

Tropski cikloni i utjecaj na plovidbu

Šegota, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:187:929925>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



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**

TOMISLAV ŠEGOTA

TROPSKI CIKLONI I UTJECAJ NA PLOVIDBU

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**TROPSKI CIKLONI I UTJECAJ NA PLOVIDBU
TROPICAL CYCLONES AND IMPACT ON NAVIGATION**

**ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Pomorska meteorologija i oceanologija

Mentor: doc. dr. sc. Tatjana Ivošević

Student: Tomislav Šegota

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG:0112001161

Rijeka, rujan 2024.

Student: Tomislav Šegota

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112001161

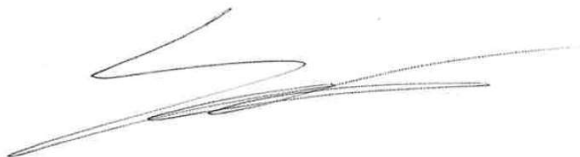
IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Tropski cikloni i utjecaj na plovidbu

izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Tatjana Ivošević.

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

Student



(potpis)

Tomislav Šegota

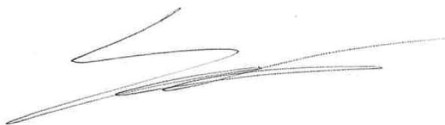
Student: Tomislav Šegota
Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa
JMBAG: 0112001161

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student – autor



(potpis)

Tomislav Šegota

SAŽETAK

Ovaj završni rad bazira se na tropskim ciklonima, odnosno na njihovom nastanku i utjecaju na plovidbu. Spomenuti su najpoznatiji zabilježeni cikloni u svijetu kao i štete koje su prouzrokovali.

Posebno je izdvojen dio o nastanku i životu ciklona što je izuzetno bitno za rad svakog nautičara. Opisuju se i prirodne pojave koje su često vezane u sam nastanak tropskih ciklona. Završni rad se sastoji od šest dijelova. Prvi dio govori općenito o tropskim ciklonima, drugi dio o vrstama tropskih ciklona te njihovim karakteristikama. U trećem dijelu se spominju karakteristični cikloni za pojedina područja. Četvrti i peti dio govori o kretanju ciklona kao i mogućnostima plovidbe u području ciklona. Šesti, odnosno zadnji dio govori o izbjegavanju ciklona za vrijeme plovidbe.

Ključne riječi: tropski ciklon, karakteristike ciklona, kretanje ciklona, navigacija i ciklon, tropski poremećaj,

SUMMARY

This work is based on tropical cyclones, on their origin and impact on navigation. The most famous recorded cyclones in the world are mentioned, as well as the damage they caused. There is a special section on the origin and life of cyclones, which is extremely important for the work of every sailor. Natural phenomena are also described, which are often linked to the very creation of tropical cyclones. The thesis consists of six parts.

The first part talks about tropical cyclones in general, the second part about the types of tropical cyclones and their characteristics. In the third part, characteristic cyclones for individual areas are mentioned. The fourth and fifth parts talk about the movement of cyclones as well as navigation in the area of cyclones. The sixth, or last part talks about avoiding cyclones during navigation.

Key words: tropical cyclone, cyclone characteristics, cyclone movement, navigation and cyclone, tropical disturbance

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. TROPSKI CIKLON	2
2.1. DEFINICIJA I TERMINOLOGIJA.....	4
2.1.1. TROPSKI POREMEĆAJI.....	4
2.1.2. TROPSKI VAL.....	6
2.1.3. POTENCIJALNI TROPSKI CIKLON.....	7
2.1.4. TROPSKI CIKLON.....	8
3. OBILEŽJA TROPSKIH CIKLONA	13
3.1. SAFIR SIMPSONOVA SKALA.....	13
3.2. FORMIRANJE I ŽIVOTNI CIKLUS CIKLONA.....	14
3.3. KARAKTERISTIKE TROPSKOG CIKLONA.....	16
3.3.1. CIKLONSKO OKO.....	17
3.3.2. ZID CIKLONA.....	18
4. SEZONA TROPSKIH CIKLONA	20
4.1. SJEVERNI ATLANTIK / NORTH ATLANTIC.....	20
4.2. SJEVEROISTOČNI PACIFIK / NORTHEAST PACIFIC.....	21
4.3. SJEVEROZAPADNI PACIFIK / NORTHWEST PACIFIC.....	22
4.4. SJEVERNI INDIJSKI OCEAN / NORTH INDIAN OCEAN.....	22
4.5. JUGOZAPADNI INDIJSKI OCEAN / SOUTH WEST INDIAN OCEAN.....	23
4.6. JUGOISTOČNI INDIJSKI OCEAN / SOUTH EAST INDIAN OCEAN.....	24
4.7. JUGOZAPADNI PACIFIK / SOUTH WEST PACIFIC.....	24
4.8. JUGOISTOČNI PACIFIK / SOUTH EAST PACIFIC.....	25
4.9. JUŽNI ATLANTIK / SOUTH ATLANTIC.....	26

4.10 SREDOZEMNO MORE	27
4.11 EL NINO OSCILACIJA	28
5. KRETANJE CIKLONA.....	31
5.1.PRAĆENJE CIKLONA	31
5.2. MOTRENJE CIKLONA	33
6. PLOVIDBA PODRUČJEM CIKLONA.....	35
6.1.MOTRENJE NA MORU	37
6.2.IZBJEGAVANJE CIKLONA	38
6.2.1.PLOVIDBA I TROPSKI CIKLON NA SJEVERNOJ HEMISFERI / PLOVIDBA ZA VRIJEME TROPSKOG CIKLONA NA SJEVERNOJ HEMISFERI.....	39
6.2.2. PLOVIDBA I TROPSKI CIKLON NA JUŽNOJ HEMISFERI.....	40
7. ZAKLJUČAK	42
LITERATURA	43
KAZALO KRATICA.....	45
POPIS SLIKA.....	46

1. UVOD

Poznavanje meteoroloških elemenata poput naglih promjena tlaka u kratkom vremenskom intervalu, pojave magle i slično, od velike je važnosti za pomorstvo. Danas smo svjedoci svakodnevnih događanja naglih vremenskih promjena od lijepog do olujnog vremena koje su često praćene jačim nepravilnostima poput tuče, grmljavine, olujnim vjetrovima i visokim valovima. Obzirom da se vrijeme uvelike promijenilo unazad nekoliko godina, s povećanjem broja tropskih ciklona i povećanjem godišnjeg intervala trajanja ciklona za pomorce je bitno da se konstantno educiraju o različitim vremenskim uvjetima kako bi na pravilan i siguran način mogli ploviti. Upravo je morska površina uvijek pod utjecajem vremenskih i oceanoloških promjena te samim time treba voditi računa o sigurnosti broda, putnika i posade.

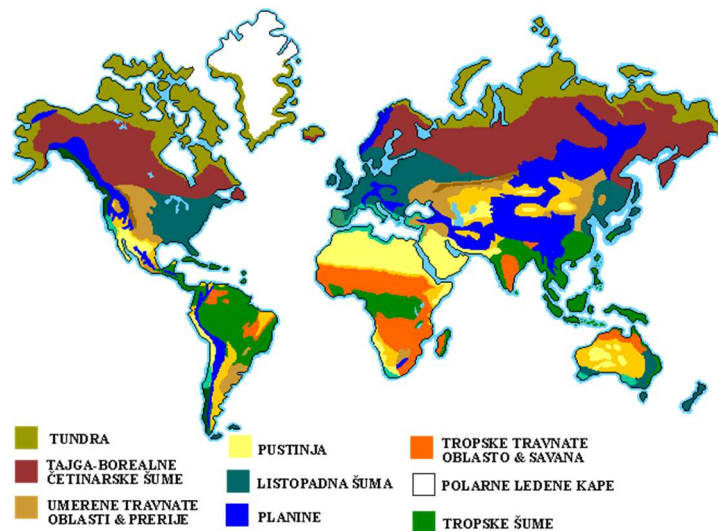
Jedan od važnijih vremenskih prilika, odnosno nepravilnosti je i pojava tropskog ciklona. Ove oluje mogu proizvesti opasne valove visine oko 20 m, jake vjetrove brzine preko 200 km/h, obilne kiše i poplave, što sve može dovesti do ogromne materijalne štete u pomorstvu i gubitaka života na poslu. U ovom završnom radu spomenuti su i neki najvažniji cikloni koji su se pojavili u određenim dijelovima Zemlje te prouzročili katastrofe. Posebno je istaknut način plovidbe za vrijeme pojave tropskog ciklona. Tada je koncentracija i rad nautičara od iznimne važnosti kako bi brod i posada prošli sigurno kroz područje ciklona. U trenutku susreta s ciklonom, najvažnija je sigurnost broda i ljudi koji se nalaze na brodu.

U ovom radu detaljnije su istražene karakteristike, kretanje i trajanje tropskih ciklona, te njihov utjecaj na plovidbu i na život ljudi. Rad je podijeljen na sedam dijelova. Prvi dio sadrži uvod gdje je tropski ciklon opisan općenito kao i njegove najvažnije karakteristike. U drugom dijelu, *Tropski ciklon*, opisane su najvažnije definicije i terminologija, pojašnjeni su termini kao što je tropski poremećaj, tropski val, potencijalni tropski ciklon i općenito sam tropski ciklon. Treći dio, *Obilježja tropskih ciklona*, govori o obilježjima tropskog ciklona, njihovom formiranju i životnom ciklusu te je pojašnjen proces formiranja ciklona i životnog ciklusa ciklona. Četvrti dio, *Sezona tropskih ciklona*, objašnjava pojedine karakteristike tropskih ciklona za određene dijelove svijeta te se spominju najpoznatiji tropski cikloni koji su zahvatili to područje. Peti dio, *Kretanje ciklona*, pojašnjava proces praćenja ciklona i motrenja ciklona. U šestom dijelu, *Plovidba područjem ciklona*, pojašnjeno je motrenje tropskog ciklona na moru kao i izbjegavanje ciklona. Sedmi dio je zaključak istraživanja.

2. TROPSKI CIKLON

Tropsko vrijeme odnosno vrijeme u tropskim krajevima je od izuzetne važnosti za cijelu Zemlju i stanovništvo Zemlje. Vrijeme u tropskim krajevima je uvjetovano sunčevom energijom koja je apsorbirana preko maksimuma Sunčeva zračenja na planeti u atmosferi, oceanu i kopnu. Osim toga, površina tropskih područja je među većim površinama na Zemlji pa i ta činjenica značajno utječe na vrijeme i klimatske promjene koje se događaju na našem planetu. Gelo (2000.) navodi da je sve veći broj ciklona upravo razlog klimatskih promjena, a pretpostavka je da će se oni pojavljivati i na mjestima koja nisu karakteristična za nastanak ciklona.

Tropska i subtropska područja karakteriziraju različite pojave poput ciklona, anticiklone, visoke hladne ciklone, tropski istočni valovi, pasati, protupasati, tropski vjetrovi i slično. Svi navedeni poremećaji izravno ili neizravno utječu na vrijeme i klimu izvan tropskih područja. Vrijeme u tropskim krajevima je pod značajnim utjecajem vjetrova. Razlikujemo stalne vjetrove, odnosno pasate i periodičke sezonske vjetrove, odnosno monsune. Karakteristika tropskog kraja je i smjenjivanje olujnog vremena s obilnim oborinama s razdobljima suše. Vjetrovi u tropskim krajevima su umjereni te često slabi i promjenjivi. Ipak, uz sve to su od velikog značaja (Gelo, 2000).



Slika 1. Prikaz klima

[\(https://tipoviklime.wordpress.com/2014/05/24/klima/\)](https://tipoviklime.wordpress.com/2014/05/24/klima/)

Na slici 1. prikazana je klasifikacija klime prema Wladimiru Peteru Koppenu.

Koppen je klasificirao klimu prema dva važna klimatska elementa, a to su temperatura zraka i količina padalina. Klasifikacija klime bitna je za nastanak ciklona, jer kao što je i rečeno klimatske promjene su razlog njihove pojave. Prema ovoj klasifikaciji klime se dijele na pet vrsta:

1. tropske kišne klime,
2. suhe klime,
3. umjereno tople kišne klime,
4. snježno-šumske klime,
5. snježne, odnosno polarne klime (Britannica, 2024.)

Tropski ciklon u središtu ima snižen tlak zraka u odnosu na okolni. Ciklon je obilježen vrlo snažnim vjetrovima koji mogu postići brzinu od 300 do 400 km/h te u vrtlogu pušu oko središta. Najniži tlakovi primjerice 880 hPa nalaze se u središtu samog ciklona oko kojeg pušu vjetrovi.

Područje ciklona može se podijeliti na tri dijela:

1. vanjski dio
2. područje maksimalnih vjetrova
3. „oko“ ciklona

U vanjskom dijelu se brzina vjetra povećava prema središtu ciklona, odnosno na udaljenosti od 20 do 50 kilometara od središta ciklona, vjetrovi postižu brzine od 72 do 180 km/h.

Područje maksimalnih vjetrova prstenasto okružuje središte ciklona i brzina vjetrova može postići brzine od 300 do 400 km/h.

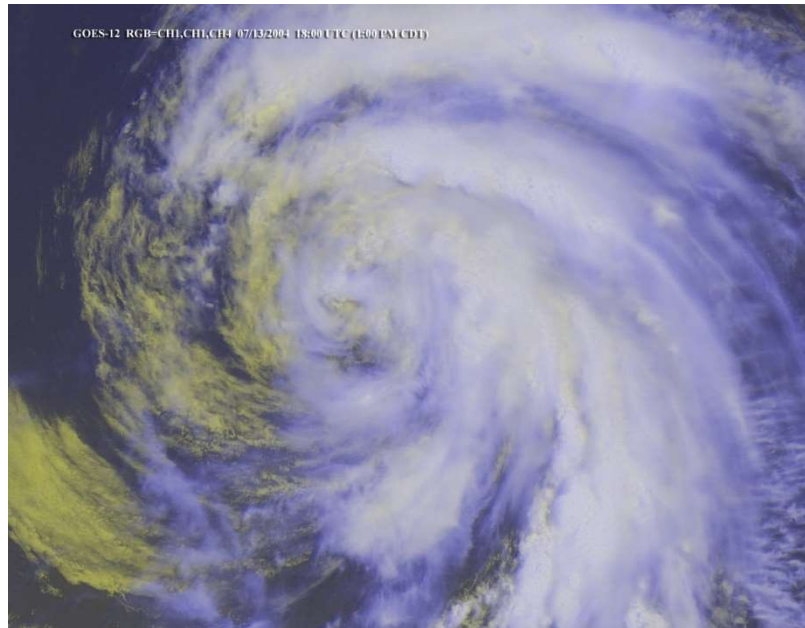
Područje tzv „oko ciklona“ se nalazi u središtu samog ciklona i u njemu se brzina vjetra naglo smanjuje na 15 do 20 km/h. U oku ciklona je nebo vedro ili minimalno oblačno.

Osim jakih vjetrova, ciklon je karakterističan i po grmljavinskim oblacima poput kumulonimbusa.

Tropski cikloni su jedna od najgrandioznijih pojava koje se mogu pojaviti u atmosferi. Znanstvenici smatraju da ciklon u razdoblju od 24 sata može osloboditi energiju jednaku kao 500 000 atomskih bombi koje su bačene u Drugom svjetskom ratu na japanske gradove (Gelo, 2000).

Visinski horizontalni presjek tropskog ciklona prikazan je na slici 2., a ciklone možemo podijeliti na:

1. tropske depresije,
2. tropske oluje,
3. uragane.



