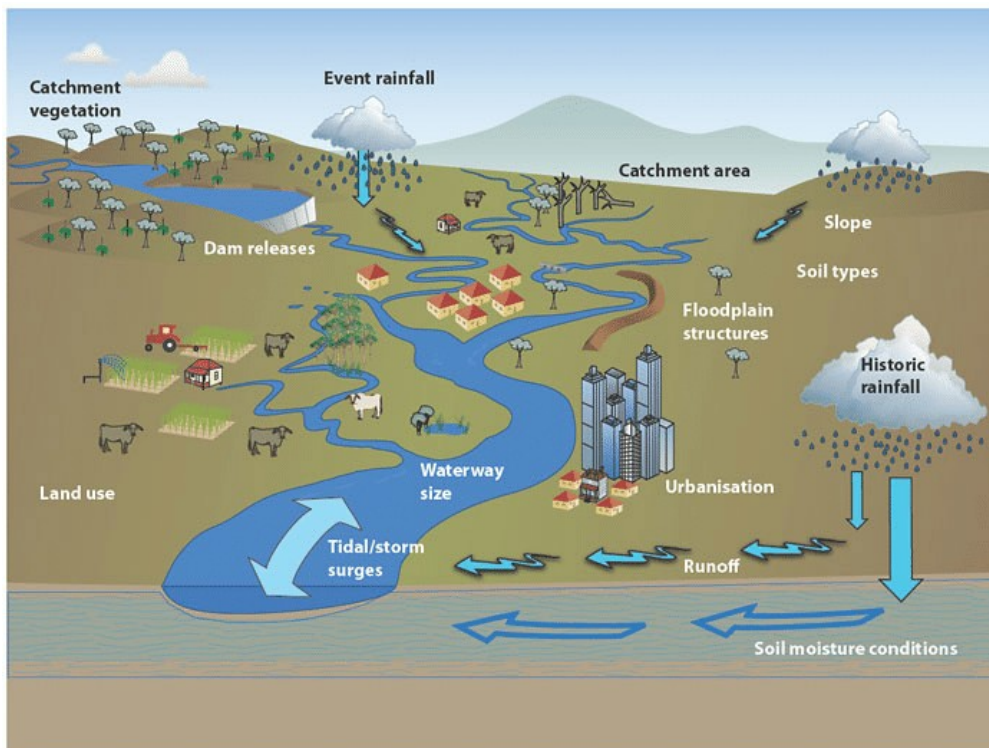
Jedan od najpoznatijih primjera utjecaja ekstremnih vremenskih uvjeta je uragan Katrina, koji je pogodio obalu Meksičkog zaljeva 2005. godine. Katrina je bila jedna od najsmrtonosnijih i najskupljih prirodnih katastrofa u povijesti Sjedinjenih Američkih Država, uzrokujući masovnu štetu i gubitak života. Uragan je uništio veliki dio obalne infrastrukture, uključujući luke, brodogradilišta i stambene zgrade, te uzrokovao ogromne ekonomske gubitke. Osim navedenih posljedica, Katrina je imala dugoročne učinke na ekosustave, uzrokujući gubitak močvara koje su služile kao prirodna barijera protiv oluja.



Slika 4. Uragan Katrina

Izvor: <https://www.turfnet.com/news.html/signs-point-to-an-active-remainder-of-hurricane-season-r2027/>

Povećanje učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih uvjeta također ima značajne ekonomske posljedice. Poplave, oluje i druge prirodne katastrofe uzrokuju masovnu evakuaciju ljudi, gubitak domova i posla, te povećanje siromaštva. Priobalne zajednice, posebno one u zemljama u razvoju, najviše su pogođene, jer često nemaju pristup resursima potrebnim za obnovu i prilagodbu. Osim toga, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati poremećaje u globalnim lancima opskrbe, što dovodi do ekonomskih gubitaka na globalnoj razini. Ekstremni vremenski uvjeti također mogu imati indirektne učinke na zdravlje ljudi. Na primjer, poplave mogu kontaminirati izvore pitke vode, što dovodi do izbijanja bolesti koje se prenose vodom. Toplinski valovi, koji postaju sve učestaliji i intenzivniji, mogu uzrokovati toplinske udare i druge zdravstvene probleme, posebno među ranjivim skupinama kao što su stariji ljudi i djeca. Osim toga, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati mentalne zdravstvene probleme, uključujući stres, anksioznost i depresiju, zbog gubitka doma, posla i voljenih osoba. Klimatske promjene također povećavaju učestalost i intenzitet suša, što ima velike posljedice na poljoprivredu i opskrbu hranom. Suše smanjuju dostupnost vode za navodnjavanje, što dovodi do smanjenja prinosa usjeva i povećanja cijena hrane. Ove promjene posebno pogađaju ruralne zajednice koje ovise o poljoprivredi za svoj opstanak. Povećana učestalost šumskih požara, koji su često povezani s sušama, dodatno ugrožava ekosustave i ljudske zajednice (UNFCC, 2016).



Slika 5. Faktori koji utječu na poplavu

Izvor: Office of the Queensland Chief Scientist (2022), dostupno na: <https://www.floodmapp.com/post/floodplain-fundamentals>

2.4. ZAKISELJAVANJE OCEANA

Zakiseljavanje oceana je jedan od naj zabrinjavajućih učinaka klimatskih promjena na morski okoliš. Proces zakiseljavanja oceana događa se kada oceani apsorbiraju dio ugljičnog dioksida (CO_2) iz atmosfere, što uzrokuje kemijske reakcije koje povećavaju kiselost morske vode. Ovaj fenomen kao i prethodno navedeni ima dalekosežne posljedice na morski život, ekosustave i ljudske zajednice koje ovise o oceanima. Kada se CO_2 otopi u morskoj vodi, on reagira s vodom i formira ugljičnu kiselinu. Ta kiselina se potom disocira u bikarbonat i vodikove ione, što povećava kiselost vode. Od početka industrijske revolucije, razina CO_2 u atmosferi je znatno porasla, a oceani su apsorbirali oko 30% tog dodatnog CO_2 . Kao rezultat, pH vrijednost morske vode je pala, što znači da su oceani postali kiseliji. Taj proces je relativno spor, ali kontinuiran, i njegovi učinci postaju sve izraženiji (NOAA, 2024).



Slika 6. Postupak zakiseljavanja vode

Izvor: Institution of Oceanography, dostupno na: <https://scripps.ucsd.edu/research/climate-change-resources/faq-ocean-acidification>

Zakiseljavanje oceana ima velike posljedice za morski život, posebno za organizme koji formiraju ljuske ili skelete od kalcijevog karbonata, poput koralja, školjki, puževa i nekih vrsta planktona. Povećana kiselost morske vode smanjuje dostupnost karbonatnih iona koji su potrebni tim organizmima za izgradnju i održavanje svojih struktura. Kao rezultat, njihova

sposobnost da formiraju ljuske i skelete je ugrožena, što može dovesti do smanjenja populacija tih organizama. Korali, na primjer, igraju ključnu ulogu u stvaranju i održavanju koraljnih grebena. Kada su korali izloženi zakiseljavanju oceana, njihov rast se usporava, a njihova struktura postaje krhkija, što povećava rizik od oštećenja i smrti.

