

# Morske struje u Sjevernom Atlantiku

---

**Mladin, Ana Marija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:554850>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**ANA MARIJA MLADIN**

**MORSKE STRUJE U SJEVERNOM  
ATLANTIKU**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA**

**MORSKE STRUJE U SJEVERNOM**  
**ATLANTIKU**

**ZAVRŠNIRAD**

**MENTOR:**  
**Izv. prof.dr.sc.Nenad Leder**

**STUDENT:**  
**AnaMarija Mladin**  
**(MB:0171280001)**

**SPLIT, 2022.**

## SAŽETAK

Morske struje promatramo kao mase morske vode koje se gibaju od jednog na drugo mjesto. Cilj ovog završnog rada je upoznavanje s glavnim značajkama morskih struja, silama uzročnicama vezanih za njihov nastanak, te prevladavajućih struja koje egzistiraju u Sjevernom Atlantiku. Analizirane su glavnemorske struje koje se javljaju u Sjevernom Atlantiku i utječu na razmjenu topline između ekvatorijalnog i polarnog područja. Detaljnim proučavanjem morskih struja Sjevernog Atlantika, dolazi se do saznanja koja utječu na sigurnost plovidbe i boravka na moru, te na taj način uvelike pomažu pri određivanju smjera i brzine kretanja plovniha objekata. Sjeverni Atlantik je jedan od najprometnijih plovidbenih putova na svijetu, a glavne morske struje Sjevernog Atlantika dio su velikog atlantskog vrtloga koji utječe na klimu oceana i kontinenata, a osobito područja uz obale oceana.

**Ključne riječi:** *morske struje, Sjeverni Atlantik, klima, plovidba*

## ABSTRACT

Sea currents are observed as sea water masses that move from one place to another. The aim of this work is to provide an introduction to the main characteristics of currents, the forces related to their origin and the prevailing currents that exist in the North Atlantic. The given analysis pertains to the major currents found in the North Atlantic, which affect the heat exchange between the equatorial and polar regions. Through a detailed study of the sea currents of the North Atlantic, knowledge is obtained that affects the safety of navigation and being at sea, and in this way greatly helps in determining the direction and speed of movement of vessels. The North Atlantic is one of the busiest traffic routes in the world, and the main sea currents of the North Atlantic are part of a large Atlantic gyre that affects the climate of the oceans and continents, and especially the areas along the ocean coasts.

**Keywords:** *currents, North Atlantic, climate, navigation*

## **SADRŽAJ**

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.UVOD .....</b>                                            | <b>1</b>  |
| <b>2.MJERENJE POVRŠINSKIH MORSKIH STRUJA.....</b>              | <b>2</b>  |
| <b>2.1. POVIJEST MJERENJA MORSKIH STRUJA .....</b>             | <b>2</b>  |
| <b>2.2.METODE MJERENJA MORSKIH STRUJA .....</b>                | <b>3</b>  |
| <b>2.2.1. INDIREKTNE METODE.....</b>                           | <b>3</b>  |
| <b>2.2.2. DIREKTNE METODE .....</b>                            | <b>4</b>  |
| <b>3. IZVORI OCEANSKIH POVRŠINSKIH MORSKIH STRUJA .....</b>    | <b>7</b>  |
| <b>3.1  PODJELA MORSKIH STRUJA PREMA NAČINU POSTANKA .....</b> | <b>7</b>  |
| <b>3.1.1.  GRADIJENTSKE STRUJE .....</b>                       | <b>7</b>  |
| <b>3.1.2. STRUJE MORSKIH MIJENA.....</b>                       | <b>8</b>  |
| <b>3.1.3.STRUJE VJETRA .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>3.1.4. CORIOLISOVA SILA .....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>4.GLAVNE MORSKE STRUJE U SJEVERNOM ATLANTIKU .....</b>      | <b>13</b> |
| <b>4.1.GOLFSKA STRUJA .....</b>                                | <b>15</b> |
| <b>4.2  SJEVERNOATLANTSKA STRUJA .....</b>                     | <b>16</b> |
| <b>4.3  KANARSKA STRUJA.....</b>                               | <b>17</b> |
| <b>4.4 SJEVERNA EKVATORSKA STRUJA .....</b>                    | <b>17</b> |
| <b>4.5  LABRADORSKA STRUJA .....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>5. ZAKLJUČAK.....</b>                                       | <b>20</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>                                        | <b>21</b> |
| <b>POPIS SLIKA.....</b>                                        | <b>22</b> |
| <b>POPIS TABLICA.....</b>                                      | <b>23</b> |

# 1. UVOD

Stotinama godina unazad moreplovci su bili fascinirani gibanjem morske vode. Kasnije, istraživanjem i proučavanjem gibanja morske vode, morske struje podijelile su se na horizontalnu i vertikalnu komponentu gibanja. Horizontalna gibanja morske mase nazivamo morske struje, a u vertikalna spadaju uzdizanja/poniranja morske vode, odnosno upwelling/downwelling. [1]

Da bi se morske struje mogle razumjeti, potrebno je navesti glavne sile uzročnice takve vrste gibanja morske vode: 1) sila koja nastaje zbog horizontalnih razlika u gustoći mora uzrokuje gradijentske struje; 2) struje morskih mijena uzrokuje plimotvorna sila; 3) struje drifta uzrokuje sila potiska vjetrova i 4) Coriolisova sila koja je posljedica rotacije Zemlje oko svoje osi. Osim ovih sila, na morske struje utječe topografske karakteristike obale i morskog dna, ali i dimenzije bazena [3]. Osnovna podjela struja jest podjela na tople i hladne struje. Ono što je važno naglasiti jest da morske struje imaju značajan utjecaj na plovidbu tamo gdje su strujanja morske vode izražena. Također, morske struje nisu stalne, mijenja se njihov smjer i brzina u određenim vremenskim razdobljima.

Cilj ovog rada je podrobnije objasniti pojam morskih struja kao jednih od temeljnih dinamičkih komponenti gibanja morske vode, metode njihova mjerenja, izvore te glavne komponente morskih struja Sjevernog Atlantika.

U drugom poglavlju opisane su metode mjerenja morskih struja. Treće poglavlje bazira se na objašnjavanju nastanka odnosno izvora oceanskih površinskih morskih struja. U četvrtom poglavlju navedene su glavne morske struje Sjevernog Atlantika koje su ujedno i dio atlantskog vrtloga, te je pobliže opisan njihov nastanak i daljnji tijek.

## 2. MJERENJE POVRŠINSKIH MORSKIH STRUJA

### 2.1. POVIJEST MJERENJA MORSKIH STRUJA

Poznati oceanograf Benjamin Franklin uvelike je pridonio razumijevanju Golske struje, površinske struje Sjevernog Atlantika. Franklin se zainteresirao za strujanje oceana jer je trebao objasniti zašto je poštanskim brodovima, koji su dolazili iz Europe u Novu Englesku, trebalo oko dva tjedna manje vremena kada su krenuli dužom južnijom rutom, nego kad su krenuli sjevernom rutom. [1]