Slika 2. Visinski horizontalni presjek tropskog ciklona
(https://bs.wikipedia.org/wiki/Tropski_ciklon)

2.1. DEFINICIJA I TERMINOLOGIJA

U daljnjem tekstu opisane su definicije karakteristične za tropsku klimu i tropski ciklon te njihova važnost.

2.1.1. Tropski poremećaji

Glavni kriterij za prepoznavanje i klasifikaciju poremećaja i nepogoda u atmosferi je sinoptička karta. Do poremećaja dolazi ako se promjene u polju tlaka vide na sinoptičkoj karti u obliku bar jedne zatvorene izobare. U poremećaje ubrajamo:

1. ciklone,
2. tropski val,
3. tropsku depresiju,
4. tropski ciklon,
5. istočni val,
6. anticiklone (Hrvatska enciklopedija, 2024.)

Ciklona je poznata i pod nazivom barički minimum te označava područje relativno sniženog tlaka zraka u izvan tropskim zemljopisnim širinama. Pojavljuje se u promjeru od 500 do

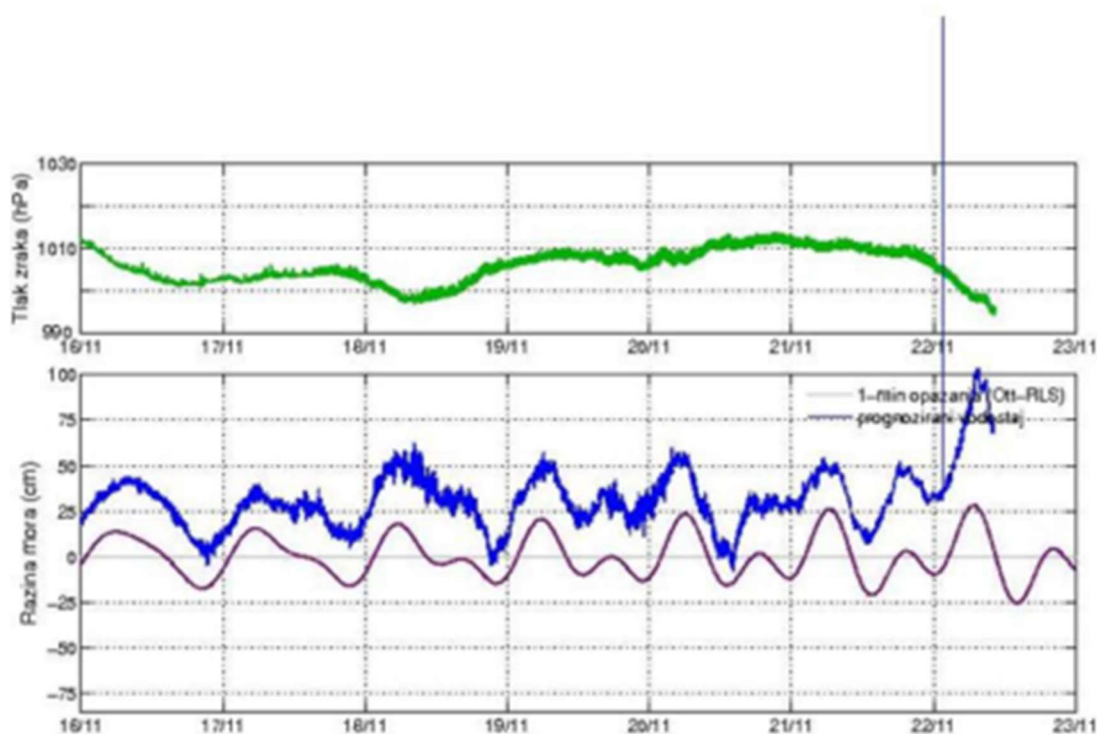
nekoliko tisuća kilometara. U tom području pojavljuje se vrtložno uzlazno strujanje zraka koje se može pojaviti i kroz cijelu troposferu. Tropski val poznat je kao intenzivni poremećaj koji se javlja u atmosferi s izraženim spiralnim uzlaznim strujanjem zraka, a pripada najintenzivnijim prirodnim nepogodama na Zemlji. Karakterističan je uglavnom za tropska područja, ali se može pojaviti i u višim geografskim širinama. Tropska depresija karakteristična je vjetrovima koji pušu brzinom od 37 do 63 km/h. Tropski ciklon ili uragan je intenzivni poremećaj u atmosferi kojeg karakterizira spiralno strujanje zraka, a pripada najintenzivnijim i najrazornijim prirodnim nepogodama na Zemlji. Tropski istočni valovi su najčešći atlantski tropski poremećaji koji se javljaju u pasatnom području, odnosno istočnoj struji.

Pod utjecajem tropskih ciklona na oceanima i morima javljaju se razne oceanološke pojave koje su bitne za plovidbu i za uspješan rad pomoraca. Bitne su pojave i procesi koji su nastali međudjelovanjem atmosfere i hidrosfere. To su:

1. opasni vjetrovi,
2. olujni uspor,
3. jake oborine,
4. vjetrovne struje,
5. morske mijene.

Kao posljedica navedenih stavki nastaju različiti oblici gibanja morske vode. Uzevši u obzir više vrsta morskih valova, najvažniji su upravo površinski vjetrovni valovi koje uzrokuje jaki vjetar na morskoj površini. Potpomognut je smanjenjem atmosferskog tlaka, a naziva se i valom živog mora. Navedeni valovi su karakteristični po brzini od 39-49 km/h. Olujni uspor je podizanje (spuštanje) srednje morske razine. Olujni val je izraženiji kada se središte ciklona nalazi okomito na područje obale. Olujni uspor čini val koji zahvaća stotine kilometara obale, a nastaje kao posljedica zbrojenih učinaka snažnih vjetrova na more. Jake oborine nastaju kao posljedica međudjelovanja atmosfere i oceana. Kako Gelo (2000.) navodi: „smanjenjem atmosferskog tlaka za 1 hPa dolazi do podizanja razine vode za otprilike 1 cm što dovodi do činjenice da u izuzetno jakim ciklonama podizanje vode može biti od 0,5-1 m“. Uz tropski ciklon povezane su i jake oborine te one uzrokuju povišenje morske razine. Morska vjetrovna struja nastaje kao posljedica djelovanja postojanog i jačeg strujanja, a morske mijene poznate su po tome što uzrokuju znatna kolebanja morske razine i promjenjivosti morskih struja (Gelo, 2000).

Na slici 3. prikazano je podizanje mora pod nazivom olujni uspor. Podizanje mora mjereno je u studenome od 2016 do 2023 te je na ovom grafu vidljivo najveće podizanje mora u iznosu od 103,4 cm. Ova razina mora zabilježena je u Bakru.



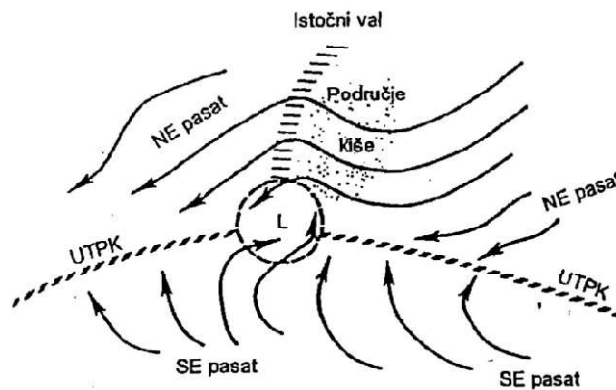
Slika 3. Prikaz mjerenja olujnog uspora u studenome od 2016. do 2023. godine

[\(https://rimeteo.com/tag/olujni-uspor/\)](https://rimeteo.com/tag/olujni-uspor/)

2.1.2. Tropski val

U tropskoj atmosferi nailazimo na razne vrste vjetrova, ali i na ciklonske poremećaje koji pripadaju niskoj i srednjoj troposferi. Niska troposfera javlja se u visinu od 1,8-2,4 km, a srednja troposfera do 7,6 km. Ciklonski poremećaji pokazuju slabo cirkulacijsko kruženje u sloju troposfere ili povećanu ciklonsku vrtložnost bez zatvorenog kruženja. Najbrojniji među tim poremećajima su istočni valovi. Tropski istočni valovi su najčešći atlantski tropski poremećaji koji se javljaju u pasatnom području, odnosno istočnoj struji. To znači da se pojavljuje izobličenje u polju strujanja i tlaka koje se proteže kroz skoro cijelu troposferu, a to izobličenje prikazano je na slici 4. Svaki val je dolina niskog tlaka, a na sjevernoj polutki ima oblik obrnutog slova „V“. Uklopljen je u istočnu struju na ekvatorskoj strani visokog tlaka u subtropskim područjima. Tijekom ljeta na sjevernoj hemisferi su prosječni istočni valovi svakih 15° zemljopisne duljine s valnim duljinama od 1500 do 2000 km. Amplituda valova opada s porastom zemljopisne širine. Istočni valovi se protežu uvis do 8 km te putuju od istoka prema

zapadu brzinom od 5 do 7 m/s dok je brzina visinskog vjeta veća od brzine premještanja vala. Uspravni presjek koji prolazi kroz istočni val pokazuje granicu između relativne vlažnosti nagnutosti 1/70 s porastom visine prema istoku. To se povezuje sa konvekcijom zraka istočno i advekcijom zraka zapadno od osi vala. Upravo zato je oblačni sloj na istočnoj, dok je na zapadnoj strani vedro. Loše vrijeme s oborinama (slika 4) je na istočnoj strani (Gelo, 2000).



Slika 4. Tropski – istočni val

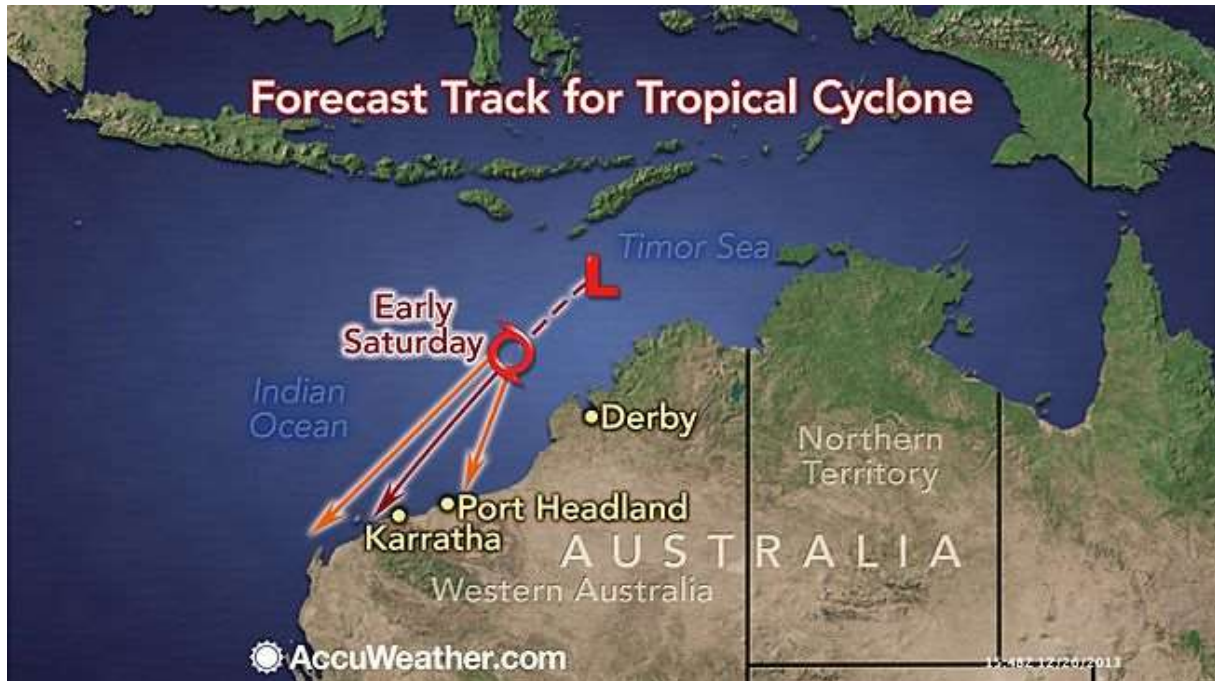
(Branko Gelo, 2000.) UTPK- unutartropski pojas konvergencije, NE pasat - sjeverno

Unutartropski pojas konvergencije (UTPK) nazivamo područje koje nailazimo između sjeveroistočnih i jugoistočnih pasata po cijelom globusu te ono odgovara području niskog tlaka oznaka L. Položaj UTPK je više vezan za kopnena područja te za polovicu zemljine površine tijekom cijele godine na sjevernoj polutki. Razlikuje se mirni UTPK i pasatni UTPK.

2.1.3. Potencijalni tropski ciklon

Potencijalni tropski ciklon je izraz koji se koristi u National Weather Service (NWS) savjetodavnim proizvodima za opisivanje poremećaja koji još nije tropski ciklon, ali koji predstavlja prijetnju donošenja uvjeta tropske oluje ili uragana na kopnena područja u roku od 48h. U prošlosti je NWS, Nacionalna meteorološka služba imala dopuštenje izdati nadzor ili upozorenje samo nakon što je oluja imenovana ili kada je postigla status tropske depresije. Napredak tehnologije omogućava pouzdano predviđanje utjecaja tropskih ciklona dok su ti sustavi još uvijek u fazi razvoja. Nadzori upozorenja za potencijalne tropske ciklone izdaju se na način kao i prognoze za tropske oluje i uragane (Britannica, dostupno na: <https://www.britannica.com/topic/National-Oceanic-and-Atmospheric-Administration>, pristup: 17.7.2024.). Nadzori i upozorenja počinju 48 sati prije nego što se predviđa da će vremenski poremećaj utjecati na kopno. Upozorenja se ažuriraju četiri puta dnevno, i to, u 5, 11, 17 i 23 sata.

Na slici 5 prikazan je potencijalni tropski ciklon na području Australije 2013. godine. Na slici je označeno područje sniženog tlaka zraka sjeverno od Australije. Pretpostavljalo se da će centar nestabilnosti putovati od Timorskog mora prema istočnom dijelu Indijskog oceana. Prema slici je vidljivo i da će potencijalni tropski ciklon putovati prema jugozapadu te se očekuje njegovo jačanje i kretanje prema sjeverozapadnom dijelu Australije.



Slika 5. Prikaz potencijalnog tropskog ciklona na području Australije 2013. godine
(<https://rimeteo.com/australiji-prijeti-potencijalni-tropski-ciklon/>)

2.1.4. Tropski ciklon

Cikloni su najsnažniji atmosferski sustavi zbog energije koje sadrže. Cikloni svojom razornom snagom uzrokuju najviše štete pomorstvu i srodnim granama kao što su brodogradnja, ribarstvo i sl. Nažalost, cikloni uzrokuju sve veće materijalne štete na kopnu, što je posljedica proširivanja obale za gradska i industrijska područja čime se istureni dijelovi urbanih područja nalaze na izravnoj putanji ciklona. Razvoj meteoroloških službi i općenito, razvoj tehnologije omogućio je pomorcima pravovremeno obavješćavanje brodova o položaju i gibanju pojedinih oluja. Pomorci će nastojati izbjeći središte ciklona i pojas najsnažnijih vjetrova, a ako su zahvaćena dijelom ciklona trebaju poštovati pravila o postupcima u takvim izvanrednim uvjetima.