Osim što utječe na organizme s kalcijevim karbonatnim strukturama, zakiseljavanje oceana ima i šire ekološke učinke. Promjene u kemiji morske vode mogu utjecati na reproduktivne procese, ponašanje i opstanak mnogih morskih vrsta. Na primjer, istraživanja su pokazala da povećana kiselost može ometati sposobnost riba da detektiraju predatore i plijen, što može dovesti do smanjenja njihovih populacija. Također, zakiseljavanje oceana može utjecati na fitoplankton. Zakiseljavanje oceana također ima ekonomske i socijalne posljedice. Mnoge priobalne zajednice ovise o ribarstvu i akvakulturi za svoj opstanak, a smanjenje populacija komercijalno važnih vrsta može imati ozbiljne posljedice na lokalna gospodarstva i prehrambenu sigurnost. Kao naprimjer, kamenice i školjke su osjetljive na promjene u kiselosti vode, a njihova smanjena dostupnost može utjecati na industrije koje ovise o tim vrstama. Osim toga, koraljni grebeni, koji su ugroženi zakiseljavanjem oceana, igraju ključnu ulogu u turizmu, zaštiti obala od erozije i pružanju staništa za mnoge vrste riba. Suočavanje s problemom zakiseljavanja oceana zahtijeva globalne napore za smanjenje emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova. Međunarodni sporazumi kao što je Pariški sporazum, ključni su za koordinaciju takvih napora i postizanje ciljeva smanjenja emisija. Osim toga, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se bolje razumjeli učinci zakiseljavanja oceana na morske ekosustave i razvile strategije za njihovu zaštitu. To uključuje razvoj tehnologija za smanjenje emisija CO₂, kao i mjera za povećanje otpornosti morskih ekosustava, poput zaštite i obnove koraljnih grebena (IPCC, 2011) (NOAA, n.d.).

3. UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA POMORSKU INFRASTRUKTURU

Klimatske promjene imaju dubok i rastući utjecaj na pomorsku infrastrukturu diljem svijeta, što uključuje luke, brodogradilišta, plovne putove i priobalne objekte. Navede komponente globalne trgovine i ekonomije suočavaju se s izazovima kao što su porast razine mora, promjene u obrascima oborina, erozija obala i povećanje frekvencije i intenziteta ekstremnih vremenskih uvjeta. Jedan od najizraženijih učinaka klimatskih promjena na pomorsku infrastrukturu je porast razine mora. Kako razina mora raste, luke i brodogradilišta koja su izgrađena uz obalu postaju sve ranjivija na poplave. Poplave mogu uzrokovati značajna oštećenja infrastrukture, uključujući skladišta, dokove, terminale i druge ključne objekte. Pored fizičkih oštećenja, poplave mogu uzrokovati i prekide u operacijama, što dovodi do ekonomskih gubitaka i poremećaja u lancima opskrbe. Promjene u obrascima oborina također predstavljaju izazov za pomorsku infrastrukturu. Intenzivnije i nepredvidive kiše mogu uzrokovati eroziju obala, što dovodi do nestabilnosti temelja infrastrukturnih objekata. Erozija može zahtijevati skupe i složene mjere zaštite, kao što su gradnja nasipa, obnova plaža i implementacija drugih inženjerskih rješenja za stabilizaciju obala. Isto tako, povećane oborine mogu uzrokovati bujice i poplave unutrašnjosti, što također može utjecati na pristupne puteve i logistiku pomorskih objekata. Povećanje frekvencije i intenziteta ekstremnih vremenskih uvjeta, kao što su oluje, uragani i tajfuni, dodatno ugrožava pomorsku infrastrukturu. Ovi ekstremni događaji mogu uzrokovati masovna oštećenja objekata, zaliha i opreme, kao i prekide u radu koji mogu trajati tjednima ili mjesecima. Pomorski plovni putevi također nisu imuni na utjecaje klimatskih promjena. Promjene u temperaturama i obrascima vjetrova mogu utjecati na morske struje i plimne valove, što može promijeniti navigacijske uvjete. Takvi uvjeti mogu zahtijevati prilagodbu ruta, što može povećati vrijeme plovidbe i operativne troškove. Pored toga, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati privremene zatvaranja plovnih puteva zbog opasnosti za sigurnost plovidbe. Klimatske promjene također mogu utjecati na stabilnost i operativnost priobalnih energetskih objekata, kao što su naftne platforme i vjetroelektrane. Naftne platforme su posebno osjetljive na oluje i ekstremne vremenske uvjete, dok vjetroelektrane mogu biti pogođene promjenama u obrascima vjetrova i ekstremnim vremenskim događajima. Oštećenja ovih objekata mogu imati ozbiljne ekonomske posljedice i izazvati prekide u opskrbi energijom (Doeke, 1995).

Kako bi se smanjili učinci klimatskih promjena na pomorsku infrastrukturu, potrebno je poduzeti mjere prilagodbe i druge mjere. To uključuje planiranje i izgradnju novih infrastrukturnih objekata s obzirom na projicirane promjene u klimatskim uvjetima, kao i modernizaciju postojećih objekata kako bi bili otporniji na ekstremne vremenske uvjete i porast razine mora. Tehnološka inovacija, poput upotrebe naprednih materijala i konstrukcijskih metoda, može igrati ključnu ulogu u izgradnji otpornije infrastrukture.

3.1. LUKE

Luke predstavljaju srce globalnog transportnog sustava, a klimatske promjene donose niz izazova koji utječu na njihovu operativnost i dugoročnu održivost. S obzirom na to da se ove temeljne infrastrukturne točke nalaze u priobalnim područjima, one su posebno izložene učincima klimatskih promjena, koji se manifestiraju kroz povećanje razine mora, intenzivnije vremenske uvjete i eroziju obala.



Slika 7. Luka Rotterdam u Nizozemskoj

Izvor: <https://zeymarine.com/worlds-biggest-ports/>

Jedan od najizravnijih problema s kojima se luke suočavaju zbog klimatskih promjena je porast razine mora. Povećana količina vode u oceanima dovodi do češćih i ozbiljnijih poplava, koje mogu devastirati infrastrukturu luka. Skladišta, dokovi, pristupne ceste i terminali postaju ranjiviji na oštećenja i eroziju. Štete od poplava ne samo da utječu na fizičku strukturu luka, već i na njihove operativne kapacitete, uzrokujući prekide u radu koji se mogu protegnuti na duže razdoblje. Posljedice takvih poplava mogu uključivati i kašnjenja u isporuci tereta, što dodatno komplicira globalne lance opskrbe. Ekstremni vremenski uvjeti također igraju bitnu ulogu u oblikovanju izazova s kojima se luke suočavaju. Snažni vjetrovi, visoki valovi i intenzivne kiše povezani s uraganima i tajfunima mogu prouzročiti razorna oštećenja. Dok je ranije bilo moguće predvidjeti i pripremiti se za određene vremenske uvjete, današnja pojačana učestalost i intenzitet oluja zahtijevaju dinamičnije i fleksibilnije pristupe