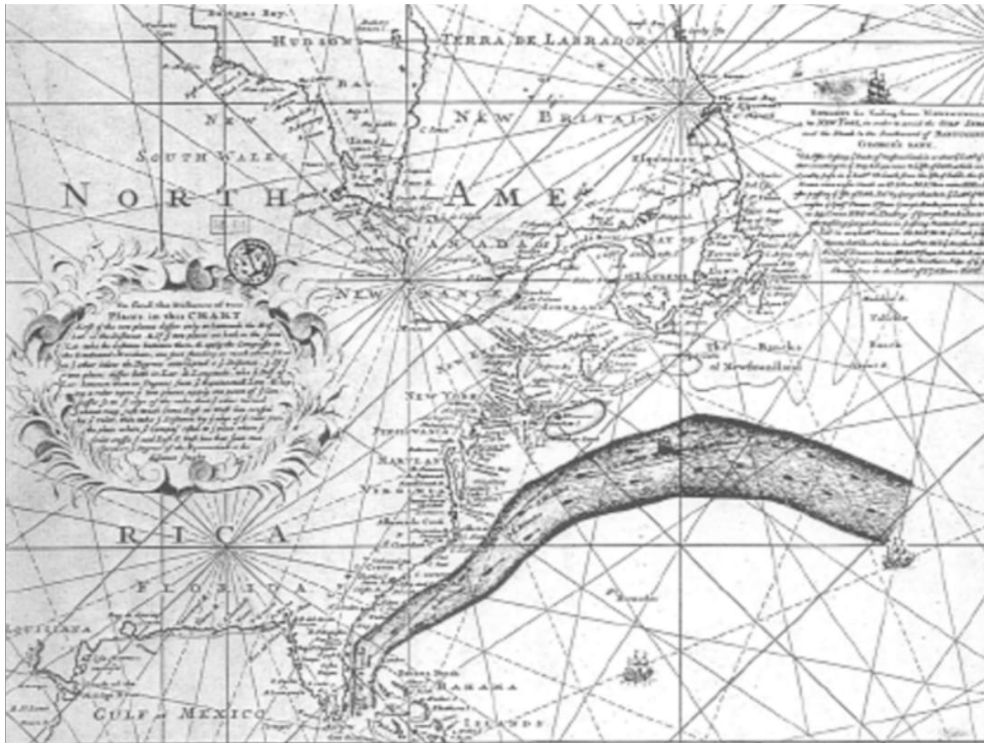
Ovu dilemu Franklin je spomenuo 1769. ili 1770. godine svom rođaku kapetanu iz Nuntucketa, Timothyju Folgeru. Timothy mu je odgovorio da snažna struja s kojom poštanski brodovi nisu bili upoznati ometa njihovo putovanje.

Dok su kitolovci, koji su često susretali poštanske brodove unutar struje, govorili tim posadama da će brže napredovati ako izbjegnu struju, britanski kapetani tih brodova nisu htjeli slušati američke ribare, pa su i dalje plovili unutar struje. Ako su vjetrovi bili slabi njihovi su brodovi zapravo nošeni unatrag. Nakon što je Folger skicirao rutu između Europe i Sjeverne Amerike, Franklin je zaključio da je postojala značajna struja koja se kretala prema sjeveru duž istočne obale SAD-a, a zatim na istok preko Sjevernog Atlantika (slika1).

Franklin je zaključio da je morska struja ta koja je pomagala brodovima koji su dolazili preko Atlantika, a odmagala onima koji su išli obrnutom rutom. To je jedno od najznačajnijih otkrića vezano za morske struje.[1]

Oceanologiju definiramo kao znanost koja proučava zemljine oceane, njihove ekosustave, te njihove kemijske i fizičke procese. Sastoji se od četiri primarna područja unutar znanosti[3]:

- Biološka oceanografija, odnosno morska biologija koju definiramo kao znanost o oceanskim biotima i njihovim ekološkim interakcijama;
- Kemijska oceanografija proučava vodu, otopljene soli i ostale tvari, njihova svojstva i njihovo kretanje između oceana, morskog dna i atmosfere;
- Geološka oceanografija proučava morske bazene, njihove dimenzije, oblik, nastanak i morske sedimente;
- Fizička oceanologija proučava fizička svojstva morske vode: slanost, temperaturu, prozirnost, boju, gibanja u moru (valovi, morske struje i morske dobi).



### Slika 1. Franklinova i Folgerova karta Golfske struje [1]

## 2.2. METODE MJERENJA MORSKIH STRUJA

Za određivanje strujnog polja u moru koriste se direktne i indirektne metode. Kod indirektnih metoda se iz raspodjele nekih svojstava mora zaključuje o morskim strujama, a kod direktnih se neposredno mjere parametri koji opisuju strujno polje.

### 2.2.1. INDIREKTNE METODE

Postoje tri vrste indirektnih metoda, one koje posredno mjere površinske struje. [1]

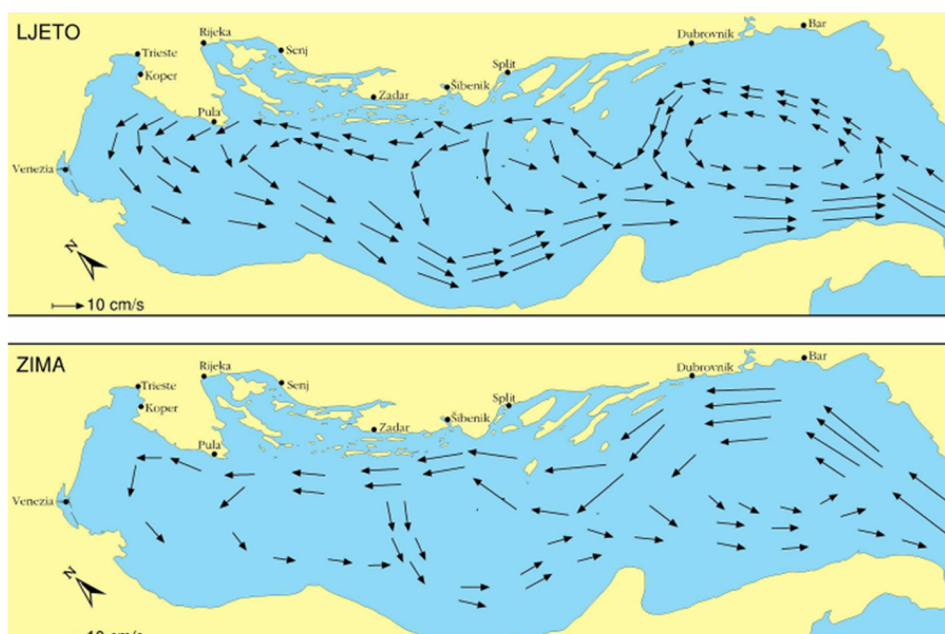
1. Prvom metodom određuje se unutarnja raspodjela gustoće morske struje i odgovarajućeg gradijenta tlaka u području oceana. Morska voda se giba paralelnos gradijentom tlaka;
2. Druga metoda koristi radarske visinomjere (najčešće montirane na satelitima), da bi se odredile izbočine na površini oceana, koje su rezultat oblika morskog dna



ispod. Iz tih podataka mogu se izraditi dinamičke topografske karte koje prikazuju brzinu i smjer površinskih struja;

3. Dopplerov mjerac spada u treću, ujedno i posljednju metodu mjerenja, služi za prijenos niskofrekventnih zvučnih signala kroz vodu. Mjerac protoka mjeri pomak u frekvenciji između emitiranih i reflektiranih (od čestica u moru) zvučnih valova kako bi se odredilo kretanje struje.

Na slici 2 prikazane su površinske struje u Jadranu određene indirektnom geostrofičkom metodom [3].