Cikloni su snažni barički sustavi koji se javljaju rijetko i nepravilno u tropskom području. Pojavljuju se većinom iznad oceana. Opisuju se kao jaki vrtložni sustavi vjetrova i valova promjera više stotina ili tisuća kilometara. Broj ciklona i tropskih oluja je promjenjiv iz godine u godinu, a prema profesoru Gelu (2000.) godišnje se u svijetu pojavi oko 40 tropskih oluja. Najviše ciklona se pojavljuje u ljetnim mjesecima određene polutke. Iznimka u pojavnosti ciklona čini Indijski ocean gdje se cikloni uglavnom javljaju prije i poslije ljetnog monsuna što znači prije travnja i nakon rujna. Ciklon je najčešće eliptičnog oblika male spljoštenosti te se giba u smjeru dulje osi elipse. Prilikom označavanja područja, ciklon se može podijeliti na dvije polovice – desnu i lijevu odnosno može se podijeliti i na kvadrante.

Nazivi ciklona različiti su u raznim dijelovima svijeta:

1. hurricane – Sjeverni Atlantik, Karipsko more, Meksički zaljev, istočni i središnji Tihi ocean
2. typhoon – zapadni Tihi ocean, Žuto more, istočno i južno Kinesko more
3. cordonazo – Meksiko
4. taino – Haiti
5. cyclone – Indijski ocean
6. orkane – Madagaskar, Mauritius
7. haguio, baruio – Filipini
8. willy – willy – Australija

Svaki ciklon ima svoje ime. Prije je najčešće naziv bio ime sveca na dan kada je ciklon opažen u određenom dijelu zemlje, a danas imaju muška ili ženska imena te mogu biti različita u različitim oceanima (Gelo, 2000).

Takav primjer je na slici 6 gdje je prikazan uragan Katrina. Jačina kategorije ovog uragana prema Saffir-Simpsonovoj skali iznosio je 5. Dogodio se krajem kolovoza 2005. godine kada je pogodio obalu Sjedinjenih Američkih država. Nastao je kraj Bahama, a prvi udar dogodio se pored Miamia. Kao posljedica ovog uragana nastale su veće poplave, ali je uragan odnio i živote jedanaestero ljudi.

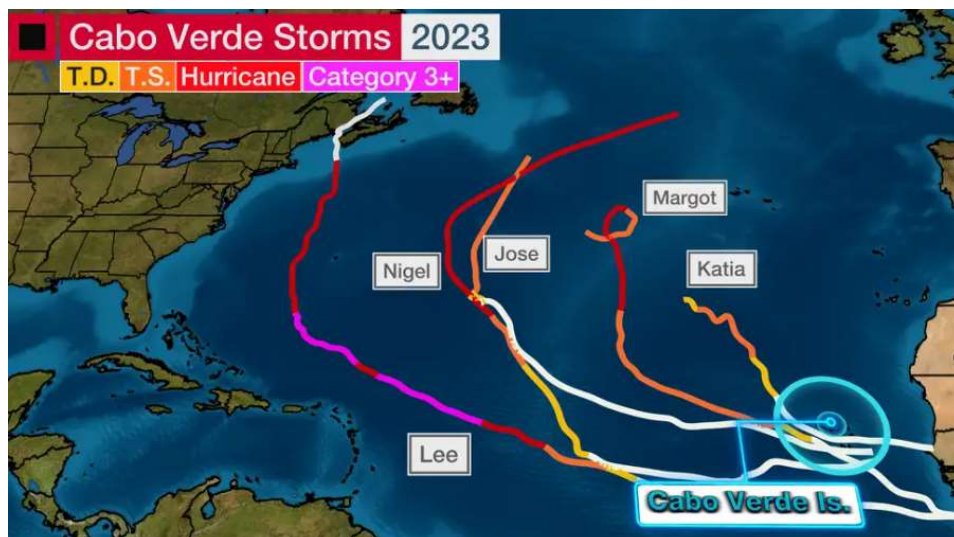


Slika 6. Uragan Katrina 2005. godine

(<https://www.thoughtco.com/what-is-a-hurricane-1433504>)

Cikloni se međusobno razlikuju i dijele prema postojećim brzinama vjetrova na:

1. tropske depresije,
2. tropske oluje,
3. uragane.



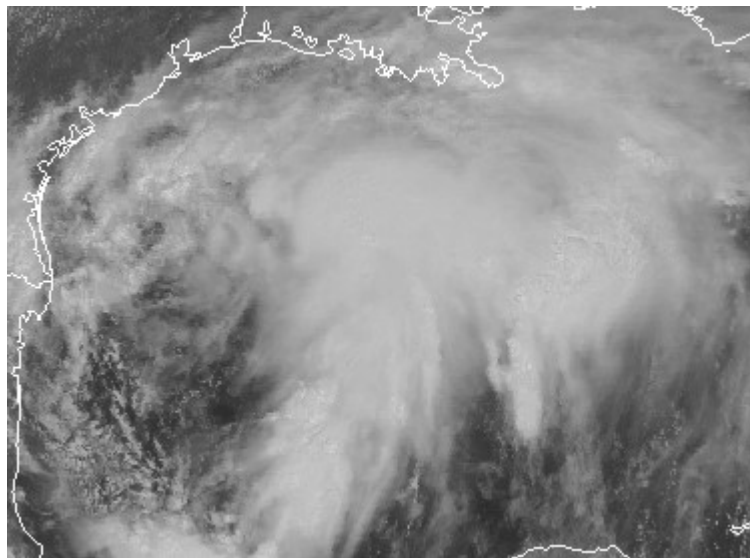
Slika 7. Putanje kretanja tropskog ciklona, 2023. godina, Sjeverni Atlantik

(<https://weather.com/storms/hurricane/news/2023-11-29-atlantic-hurricane-season-recap-el-nino>)

Na slici 7 prikazane su putanje kretanja tropskog ciklona u 2023 godini na Sjevernom Atlantiku. U početku su prikazane krivulje tropske depresije T.D. žutom bojom, zatim tropske oluje T.S. (tropical storm) narančastom bojom, uragani crvenom bojom, a uragani kategorije 3+ sa brzinama vjetra većim od 200 km/h sa rozom bojom. O kategorijama uragana bit će govora kasnije.

Tropska depresija je tropski ciklon koji ima maksimalne postojeće površinske vjetrove u rasponu od 37-63 km/h. Razlika između tropske depresije i tropske oluje je ta što tropska depresija nastaje kada je područje niskog tlaka popraćeno grmljavinskim olujama koje proizvode spiralni tok vjetra s maksimalnim postojećim vjetrovima ispod 63 km/h. Nadogradnja tropske oluje događa se kada ciklonska cirkulacija postane organiziranija i maksimalni trajni udari vjetra između 63 i 117 km/h (Global Participation Measurement, pristup:14.4.2024.).

Nakon što se grupa grmljavinskih oluja (lokalna pojava popraćena grmljavinom, pljuskovima i pojačanim vjetrom) dovoljno dugo okupi pod pravim atmosferskim uvjetima, može se organizirati u tropsku depresiju. Vjetrovi u blizini centra konstantno su između 37 i 63 km/h. Tropska depresija je označena kada se pojavi prva pojava sniženog tlaka i organizirane cirkulacije u središtu kompleksa grmljavinske oluje. Grafikon površinskog tlaka otkrit će barem jednu zatvorenu izobaru koja odražava ovo snižavanje.



Slika 8. Prikaz tropske depresija
([http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/hurr/stages/td.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/hurr/stages/td.rxml))

Promatrajući sliku 8. koja opisuje prikaz tropske depresije satelitom možemo zaključiti da tropske depresije nemaju vidljivo organizirano spiralno gibanje. Međutim, početak rotacije

obično se može uočiti promatrajući niz satelitskih slika. Umjesto okruglog izgleda sličnog uraganima, tropske depresije izgledaju kao grmljavinske oluje koje su grupirane zajedno (University of Illinois, dostupno na: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides-7ntr/svr/type/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides-7ntr/svr/type/home.rxml), pristup 14.4.2024.)

3. OBILEŽJA TROPSKIH CIKLONA

3.1. SAFIR SIMPSONOVA SKALA

Saffir-Simpsonova ljestvica vjetrova uragana (Saffir Simpson Hurricane wind scale SSHWS) klasificira uragane (Slika 9) tropskih ciklona u sjevernom Atlantiku i istočnom dijelu sjevernog Pacifika. Ljestvica klasificira uragane u pet kategorija koji se razlikuju po brzini vjetra i visini olujnih valova.

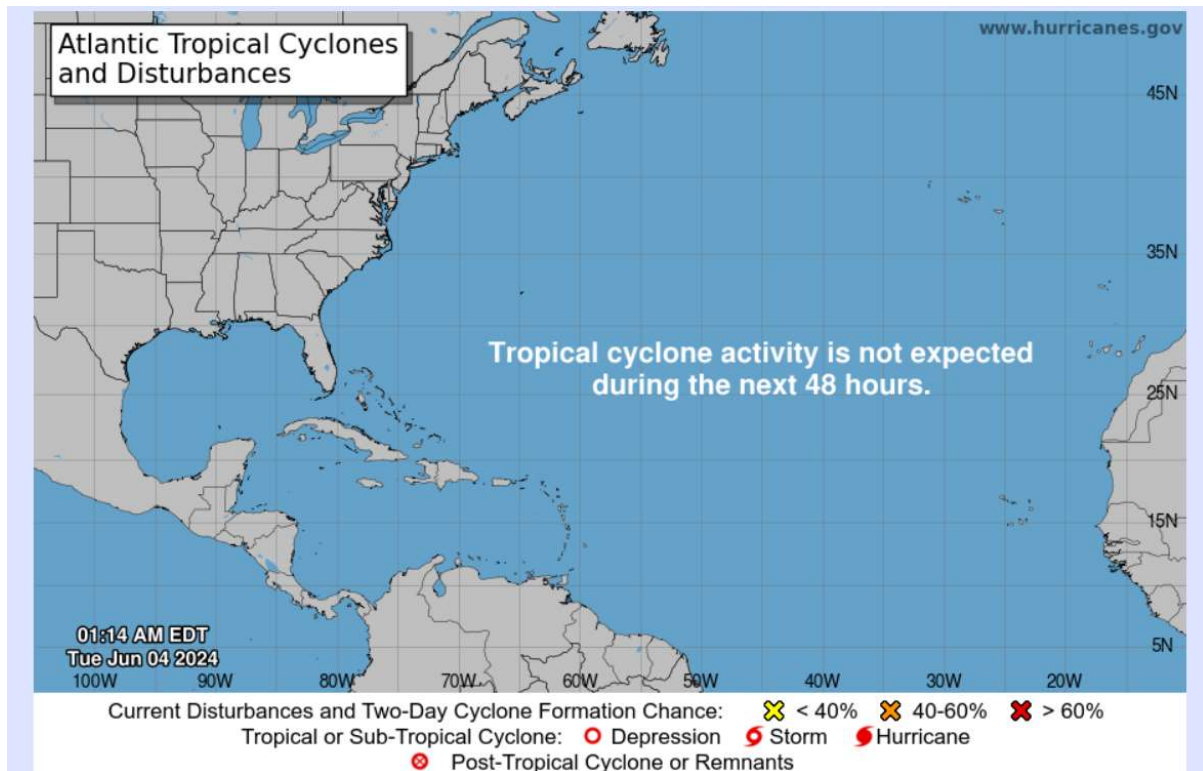
Saffir-Simpson Hurricane Scale		
Category	Wind speed	Storm surge
	mph (km/h)	ft (m)
5	≥156 (≥250)	>18 (>5.5)
4	131–155 (210–249)	13–18 (4.0–5.5)
3	111–130 (178–209)	9–12 (2.7–3.7)
2	96–110 (154–177)	6–8 (1.8–2.4)
1	74–95 (119–153)	4–5 (1.2–1.5)
Additional classifications		
Tropical storm	39–73 (63–117)	0–3 (0–0.9)
Tropical depression	0–38 (0–62)	0 (0)

Slika 9. Prikaz Saffir-Simpsonove ljestvice

[\(https://matrixworldhr.wordpress.com/2018/10/08/medicane-uragan-ili-obicna-oluja/\)](https://matrixworldhr.wordpress.com/2018/10/08/medicane-uragan-ili-obicna-oluja/)

Saffir-Simpsonova ljestvica vjetra uragana temelji se na najvećoj brzini vjetra u prosjeku u jednom minutnom intervalu na visini od 10 m. Iako ljestvica pokazuje brzine vjetra u kontinuiranim rasponima brzina, Američki nacionalni centar za uragane i Središnji pacifički centar za uragane (<https://www.nhc.noaa.gov/>) dodjeljuje intenzitete tropskih ciklona u koracima od 5 čvorova. Brzine vjetra u čvorovima zatim se pretvaraju u druge mjerne jedinice. Da bi tropski ciklon bio klasificiran kao uragan, on mora imati maksimalne postojeće vjetrove u trajanju od jedne minute na 10 m iznad morske površine od najmanje 119 km/h. Kategorija 5 je najviša klasifikacija na ljestvici, te se sastoji od oluja s trajnim vjetrovima od najmanje 252 km/h. Klasifikacije mogu naznačiti potencijalnu štetu koju će uragan proizvesti.

Uvidom u podatke Nacionalnog centra za uragane za Atlantski ocean na dan 4. lipnja 2024. godine vidljivo je da nema razvoja tropskog ciklona u narednih 48 sati (Slika 10). Na karti se depresija, oluja i uragan označavaju posebnim simbolima, vidljivo također na istoj slici.



Slika 10. Nema aktivnosti tropskog ciklona u srednjem Atlantiku na dan 4. lipnja 2024. za sljedećih 48 sati

(<https://www.nhc.noaa.gov/?atlc>)

Saffir-Simpsonova ljestvica vjetrova uragana službeno se koristi samo za opisivanje uragana koji se pojavljuju u Atlantskom oceanu ili sjevernom Tihom oceanu istočno od međunarodne datumske granice. Za druga područja koriste se različite ljestvice za označavanje ovih oluja, ciklonima ili tajfunima. Dan je prijedlog za dodavanjem viših kategorija na ljestvicu, ali ni jedan prijedlog nije usvojen do danas (<https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>).