upravljanju rizicima (IPCC, n.d.). Oštećenja od oluja mogu uzrokovati privremena zatvaranja luka, čime se dodatno otežava logistika i povećavaju troškovi. U najgorem slučaju, to može dovesti do značajnih ekonomskih gubitaka za sve sudionike u globalnom lancu opskrbe. Erozijski obala je još jedan ozbiljan problem. Klimatske promjene dovode do promjena u obrascima valova i vjetrova, što ubrzava eroziju priobalnih područja. Ovo smanjenje stabilnosti obala može ugroziti temeljne infrastrukturne objekte luka, kao što su pristupne ceste i željezničke pruge. Kao rješenje, mnoge luke moraju investirati u skupe mjere zaštite, poput izgradnje nasipa i stabilizacije obala, što povećava troškove i složenost održavanja. Također, klimatske promjene mogu utjecati na ekonomsku priču rada luka. Ulaganja u obnovu oštećene infrastrukture, povećanje troškova održavanja i povećana potreba za adaptacijom na promjenjive uvjete mogu utjecati na profitabilnost luka. S obzirom na globalnu konkurenciju, luke koje nisu uspjele prilagoditi svoje operacije na nove klimatske uvjete mogu izgubiti dio svojih korisnika i teretnih tokova u korist onih koje su uspješnije upravljale svojim prilagodbama. Da bi se suočile s ovim izazovima, luke širom svijeta razvijaju strategije za prilagodbu i unaprjeđenje. Modernizacija luka uključuje izgradnju otpornijih objekata, uvođenje sustava za rano upozoravanje i razvijanje sveobuhvatnih planova za upravljanje rizicima. Recimo, podizanje visine dokova i skladišta može pomoći u zaštiti od poplava, dok upotreba naprednih tehnologija za prognozu vremenskih uvjeta može poboljšati pripremu za ekstremne događaje. Pored tehničkih mjera, mnoge luke ulažu u smanjenje svojih emisija stakleničkih plinova i implementaciju održivih praksi. Ove prakse uključuju upotrebu obnovljivih izvora energije, povećanje energetske učinkovitosti i razvoj zelenih tehnologija. Kao primjer, mnoge luke su usvojile električne kranove i vozila kako bi smanjile svoj ugljični otisak i poboljšale održivost svojih operacija (Adolf K. Y. Ng, Becker A., Earl P., Shu-Ling C., Cahoon S., Zaili Y., 2018).

Međunarodna suradnja igra temeljnu ulogu u suočavanju s klimatskim promjenama. Razmjena iskustava i najboljih praksi između luka može pomoći u razvoju učinkovitih strategija prilagodbe i unaprjeđenja. Organizacije kao što su Međunarodno udruženje luka i terminala (IAPH) pružaju platforme za suradnju i dijeljenje znanja, što omogućuje lukama da se bolje pripreme za buduće izazove (IAPH, *engl. International association of ports and harbors*).

3.2. BRODOGRADILIŠTA

Brodogradilišta su bitne karike u lancu pomorske industrije, pružajući sve potrebno za izgradnju i održavanje brodova koji održavaju globalnu trgovinu i prijevoz. S obzirom na rastuće izazove povezane s klimatskim promjenama, brodogradilišta su postala središnji fokus u analizi utjecaja globalnog zatopljenja na pomorsku infrastrukturu.

Klimatske promjene donose brodogradilištima različite prepreke, od porasta razine mora do ekstremnih vremenskih uvjeta, koje mogu ugroziti njihovu sposobnost da ispunjavaju svoje zadatke. Porast razine mora predstavlja ozbiljan rizik za brodogradilišta. Mnoge od njih smještene su uz obalu i stoga su posebno ranjive na porast razine mora. Ovaj fenomen može izazvati učestale poplave koje oštećuju građevinske objekte, opremu i materijale u skladištima. Kada se brodogradilište nađe pod vodom, čak i privremeno, može doći do prekida u radnim procesima, što uzrokuje kašnjenja u isporuci i povećanje troškova. Poplave mogu prouzročiti i oštećenja na brodovima koji su u fazi gradnje, što dodatno komplicira posao i povećava troškove. Osim što se suočavaju s prijetnjom poplava, brodogradilišta su izložena i učincima ekstremnih vremenskih uvjeta. Oluje, uragani i slični ekstremni vremenski događaji mogu uzrokovati značajna oštećenja infrastrukture. Na primjer, snažni vjetrovi mogu oštetiti dizalice i dokove, a visoki valovi mogu uzrokovati premještanje brodova i materijala. Ovi vremenski uvjeti ne samo da mogu uzrokovati fizička oštećenja, već i prekinuti rad brodogradilišta na nekoliko dana ili čak tjedana, što ima direktne posljedice na kapacitet i učinkovitost proizvodnje. Intenzivne padaline povezane s klimatskim promjenama mogu također imati značajan utjecaj na brodogradilišta. Povećane količine oborina mogu izazvati eroziju tla i poplave koje ugrožavaju stabilnost struktura brodogradilišta. Takve promjene u obrascima oborina mogu također otežati pristup brodogradilištima, što direktno usporava proizvodne procese. Na primjer, ako pristupne ceste i mostovi postanu nepristupačni zbog bujica, to može usporiti dostavu materijala i opreme potrebnih za izgradnju brodova. Također, klimatske promjene mogu utjecati na kvalitetu materijala koji se koristi u brodogradilištima. Promjene temperature i vlažnosti mogu promijeniti svojstva materijala poput čelika, aluminijske i kompozitnih materijala, što može utjecati na njihov performans i sigurnost. Na primjer, ekstremne temperature mogu uzrokovati deformacije ili slabljenje materijala, što može zahtijevati dodatne testove i prilagodbe tijekom procesa izgradnje brodova. Da bi se nosila s ovim izazovima, brodogradilišta moraju poduzeti niz mjera prilagodbe. To uključuje modernizaciju infrastrukture, kao što su jačanje dokova i dizalica, te uvođenje sustava za praćenje i upozoravanje na ekstremne vremenske uvjete. Uvođenje naprednih tehnologija za

otkrivanje i predviđanje vremenskih promjena može pomoći brodogradilištima da se bolje pripreme za nepovoljno vrijeme i minimiziraju štetu. Osim tehničkih rješenja, brodogradilišta također trebaju razviti strategije za upravljanje rizicima. To uključuje planiranje za evakuaciju i hitne situacije, kao i osiguranje da svi zaposlenici budu obučeni za rad u ekstremnim uvjetima. Planiranje i implementacija protokola za zaštitu materijala i opreme od poplava može pomoći u smanjenju štete i osigurati kontinuitet rad (IMO, n.d.).

Neka od najpoznatijih brodogradilišta u svijetu su:

- Hyundai Heavy Industries (HHI) – sjedište Ulsan, Južna Koreja
- Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME) – sjedište Okpo, Južna Koreja
- Samsung Heavy Industries (SHI) – sjedište Geoje, Južna Koreja
- Fincantieri – sjedište Trst, Italija
- Navantia – sjedište Cartagena, Španjolska
- Keppel Shipyard – sjedište Singapur



Slika 8. Brodogradilište Fincantieri u Trstu, Italija

Izvor: Seaway Review, dostupno na: <https://seawayreview.com/in-focus-rina-and-fincantieri-join-forces-in-research-and-development/>