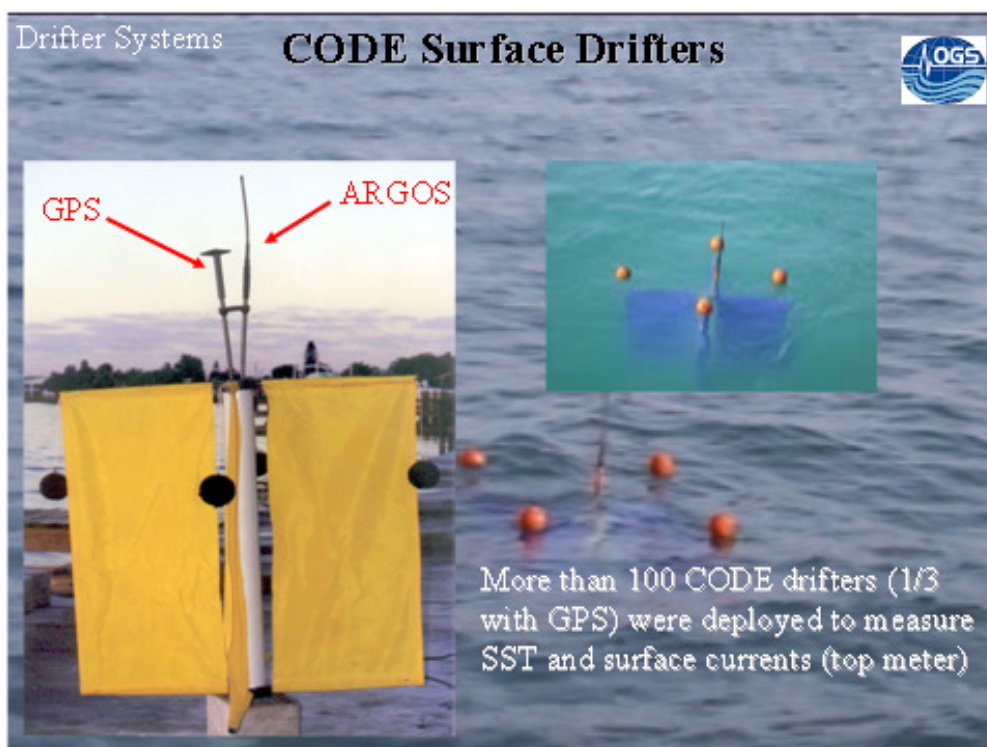
**Slika 2. Površinske morske struje ljeti i zimi u Jadranu, (prema Zore-Armada,1967.) [3]**

## 2.2.2. DIREKTNE METODE

Najpoznatije metode za direktno mjerenje su Langrangeovai Eulerova metoda. One omogućuju suvremenije i preciznije metode mjerenja morskih struja [2].

Lagrangeova metoda usmjerena je na praćenje čestica morske vode u vremenu i prostoru, tako da se dobiju trajektorije. Instrumenti koji se primjenjuju su: boce-plovci, drift-plovci (slika 3), drift kartice, obojene kemikalije i suvremeni drifteri koji se prate satelitom. Progresom driftera, mjerenje strujanja se može mjeriti u svim morskim slojevima, uz

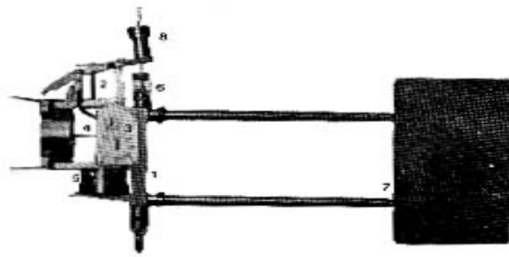
satelitsko praćenje pozicije. Ova metoda mjerenja morskih struja bila je jako prisutna u prvoj polovici prošlog stoljeća [1].



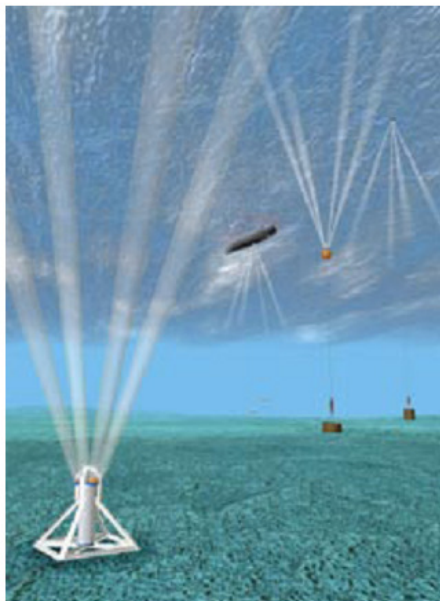
**Slika 3. Lagrangeova metoda – satelitski praćen površinski drifter [3]**

Eulerovom metodom određuje se smjer i brzina morske struje u jednoj točki, osnovom čega se dobiju strujnice. Temeljem ove metode, projektiran je jedan od najstarijih strujomjera, Ekmanov strujomjer koji je najveću revoluciju doživio 30-tih godina prošlog stoljeća (slika 4). Ključni segmenti instrumenta bili su propeler, kompas i krilo koje usmjerava instrument u pravcu struje.

U posljednjih desetak godina, u oceanografskoj praksi često se koriste akustični strujomjeri koji mjere morske struje po cijelom profilu morskog stupca, poznatiji kao ACDP (Acoustic Doppler Current Profiler) strujomjer (slika 5). Ovakvi uređaji specijalizirani su za mjerenje kretanja vode pomoću zvučnih valova. Kako zvuk putuje, on je podložan "Dopplerovom efektu", to jest povećanju ili smanjenju frekvencija zvučnih valova koji se gibaju prema njemu odnosno udaljavaju. ACDP uređaj mjeri pomak frekvencije uzrokovan "Dopplerovim efektom" kako bi izračunao koliko se brzo čestica, a time i voda kreće. Američka tvrtka Teledyne RD Instruments dizajnirala je prvi ACDP strujomjer 1982. godine. (slika 5)[3].



**Slika4. Ekmanov mehanički (gore) i Aanderaa električni strujomjer (dolje) [3]**



**Slika 5. ADCP strujomjer tvrtke Teledyne RD Instruments (desno) i metodologija mjerenja primjenom frekvencije "Dopplerov pomak" (lijevo) [3]**

### **3. IZVORI OCEANSKIH POVRŠINSKIH MORSKIH STRUJA**

Morske struje su u svojoj biti trodimenzionalno gibanje morske mase, ali se u fizičkoj oceanografiji i pomorstvu analizira površinska horizontalna komponenta, koja je i najvažnija u pomorstvu, budući da ima veliki utjecaj u navigaciji.

Stoga će se u ovom radu istraživati samo površinske morske struje.

#### **3.1 PODJELA MORSKIH STRUJA PREMA NAČINU POSTANKA**

Razlikuju se tri osnovne vrste morskih struja, uzrokovane osnovnim silama, a to su [1]:

- Gradijentske struje;
- Struje morskih mijena;
- Struje vjetra.

U trenutku kada osnovne sile pokrenu gibanje morskih masa djeluje Coriolisova sila, koja na sjevernoj (južnoj) polutki zaokreće gibanje na desno (lijevo), ne mijenjajući iznos brzine gibanje [3].

##### **3.1.1. GRADIJENTSKE STRUJE**

Gradijentsku silu morske struje možemo definirati kao silu koja nastaje zbog svojstva morske vode da promjenom saliniteta i temperature mijenja i gustoću. Gradijentske struje pokrivaju sve oceane, te je za Atlantik glavna Golfska struja na sjevernoj hemisferi i Brazilska na južnoj. Uz uzlazno strujanje vode manje gustoće, javlja se i silazno koje je praćeno cirkulacijom. U oceanima razlikujemo dvije osnovne (glavne) cirkulacije: vjetrovna cirkulacija koja uzrokuje površinska oceanska strujanja i gradijentska (termohalina) cirkulacija koja seže sve do dna oceana i na taj način regulira globalnu dinamiku. Primjer vjetrovne cirkulacije u Sjevernom Atlantiku je suptropski kružni tok, okružen Sjevernom ekvatorskom, Golfskom, Sjevernom atlantskom i Kanarskom strujom. Potaknuta je zapadnim

vjetrovima i pasatima. Struje nastale djelovanjem ovih vjetrova, otklonjene su nadesno od smjera vjetra zbog djelovanja Coriolisove sile koja raste s porastom geografske širine. Baš zbog tog razloga očituju se razlike u brzini struja; Gofska struja usmjerena prema polu brža je od Kanarske struje usmjerena prema ekvatoru.

Termohalinacirkulacija u oceanima izazvana je poniranjem vode velike gustoće, na sjeveru i jugu Atlantskog oceana, te uzlaženje vode male gustoće, u ekvatorskim dijelovima Indijskog i Tihog oceana [2].

### **3.1.2. STRUJE MORSKIH MIJENA**

Struje morskih mijena potaknute su horizontalnim gibanjem vodenih masa nastalih utjecajem plimotvorne sile [3].