3.2. FORMIRANJE I ŽIVOTNI CIKLUS CIKLONA

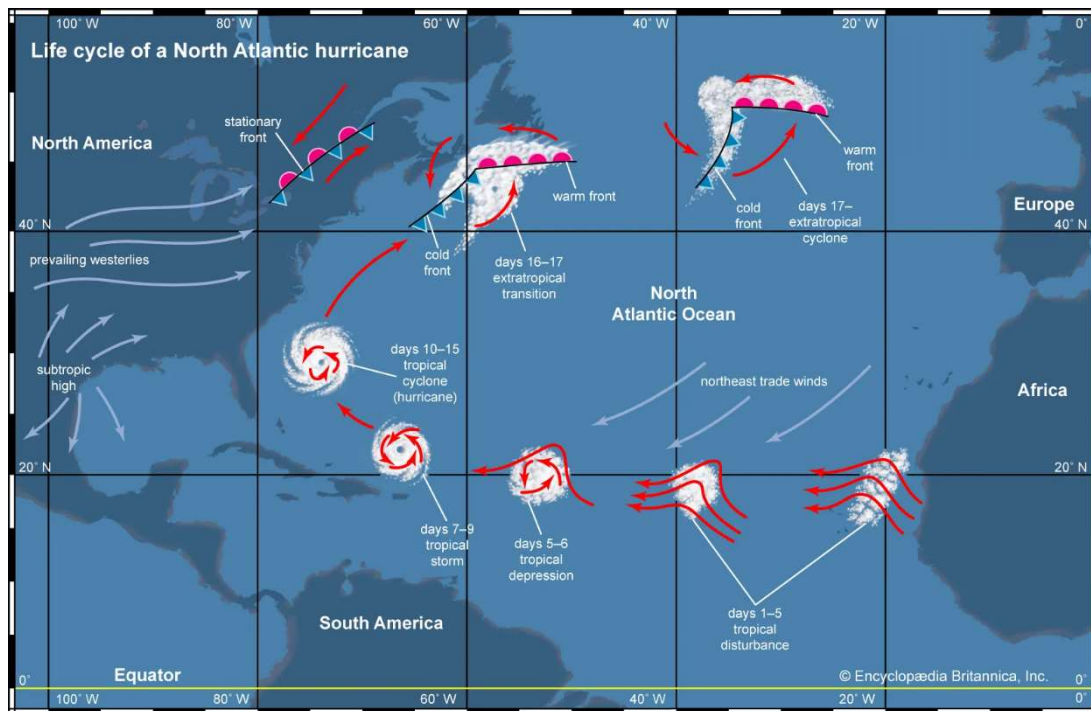
Formiranje ciklona događa se u procesu koji se naziva ciklogeneza. To je vrlo složen i nedovoljno istražen proces. Međutim, poznati su mnogi čimbenici koji doprinose pojavi tog procesa. Za rast ciklonskih sustava nužni su uvjeti koji su određeni stanjem mora i atmosfere. Neki od uvjeta su površinska temperatura oceana, toplinska energija oceana i pred ciklonski

poremećaj.

Tropski poremećaj, odnosno oblačne nakupine čini uređena naoblaka koja putuje prema zapadu i pokrivena je debelim slojem cirusa. Njihova vodoravna veličina je približno 500 do 800 km, a životni vijek traje između jednog do tri dana. Mogu se uočiti na satelitskim snimkama te se na taj način može pratiti njihovo gibanje i razvoj. Postoje razni početni pred ciklonski poremećaji iz kojih nastaju cikloni. Cikloni, odnosno tajfuni zapadnog Sjevernog Tihog oceana najčešće nastaju ili od poremećaja koje prate položaj u unutar tropskom pojasu konvergencije (UTCZ) ili spuštanjem i jačanjem gornje troposferske doline. Istočni valovi kao početni stadij ciklona su vrlo rijetki. Na zemljopisnim širinama od 25° do 30° često su mogući i mješoviti poremećaji. Karakteriziraju ih osobine i barotropnog i baroklinog tipa srednjih širina. Slabljenje i raspad ciklona uzrokovan je njegovim nailaskom nad hladnu morsku površinu zbog hladne površinske morske struju kad se smanjuje prijenos topline iz oceana ili nad kopno kad se prekida tok, a veće površinsko trenje dodatno smanjuje brzinu rotacije i dovodi do popunjavanja jezgre (Gelo, 2000).

Postoji šest povoljnih uvjeta za odvijanje tropskog poremećaja:

1. temperatura površinskog sloja oceanske vode mora biti 26,5° ili više, a taj topli sloj mora biti dubok najmanje 50 metara
2. već postojeća atmosferska cirkulacija mora se nalaziti blizu površinskog toplog sloja
3. atmosfera se mora ohladiti paralelno s visinom da bi se podržalo stvaranje dubokih konvektivnih oblaka
4. srednja atmosfera mora biti relativno vlažna na visini od oko 5000 metara iznad površine
5. sustav u razvoju mora biti najmanje 500 km udaljen od ekvatora
6. brzina vjetra mora se polako mijenjati s visinom kroz troposferu – ne više od 10 m/s između površine i visine od oko 10 km (Britannica, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone>, pristup: 16.7.2024.)



Slika 11. Životni ciklus sjevernoatlantskog uragana

(<https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/Life-of-a-cyclone>)

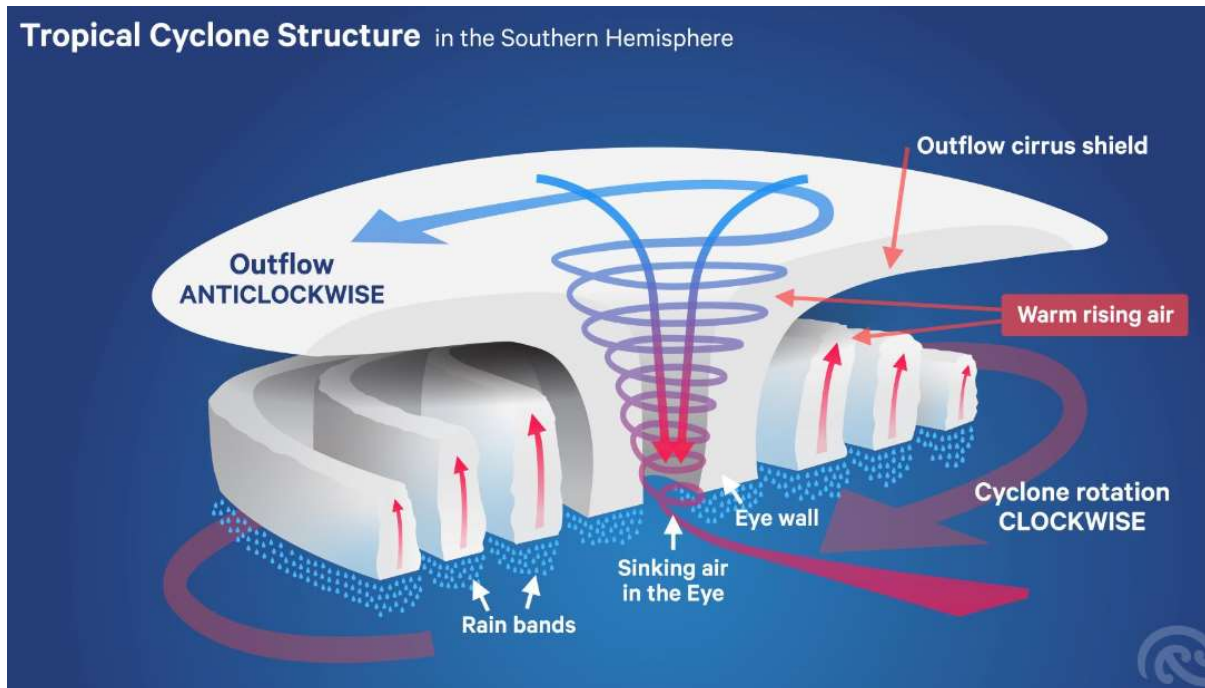
Na slici 11 prikazan je životni ciklus sjevernoatlantskog uragana. Cirkulacijski sustav sastoji se od faza koje čine nastanak zrelog tropskog ciklona. Tropski ciklon počinje kao tropski poremećaj koji putuje prema zapadu. Nakon što se brzina vjetra poveća na brzinu od 36 km/h, od tropskih valova nastaje tropska depresija nakon pet dana od početka poremećaja. Ukoliko dođe do povećanja brzine vjetra do 63 km/h, nastaje sustav koji se naziva tropska oluja. Nakon što se postigne maksimalna brzina vjetra u iznosu od 119 km/h, oluja postaje tropski ciklon što je u ovom slučaju 10 dan od nastanka tropskog poremećaja.

3.3.KARAKTERISTIKE TROPSKOG CIKLONA

Karakteristične značajke tropskih ciklona su ciklonsko oko, središnje područje vedrog neba, visokih temperatura i niskog atmosferskog tlaka. Osim toga važna karakteristika je i očna stjenka koja je najopasniji i najrazorniji dio tropskog ciklona. Očna stjenka je karakteristična prema najjačim vjetrovima i oborinama. Uz očnu stjenku često se spominju i kišne trake, sekundarne ćelije koje idu spiralno u samo središte oluje. Svake godine tropski cikloni pogađaju udaljena područja poput obale Meksičkog zaljeva Sjeverne Amerike, sjeverozapadne Australije te istočne Indije i Bangladeša (Britannica, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone>, pristup 17.7.2024.).

3.3.1. Ciklonsko oko

Najopasniji i najrazorniji dio tropskog ciklona je očna stjenka, zid ciklona (eye wall).



Slika 12. Vertikalni presjek tropskog ciklona kroz troposferu

(<https://www.sciencemediacentre.co.nz/2020/02/15/tropical-cyclones-expert-qa/>)

U središtu zrelog tropskog ciklona zrak tone i ne diže se. Za dovoljno jaku oluju zrak može potonuti preko sloja koji je dovoljno dubok da onemogući stvaranje oblaka i pri tom stvarajući jasno oko. Vrijeme u oku je mirno i bez konvektivne naoblake, ali more može biti izrazito burno. Oko je normalno kružno i obično ima 30-65 km u promjeru. Mutni vanjski rub oka naziva se očnom stijenkom. Ona se širi prema vani visinom te podsjeća na nogometni stadion. Upravo zbog toga se taj fenomen često naziva i učinkom stadiona. Očna stijenka je mjesto gdje se nalaze najveće brzine vjetera te se zrak najbrže diže. Pri tom oblaci postizu najveću nadmorsku visinu, a oborine su najveće. Najveća šteta od vjetera se događa tamo gdje očna stjenka tropskog ciklona prelazi preko samog kopna (Britannica, dostupno na: <https://www.britannica.com/science/eye-tropical-cyclone>, pristup: 17.7.2024.). Prilikom slabije oluje, oko može biti zaklonjeno središnjim gustim oblakom koji je povezan s koncentriranim područjem jake grmljavinske oluje u blizini središta tropskog ciklona. Očna stijenka može varirati tijekom vremena u obliku ciklusa zamjene očne stijenke, posebno u intenzivnim tropskim ciklonima. Vanjske kišne trake mogu napraviti vanjski prsten

grmljavinskih oluja koje se polako pomiču prema unutrašnjosti. Kako primarna očna stjenka slabi, tako slabi i tropski ciklon. Vanjska očna stjenka na kraju zamijeni primarnu na kraju ciklusa te se tada oluja može vratiti svom izvornom intenzitetu.



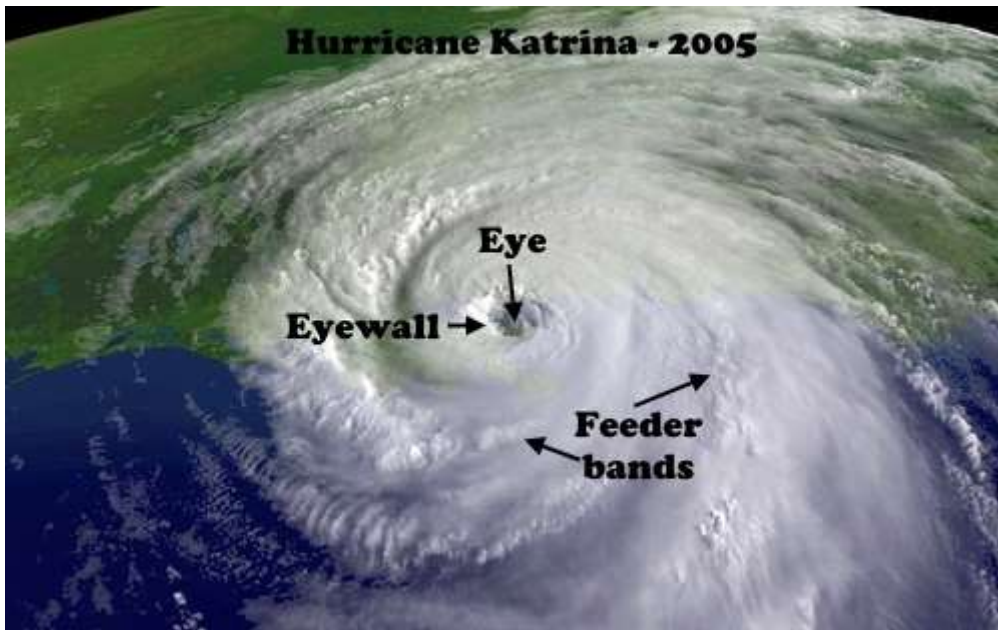
Slika 13. Ciklonsko oko

(<https://www.ipsl.fr/en/article/tropical-cyclone/>)

3.3.2. Zid ciklona

Sekundarni očni zidovi nekada su se smatrali rijetkim fenomenom te je postojalo nebrojeno puno hipoteza koje su pokušale objasniti nastanak sekundarnih očnih stjenki. Oko ciklona okruženo je očnim zidom, odnosno prstenom kojeg čine visoke grmljavinske oluje te se u njemu javlja nepovoljno vrijeme i najjači vjetrovi ciklona. Promjene u strukturi oka i očne stjenke mogu izazvati promjene u brzini vjetra, što je zapravo pokazatelj intenziteta oluje. Oko ciklona može rasti ili smanjivati se, a mogu se formirati i dvostruke očne stjenke.

U intenzivnim tropskim ciklonima, neki od vanjskih kišnih pojaseva mogu se organizirati u vanjski prsten grmljavinskih oluja koji se polako pomiče prema unutra, prilikom ove faze događa se slabljenja tropskog ciklona. Na kraju očna stjenka u potpunosti zamijeni unutarnju i oluja koja nastaje može biti istog ili čak jačeg intenziteta (<https://www.noa.gov/jetstream/tropical/tropical-cyclone-introduction/tropical-cyclone-structure>, pristup: 17.7.2024.).



Slika 14. Prikaz anatomije ciklona gdje je vidljivo oko i zid ciklona, uragan Katrina 2005.

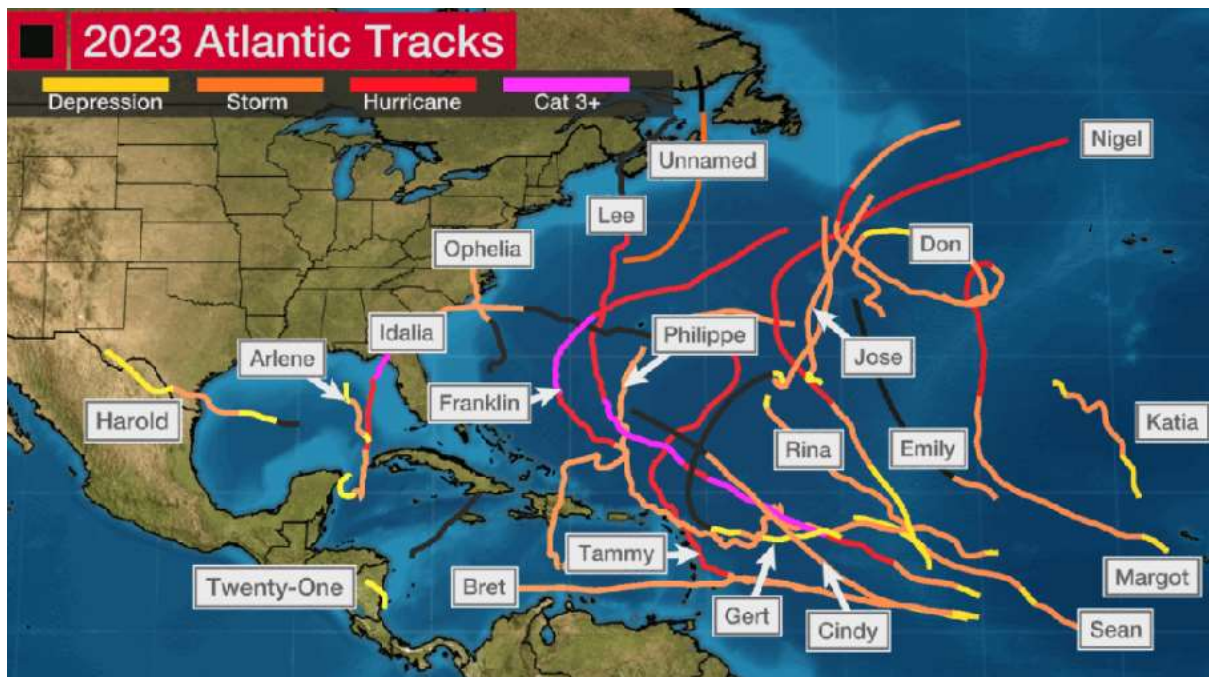
(<https://www.help-teaching.com/lessons/329/hurricanes>)

4. SEZONA TROPSKIH CIKLONA

Kada govorimo o tropskim sezonskim ciklonama, moramo znati da ih najčešće dijelimo prema mjestima nastajanja. Svaka hemisfera ima sezonu kada nastupaju cikloni. Za sjevernu hemisferu, sezona tropskih ciklona su mjeseci između lipnja i studenog, a vrhunac je najčešće u rujnu, dok cikloni na južnoj hemisferi traju od studenog do travnja. Iako su obje hemisfere podložne tropskim ciklonama ipak su učestalije na sjevernoj hemisferi.