3.3. PLOVNI PUTOVI

Plovni putovi, uključujući rijeke, kanale, zaljeve i otvorena mora, izrazito su važni za globalnu trgovinu i transport. Oni omogućuju prolazak brodova i tereta između različitih dijelova svijeta. Međutim, klimatske promjene donose svoje probleme koji utječu na plovne putove, što može imati dalekosežne posljedice za pomorski sektor. Porast razine mora, uzrokovan globalnim zatopljenjem, može uzrokovati plavljenje priobalnih područja i promijeniti geometriju plovnih putova. Promjene u razini mora mogu utjecati na dubine plovnih putova, čime se otežava navigacija za veće brodove. Smanjenje dubine može ograničiti kapacitet plovnih putova, prisiljavajući brodove da koriste alternativne rute koje mogu biti manje učinkovite ili sigurnije. Ekstremni vremenski uvjeti također predstavljaju značajan izazov za plovne putove. Povećana učestalost i intenzitet oluja, uragana i tajfuna mogu uzrokovati velike promjene u pomorskim uvjetima, uključujući visoke valove i jake struje. Ovi uvjeti mogu otežati navigaciju i povećati rizik od nesreća na moru. Na primjer, intenzivni vjetrovi i visoki valovi mogu uzrokovati ozbiljna oštećenja brodova ili infrastrukture plovnih putova, poput svjetionika i navigacijskih oznaka (Belfer Center for Science and International Affairs, n.d.). Također, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati probleme u održavanju sigurnih i preciznih plovnih ruta, što

može dovesti do kašnjenja i povećanih troškova za pomorsku industriju. Promjene u obrascima oborina također mogu imati utjecaj na plovne putove, posebno u slučaju rijeka i kanala. Povećane količine oborina mogu dovesti do poplava, što može uzrokovati oštećenje obala, mostova i infrastrukture uz plovne putove. S druge strane, smanjenje oborina može dovesti do smanjenja protoka rijeka i kanala, što može otežati plovidbu i smanjiti kapacitet tih vodnih puteva. Osim toga, smanjenje protoka može uzrokovati nakupljanje sedimenta i zagađenje, što dodatno otežava navigaciju i zahtijeva dodatne napore za čišćenje i održavanje. Zagađenje mora također može utjecati na plovne putove, posebno u obalnim područjima. Povećana količina smeća, uključujući plastični otpad i kemijske tvari, može smanjiti kvalitetu vode i sigurnost plovidbe. Zagađenje može uzrokovati nakupljanje u plovnim putovima, što može otežati ili onemogućiti prolazak brodova, te povećati troškove održavanja i čišćenja. Također, zagađenje može imati negativan utjecaj na okoliš i biološku raznolikost u područjima uz plovne putove, što može dodatno otežati navigaciju i uzrokovati pravne i ekološke probleme. Uzimajući u obzir ove izazove, prilagodba plovnih putova na klimatske promjene postaje ključna za očuvanje sigurnosti i učinkovitosti pomorskog prometa. Ovo uključuje razvoj novih tehnologija i metoda za praćenje i upravljanje promjenama u uvjetima plovnih putova. Na primjer, korištenje satelitske tehnologije i naprednih senzora može pomoći u praćenju promjena u razini mora i vremenskim uvjetima, omogućujući bolje planiranje i prilagodbu rute. Također, infrastrukturne prilagodbe mogu igrati ključnu ulogu u očuvanju plovnih putova. Ulaganje u izgradnju i održavanje čvrstih i otpornijih objekata, kao što su svjetionici, navigacijske oznake i sustavi za kontrolu plovidbe, može pomoći u smanjenju utjecaja klimatskih promjena na sigurnost i učinkovitost plovnih putova. Prilagodba postojećih plovnih putova, uključujući čišćenje sedimenta i obnavljanje obala, može pomoći u održavanju sigurnih i pristupačnih ruti. Na kraju, međunarodna suradnja i koordinacija su ključni za upravljanje globalnim plovnim putovima u uvjetima klimatskih promjena (MCCIP, n.d.).

4. OPERATIVNI IZAZOVI U POMORSKOM SEKTORU

Pomorski sektor suočava se s brojnim operativnim izazovima zbog sve izraženijih klimatskih promjena. Ekstremni vremenski uvjeti, koji postaju sve učestaliji i intenzivniji, značajno otežavaju navigaciju i povećavaju rizik od nesreća. Brodovi i pomorski operateri moraju

prilagoditi svoje navigacijske strategije kako bi se nosili s novim vremenskim uvjetima, što često uključuje promjene u rutama i dodatno planiranje. Ove prilagodbe mogu rezultirati višim troškovima zbog potrebe za dodatnim osiguranje i preinakama u planiranju plovidbe. Porast razine mora može promijeniti dubine plovnih putova, što otežava plovidbu i povećava rizik od nesreća. Promjene u morskim strujama mogu utjecati na brzinu i pravac brodova, što može povećati troškove goriva i produljiti vrijeme putovanja. Pomorski sektor mora neprekidno pratiti ove promjene i prilagoditi se kako bi optimizirao plovidbu i smanjio operativne troškove. Osim toga, troškovi održavanja i osiguranja brodova su u porastu. Klimatske promjene uzrokuju brže trošenje brodskih materijala zbog ekstremnih uvjeta, što zahtijeva češće i skuplje popravke. Povećana korozija uzrokovana promjenama u salinitetu može zahtijevati češće održavanje. Također, ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati oštećenja brodova, što povećava potrebu za dodatnim osiguranjem i rezervnim dijelovima, čime se povećavaju troškovi. Sigurnost plovidbe postaje sve važnija kako se uvjeti na moru mijenjaju. Pomorske agencije i operateri trebaju osigurati da brodovi budu opremljeni najnovijim tehnologijama za praćenje i navigaciju, te osigurati da posada bude adekvatno obučena za rad u novim uvjetima. Isto tako, potrebna je bolja koordinacija s međunarodnim agencijama kako bi se osigurala usklađenost s globalnim sigurnosnim standardima. Povećane regulative i zahtjevi za zaštitu okoliša također predstavljaju značajne izazove. Internacionalni standardi za smanjenje emisija plinova i druge ekološke regulative mogu povećati operativne troškove i zahtijevati dodatna ulaganja u tehnologiju i obuku. Novi zahtjevi za smanjenje emisija sumpor-dioksida mogu zahtijevati modernizaciju brodskih motora i promjenu goriva, što može biti skupo i složeno za implementaciju.

4.1. SIGURNOST PLOVIDBE

Kako bi se osigurala sigurnost brodova i posade, važno je implementirati inovativne tehnologije i uskladiti operacije s novim uvjetima. Razvoj i primjena naprednih sustava za predviđanje vremenskih uvjeta, poput sofisticiranih meteoroloških alata i sustava za automatsko upozoravanje, omogućuju pravovremeno informiranje o promjenama koje bi mogle utjecati na sigurnost plovidbe. Ovi sustavi omogućavaju brodovima da unaprijed prepoznaju opasne uvjete i pravovremeno prilagode rute, čime se smanjuje rizik od nesreća.