Dijelimo ih na dnevne, poludnevne i mješovite struje koje na osnovu toga mijenjaju smjer i brzinu. Morske mijene izmjenjuju se periodički tako da plimu opažamo kao vrijeme izdizanje razine mora, a oseku kao vrijeme spuštanje mora. U svjetskom moru prevladava poludnevna izmjena morskih mijena što znači da se u jednom danu izmjene dvije plime i dvije oseke. Jedinstveni primjer tome je Mont Saint Michel, gradić u Francuskoj, koji zbog poludnevne izmjene morskih mijena dva puta tokom dana postaje otok, a dva puta poluotok. U manjim i zatvorenim morima prevladavaju dnevne izmjene morskih mijena, kada se u jednom danu izmjeni jedna plima i jedna oseka. Ako se поближе promotri struja poludnevnog tipa, može se zaključiti da se smjer struje mijenja približno svakih šest sati. To je izazvano pojavom prve visoke i niske vode, iz čega proizlazi povećanje brzine struje.

Amplituda morskih mijena je visinska razlika između visoke i niske vode. Ona varira od obale do obale, a u svjetskom moru amplituda koleba od desetak centimetara do dvadesetak metara. Najveća izmjerena amplituda morskih mijena izmjerena je u zaljevu Fundy u Kanadi, a iznosi 21 metar. Struje morskih mijena klasificiraju se kao obrnute i rotacijske struje[9].

Određivanje struja morskih mijena u odnosu na plimu i oseku prikazano je u tablici 1.

**Tablica 1. Tablica za određivanje struja morskih mijena [10]**

| Tidal streams referred to ...                                |   |                                 |                                                              | Struje morskih mijena za...                                      |   |                                                                                                             |                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Hours                                                        | ◇ | Geographical Position           |                                                              | Sati                                                             | ◇ | Geografska pozicija                                                                                         |                                                                           |
| Before High Water<br>6<br>5<br>4<br>3<br>2<br>1              | } | Directions of streams (degrees) | Rates at spring tides (knots)<br>Rates at neap tides (knots) | Prije visoke vode<br>6<br>5<br>4<br>3<br>2<br>1                  | } | Smjer struje (stupnjevi)<br>Brzine živih morskih mijena (čvorovi)<br>Brzine mrtvih morskih mijena (čvorovi) | -6<br>-5<br>-4<br>-3<br>-2<br>-1<br>0<br>+1<br>+2<br>+3<br>+4<br>+5<br>+6 |
| High Water<br>After High Water<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 |   |                                 |                                                              | Visoka voda<br>Poslije visoke vode<br>1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 |   |                                                                                                             |                                                                           |

### 3.1.3.STRUJE VJETRA

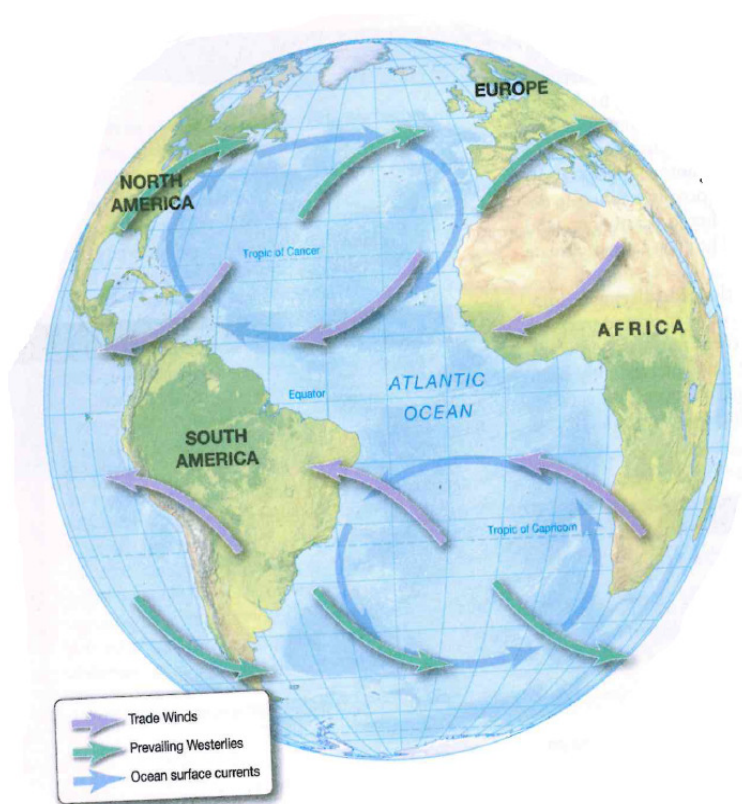
Stalne morske struje karakteristične su za velike morske površine jer smjer i jačina vjetra pretežno se ne mijenjaju. Porivna sila vjetra zajedno sa silom trenja, vuče masu vode na površini i tako nastaje morska struja. U trajne struje vjetra ubrajamo: pasate struje, monsunske struje, ekvatorske struje i struje zapadnih vjetrova. Pasatne struje najrasprostranjenije su u ekvatorijalnim područjima svjetskog mora, a nastaju kao posljedica tangencionalne porivne sile. Kreću se prema zapadu donoseći toplu vodu za sobom, te se njihovo djelovanje očituje kroz cijelu godinu. Monsunske struje su periodičke struje s djelovanjem u proljeće i jesen. Područja pogodna za razvoj monsunu pretežno su u umjerenim širinama na granicama suptropskog područja, gdje su izražene razlike u temperaturama između kontinenata i oceana.

Ekvatorske morske struje povezuju se s vedrim vremenom, stalnim vjetrom i djelovanjem tokom cijele godine. Voda ima visoku slanost. Prijelazni sloj polako pada u dubine prema polovima, te zbog toga nastaje povećanje debljine sloja tople i slane vode ispod površine prema sjeveru i jugu. Područja su osiromašena ribom zbog nemogućnosti razvoja planktona.

Struje zapadnih vjetrova većinom se kreću na istoku s promjenjivim djelovanjem tijekom cijele godine.[18]



Na slici 6 je prikazano kako pasati i prevladavajući zapadni vjetrovi stvaraju velike kružne petlje u Atlantskom oceanu, koji je omeđen nepravilnim oblikom kontinenata. Ti isti pojasevi vjetra utječu na druge oceane, tako da sličan protok površinskih struja također se javlja u Tihom i Indijskom oceanu. Ostali čimbenici koji utječu na površinske struje su gravitacija, trenje i Coriolisov učinak.



**Slika 6. Uzrok površinskih cirkulacija Atlantskog oceana.[1]**

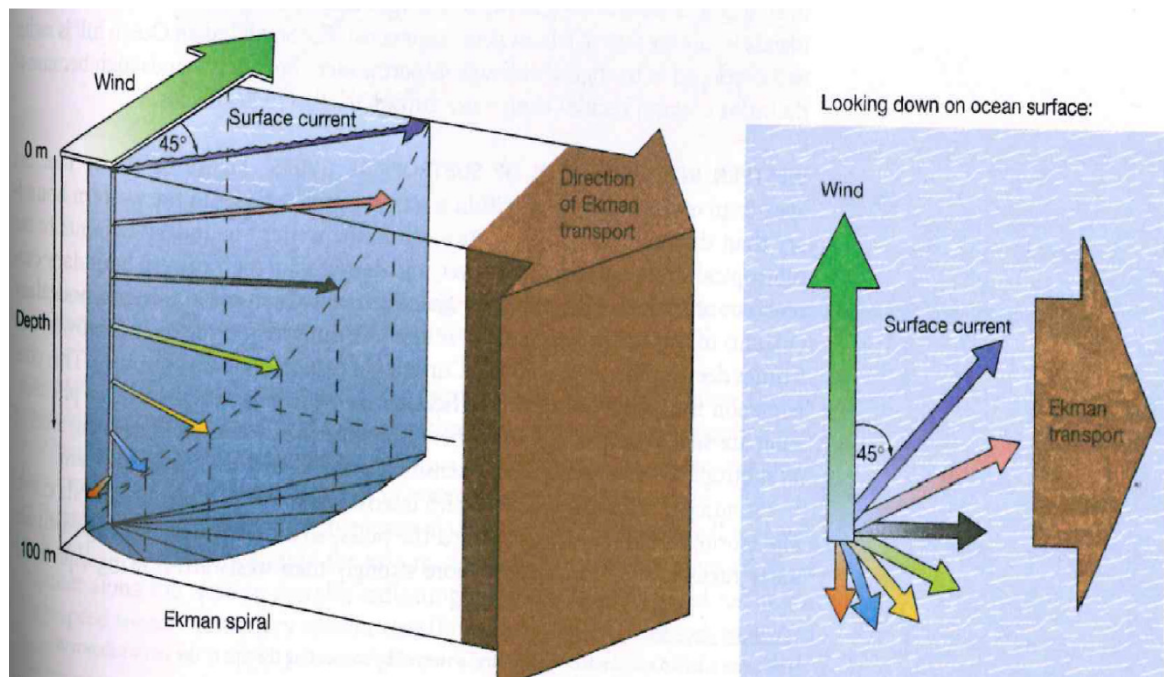
Od ostalih čimbenika koji utječu na površinske cirkulacije važno je spomenuti Ekmanovu spiralu i transport.