4.1 SJEVERNI ATLANTIK / NORTH ATLANTIC

Tropski cikloni imaju različite nazive u različitim dijelovima svijeta, pa tako ciklone u Sjevernom Atlantiku zovemo uragan (eng. Hurricane). Uragani se ovdje javljaju najčešće ljeti za razliku od Pacifika gdje se ne javljaju toliko često, a zimi su potpuna rijetkost. Povećana aktivnost tropskih ciklona dovodi se u vezu s povećanjem temperature površine mora. S druge strane, neki stručnjaci smatraju da promjena prostorne raspodjele temperature površine vode u Atlantskom oceanu može biti značajna za aktivnost tropskih ciklona (Bender i dr., 2010).

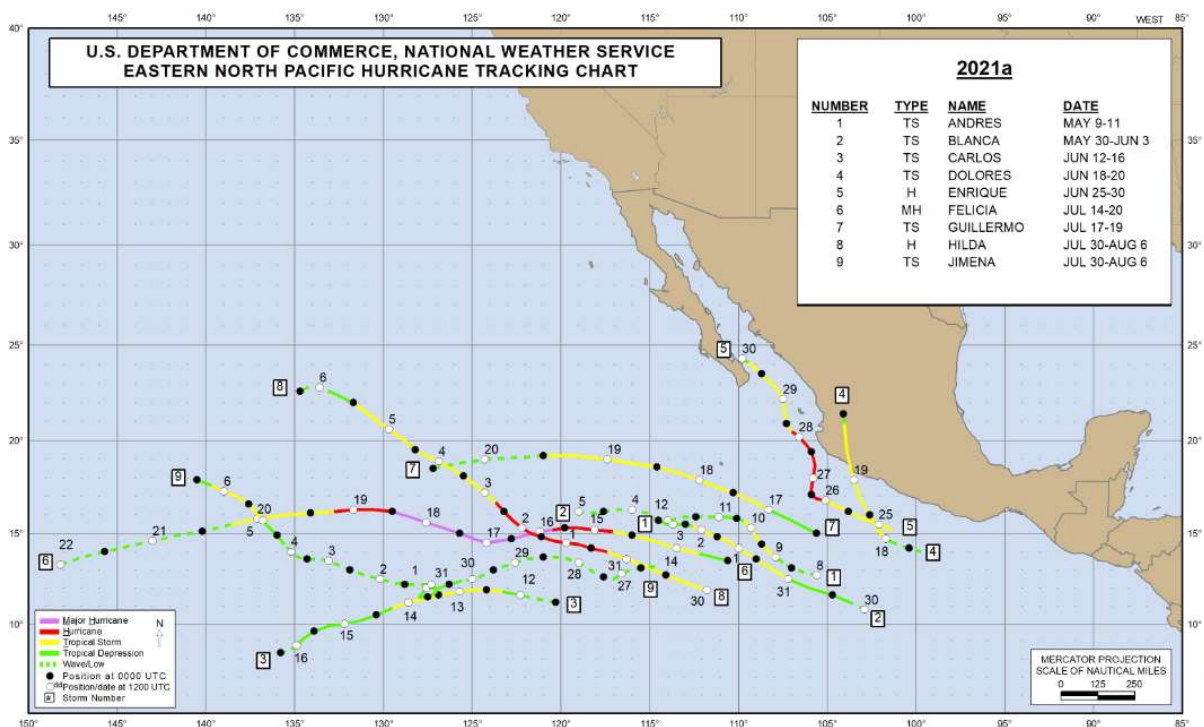


Slika 15. Sezona uragana u Atlantiku u 2023. godini)

<https://weather.com/storms/hurricane/news/2023-11-29-atlantic-hurricane-season-recap-el-nino>

4.2 SJEVEROISTOČNI PACIFIK/ NORTHEAST PACIFIC

Većina istočno pacifičkih uragana potječe od tropskog vala koji putuje prema zapadu preko unutar tropske zone konvergencije i preko sjevernih dijelova Južne Amerike. Jednom kada dosegne Pacifik, počinje se razvijati površinska niska razina, međutim, s malo ili nimalo konvekcije. Nakon što stigne do Pacifika, počinje se kretati prema sjeverozapadu i na kraju prema zapadu. Sezone uragana na ovom području traju od mjeseca svibnja pa do mjeseca studenog svake godine. Za sjeverno istočni Pacifik podaci pokazuju da je drugo najaktivnije ciklogenetsko područje u svijetu jer se na tom području dogodi prosječno šesnaest tropskih oluja godišnje, od kojih devet postanu uragani, a četiri postanu veliki uragani razarajućih razmjera brzina vjetra većih od 200 km/h.

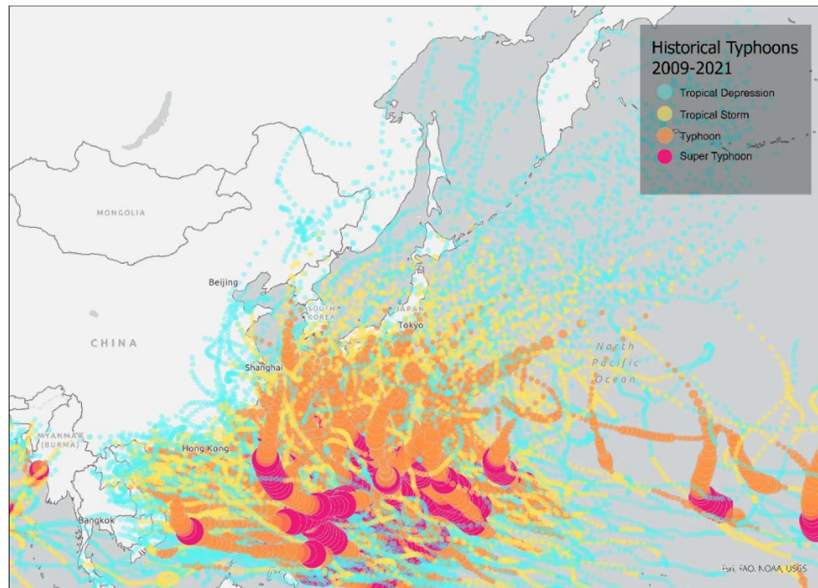


Slika 16. Karta za praćenje sezone uragana u sjeverno istočnom Pacifiku, 2021. god.
(<https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2021&basin=epac>)

Na slici 16. vidljivo je devet tropskih uragana u 2021 godini za područje sjeveroistočnog Pacifika. Primjerice uragan Dolores pod rednim brojem 4 tip je tropske oluje s brzinama manjim od 117 km/h. Brojevi 18 i 19 označavaju dane u lipnju gdje je uragan trajao od 18 do 20 lipnja 2021. Uragan Felicia rednog broja 6 trajao je od 14. do 20. srpnja 2021. godine te je postigao snagu glavnog uragana (major hurricane MH).

4.3 SJEVEROZAPADNI PACIFIK / NORTHWEST PACIFIC

Kao što smo već ranije spomenuli na različite nazive u različitim dijelovima svijeta, tako na području sjeverozapadnog Pacifika kažemo tajfun umjesto tropskih ciklona. Kod sjeverozapadnog Pacifika nam je zanimljivo to da se na tom području događaju takozvane pacifičke sjeverozapadne oluje poznatije još kao Veliki udari, što nam otkriva razlog zašto za sjeverozapadni Pacifik kažu da je najaktivniji ocean po pitanju tropskih ciklona. Iz slike 17. vidljivo je da je većina tajfuna od tropske depresije postala super tajfun.



Slika 17. Putanja prethodnih tajfuna i imenovanih oluja u sjeverozapadnom pacifičkom bazenu 2009.-2021.

<https://crisis24.garda.com/insights-intelligence/insights/articles/2022-northwest-pacific-typhoon-season-outlook>

4.4 SJEVERNI INDIJSKI OCEAN / NORTH INDIAN OCEAN

Cikloni u sjevernom Indijskom oceanu su jedni od najsmrtonosnijih ciklona u svijetu. O tome nam svjedoči sezona ciklona 2023. godine za koju se smatra da je bila iznadprosječna i najsmrtonosnija do sada. S formiranjem devet depresija i šest ciklonalnih oluja, postala je najaktivnija sezona, s drugom najvećom zabilježenom akumuliranom energijom ciklona (ACE) nakon 2019. godine.



May 14, 2023

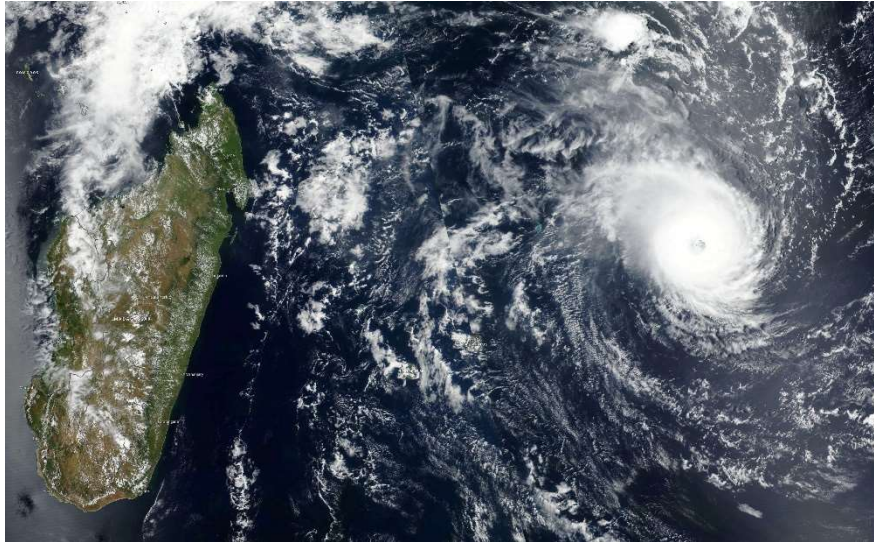
Slika 18. Ciklon Mocha 2023.

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/151343/cyclone-mocha-strikes-myanmar>

Na slici 18 prikaz ciklona Mocha u Myanmar 14.5.2023. u kojem su zabilježeni vjetrovi 280 km/h te spada u kategoriju 5. Ciklon Mocha je 14. svibnja 2023. godine prešao obalu između Cox's Bazara u Bangladešu i države Rakhine u Myanmaru s procijenjenim vjetrom od 250 km/h te ga time čini jednim od najjačih zabilježenih ciklona koji je do sada pogodio zemlju. Ovaj izuzetno jak ciklon izazvao je značajnu štetu koja je dovela do rušenja dalekovoda, padanja stabala i uništenjem kuća (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/151343/cyclone-mocha-strikes-myanmar>, pristup: 10.5.2024.). Sezona ciklona u sjevernom Indijskom oceanu nema službenih granica tijekom godine, ali cikloni se obično formiraju između travnja i prosinca, s najvećim intenzitetom od svibnja do studenog.

4.5 JUGOZAPADNI INDIJSKI OCEAN / SOUTH WEST INDIAN OCEAN

U vrijeme pisanja ovog završnog rada, u jugozapadnom Indijskom oceanu sezona ciklona traje. Smatra se da je započela 15. studenog 2023. godine, a njezin kraj se očekuje 30. travnja 2024. godine. Podaci o ciklonima na ovom području nam pokazuju da je sezona 2022./ 2023. bila najsmrtonosnija na tom području zbog ciklona po imenu Freddy. Najjači vjetar izmjereno je u brzini od čak 270 km/h te spada u kategoriju 5. Tropski cikloni tijekom ove sezone ukupno su prouzročili najmanje 1483 smrti i više od 675 milijuna dolara štete.



Slika 19. Ciklon Freddy

[\(https://www.reuters.com/business/environment/cyclone-freddy-among-africas-deadliest-storms-2023-03-15/\)](https://www.reuters.com/business/environment/cyclone-freddy-among-africas-deadliest-storms-2023-03-15/)

4.6 JUGOISTOČNI INDIJSKI OCEAN / SOUTH EAST INDIAN OCEAN

Jugoistočni indijski ocean karakterističan je prema jakom tropskom ciklonu, što znači da je njegova jakost prema Saffir-Simpsonovoj skali uglavnom na 4. ili 5. kategoriji. Tropski cikloni najčešće pogađaju SAD i Aziju. Postoji sedam bazena u kojima se tropske oluje redovito stvaraju u različito doba godine, a ponekad se nazivaju godišnjim dobima. Za jugoistočni indijski ocean je karakteristično razdoblje pojave ciklona od kasnog listopada odnosno početka studenog pa do svibnja.

4.7 JUGOZAPADNI PACIFIK / SOUTH WEST PACIFIC

Jugozapadni Pacifik karakterizira jaki tropski ciklon kao i kod jugoistočnog Indijskog oceana, što znači da je prema ljestvici 4. ili 5. kategorija. Cikloni u jugozapadnom pacifičkom bazenu pojavljuju se u razdoblju od kasnog listopada odnosno početka studenog pa sve do svibnja. Smatra se pri tom da dostižu svoj vrhunac krajem veljače i početkom ožujka. Kao i kod australskog bazena, oluje u ovom bazenu se općenito kreću prema jugozapadu i vraćaju se prema jugoistoku. Cikloni Koraljnog mora u raspadanju povremenu pogađaju i Novi Zeland (Flynn, 2023). Na slici 18 vidljiva je putanja tropskih ciklona u ovom području u periodu 25 godina.