Slika 9. Sigurnost na moru

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Major-components-of-safety-at-sea-Source-Formela-et-al-2019_fig3_362569898

Pored tehnoloških rješenja, nužno je unaprijediti procese i procedure unutar pomorskog sektora. Implementacija detaljnih planova za krizne situacije, koji uključuju protokole za reakciju na ekstremne vremenske uvjete i postupke za hitne slučajeve, može itekako poboljšati sigurnost plovidbe. Ovi planovi trebaju biti redovito ažurirani i testirani kako bi se osiguralo da su učinkoviti u stvarnim uvjetima. Pomorske kompanije mogu razviti scenarije simulacija koji uključuju različite vrste ekstremnih vremenskih uvjeta, kako bi se osiguralo da su svi članovi posade spremni za različite vrste prijetnji. Isto tako, važno je uspostaviti sustave za praćenje i analizu podataka koji omogućuju pravovremenu reakciju na promjene u vremenskim uvjetima i oceanskim strujama. Uvođenje naprednih alata za analizu podataka može pomoći u predviđanju potencijalnih prijetnji i omogućiti pomorskim operaterima da poduzmu preventivne mjere kako bi se izbjegle nesreće. Sustavi za analizu velikih podataka mogu identificirati obrasce u vremenskim uvjetima koji prethode ekstremnim događajima, omogućujući time ranije upozorenje i bolje planiranje. Obuka posade igra primarnu ulogu u održavanju visoke razine sigurnosti. Redovita obuka koja uključuje simulacije stvarnih scenarija može pomoći posadi da se bolje pripremi za potencijalne prijetnje. Pomorske kompanije trebaju osigurati da članovi posade ne samo da razumiju kako koristiti nove tehnologije, već i da su sposobni učinkovito reagirati u kriznim situacijama. To uključuje ne samo tehničku obuku, već i razvoj vještina kao

što su donošenje odluka pod pritiskom i timska koordinacija u stresnim uvjetima. Konačno, usklađivanje s međunarodnim standardima i suradnja s globalnim pomorskim organizacijama mogu značajno doprinijeti sigurnosti plovidbe. Globalna standardizacija sigurnosnih procedura i razmjena informacija među različitim zemljama i organizacijama pomažu u izgradnji učinkovitijih sigurnosnih mreža koje smanjuju rizik od nesreća i poboljšavaju reakciju na krizne situacije. Ova suradnja također omogućava usklađivanje s najboljim praksama i standardima, što dodatno osigurava da su pomorske operacije u skladu s najnovijim sigurnosnim normama i tehnologijama (IMO, n.d.).

4.2. PROMJENE U RUTAMA

Promjene u rutama brodova postaju nužnost zbog utjecaja klimatskih promjena na pomorski sektor. S obzirom na sve učestalije promjene u morskim uvjetima, poput nepredvidivih struja i ekstremnih vremenskih događaja, prilagodba ruta postaje ključna za osiguranje sigurnosti i učinkovitosti plovidbe.

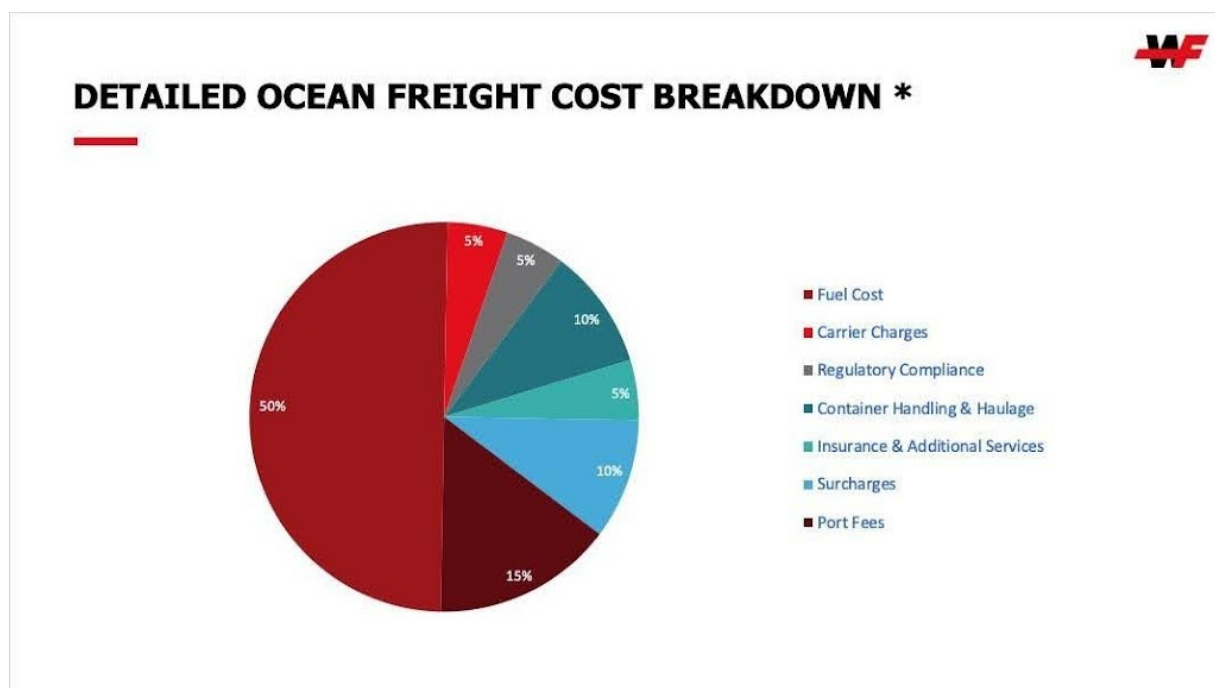
Pomorske kompanije moraju brzo reagirati na promjene uvjeta kako bi izbjegle potencijalne prijetnje i smanjile troškove. Zbog promjena u morskim strujama i temperature vode, plovidbene rute često se moraju prilagoditi kako bi se izbjegle zagušenja i problemi sa sustavima brodova. Ove prilagodbe zahtijevaju primjenu naprednih tehnologija za praćenje i analizu uvjeta na moru, što omogućava pravovremeno revidiranje ruta. Fleksibilnost i pravovremena reakcija ključne su za održavanje optimalne učinkovitosti i sigurnosti plovidbe u promjenjivim uvjetima (Journal of Marine Science and Engineering, 2024)

4.3. POVEĆANI TROŠKOVI

Klimatske promjene dovode do popriličnog povećanja troškova u pomorskom sektoru, što predstavlja ozbiljan problem za brodske tvrtke. Povećani troškovi mogu se pripisati nekoliko ključnih faktora, uključujući promjene u uvjetima plovidbe i povećane zahtjeve za održavanje brodova.

Jedan od glavnih uzroka povećanja troškova su promjene u morskim uvjetima, koje mogu dovesti do povećanja potrošnje goriva. Promjene u morskim strujama i temperaturnim uvjetima mogu otežati navigaciju, što rezultira većom potrošnjom goriva i većim operativnim troškovima. Osim toga, ekstremni vremenski uvjeti, poput oluja i uragana, mogu zahtijevati promjene u rutama, što dodatno povećava troškove goriva i vremena putovanja.

Drugi značajan faktor su troškovi održavanja i popravaka. S porastom temperature mora i promjenama u kemijskom sastavu vode, brodski sustavi i oprema mogu biti izloženi većem trošenju i koroziji. Ovo povećava potrebu za čestim održavanjem i popravcima, što dodatno opterećuje financijske resurse brodarskih kompanija. Također, povećana učestalost ekstremnih vremenskih uvjeta može dovesti do većih šteta na brodovima, što zahtijeva skupa popravna rješenja.



Dijagram 2. Potrošnja u pomorskoj industriji

Izvor: <https://wefreight.com/ocean-freight-cost-factors/>

S obzirom na sve ove izazove, pomorske kompanije moraju implementirati strategije za upravljanje troškovima i optimizaciju operacija. To može uključivati investicije u energetske učinkovitije tehnologije, kao što su brodovi s naprednim sustavima za upravljanje gorivom i poboljšanu aerodinamičnost, te primjenu sustava za predviđanje i analizu uvjeta plovidbe kako bi se minimizirali dodatni troškovi. Planiranje i upravljanje troškovima bitno je za održavanje konkurentnosti i održivosti u sve zahtjevnijem pomorskom sektoru.