Tijekom putovanja brodom Fram, norveški istraživač Fridtjof Nansen, primijetio je da se led Arktičkog oceana pomiče za 20 do 40 stupnjeva udesno od vjetra koji puše preko njegove površine. Uočeno je da se ne samo led, već i površinske vode na sjevernoj hemisferi pomiču udesno od smjera vjetra. Javilo se pitanje zašto se površinska voda kreće u smjeru drukčijem od smjera vjetra?

V. Walfrid Ekman, švedski fizičar, razvio je 1905. model cirkulacije nazvan Ekmanova spirala (slika 7) koji objašnjava Nansenova opažanja kao ravnotežu između učinka trenja u oceanu i Coriolisovog efekta [1].

Ekmanova spirala opisuje brzinu i smjer toka površinskih voda na različitim dubinama. Ekmanov model podrazumijeva da se jednolični stup vode pokreće vjetrom koji puše po njegovoj površini. Zbog Coriolisovog učinka, neposredna površinska voda kreće se u smjeru 45 stupnjeva desno od vjetra (na sjevernoj hemisferi). Površinska voda se kreće kao tanak "sloj" na dubljim slojevima vode. Kako se površinski sloj pomiče, drugi slojevi ispod njega se pokreću, propuštajući tako energiju vjetra kroz vodeni stup prema dolje. Međutim, trenutna brzina opada s povećanjem dubine, a Coriolisov efekt povećava zakrivljenost udesno. Dakle, svaki sljedeći sloj vode pokreće se sporijom brzinom i u smjeru udesno od sloja iznad njega. Na nekoj dubini, sloj vode može se kretati u smjeru suprotnom od smjera vjetra koji ga je pokrenuo. Ako je voda dovoljno duboka, trenje će potrošiti energiju koju daje vjetar, a ispod te dubine neće doći do gibanja. Iako ovisi o brzini vjetra i geografskoj širini, ta se „mirnost“ obično javlja na dubini od oko 100 metara. Na slici 7 je prikazano spiralno kretanje s smanjenjem brzine od površine oceana. Duljina svake strelice proporcionalna je veličini pojedinog sloja, a smjer svake strelice označava smjer kretanja. Stoga bi se u idealnim uvjetima površinski sloj trebao pomicati pod kutom od 45 stupnjeva od smjera vjetra. Međutim, svi slojevi se kombiniraju kako bi se stvorila kretanja vode koja su 90 stupnjeva od smjera vjetra. Ovo prosječno kretanje, nazvano Ekmanov transport kreće se 90 stupnjeva udesno na sjevernoj hemisferi i 90 stupnjeva ulijevo na južnoj hemisferi. Idealni uvjeti rijetko postoje u oceanu, pa stvarno kretanje površinskih struja neznatno odstupa od kutova prikazanih na slici. Općenito, površinske struje kreću se pod kutom nešto manjim od 45 stupnjeva od smjera vjetra i Ekmanovog transporta na otvorenom oceanu oko 70 stupnjeva od smjera vjetra. U plitkim obalnim vodama, Ekmanov transport može biti gotovo istog smjera kao i vjetar. [1]





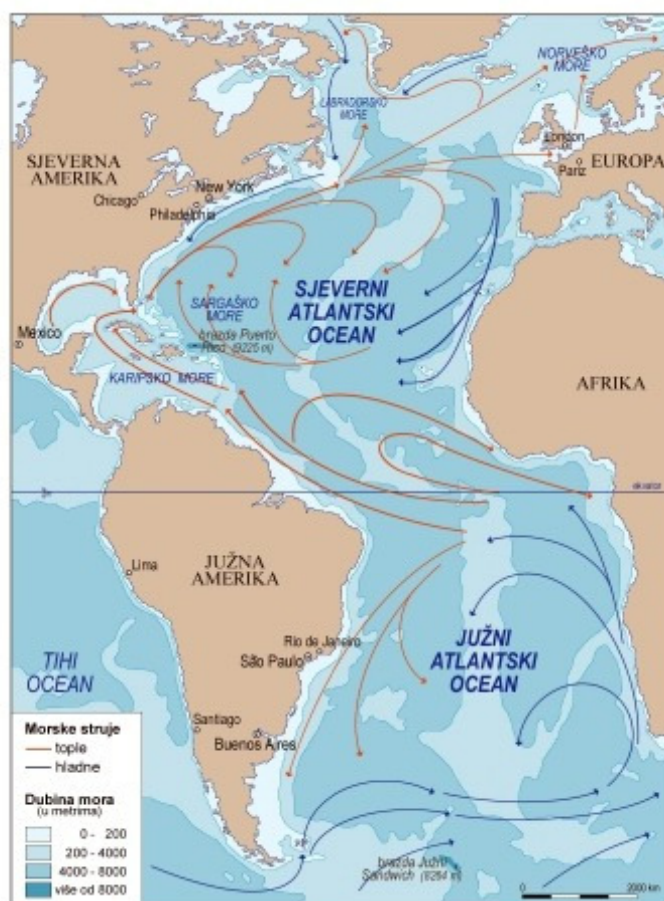
**Slika 7. Ekmanova spirala (lijevo) i Ekmanov transport (desno) [1].**

### **3.1.4. CORIOLISOVA SILA**

Coriolisovu silu definiramo kao inercijsku silu koja svojom egzistencijom u rotirajućem sustavu, utječe na sve čestice gibane pod nekim kutom. Njezin učinak u meteorologiji i oceanografiji očituje se pokretanjem oceanskih struja i ciklona. Upravo to djelovanje u oceanskim vrtlozima, područja visokog tlaka praćena najvećim oceanskim strujama, stvara otklon koji uzrokuje spiralu. Budući da se Coriolisova sila povećava s povećanjem brzine, ona značajno skreće zračne tokove. Na sjevernoj hemisferi vjetrovi se kreću spiralno u desnom smjeru, a na južnoj hemisferi u lijevom smjeru. To obično stvara zapadne vjetrove koji se kreću od subtropskih područja prema polovima. [16]

## 4.GLAVNE MORSKE STRUJE U SJEVERNOM ATLANTIKU

Atlantski ocean, drugim imenom Atlantik, zauzima drugo mjesto po veličini oceana na svijetu. Njegova površina prostire se na oko 20% površine Zemlje. Zajedno s okolnim morima njegova površina zauzima oko 106,450.000km<sup>2</sup>, a izuzev njih 82,362.000km<sup>2</sup>. Promatrajući ga na karti, njegovo protezanje od sjevera prema jugu možemo zamisliti u obliku slova S koji se u području ekvatorskih protustruja može razdvojiti na sjeverni i južni dio (slika 8). Atlantik obiluje brojnim zaljevima i morima, te se zbog toga može pohvaliti razvedenom obalom. Pod utjecajem pasata u sjevernom Atlantiku održava se prilično stabilna struja od istoka prema zapadu. [11]



Slika 8. Morske struje u Atlantskom oceanu[12]

Sjevernoatlantski vrtlog (North Atlantic Gyre) Atlantskog oceana jedan je od pet velikih oceanskih vrtloga. To je kružna oceanska struja, s nekoliko vrtloga i pod-krugova, preko sjevernog Atlantika do intertropske zone konvergencije (zatišja ili zastoja) do dijela južno od Islanda, te od istočnih obala Sjeverne Amerike do zapadnih obala Europe i Afrike (slika 9). Sastoji se od Golfske struje na zapadu, Sjevernoatlantske struje (nastavku Golfske struje) preko sjevera, Kanarske struje koja teče prema jugu duž istoka i Sjevernu ekvatorijalnu struju Atlantika na jugu (slika 9). Sjevernoatlantski vrtlog ima izraženu termohalinsku cirkulaciju, dovodeći slanu vodu na zapad od Sredozemnog mora, a zatim na sjever kako bi formirala duboku vodu sjevernog Atlantika [13].