*Slika 20. Cikloni u jugozapadnom Pacifiku u vremenu od 1980.-2005. godine
(Mariner's Tropical Cyclone Guide, D.J. Flynn, 2023.)*

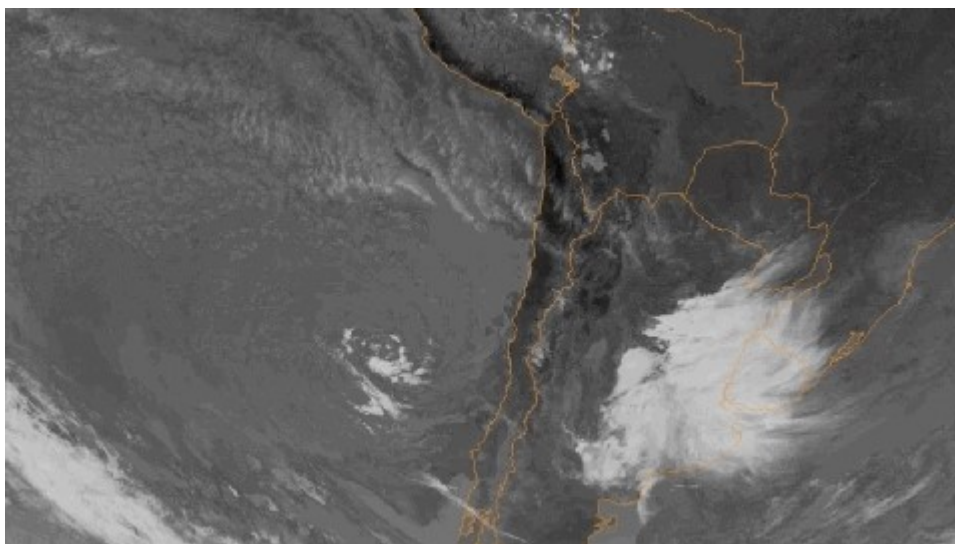
4.8 JUGOISTOČNI PACIFIK / SOUTH EAST PACIFIC

U jugoistočnom Pacifiku zbog hladne vode duž Južne Amerike te stabilne atmosfere, u tom bazenu se ne pojavljuju tropski cikloni. Dogodile su se samo dvije iznimke, odnosno zabilježene su dvije slabe suprotropske oluje. Neslužbeno nazvan je suprotropski ciklon Katie koji se formirao 2015. godine u blizini Uskršnjeg otoka. To je bio jedan od rijetkih tropskih ili suprotropskih sustava za koje je ikad uočeno da se formiraju u dalekom jugoistočnom Pacifiku. Najjači vjetar izmjeren je u vrijednosti od 75 km/h te nije uzrokovao veće materijalne štete kao ni smrtno slučajeve (Flynn, 2023).



*Slika 21. Suprotropski ciklon Katie formiran 29. travnja 2015.
(https://hypotheticalhurricanes.fandom.com/wiki/Hurricane_Katie)*

2018. godine neimenovani subtropski ciklon se formirao u blizini Čilea (slika 22.). Jugoistočni Pacifik nije jedini bazen u kojem su neki subtropski ili tropski cikloni neprijavljeni. Dva razloga zbog kojeg se ne može vidjeti više tropskih ili subtropskih oluja je nedostatak odgovornosti i nedostatak dobrih uvjeta (<https://weather.com/storms/hurricane/news/2018-05-08-subtropical-cyclone-chile>, pristup: 21.7.2024.).



Slika 22. Neimenovani subtropski ciklon

[\(<https://weather.com/storms/hurricane/news/2018-05-08-subtropical-cyclone-chile>\)](https://weather.com/storms/hurricane/news/2018-05-08-subtropical-cyclone-chile)

4.9 JUŽNI ATLANTIK / SOUTH ATLANTIC

To je ocean koji se nalazi južno od ekvatora između istočne obale Južne Amerike i zapadne obale Afrike koji se proteže prema jugu do antarktičkog kontinenta, uključujući Drakeov prolaz, otočje Južni Sandwich i Falkand. Južnoatlantski sezonski cikloni su neobični vremenski događaji koji se događaju na južnoj hemisferi. Snažan vjetar koji na tom području ometa nastanak ciklona, kao i nedostatak vremenskih poremećaja pogodnih za razvoj u južnom Atlantskom oceanu, čine svaki jaki tropski sustav izuzetno rijetkim, a uragan Catarina 2004. jedini je zabilježen južnoatlantski uragan u povijesti.



Slika 23. Uragan Katrina, 28.4.2004.

[\(<https://www.britannica.com/event/Hurricane-Katrina>\)](https://www.britannica.com/event/Hurricane-Katrina)

4.10 SREDOZEMNO MORE

Sredozemno more je unutarne more između Europe, Azije (Bliski istok) i Afrike. Ono obuhvaća 2 510 000 km² (s Crnim morem 2 965 900 km²) ili 2,8% Atlantskoga oceana kojega je rubno more. S Atlantikom ga povezuju Gibraltarska vrata, a s Crvenim morem Sueski kanal. Sastoji se od zapadnoga i istočnoga bazena. U zapadnome bazenu nalaze se Alboransko, Balearsko, Ligursko i Tirensko more, a u istočnome Jadransko more, Jonsko more, Egejsko more, Mramorno more, Crno more (s Azovskim morem) i Levantsko more. Ime je dobilo po svom među kontinentskom položaju; stari Grci nazivali su ga Unutarnjim morem (grč. ἡ ἐντὸς θάλασσα, hē eptòs thálassa) i Velikim morem (grč. ἡ μεγάλη θάλασσα, hē megálē thálassa); Rimljani su ga nazivali Unutarnjim morem (lat. Mare internum) i Našim morem (lat. Mare nostrum) (Hrvatska enciklopedija).

U Sredozemnom moru nailazimo na nešto što se zove medican, a definicija toga je sljedeća: Medican ili mediteranska ciklona nalik tropskim ili mediteranskim uraganima meteorološki je fenomen koji se s vremena na vrijeme pojavi nad Sredozemljem. Medican s tropskim ciklonima ili uraganima, na Pacifiku tajfunima, ima zajedničko donekle sličan oblik, no geneza i struktura su im posve drugačiji. Prvi puta identificirani 1980. godine, medicani, za razliku od uragana, imaju definirane atmosferske fronte (https://www.metero-info.hr/article/171/Medican_na_Jadranu, pristup: 4.9.2024.)

4.11 EL NINO OSCILACIJA

El Nino oscilacija je klimatski fenomen koji utječe na klimu, ali i na pojavu tropskih ciklona. Za primjer se može uzeti Atlantski ocean gdje je broj tropskih ciklona za vrijeme El Nino faze manji, a veći za vrijeme La Nina faze. Navedena tvrdnja se dovodi u vezu s činjenicom da se pojavljuje različito vertikalno smicanje vjetra i stabilnost atmosfere u tim fazama. Osim zagrijavanja istočnog Pacifika, tj. onog područja koji se veže uz El Nino oscilaciju, postoje i oscilacije koje se događaju za vrijeme zagrijavanja središnjeg dijela Pacifika ali i njegovih ostalih dijelova. Broj tropskih ciklona prilikom zagrijavanja središnjeg dijela Pacifika veći je u odnosu na zagrijavanje istočnog dijela, tj. El Nina. Zagrijavanje pojedinog dijela Pacifika utječe i na to gdje će se stvoriti cikloni u Atlantiku.

ENSO je klimatski fenomen, ima tri stanja ili faze u kojima može biti. Dvije suprotne faze, "El Niño" i "La Niña," zahtijevaju određene promjene i u oceanu i u atmosferi jer je ENSO spregnuti poremećaj oceana i atmosfere. "Neutralno" je u sredini kontinuuma. El Niño se opisuje kao poremećaj u cirkulaciji zraka uslijed zagrijavanja površine oceana ili višemjesečne iznadprosječne temperature površine mora (sea surface temperature, SST) u središnjem i istočnom tropskom dijelu Tihog oceana. SST odnosno sea surface temperature označava dnevnu srednju temperaturu površine mora te ima veliki utjecaj na klimu i na vrijeme. Karta površinske temperature mora temelji se na promatranju spektroradiometra umjerene rezolucije na NASA-inom satelitu koji mjeri temperaturu gornjeg milimetra površine oceana (NASA, <https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MYD28M>, pristup: 22.7.2024.).

El Niño južna oscilacija je klimatska pojava u kojoj dolazi do međusobnog djelovanja oceana i atmosfere. Karakteriziran je povećanjem temperature mora, najčešće 1-3 stupnja celzijusa u istočnom Pacifiku. Taj porast uzrokuje niz pojava kao što je slabljenje pasata zbog izmjena polja u tlaku zraka (Kim i dr., 2009).

La Niña se opisuje kao poremećaj koji se sastoji od hlađenja toplinskih voda Tihog oceana duž zapadne obale Južne Amerike. Lokalni učinci na vrijeme i klimu su općenito suprotni onima El Nina, često slijede događaje El Nino koji se pojavljuju u nepravilnim intervalima u periodu od otprilike dvije do sedam godina. koji su karakteristični za El Nino pojavu, globalni učinci ipak mogu biti složeniji. Oceanski Nino Indeks (ONI) je mjera odstupanja od normalne temperature površine mora u istočnom i središnjem dijelu Tihog oceana te je ono standardno sredstvo pomoću kojeg se svaka epizoda La Nine utvrđuje, mjeri i prognozira. Epizode La Nine značajne su zbog pada temperature površine mora za više od 0,5 stupnjeva celzijusa tijekom najmanje

pet uzastopnih tromjesečnih sezona (Britannica, <https://www.britannica.com/science/equatorial-current> , pristup 21.7.2024.).

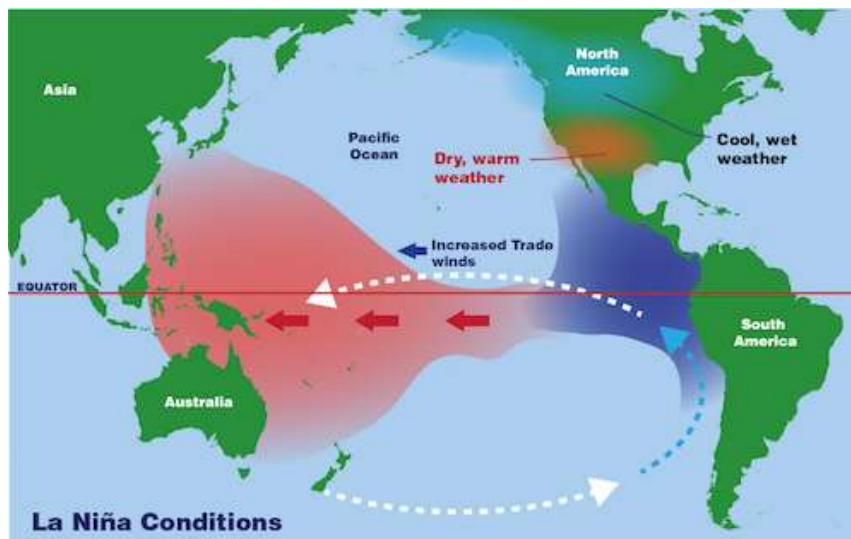
U Atlantskom oceanu broj tropskih ciklona je manji tijekom El Nino faze, a već tijekom LA Nina faze. To je povezano zbog različitog vertikalnog smicanja vjetra i stabilnosti atmosfere u tim različitim fazama. Osim zagrijavanja istočnog dijela Pacifika, odnosno dijela koji se veže uz El Nino, dokazano je da postoje i oscilacije prilikom zagrijavanja ostalih dijela Pacifika pa čak i njegovog središnjeg dijela. Broj tropskih ciklona u Atlantiku je veći prilikom zagrijavanja središnjeg Pacifika nego prilikom zagrijavanja istočnog dijela, tj. El Nina. Zagrijavanje pojedinog dijela Pacifika utječe i na pojavu ciklona, odnosno gdje će se oni stvoriti u Atlantiku i kakva će biti njihova putanja (Kim i dr., 2009).

Na slici br. 24. prikazana je usporedba normalne godine s El Nino godinom. Kao što je već i spomenuto, El Nino je faza zagrijavanja temperature vode oko pacifičkog ekvatora. Tijekom normalnih vremenskih obrazaca oko ekvatora, pasati nose toplu vodu iz tropskih područja Tihog oceana. Krećući se prema zapadu, vjetrovi prenose toplu vodu iz istočnog Pacifika u hladnija područja oceana. Za vrijeme pojave El Nina vjetrovi slabe, a kretanje tople vode s istoka na zapad prestaje. Samim time vjetrovi se okreću i nose toplu vodu natrag prema istoku, a to topli dio Tihog oceana čini još toplijim. Temperature površine mora mogu porasti za 1-3 stupnja mjesecima, pa i godinama (<https://concernusa.org/news/el-nino-and-la-nina/>, pristup: 21.7.2024.).



Slika 24. Usporedba normalne godine i El Nino godine (<https://ahaslides.com/hr/blog/el-nino-meaning/>)

Na slici 25. prikazana je pojava pod nazivom La Nina. U godini La Nine, vjetrovi iznad Tihog oceana su puno jači nego inače te je to pojava koja se događa jednom u nekoliko godina. Vjetrovi su toliko jaki tijekom La Nina godine te samim time guraju puno tople oceanske vode na zapad prema Indoneziji što znači da puno hladne vode diže prema površini Južne Amerike. Upravo zbog toga je voda hladnija u istočnom Tihom oceanu za nekoliko stupnjeva nego inače. Iako je to mala promjena temperature oceana ona može utjecati na vrijeme u cijelom svijetu. Topla voda kreće se prema zapadu tijekom La Nine, ali isto tako i oblaci. Što znači da u mjestima kao što su Indonezija i Australija može padati puno više kiše nego inače. Mjesta poput jugozapadnog dijela Sjedinjenih Američkih Država mogu biti vrlo suha. Vremenski uvjeti La Nine mogu uzrokovati više uragana i munja u drugim dijelovima svijeta (<https://spaceplace.nasa.gov/la-nina/en/>, pristup: 21.7.2024.).



Slika 25. La Nina

(<https://spaceplace.nasa.gov/la-nina/en/>)

5. KRETANJE CIKLONA

Iz područja nastajanja cikloni se uglavnom kreću prema zapadu i zakreću se prema polu odnosno prema umjerenim zemljopisnim širinama. Na taj način se na sjevernoj polutki gibaju od jugoistoka prema sjeverozapadu, a na južnoj strani od sjeveroistoka prema jugozapadu.

Prilikom dolaska u područja zemljopisnih širina oko 20°, cikloni se sve više zakreću i samim time dolazi do njihovog slabljenja. Tada je njihov smjer gibanja na sjevernoj polutki prema sjeveroistoku i na južnoj polutki prema jugoistoku, slijedeći pri tom strujanja umjerenih širina. Gibanje ciklona u najvećoj mjeri određeno je okolnom atmosferom, odnosno ciklonskim vrtlogom koji je uklopljen u okolnu struju pod nazivom noseći tok. Njegova brzina približno određuje brzinu središta ciklona.

Cikloni se najčešće gibaju zapadnim rubom subtropske anticiklone koja se u toplijem dijelu godine nalazi upravo nad oceanima. Prodori ciklona prema polu ovise o pogodnim atmosferskim uvjetima, odnosno nosećem toku i uvjetima oceana, odnosno tople površine. Ciklonski vrtlog može prijeći 50°N, a na južnoj polutki tako daleki prodor prema polu nije opažen.

Prilikom zakretanja, brzine ciklona su najmanje. Cikloni su sporiji od noseće struje ako se gibaju prema istoku, a brži su ukoliko se kreću prema zapadu ili polu. Zbog sličnog usmjerenja obala i položaja subtropskih anticiklona nad Atlantikom i Tihim oceanom na sjevernoj polutki postoji velika sličnost u srednjem zemljopisnom položaju staza ciklona uz istočnu obalu Sjeverne Amerike i uz istočnu obalu Azije.

Cikloni nad Meksičkim zaljevom i Karipskim morem kao i cikloni nad sjevernim Indijskim oceanom se odlikuju kratkim stazama koje često završavaju na kopnu, a to je uvjetovano oblikom prirodnog područja po kojem se cikloni kreću te samim time uzrokuju velike ljudske žrtve i materijalne štete.