5. MOGUĆNOST PRILAGODBE I STRATEGIJE ZA UBLAŽAVANJE NEGATIVNIH UČINAKA

Tehnološke inovacije su najvažnije za prilagodbu i naprednije strategije za ublažavanje negativnih učinaka. Napredni sustavi za praćenje i predviđanje uvjeta plovidbe, uključujući satelitsko praćenje, radarske sustave i meteorološke modele, omogućuju pravovremeno reagiranje na promjene u uvjetima na moru. Ovi alati pomažu brodovima da se prilagode promjenama u stvarnom vremenu, smanjujući rizik od nesreća i oštećenja. Osim toga, ulaganje u energetske učinkovitije tehnologije, poput brodova s naprednim sustavima za upravljanje gorivom i obnovljivim izvorima energije, doprinosi smanjenju emisija i troškova. Razvijanje i implementacija planova za upravljanje kriznim situacijama uključuju strategije za suočavanje s ekstremnim vremenskim uvjetima i promjenama u uvjetima plovidbe. Fleksibilno planiranje ruta, uzimajući u obzir promjene u morskim strujama i temperaturi vode, može pomoći u izbjegavanju područja s visokim rizikom. Dugoročno planiranje i održiva rješenja bit će ključni za uspješno suočavanje s klimatskim promjenama. Razvijanje strategija koje sagledavaju buduće promjene i investicije u istraživanje i razvoj novih tehnologija osiguravaju dugoročnu održivost. Primjena čistih tehnologija, smanjenje emisija i očuvanje morskih ekosustava važni su faktori za smanjenje ekološkog otiska i poboljšanje otpornosti pomorskog sektor (IMO, n.d.).-

Sve ove komponente – tehnološke inovacije, operativne promjene, međunarodna suradnja i održiva rješenja – zajedno čine sveobuhvatan pristup prilagodbi i ublažavanju negativnih učinaka klimatskih promjena. Integriranom i proaktivnom strategijom može se osigurati

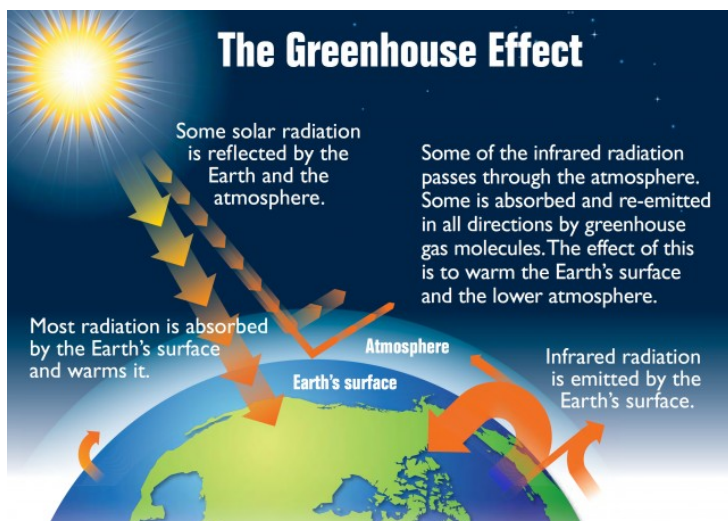
uspješno suočavanje s izazovima i očuvanje dugoročne učinkovitosti i održivosti pomorskog sektora (Journal of Marine Science and Engineering, 2024).

5.1. MJERE PRILAGODBE

Mjere prilagodbe su uvijek važne za ublažavanje negativnih posljedica i optimizaciju rada u novim klimatskim uvjetima. Ove mjere obuhvaćaju različite aspekte od tehničkih rješenja do operativnih prilagodbi i strateških planova. Jedna od osnovnih mjera prilagodbe je modernizacija infrastrukture. Mnoge luke diljem svijeta suočavaju se s prijetnjom od porasta razine mora i čestih poplava. Kao odgovor, mnoge luke implementiraju sustave za zaštitu od poplava, uključujući izgradnju nasipa i instalaciju pumpnih stanica koje mogu kontrolirati visoke razine vode. Također, prilagodba luka uključuje i dizajn novih objekata otpornih na klimatske promjene, što uključuje korištenje materijala koji mogu izdržati ekstremne uvjete i promjene u razini mora. Na tehnološkoj fronti, pomorske kompanije usvajaju inovacije koje omogućuju bolje prilagođavanje klimatskim promjenama. Primjena naprednih sustava za upravljanje brodovima omogućuje optimizaciju plovidbenih ruta i smanjenje potrošnje goriva. Tehnologije kao što su automatski sustavi za upravljanje plovidbom, uređaji za praćenje uvjeta na moru i softver za predviđanje vremenskih promjena pomažu brodovima da izbjegnu područja s lošim uvjetima i smanje troškove.

5.2. STRATEGIJE UBLAŽAVANJA

U sklopu ovih strategija, pomorske kompanije i organizacije usmjeravaju svoje snage na smanjenje emisija, optimizaciju operacija i zaštitu okoliša kako bi se prilagodile promjenama koje donosi globalno zatopljenje. Jedan od osnovnih pristupa u strategijama ublažavanja po NASA-inim naredbama je smanjenje emisija stakleničkih plinova (NASA, n.d.).



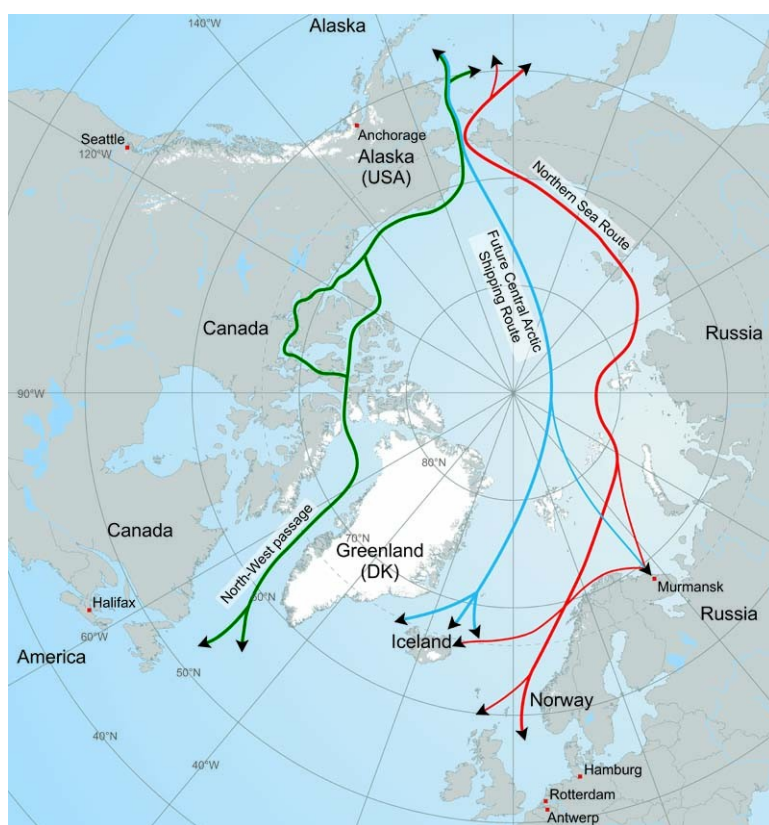
Slika 10. Prikaz efekta stakleničkih plinova