Za vremensko-prostorne promjene Sjevernoatlantski vrtlog Atlantskog oceana od velikog je utjecaja Labradorska struja [8].

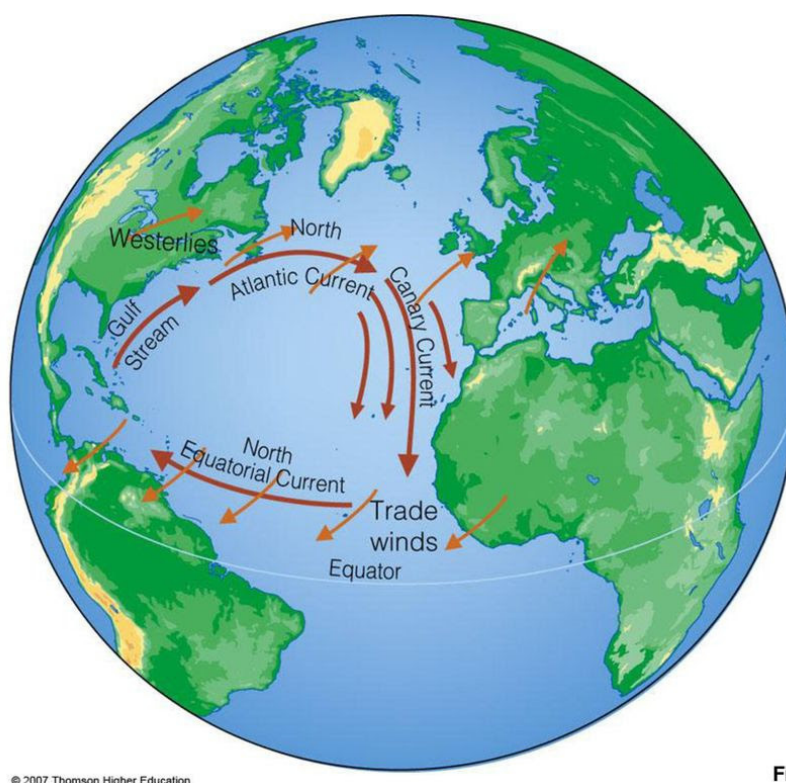


Fig. 9-3, p. 235

**Slika 9. Sjevernoatlantski vrtlog [14]**

#### 4.1.GOLFSKA STRUJA

Golfska struja smatra se jednom od najbolje proučenih oceanskih struja na svijetu. Njeno proučavanje započinje skupina Europljana pod vodstvom španjolskog konkvistadora Juan Ponce de Leona. Također, Španjolcima je poslužila kao pomorski put prilikom povratka s Kariba u Španjolsku.

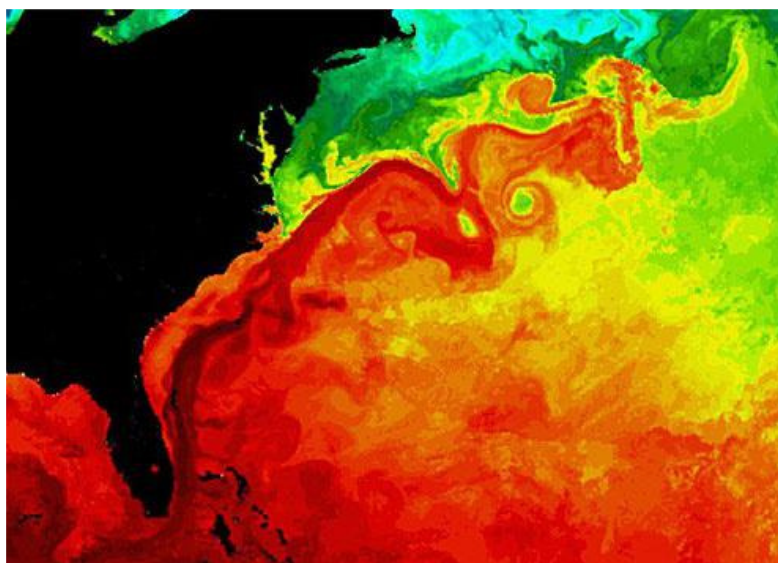
Golfsku struju ubrajamo u brzu i toplu struju Atlantskog oceana. Njezin utjecaj popraćen toplom vodom koju sa sobom donosi ublažava klimu Zapadne i Sjeverne Europe. Možemo je definirati kao skup morskih struja koje se protežu od jugoistočnog dijela Meksičkog zaljeva do obale Pirinejskog poluotoka i sjeverozapadne Afrike na jugoistoku, te do otočja Svalbarda i poluotoka Kola na sjeveroistoku (slika 10). Odnosno, Atlantska Sjeverna ekvatorska struja pod utjecajem tropskih pasatnih vjetrova širi se prema zapadu. Nakon prolaska otočja Mali Antili, struja nastavlja spoj put u dva smjera. Jedan dio kreće se prema Karipskom moru postajući Karipska struja, dok drugi dio ide prema sjeveru i postaje Antilska struja. Karipska struja nastavlja svoj put kroz Meksički zaljev gdje nakon prolaska kroz Floridski prolaz prelazi u Floridsku struju koja se kasnije na sjeveru spaja s Antilskom.

Količina vode koja prolazi Floridskim prolazom procjenjuje se na oko 30 milijuna m<sup>3</sup> u sekundi. Njihovim udruživanjem nastaje Golfska struja. [15]

Nadalje, pod utjecajem Coriolisove sile i jakih zapadnih vjetrova kreće se prema istoku gdje se sudara s hladnom Labradorskom strujom, da bi zapadno od Britanskih otoka postala Sjevernoatlantska struja.

Golfska struja širinom se proteže od 80-159 kilometara, a dubinom od 800-1200 metara. Njen put prema sjeveru popraćen je porastom saliniteta zbog učestalog hlađenja uzrokovanim vjetrovima koji izazivaju isparavanje.