Uspoređujući staze pojedinih ciklona dolazimo do zaključka da se putanje kretanja jako razlikuju, a ponekad staze tvore i razne oblike petlji koje otežavaju prognozu gibanja ciklona. Prilikom prognoziranja staza i mjesta dodira ciklona s kopnom, važno je poznavanje mjesnih zemljopisnih i klimatskih osobina pojedinog područja (Gelo, 2000).

5.1.PRAĆENJE CIKLONA

U prvoj polovici 20. stoljeća identifikacija tropskih ciklona temeljila se na promjenama vremenskih uvjeta, stanju morske površine kao i na izvještajima s područja već pogođenim olujama što nije bilo dovoljno kako bi se uvijek i pravovremeno najavio tropski ciklon. Ova metoda ostavila je malo vremena za prethodno upozorenje i pridonijela je velikom broju

smrtnih slučajeva. Promatračke mreže i tehnike poboljšane s vremenom; s pojavom meteoroloških satelita 1960-ih, rano otkrivanje i praćenje tropskih ciklona uvelike je poboljšano (Britannica, <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/tracking-and-forecasting>, pristup 21.7.2024.).

Većina zemalja koristi se geostacionarnim satelitima (slika 26), odnosno satelitima koji ostaju iznad fiksne pozicije na Zemlji. Oni pružaju kontinuirani prikaz Zemljine površine u vidljivom i infracrvenom spektru elektromagnetskog zračenja. Termogrami pokazuju različite temperature vrhova oblaka te na taj način omogućavaju da se organizira konvekcija povežavši se pri tom s istočnim valovima te se time otkrije prisutnost hladnih i visokih oblaka. Pokazuju i duboku, organiziranu konvekciju koja je karakteristična za tropski ciklon.



Slika 26. Geostacionarni satelit

(<https://www.meteorologiaenred.com/hr/geostacionarni-satelit.html>)

Satelitske snimke osim što prikazuju lokaciju oluje, mogu se koristiti i za procjenu njenog intenziteta jer su oblaci karakteristični i prema brzinama vjetra. Iako satelitske slike daju opće informacije o položaju i intenzitetu tropskih ciklona, detaljne informacije o snazi i strukturi oluje moraju se dobiti izravno, tj. uz pomoć zrakoplova. To su informacije koje su ključne za pružanje najtočnijih upozorenja. Operativno izviđanje provode samo Sjedinjene Američke Države za oluje koje mogu pogoditi njihovu kopnenu masu. Niti jedna druga država ne provodi ovu vrstu izviđanja. Tropski cikloni u drugim oceanskim bazenima pojavljuju se u većoj regiji,

a većina zemalja nema financijskih sredstava za održavanje istraživačkih zrakoplova. Kada se otkriju dokazi o kruženju u Atlantiku ili na Karibima, šalje se zrakoplov C-130 američkih zračnih snaga kako bi se utvrdilo postoji li zatvoreno kruženje. Zabilježeno je središte cirkulacije i instrument naziva padajuća sonda (drop sonde) se ispušta kroz dno zrakoplova za mjerenje temperature, relativne vlažnosti, atmosferskog tlaka i brzine vjetra. U mnogim slučajevima, imenovanje tropske oluje ili njezina nadogradnja iz tropske oluje u tropski ciklon temelji se na promatranjima iz zrakoplova (Britannica). Tropske oluje koje se razvijaju u svjetskim oceanskim bazenima prate razne nacionalne meteorološke službe koje je Svjetska meteorološka organizacija (WMO – World Meteorological Organization) imenovala regionalnim specijaliziranim meteorološkim centrima (RSMC).

Predviđanje nastajanje uragana i davanje upozorenja za oluje koje će pogoditi Sjedinjene Države obavlja Nacionalni centar za uragane u Miamiju (Britannica, <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/Tracking-and-forecasting>, pristup 21.7.2024.).

Prognostičari pri tom koriste različite podatke promatranja sa satelita i zrakoplova kako bi odredili trenutnu lokaciju i intenzitet oluje. Ove se informacije koriste zajedno s računalnom prognozom za predviđanje buduće putanje i intenziteta oluje. Postoje tri osnovne vrste računalnih modela. Najjednostavniji se koriste *statističkim relacijama* temeljenim na tipičnim putanjama uragana u regiji, zajedno s pretpostavkom da će se trenutno opaženo kretanje oluje održati. Druga vrsta modela koja se naziva *statističko-dinamički model*, predviđa samu cirkulaciju velikih razmjera rješavanjem jednadžbi koje opisuju promjene atmosferskog tlaka, brzine i smjera vjetra i relativne vlažnosti. Treća vrsta modela je dinamički model prognoze. U ovom modelu rješavaju se jednadžbe koje opisuju promjene u velikoj cirkulaciji i samom tropskom ciklonu. Dinamički modeli prognoze pokazuju interakciju tropskog ciklona s njegovim okolišem ali zahtijevaju korištenje velikih i snažnih računala. Ovakvi modeli trenutačno su dobri u predviđanju putanje tropskih ciklona, ali nisu toliko pouzdani u predviđanju promjena intenziteta više od 24 sata unaprijed.

5.2. MOTRENJE CIKLONA

Nakon što prognostičari utvrde na temelju svih dostupnih promatranja i rezultata računalnog modela da će tropski ciklon vrlo vjerojatno zahvatiti kopno, izdaju se upozorenja za područja koja bi mogla biti pogođena. Pri tome se izdaju najvjerojatnije staze, što je ujedno najbolja procjena staze i maksimalne brzine vjetra u razdoblju od 72 sata. Izdaju se prognoze vjerojatnosti udara koje pokazuju vjerojatnosti (u postocima) da će tropski ciklon utjecati na

određeno područje u određenom vremenskom intervalu. Ove prognoze omogućuju lokalnim vlastima da počnu s planovima evakuacije. Kako se oluja približava, izdaje se nadzor tropskih ciklona za područja koja bi mogla biti ugrožena. U posebno osjetljivim područjima evakuacija može biti pokrenuta na temelju sata. Ako se uvjeti tropskog ciklona očekuju u nekom području unutar 24 sata, izdaje se upozorenje na tropski ciklon. Nakon što se izda upozorenje, preporučuje se evakuacija za područja sklona olujnim udarima i područja koja mogu biti izolirana visokim vodostajima.

Prognoze očekivanog broja atlantskih tropskih ciklona tijekom godine sada se izrađuju puno prije početka sezone tropskih ciklona. Model prognoze uzima u obzir sezonske trendove čimbenika koji se odnose na formiranje tropskih ciklona kao što su prisutnost oceanskih uvjeta El Niño ili La Niña, količina padalina nad Afrikom, vjetrovi u nižoj stratosferi, atmosferski tlak i tendencije vjetra iznad Kariba. Na temelju ovih čimbenika izdaju se prognoze o očekivanom broju tropskih oluja, tropskih ciklona i intenzivnih tropskih ciklona za Atlantik. Ove se prognoze objavljuju u prosincu, a revidiraju se u lipnju i ponovno u kolovozu svake godine za trenutnu sezonu atlantskih tropskih ciklona. Model prognoze pokazao je dobru vještinu u predviđanju ukupnog broja oluja svake sezone (Britannica). Smatra se da bi porast globalne temperature mogao zapravo smanjiti broj tropskih ciklona, jer bi svaka promjena temperature bila popraćena promjenama u općoj Zemljinoj cirkulaciji. Ako bi se tropska atmosferska cirkulacija promijenila na takav način da pojača vjetrove na višim razinama, tada bi moglo doći do smanjenja aktivnosti tropskih ciklona. Procjena Svjetske meteorološke organizacije o učinku klimatskih promjena na tropske ciklone zaključila je da nema dokaza koji bi sugerirali da će pojačani učinak staklenika uzrokovati bilo kakve velike promjene u globalnoj lokaciji nastanka tropskih ciklona ili ukupnoj površini Zemljine površine preko koje se stvaraju tropski cikloni (<https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-indicators-reached-record-levels-2023-wmo>, pristup: 21.7.2024.).

6. PLOVIDBA PODRUČJEM CIKLONA

Poznavanje izgleda neba i stanja mora u blizini tropskog ciklona za pomorce je izuzetno važno. Rano upozorenje o približavanju tropskog ciklona je prisutnost dugih valova. Pod utjecajem ciklona valovi imaju dvostruko veću učestalost i njihove kreste prolaze u razmacima od otprilike četiri minute. Valovi mrtvog mora se zapažaju i nekoliko dana prije samog dolaska ciklona.

Kako se tropski ciklon sve više približava brodu, poredak oblaka počinje dobivati raspored sličan onome što ga je imao prilikom približavanja tople fronte u srednjim geografskim širinama. Snježno bijeli fibrozni Cirrus pojavljuje se kad je ciklon udaljen oko 300 - 600 M. Takvi oblaci najčešće konvergiraju prema pravcu iz kog se ciklon približava. Ono se najčešće i najbolje opaža prilikom izlaska i zalaska Sunca.



Slika 27. Cirrus oblaci

(<https://www.vrijemeradar.hr/vijesti-o-vremenu/vrste-oblaka-cirrus-visoki-oblaci-sagradjeni-od-kristala-leda--4c51fa8f-5edf-4ada-ad53-59d1a15df830>)

Neko vrijeme nakon pojave Cirrus oblaka (slika 27.) barometar pokazuje pad tlaka . Na početku tlak pada postepeno. Približavanjem osi ciklona, tlak pada sve brže, a brzina vjetra se povećava. More postaje olujno visine od 4 do 6 metara, a udarci vjetra i kiše su sve češći i žešći (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/stanje-mora>, pristup: 21.7.2024.).

Kao posljedica vertikalne osi ciklona, dan postaje tmuran, udari vjetra se javljaju gotovo neprekidno, tlak pada i vjetar povećava brzinu. Kako se centar ciklona sve više približava, tako vjetar postaje sve jači. Kiša neprekidno pada, more dobiva brdoviti izgled zbog vrhova velikih valova koji nestaju u vodenoj prašini koja s kišom ispunjava donje slojeve zraka, vidljivost je jako slaba zbog olujnog nevremena te se objekti ne vide ni na najmanjoj udaljenosti. Čak i najveći brodovi gube svoja manevarska svojstva i prijete im opasnost od teškog oštećenja. Pomorcima je u takvom trenutku najbitnija sigurnost broda i ljudi koji se nalaze na njemu. Navigacija u tom trenutku prestaje. Kada brod ulazi u oko ciklona, vjetar postaje povjetarac, kiša prestaje i nebo se razvedri te se samim time i vidljivost poboljšava. Tlak pada do najniže točke.

Prilikom izlaska broda iz oka ciklona, vjetar udara iznenada punom žestinom iz suprotnog smjera. Slijed vremenskih pojava je suprotan u odnosu na slijed prilikom približavanja tropskog ciklona.

Na slici 28. vidljive su posljedice koje je izazvao ciklon Freddy u ožujku 2023. godine. Osim vidljive materijalne štete, prilikom pojave ciklona život je izgubilo više od 220 osoba. Ciklon Freddy smatra se najdužom i najjačom tropskom olujom koja je zabilježena na južnoj hemisferi.



Slika 28. Posljedica koje je izazvao ciklon Freddy u ožujku 2023. godine, Malavi
(<https://www.aa.com.tr/ba/svijet/malavi-od-posljedica-ciklona-freddy-poginulo-vi%C5%A1e-od-1000-ljudi/2870534>)

6.1.MOTRENJE NA MORU

Kako bi se izbjegla puna žestina ciklona, najbitnije je na vrijeme otkriti njegov centar i kretanja u odnosu na samu poziciju broda. Iako su radio izvještaji u tom trenutku jako korisni, to ne znači da su u potpunosti točni. Upravo zbog toga je bitno da se pomorci ne oslanjaju previše na takav izvor informacija kako ne bi doveli brod i posadu u opasnost. Na otvorenom moru prvi vidljivi znak postojanja tropskog ciklona je pojava dugih valova (vidljivi na slici 29.) koji se šire iz centra ciklona. U plitkim vodama ta je pojava manje pouzdan pokazatelj jer se smjer valova mijenja.



Slika 29. Dugi valovi zabilježeni prije razarajućeg ciklona Ellie u Australiji, 7.1.2023.

<https://net.hr/danas/svijet/zapad-australije-priprema-se-za-oluju-desetljeća-očekuju-se-valovi-od-osam-metara-64e43cd4-b9f3-11ec-b329-0242ac120041>

Prilikom pojave Ci-oblaka, njihova točka konvergencije određuje vjerojatni pravac centra ciklona. Ukoliko ciklon prolazi prilično u stranu od motrioca, točka konvergencije se postepeno pomiče u smjeru kretanja ciklona. Kada stup ciklona postaje vidljiv, on normalno ostaje na horizontu nekoliko sati. Najtamniji dio tog stupa je u pravcu centra ciklona. Ako ciklon prolazi sa strane, njegov stup izgleda da se polako pomiče uzduž horizonta. Ako je ciklon u nekom trenutku usmjeren direktno prema motriocu, položaj stupa postaje relativno nepomičan. Kad se motrilac jednom nađe u području gustih niskih oblaka, potrebno je obratiti pozornost na pravac njihovog kretanja koji se poklapa s izobarama. Vjetrovi su najbolji pokazatelj položaja centra

tropskog ciklona. Cirkulacija zraka je ciklonskog karaktera, ali zbog pretjeranog baričkog gradijenta koji se nalazi u blizini centra, vjetrovi tu pušu s većom žestinom i jače kruže za razliku u izvan tropskim ciklonima. Udaljenost od centra ciklona je teže odrediti nego smjer njegovog položaja. Upravo zbog toga je radar najsigurnije pomagalo. Kada je centar tropskog ciklona u dohvat radara, ono se može otkriti na zaslonu radara. Padanje atmosferskog tlaka je jedna od indikacija za približavanje centra tropskog ciklona, ali time nemamo prave podatke o udaljenosti centra. Približnu udaljenost od centra ciklona prema stopi opadanja atmosferskog tlaka daju nautičke tablice, ukoliko se brod smatra nepokretnim (Simović, 1970).

6.2. IZBJEGAVANJE CIKLONA

Za vrijeme navigacije u predjelima tropskih ciklona osnovno je da se najprikladnijim manevrom spriječida brod dođe do polja tropskog ciklona. Prema toj vremenskoj neprilici se treba odnositi ozbiljno i postupati uz pomoć uputa i informacija koje pružaju navigacijski priručnici. Manevar kojem je cilj izbjegavanje ciklona treba početi u pravo vrijeme. Brod u tom trenutku treba putovati putanjom koja će ga sigurno voditi izvan putanje kretanja ciklona, a ucrtavanjem pozicija centra ciklona koje putem radija daju vremenski bilteni se analizira situacija i po potrebi se mijenja kurs i brzina broda. Takav način plovidbe nije uvijek moguć, pa se može dogoditi i da brod dođe u polje tropskog ciklona. U tom trenutku je bitno da se brod pozicionira obzirom na centar ciklona i na smjer njegovog kretanja. Istovremenim ucrtavanjem pozicije broda i centra tropskog ciklona treba se ustanoviti polovica ciklona u kojoj se brod nalazi, a odmah zatim i kurs koji vodi što dalje od samog centra ciklona.