Izvor: US Environmental Protection Agency, dostupno na: <https://energymeteorology.info/climate-change-and-energy/mechanisms-of-climate-change/>

Pomorske kompanije mogu ostvariti značajan napredak u ovom području kroz primjenu energetske učinkovitijih tehnologija. Na primjer, brodovi mogu biti opremljeni s naprednim sustavima za upravljanje gorivom koji optimiziraju potrošnju i smanjuju emisije. Uvođenje alternativnih goriva, poput ukapljenog prirodnog plina (LNG) ili biogoriva, može značajno smanjiti emisije CO₂ i drugih štetnih plinova. Također, tehnologije za hvatanje i skladištenje ugljika (CCS) mogu se primjenjivati za smanjenje emisija direktno na brodovima. Druge strategije ublažavanja uključuju unapređenje dizajna brodova kako bi se poboljšala njihova energetska učinkovitost. Korištenje aerodinamičnih oblika, poboljšanih trupova i inovativnih materijala može smanjiti otpor vode i zraka, čime se povećava učinkovitost plovidbe i smanjuje potrošnja goriva. Nadalje, integracija obnovljivih izvora energije, kao što su solarni paneli i vjetroturbine, može pomoći u smanjenju ovisnosti o fosilnim gorivima i smanjenju ukupnih emisija. Povećanje učinkovitosti operacija također igra važnu ulogu u strategijama ublažavanja. To uključuje optimizaciju plovidbenih ruta na temelju najnovijih meteoroloških podataka i prognoza, što može pomoći u smanjenju nepotrebne potrošnje goriva. Razvoj i implementacija naprednih sustava za praćenje i upravljanje brodovima omogućuje bolje planiranje i prilagodbu ruta, čime se smanjuje potreba za hitnim promjenama koje mogu dovesti do većih troškova i emisija. Zaštita morskih ekosustava i očuvanje biološke raznolikosti također su bitne komponente strategija ublažavanja. Smanjenje onečišćenja mora i sprečavanje degradacije

staništa mogu pomoći u očuvanju zdravlja morskih ekosustava, što ima pozitivan učinak na cijeli ekološki sustav (HAOP, 2020).

5.3. POTENCIJAL ARTIČKIH RUTA U POMORSKOM TRANSPORTU



Slika 13. Polar Silk Route

Izvor: Arctic Portal, dostupno na: <https://arcticportal.org/ap-library/news/2985-polar->

Utjecaj klimatskih promjena te smanjenje količine leda na Artiku omogućava otvaranje novonastalih ruta koje predstavljaju totalni preokret u globalnom pomorskom transportu te prikazuje potencijal artičkih ruta u pomorskom transportu.

Glavne artičke rute, ujedno i tri rute koje se predstavljaju kao ekonomski održive u budućnosti su:

1. SJEVEROISTOČNI PROLAZ (ruska artička ruta)

Uz obalu Rusije povezuje Aziju i Europu preko Artičkog oceana te pogoduje kineskim lukama koje žele brži pristup Europi.

2. SJEVEROZAPADNI PROLAZ (američko azijska ruta)

Uz sjevernu obalu Kanade povezuje Sjevernu Ameriku i istočnu Aziju . Iako je ova ruta trenutno manje iskoristiva zbog prisutnog leda, topljenje istog čini ju sve izglednijom

3. TRANSPOLARNA RUTA

Prolazi kroz sam Artički ocean, najkraća je i najizravnija. Bez obzira na njenu razvijenost, interes za prolazak tom rutom u budućnosti postoji.

Prednost Artičkih ruta naspram tradicionalnih je značajno smanjenje vremena putovanja, njegove udaljenosti te je ekonomski isplativije.

Rusija ima ključnu ulogu u razvoju infrastrukture u koju već sad ulaže sredstva. Najveću korist Rusija bi trebala imati od eksploatacije prirodnih resursa artičkim vodama (Belfer Center for Science and International Affairs, 2023).

Kina se, glavni svjetski trgovac u suradnji s Rusijom, usmjerava se ka razvoju NSR-a (*engl. Northern Southern Route*).

Isto tako, iako interes postoji, plovidba artičkim rutama Kanade i SAD-a ovisi o razvitku infrastrukture Sjeverozapadnog prolaza i jačanju sigurnosnih kapaciteta.



Slika 14. Rusija, Lomonosov Ridge

Izvor: <https://www.nature.com/articles/448520b>

Unatoč ekonomskoj isplativosti Arktičkih ruta dolazimo do značajnih prepreka zbog geopolitičkih odnosa između Rusije, Kanade i SAD-a. Upitna je kontrola prometa te rute kao i njeni uvjeti. Ekološki uvjeti su također nezaobilazni zbog ekološke osjetljivosti Arktičkog područja te ugrožavanje divljih životinja kao i uzrokovanje izlivanja nafte. Stoga se predviđa da bi bile potrebne stroge ekološke regulacije (Arctic institute, 2021).



Slika 15. Finski ledolamac Nordica

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MSV_Nordica_2009.jpg

Činjenica da se artički morski led od 1979. do 2021. godine smanjio za 12.5% po desetljeću nas potiče na daljnje razgovore o pomorskim rutama kao i opasnosti koje zatopljenje donosi za to područje. Prema klimatskim modelima. Artik se zagrijava tri puta brže od prosjeka te ima drastične posljedice na artički led (IPCC, 2019).



Slika 16. Topljenje leda

Izvor: <https://scandasia.com/china-claiming-near-arctic-status-like-the-scandinavian-countries/>

Znanstvenici predviđaju Arktik bez leda za vrijeme ljeta već oko 2030-ih ili 2040-ih godina zbog nastavka porasta emisije stakleničkih plinova. Najoptimističniji scenarij predviđa da bi se topljenje leda moglo odgoditi do 2050-tih godina do kada predviđanje kaže da bi Arktik trebao ostati bez leda u mjesecima od kolovoza do listopada.

Također, predviđanja kažu da bi do 2040-te godine mogli imati 6-8 mjeseci plovidbe Arktičkim morem. Od 1979. do danas ljetni minimum leda opao je za 40%. Zbog topljenja leda predviđa se porast razine mora od 0.5m do 2m do 2100. godine.

Veći pomorski promet donosi i veće ekološke rizike te će biti potrebno postaviti ograničenja za emisije brodova, zabrane uporabe teških goriva te stroža pravila o sigurnosti brodova .

Povećan promet arktičkim vodama može doprinijeti ubrzanim klimatskim promjenama. Izlivanje nafte predstavlja ogroman ekološki rizik s obzirom na osjetljivost ekosustava na arktiku (Arctic institute, 2021).

Tehnološki napredak igra bitnu ulogu i kod pomorskih ruta, države poput Rusije i SAD-a već sada rade na razvoju sofisticiranih brodova za arktičko područje poput ledolomaca te nuklearnih ledolomaca. Također se radi na satelitskoj tehnologiji za praćenje leda i vremenskih uvjeta.

Usporedba podataka arktičkih ruta s rutom kroz Sueski kanal, Panamski kanal ili oko rta Dobre Nade daje teško zanemarive parametre za sve vlasnike kompanija. Sjeveroistočni prolaz

skraćuje put od Kine do Europe za 30-40% što smanjuje troškove transporta kao i emisije stakleničkih plinova.