Zanimljivo je da Golfska struja nije bogata morskim životom, dok njene granice često jesu. Oceanska područja koja obiluju morskim svijetom obično su povezana s hladnom vodom. Ova područja stalno se opskrbljuju vodom bogatom kisikom i hranjivim tvarima, što rezultira visokom produktivnošću. Područja tople vode razvijaju istaknutu termoklinu koja izolira površinsku vodu od hladnije vode bogate hranjivim tvarima ispod. Hranjive tvari potrošene u toplim vodama obično se ne obnavljaju. Stoga je Golfska struja povezana s niskom produktivnošću i odsutnosti morskog života.[15]



**Slika 10. Kretanje tople Golfske struje[4]**

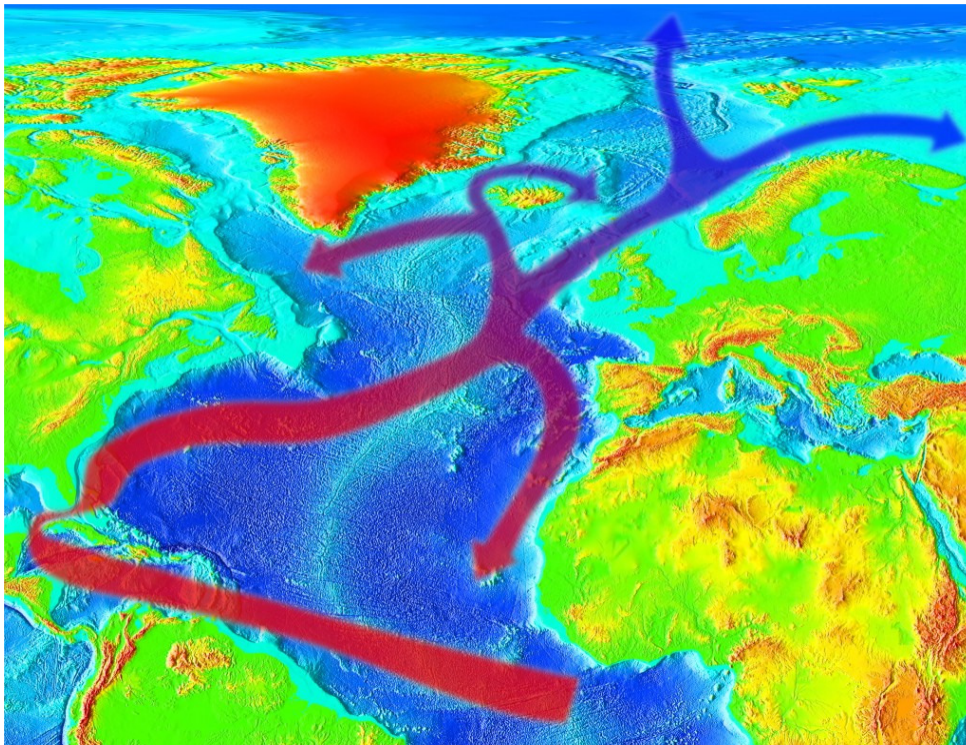
## **4.2 SJEVERNOATLANTSKA STRUJA**

U osnovi, Sjevernoatlantska struja nastavlja se na Golfsku struju koja potječe s ekvatora i kreće se prema sjeveroistoku. Možemo je klasificirati kao snažnu morsku struju koja se u području kraj otoka Irske grana u dva dijela.

Prva grana kreće se prema jugu tvoreći tako Kanarsku struju, dok se druga grana kreće prema sjeveru, točnije uz obale sjeverozapadne Europe i razdvaja u Irmingersku i Norvešku struju (slika 11). Sjevernoatlantska struja također spada u kategoriju toplih morskih struja koja se hladi samo u Arktičkom oceanu zbog miješanja s njegovim vodama. Nadalje, ova struja uvelike ovisi o brzini i temperaturi Golfske struje.

Uvelike utječe na klimatske i temperaturne promjene u Europi. Zimi omekšava mraz, a ljeti smanjuje toplinu i donosi značajnu količinu oborina.[17]





**Slika 11. Smjer Sjevernoatlantske struje[4]**

### **4.3 KANARSKA STRUJA**

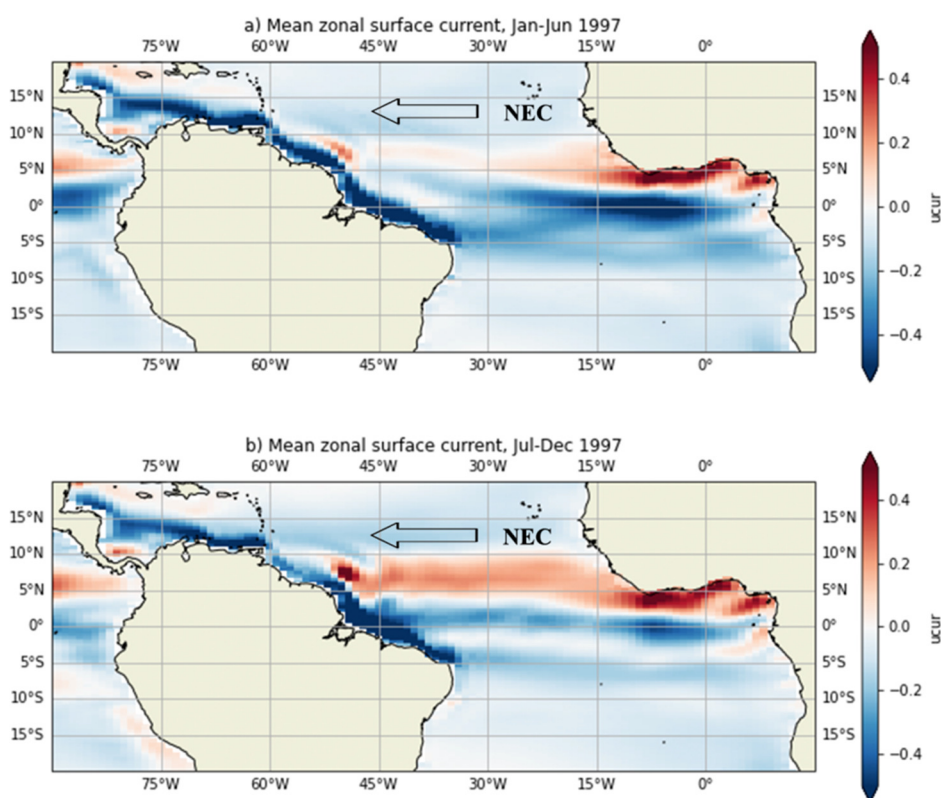
Kanarska struja se svrstaje pod hladnu do umjereno toplu morsku struju čije kretanje se odvija uz sjeverozapadnu obalu Afrike u sjevernom Atlantiku. Njeno stvaranje povezano je dijelom s Azorskom, te Portugalskom strujom koje se odvija kraj Gibraltarskih vrata. Njen nastavak na Portugalsku struju rezultira stvaranjem Sjevernoatlantske struje, te u konačnici zajedno s Sjevernom ekvatorskom strujom zatvara krug morskih struja u Sjevernom Atlantiku. Površinske temperature u rasponu su od 12 do 23 °C u veljači i 19 do 26 °C u kolovozu. Brzina struje iznosi 1 do 2 km/h. Smatra se da je ova struja bila iskorištena u feničanskoj plovidbi i naseljavanju duž obale zapadnog Maroka.[6]

### **4.4 SJEVERNA EKVATORSKA STRUJA**

Za razliku od Kanarske, Sjeverna ekvatorska ubraja se u tople morske struje. Pojavljuje se u Indijskom, Tihom i Atlantskom oceanu, a njeno nastajanje potaknuto je istočnim vjetrom sjeverne hemisfere.

Uz Sjeverno ekvatorsku, postoji još i Južna ekvatorska struja koju stvaraju istočni pasati na južnoj hemisferi. Sjeverna ekvatorska struja većinom se nalazi u blizini ekvatora i u Sjeverno atlantskom vrtlogu je usmjerena prema zapadu. Umjesto međugodišnje varijabilnosti, ova struja pokazuje jaku sezonalnost u kojoj njeno jačanje je evidentnije od srpnja do prosinca, a slabije od siječnja do lipnja (slika12).