Ukoliko se dogodi da je brzina broda veća od brzine kretanja ciklona dok se brod nalazi na otvorenom moru, manevar koji se izvodi kako bi se izbjegao ciklon moći će se izvesti bez znatnih poteškoća. Ako je brzina kretanja ciklona veća od brzine broda, izvođenje tog manevra nije jednostavno. U takvoj situaciji ukoliko se brod nalazi ispred centra ciklona, prolaz centra bliže brodu je neizbježan. Tada jedino preostaje izabrati put kojim će brod prolaziti na što većoj udaljenosti prolaza od centra ciklona. Taj zadatak se najjednostavnije može riješiti metodom relativnog plotiranja na manevarskom dijagramu. Za tu metodu bitno je korištenje kursa kojim treba ploviti određenom brzinom te je bitno uzeti u obzir najmanju udaljenost prolaza kao i potrebno vrijeme do prolaza centra ciklona na najmanju udaljenost. Postoje i opća pravila za izbjegavanje centra ciklona. Svaki tropski ciklon zahtjeva posebnu analizu i praćenje razvoja situacije. Prije nego što se započne manevar, preporučuje se uvijek tzv. preventivno zadržavanje (zavlačenje) broda radi orijentacije. Brzina broda smanjuje se na minimalnu da bi skretanje

vjetra bilo jedino kao rezultat kretanja ciklona. Pravo manevriranja u tropskom ciklonu započinje u trenutku kada je određen točan položaj broda u odnosu na centar ciklona (Simović, 1970).



Slika 30. Dolazak tropske oluje

<https://bljesak.info/vijesti/flash/tropska-oluj-a-krenula-prema-meksiku/35834>

Na slici 30. prikazan je dolazak tropske oluje Ernesto koja je odnijela život dvoje ljudi te uzrokovala velike materijalne štete. Izmjeren je vjetar koji je puhao brzinom od 64 km/h.

6.2.1. Plovidba i tropski ciklon na sjevernoj hemisferi / Plovidba za vrijeme tropskog ciklona na sjevernoj hemisferi

Za vrijeme prve neizvjesnosti o stazi ciklona, od nautičara se zahtjeva da postavi brod na način da mu vjetar dolazi s desne strane pramca. Ako se brod nalazi desno od staze, odnosno u opasnoj polovici ciklona događa se da atmosferski tlak pada, a smjer puhanja vjetra odlazi prema krmi za obje hemisfere. Nautičar treba postaviti brod tako da vjetar ide u smjeru polovice pramca prema desnoj strani, odnosno 45° desno. Za vrijeme plovidbe potrebno je što bolje zadržati takav položaj kako bi uspio prevaliti što veći put. To znači da brod treba ploviti najvećom brzinom sve dok se atmosferski tlak ponovo ne podigne na odgovarajući nivo. Ako je u tom trenutku nautičar primoran zaustaviti brod, od njega se zahtjeva da to izvede na način da valovi

idu u pramac. Ako se brod nalazi lijevo od staze, tj. u podnošljivoj polovici ciklona atmosferski tlak pada, a vjetar ima tendenciju skretanja prema pramcu te se to odnosi na obje hemisfere. Nautičar postavlja brod na način da vjetar odlazi u pola krme desno, odnosno 135° desno. U plovidbi je potrebno dobro držati takav položaj i voziti najvećom brzinom sve dok se tlak ne digne. Ako je nautičar primoran zaustaviti brod, mora ga zaustaviti dok su valovi usmjereni prema krmi jer se na taj način može smanjiti relativna brzina valova. Ako se brod nalazi na stazi ciklona i ispred centra ciklona, vjetar najčešće ne mijenja svoj smjer i to vrijedi za obje hemisfere. Nautičar postavlja brod na način da vjetar puše po krmi dvije zrake desno, odnosno $157,5^\circ$ desno. Za vrijeme plovidbe se od nautičara zahtjeva da drži dobro položaj i vozi najvećom brzinom sve dok ne stigne u plovidbenu polovicu ciklona. Kada dođe u zadovoljavajuću polovicu ciklona, manevar treba ponovno podesiti. Ako se brod nalazi na stazi ciklona, ali iza centra ciklona često se može dogoditi da vjetar ne mijenja svoj smjer što vrijedi za obje hemisfere. Nautičari trebaju tada izbjegavati centar ciklona s najpovoljnijim putem odnosno najmanjim valovima, koji treba odgovarati cilju putovanja, stazi i brzini ciklona pazeći pri tom na barometar i na jačinu vjetra. Tada još treba imati na umu da se staza tropskog ciklona zakreće prema sjeveru i istoku (Simović, 1970).

6.2.2. Plovidba i tropski ciklon na južnoj hemisferi

U južnoj hemisferi za vrijeme prve neizvjesnosti potrebno je postaviti brod na način da mu vjetar dolazi s lijeve strane pramca. Ako se brod nalazi lijevo od staze ili u opasnoj polovici horizonta, tada treba postaviti brod tako da vjetar puše u pola pramca lijevo odnosno 45° lijevo. Za vrijeme plovidbe potrebno je držati taj kurs u odnosu na položaj vjetra te voziti najvećom brzinom.

Ako je nautičar primoran zaustaviti brod, to treba učiniti s valovima koji ide prema pramcu. Za brod koji plovi desno od staze ili u podnošljivoj polovici, nautičar postavlja brod tako da vjetar putuje prema polovici krme u lijevoj strani, odnosno 135° lijevo. U plovidbi treba dobro držati položaj te voziti najvećom brzinom. Ako je nautičar primoran zaustaviti brod, treba to izvesti na način da valovi idu prema krmi. Brod koji se nalazi na stazi ciklona i ispred centra ciklona, nautičar brod postavlja na način da vjetar puše po krmi dvije zrake lijevo, odnosno $157,5^\circ$ lijevo. U plovidbi treba dobro držati takav položaj i voziti najvećom brzinom. Kada brod doplovi do podnošljive polovice manevar broda se ponovo uspostavlja. Ako se brod nalazi na stazi ciklona i iza centra ciklona, potrebno je izbjegavati centar ciklona kao i na sjevernoj hemisferi uz pomoć najpovoljnijeg kursa. Tada treba imati na umu da se staza ciklona zakreće prema istoku i jugu. Još jedno interesantno i najkraće pravilo iz doba brodova na jedra, koje je

staro više od 100 godina, a preporučuje manevar broda u tropskom ciklonu kada vjetar skreće glasi: „Plovite li bilo kojim uzdama, zadržite ih ako vjetar skreće prema krmi, a smjesta ih promijenite ako vjetar skreće prema pramcu“. Preporučuje se da brodovi koji iz Meksičkog zaljeva za vrijeme sezone tropskih ciklona plovo za neku luku Sjeverne Amerike drže kurs što više prema istoku, odnosno što dalje od obale iako time gube nešto malo vremena na putu. To znači da je bolje da ih vjetar zatekne u opasnoj polovici ciklona nego u podnošljivoj, jer će im u tom slučaju uvijek biti moguće stići u predio otvorenog mora koji je slobodan za plovidbu. Prije početka svakog putovanja obavezno je pripremiti se za plovidbu područjem gdje se javljaju tropski cikloni. Osim toga, bitno je upoznati se sa savjetima i uputama kako bi se izbjegle pogreške koje bi mogle djelovati na sigurnost broda i prouzročiti katastrofu. Predlaže se i proučavanje peljarske karte, odnosno posebne karte s ucrtanim stazama ciklona za cijeli mjesec. U vrijeme kada se otkrije tropski ciklon, treba odmah prići posebnom pripremanju broda za olujno more kako bi štete bile što manje. Treba obratiti pozornost na slobodne površine tekućina u tankovima (Simović, 1970).

7. ZAKLJUČAK

Tropski ciklon je opasna i važna pojava koju je bitno poznavati jer utječe na život ljudi i pomoraca. Poznato je da su njegove posljedice materijalne, ali nažalost, činjenice su da završe sa smrtnim ishodima. Za ciklone je karakteristično da se javljaju u određenim dijelovima Zemlje poput Sjedinjenih Američkih Država, jugoistočne Azije i Australije. Većinom imaju slične karakteristike poput sporog pomicanja, a prosječna brzina kretanja iznosi svega 16 do 24 km. Cikloni se uglavnom javljaju nad toplijim dijelovima oceana gdje je temperature vode veća od 26 °C, a njihove pojave najviše ovise o vremenskim uvjetima.

Tropski ciklon se još naziva i uraganom, a smatra se da je to najintenzivniji atmosferski poremećaj kao posljedica spiralnog strujanja zraka. U svijetu su cikloni poznati po različitim nazivima kao što je hurricane, tajfun ili willy-willies, a naziv im se pridodaje prema području koje zahvaćaju poput uragana Katrina koji je zahvatio 2005. godine južnu obalu SAD-a. Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na pojavu ciklona je El Nino južna oscilacija koja ima globalan utjecaj na vremenske okolnosti.

Važna karakteristika ciklona je da uzrokuju razarajuće i katastrofalne posljedice te se smatra da je najveća šteta u pomorstvu upravo uzrokovana tropskim ciklonima. Upravo zbog toga nam je važno znati na koji način izvesti manevar brodom za vrijeme pojave tropskog ciklona. Postoje pravila koja se koriste za vrijeme plovidbe prilikom pojave tropskog ciklona. Za nautičara je bitno znati da je na sjevernoj hemisferi desna strana tropskog ciklona opasna za navigaciju a na južnoj hemisferi je lijeva strana ciklona opasna za navigaciju. Nautičari trebaju izbjegavati plovidbu u centar ciklona, a u vrijeme otkrivanja tropskog ciklona, treba odmah krenuti s posebnim pripremanjem broda za olujno more. Od izuzetne važnosti je otkrivanje i motrenje ciklona. Cikloni se motre pomoću radara.

Bitno je obratiti pozornost na upozorenja meteoroloških službi kao i na vrijednosti promjene tlaka koje se mjere na brodu, kao i na brzinu i smjer vjetera. Nautičarima je važna konstantna edukacija o posljedicama klimatskih promjena koje povećavaju broj tropskih ciklona i povećavaju godišnji interval trajanja ciklona u određenim tropskim područjima kako bi što više osigurali plovidbu i posadu.

LITERATURA

1. Flynn, D. J. 2023, Mariner's Tropical Cyclone Guide, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Weather Service, Miami
2. Gelo, B. 2000. Opća i prometna meteorologija II. dio, Školska knjiga, Zagreb
3. Hrvatska enciklopedija Sredozemno more
Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/clanak/sredozemlje> (pristup: 5.4.2024.)
4. Simović, A. I. 1970. Meteorologija, Udžbenik za pomorske škole i priručnik za pomorce, Školska knjiga, Zagreb
5. Tropical Disturbances, Depressions and Storm
Dostupno na: <https://www.gpb.org/blogs/talking-storm/2012/05/28/tropical-disturbances-depressions-and-storms-oh-my> (pristup: 15.5.2024.)
6. The Global Precipitation Measurement Mission (GPM)
Dostupno na: <https://gpm.nasa.gov/missions/GPM> (pristup: 14.4.2024.)
7. University of Illinois, Types of thunderstorms
Dostupno na: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides-7ntr/svr/type/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides-7ntr/svr/type/home.rxml) (pristup: 14.4.2024.)
8. <https://www.britannica.com/tropic/National-Oceanic-and-Atmospheric-Administration> (pristup: 17.7.2024.)
9. <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php> (pristup: 15.6.2024.)
10. <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/Life-of-a-cyclone> (pristup: 14.4.2024.)
11. <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/Tracking-and-forecasting> (pristup: 20.4.2024.)
12. <https://spaceplace.nasa.gov/la-nina/en/> (pristup: 28.4.2024.)
13. <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/weather/types-of-weather/hurricanes/location> (pristup: 20.4.2024.)
14. <https://crisis24.garda.com/insights-intelligence/insights/articles/2022-northwest-pacific-typhoon-season-outlook> (pristup: 17.4.2024.)
15. https://www.atmos.illinois.edu/~snodgrass/Midlatitude_cyclone.html (pristup: 1.4.2024.)
16. <https://www.nhc.noaa.gov/climo/> (pristup: 15.4.2024.)
17. <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone> (pristup: 17.7.2024.)

18. <https://www.britannica.com/science/eye-tropical-cyclone> (pristup: 17.7.2024.)
19. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/151343/cyclone-mocha-strikes-myanmar> (pristup: 10.5.2024.)
20. <https://weather.com/storms/hurricane/news/2018-05-08-subtropical-cyclone-chile> (pristup: 21.7.2024.)
21. <https://www.metero-info.hr/articcle/171/Medican> na Jadranu (pristup: 4.9.2024.)
22. <https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MYD28M> (pristup: 22.7.2024.)
23. <https://www.britannica.com/science/equatorial-current> (pristup: 21.7.2024.)
24. <https://concernusa.org/news/el-nino-and-la-nina> (pristup: 21.7.2024.)
25. <https://spaceplace.nasa.gov/la-nina/en/> (pristup: 21.7.2024.)
26. <https://www.britannica.com/science/tropical-cyclone/tracking-and-forecasting> (pristup: 21.7.2024.)
27. <https://wmo.int./media-centre/climate-change-indicators-reached-record-levels-2023-wmo> (pristup: 21.7.2024.)
28. <https://www.enciklopedija.hr/clanak/stanje-mora> (pristup: 21.7.2024.)

KAZALO KRATICA

NWS – National Weather Service (Nacionalna meteorološka služba)

mph – milja po satu

SSHWS – Saffir-Simpson hurricane wind scale

ENSO – El Nino Southern Oscillation

WMO – World Meteorological Organization

RSMC – Regional Specialized Meteorological Centre

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz klima

Slika 2. Visinski horizontalni presjek tropskog ciklona

Slika 3. Prikaz mjerenja olujnog uspora u studenome

Slika 4. Tropski – istočni val

Slika 5. Prikaz potencijalnog tropskog ciklona u području Australije 2013. godine

Slika 6. Uragan Katrina 2005. godine

Slika 7. Putanje kretanja tropskog ciklona 2023 godina

Slika 8. Prikaz tropske depresije

Slika 9. Prikaz Saffir-Simpsonove ljestvice

Slika 10. Nema aktivnosti tropskog ciklona u srednjem Atlantiku na dan 4. lipnja 2024. godine za sljedećih 48 sati

Slika 11. Životni ciklus sjevernoatlantskog uragana

Slika 12. Vertikalni presjek tropskog ciklona kroz troposferu

Slika 13. Ciklonsko oko

Slika 14. Prikaz anatomije ciklona gdje je vidljivo oko i zid ciklona, uragan Katrina 2005. godine

Slika 15. Sezona uragana u Atlantiku u 2023. godini

Slika 16. Karta za praćenje sezone uragana u Sjeveroistočnom Pacifiku, 2021. godine

Slika 17. Putanja prethodnih tajfuna i imenovanih oluja u sjeverozapadnom pacifičkom bazenu, 2009-2021. godine

Slika 18. Mocha 2023.

Slika 19. Ciklon Freddy

Slika 20. Cikloni u jugozapadnom Pacifiku u vremenu od 1980-2005. godine

Slika 21. Suptropski ciklon Katie formiran 29.4.2015.

Slika 22. Neimenovani suptropski ciklon

Slika 23. Uragan Katrina, 28.4.2004.

Slika 24. Usporedba normalne godine i El Nino godine

Slika 25. La Nina

Slika 26. Geostacionarni satelit

Slika 27. Cirrus oblaci

Slika 28. Posljedice koje je izazvao ciklon Freddy u ožujku 2023. godine, Malavi

Slika 29. Dugi valovi zabilježeni prije razarajućeg ciklona Ellie u Australiji, 7.1.2023.

Slika 30. Dolazak tropske oluje