Zbog topljenja leda uvjeti plovidbe znaju biti opasni te predstavlja sigurnosne izazove. Ključni faktori sigurnosne plovidbe su razvitak sigurnosne opreme, satelitske navigacije te preciznog mapiranja. Resursi za spašavanje su također ograničeni zbog nedostataka luka i helikopterskih baza na artiku.

Artičko područje postaje sve važnija stavka u strateškim planovima velikih sila. Dok Rusija već gradi vojne baze na artiku, SAD i Kanada jačaju svoje obrambene snage na sjeveru. Interesi za kontrolom resursa i prometnih puteva mogli bi dovesti do pojačanih tenzija između navedenih država.

Dugoročna klimatska događanja nije moguće tako precizno odrediti iako trenutno pogoduju otvaranju artičkih ruta. Ukoliko se emisije stakleničkih plinova ne smanje, dodatne izazove mogu predstavljati ekstremne vremenske prilike poput oluja i nepredvidivih obrazaca leda. Sve to doprinosi neizvjesnosti budućnosti rute.

Plovidba opasnim i slabo kontroliranim vodama Artika može dodatno povećati troškove osiguranja brodova i tereta što naposljetku utječe na profitabilnost prijevoza tereta (NOAA, n.d.).

Zbog težine plovidbe artičkim morem, radi se na razvoju autonomnih brodova sa smanjenim rizikom za posadu. Ovi brodovi trebali bi koristiti naprednu navigacijsku opremu te bi trebali koristiti umjetnu inteligenciju za plovidbu ledenim vodama.

Također se radi na razvoju brodova sa nižim emisijama CO₂ te primjena čišćih goriva koja postaje ključna zbog ekoloških regulacija i osjetljivosti područja artika (IMO, n.d.).

6. ZAKLJUČAK

S obzirom na ozbiljnost utjecaja klimatskih promjena na pomorstvo, važno je prepoznati i razumjeti primarne izazove s kojima se sektor suočava. Klimatske promjene dovode do niza problema koji se manifestiraju u različitim aspektima pomorskih operacija, od promjena u morskim strujama do povećane učestalosti ekstremnih vremenskih uvjeta i zakiseljavanja oceana. Ovi problemi zahtijevaju hitne i sveobuhvatne mjere prilagodbe i strategije ublažavanja kako bi se osigurala dugoročna otpornost i učinkovitost pomorskog sektora. Zaključili smo da porast razine mora prijeti povećanjem problematike oko lučkih infrastruktura i povećava rizik od poplava. Da bi se odgovorilo na ovu prijetnju, neophodno je modernizirati pomorske infrastrukture, uključujući izgradnju nasipa, obalnih zidova i sustava za odvodnju. Ove mjere pomoći će u zaštiti luka i drugih ključnih objekata od štetnih posljedica porasta razine mora. Nadalje, dizajniranje novih objekata mora biti prilagođeno promjenjivim uvjetima, služeći se materijalima i tehnologijama koje su otporne na sve ekstremnije uvjete. Promjene u morskim strujama dovode do potrebe za prilagodbom navigacijskih ruta i operativnih planova. Uvođenje naprednih sustava za praćenje i upravljanje brodovima može pomoći u optimiziranju plovidbenih ruta na temelju najnovijih meteoroloških podataka. Razvijanje i primjena tehnologija koje omogućuju bolju predikciju promjena u strujama i vremenskim uvjetima omogućuju pomorskim kompanijama da se prilagode ovim promjenama i minimiziraju rizik povezan s navigacijom u promjenjivim uvjetima. Povećana učestalost ekstremnih vremenskih uvjeta, uključujući oluje, uragane i poplave, zahtijeva poboljšanu sigurnost plovidbe i obuku posade. Uvođenje novih standarda za sigurnost brodova, kao i redovita obuka posade za upravljanje kriznim situacijama, može značajno smanjiti rizik od nesreća i poboljšati sposobnost brzog odgovora na nepovoljno vrijeme. Uvođenje sustava za rano upozoravanje i brze reakcije na promjene u vremenskim uvjetima također može pomoći u zaštiti pomorskih operacija i ljudi. Zakiseljavanje oceana, uzrokovano povećanjem koncentracije CO₂ u atmosferi, prijeti zdravlju morskih ekosustava, uključujući koraljne grebene i školjke. Strategije ublažavanja trebaju uključivati mjere za zaštitu i obnovu morskih ekosustava, kao i politike koje smanjuju emisije stakleničkih plinova. Povećanje svijesti o ovim pitanjima i poticanje održivih praksi u pomorstvu mogu pomoći u očuvanju vitalnih morskih resursa. Uz sve ove tehničke i operativne mjere, suradnja na međunarodnoj razini jako je bitna u oblikovanju učinkovitih strategija za ublažavanje. Sudjelovanje u globalnim sporazumima i inicijativama za smanjenje emisija, kao što su Pariški sporazum i Konvencija o zaštiti mora, omogućuje usklađivanje

napora među zemljama i organizacijama. Razmjena znanja i iskustava doprinosi razvoju inovativnih rješenja i boljoj koordinaciji globalnih napora u borbi protiv klimatskih promjena.

LITERATURA

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - <https://www.ipcc.ch/>
2. Arctic institute <https://www.thearcticinstitute.org/geopolitical-implications-arctic-shipping-lanes/>
3. Belfer center for Science and International Affairs - <https://www.belfercenter.org/publication/arctic-shipping-trends-challenges-and-ways-forward>
4. International Association of Ports and Harbors - <https://www.iaphworldports.org>
5. knjige
6. Doeke E. (1995) Climate Change and the Coast
7. Adolf K. Y. Ng, Becker A., Earl P., Shu-Ling C., Cahoon S., Zaili Y. (2018), Climate Change and Adaptation Planning for Ports,
8. Journal of Marine Science and Engineering, (2024), Intelligent Ships and Waterways: Design, Operation and Advanced Technology
9. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) - <http://www.haop.hr/>
10. International Maritime Organization (IMO) - <https://www.imo.org/>
11. Marine Climate Change Impacts Partnership (MCCIP) - <http://www.mccip.org.uk/>
12. National Aeronautics and Space Administration (NASA) Climate Change - <https://climate.nasa.gov/>
13. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - <https://www.noaa.gov/>
14. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) - <https://unfccc.int/>
15. World Meteorological Organization (WMO) - <https://public.wmo.int/en>

POPIS SLIKA I DIJAGRAMA

str.

Popis slika:

Slika 1. Veliki koraljni greben u Australiji	3
Slika 3. Bangladeš	7
Slika 4. El Nino i La Nina.	9
Slika 5. Uragan Katrina	11
Slika 6. Faktori koji utječu na poplavu	12
Slika 7. Postupak zakiseljavanja vode	13
Slika 8. Luka Rotterdam u Nizozemskoj	17
Slika 9. Brodogradilište Fincantieri u Trstu, Italija	21
Slika 10. Sigurnost na moru	24
Slika 12. Prikaz efekta stakleničkih plinova	30
Slika 13. Polar Silk Route	31
Slika 14. Rusija, Lomonosov Ridge	33
Slika 15. Finski ledolamac Nordica	34
Slika 16. Topljenje leda	35

Popis dijagrama:

Dijagram 1. Porast razine mora od 1993. godine nadalje	6
Dijagram 2. Potrošnja u pomorskoj industriji	26