MeridionalniEkmanov transport prema sjeveru dominira tropskim Atlantskim oceanom,igrajući vrlo važnu ulogu u prijenosu topline prema sjeveru. Ovaj snažan površinski prijenos prema sjeveru dobro je poznat kao gornja komponenta atlantskog meridionalnog„prevrtanja“ cirkulacije.Na sezonskoj vremenskoj skali, varijabilnost prijenosa topline odgovorna je za tropsku anomaliju temperature mora. [7]



**Slika 12. Kretanje tople Sjeverno ekvatorske struje[4]**

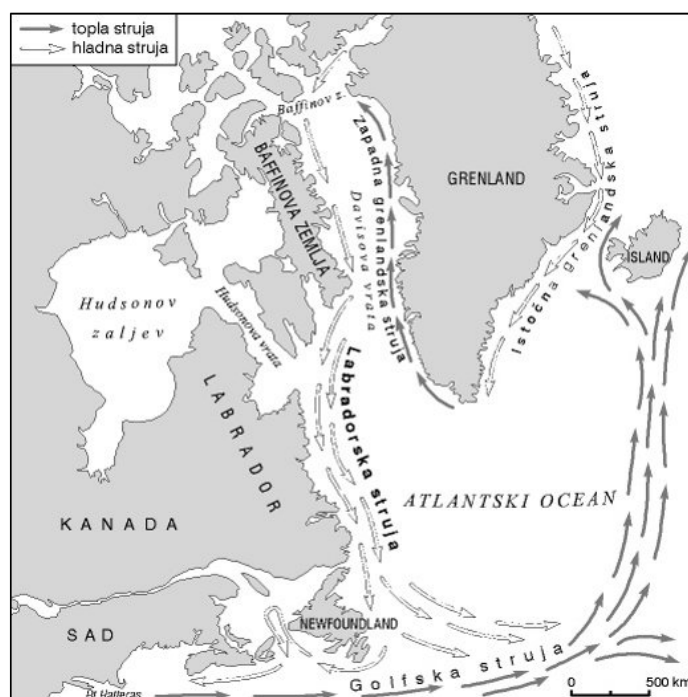
#### **4.5 LABRADORSKA STRUJA**

Labradorsku struju ubrajamo u površinsku struju u Sjevernom Atlantiku, proizlazi iz Davisovog tjesnaca kao nastavak Zapadne Grenlandske struje i jezera Baffin Island. Njen put kreće se prema jugu duž zapadne strane Labradorskog mora po kojem je i dobila ime. Osim

prolaska uzduž Labradorske obale, Newfoundland i Istočna obala Nove Škotske u Kanadi također su mjesta duž kojih ova morska struja prolazi. Prvi susret s Golfskom strujom događa se na američkom kontinentalnom šelfu jugoistočno od Newfoundlanda, te ponovo sjeverno od OuterBanksa Sjeverne Karoline (slika 13).

Labradorsku struju ubrajamo u hladne morske struje stoga njen susret s Golfskom strujom, odnosno hladnog i toplog zraka poviše njih, uzrokuje stvaranje guste magle. S jedne strane upravo taj susret je kroz povijest uzrokovao mnoge pomorske nesreće od kojih je najpoznatije potonuće broda RMS Titanic u proljeće 1912. godine u vodama Labradorskog mora uz obale Newfoundlanda[19], dok s druge strane upravo na tom području ocean obiluje mnoštvo ribe zahvaljujući kojoj se održao komercijalni lov u cijeloj regiji.

Njezin utjecaj na klimu očituje se kroz niski salinitet i sklonosti ka smrzavanju, čineći tako zime i ljeta još hladnija nego što jesu. Ledenjaci koji nastaju postali su turistička atrakcija, te isto tako i komercijalni izvor čiste vode. Temperature površinskog sloja u siječnju iznose od 0 °C do 1,6 °C , a u srpnju do 10 °C. Brzina se kreće od 1 do 2 km/h. [8]



**Slika 13. Tijek Labradorske struje[4]**



## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su morske struje kao jedno od prevladavajućih gibanja morske vode općenito. Prikazan je povijesni pregled istraživanja i mjerenja morskih struja, analizirane su sile uzročnice morskih struja, a glavni cilj rada bio je opis glavnih morskih struja u Sjevernom Atlantiku. Naglasak je stavljen na glavne morske struje Sjevernog Atlantskog vrtloga koji čine: Golfska struja, Sjevernoatlantska struja, Kanarska struja, Sjevernoekvatorska struja. Nadalje, analiziran je i utjecaj Labradorске struje na vremensko-prostorne promjene Sjevernog Atlantskog vrtloga. Zaključno se može istaknuti da Sjeverni Atlantski vrtlog ima značajan utjecaj na klimatske uvjete sjeverozapadne Europe i Sjeverne Amerike. Najnovija istraživanja morskih struja u Sjevernom Atlantiku pokazuju velike promjene intenziteta i smjera Golfske struje, što posljedično upućuje na zahlađenje u širem području sjeverozapadne Europe i Sjeverne Amerike.

Poznavanje morskih struja u Sjevernom Atlantiku i načina njihovog nastanka, pomaže pomorcima pri određivanju najpovoljnije plovidbene rute, a samim time i uštedi na vremenu i gorivu. Osim toga, poznavanje karakteristika morskih struja općenito se može koristiti i u procesu traganja i spašavanja na moru.

## LITERATURA

- [1] Trujilo, A.P.; Thurman, H.V.: Essentials of Oceanography, 11th Edition, Pearson, 2013.
- [2] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Oceanografija>
- [3] dr. sc. Nenad Leder, Predavanja iz pomorske meteorologije i oceanologije, PMO2017-17-OC2-Morske struje.ppt
- [4] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Morska\\_struja](https://hr.wikipedia.org/wiki/Morska_struja)
- [5] <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/0be2163d-a9ca-4b71-8daf-acfb80c87eec/gibanja-mora-1.html>
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Canary\\_Current](https://en.wikipedia.org/wiki/Canary_Current)
- [7] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Sjeverna\\_ekvatorska\\_struja](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sjeverna_ekvatorska_struja)
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Labrador\\_Current](https://en.wikipedia.org/wiki/Labrador_Current)
- [9] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Morske\\_mijene](https://hr.wikipedia.org/wiki/Morske_mijene)
- [10] Hrvatski hidrografski institut, Znakovi i kratice na hrvatskim pomorskim kartama, 6. izdanje, 2013.
- [11] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Atlantski\\_ocean](https://hr.wikipedia.org/wiki/Atlantski_ocean)
- [12] <https://proleksis.lzmk.hr/9811/>
- [13] [https://en.wikipedia.org/wiki/North\\_Atlantic\\_Gyre](https://en.wikipedia.org/wiki/North_Atlantic_Gyre)
- [14] <https://slideplayer.com/slide/13469121/81/images/5/Figure+9.3%3A+The+North+Atlantic+gyre%2C+a+series+of+four+interconnecting+currents+with+different+flow+characteristics+and+temperatures..jpg>
- [15] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Golfska\\_struja](https://hr.wikipedia.org/wiki/Golfska_struja)
- [16] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Coriolisov\\_u%C4%8Dinak](https://hr.wikipedia.org/wiki/Coriolisov_u%C4%8Dinak)
- [17] [https://www.wikiwand.com/hr/Sjevernoatlantska\\_struja](https://www.wikiwand.com/hr/Sjevernoatlantska_struja)
- [18] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetar>
- [19] <https://dnevnik.hr/vijesti/tech/napokon-otkriven-pravi-uzrok-potonuca-titanica.html>

## POPIS SLIKA

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Franklinova i Folgerova karta Golfske struje.....       | 3  |
| Slika 2. Površinske morske struje ljeti i zimi u Jadranu.....    | 4  |
| Slika 3. Langrageova metoda.....                                 | 5  |
| Slika 4. Ekmanov mehanički i Aanderaa električni strujomjer..... | 6  |
| Slika 5. ACDP strujomjer i "Dopplerov pomak".....                | 6  |
| Slika 6. Uzrok površinskih cirkulacija Atlantskog oceana.....    | 10 |
| Slika 7. Ekamova spirala i Ekmanov transport.....                | 12 |
| Slika 8. Morske struje u Atlantskom oceanu.....                  | 13 |
| Slika 9. Sjevernoatlantski vrtlog.....                           | 14 |
| Slika 10. Kretanje tople Golfske struje.....                     | 16 |
| Slika 11. Smjer Sjevernoatlantske struje.....                    | 17 |
| Slika 12. Kretanje tople Sjeverne ekvatorske struje.....         | 18 |
| Slika 13. Tijek Labradorske struje.....                          | 19 |

## **POPIS TABLICA**

|                                                              |   |
|--------------------------------------------------------------|---|
| Tablica 1. Tablica za određivanje struja morskih mijena..... | 9 |
|--------------------------------------------------------------|---|