

# Putnički brodovi za kružna putovanja koji plove u području leda

---

**Seršić, Antonio**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:187:265573>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**



**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](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**

**ANTONIO SERŠIĆ**

**PUTNIČKI BRODOVI ZA KRUŽNA PUTOVANJA KOJI  
PLOVE U PODRUČJU LEDA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**

**PUTNIČKI BRODOVI ZA KRUŽNA PUTOVANJA KOJI  
PLOVE U PODRUČJU LEDA  
POLAR CRUISERS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Tehnologija putničkog prijevoza

Mentor/komentor: Vlado Frančić

Student/studentica: Antonio Seršić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112079034

Rijeka, srpanj 2022.

Student/studentica: Antonio Seršić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

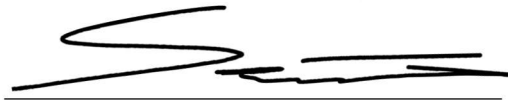
JMBAG: 0112079034

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom: „Putnički brodovi za kružna putovanja koji plove u području leda“ izradio/la samostalno pod mentorstvom te komentatorstvom izv. prof. dr. sc. Vlade Frančića.

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

Student

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Antonio Seršić', written over a horizontal line.

Antonio Seršić

Student/studentica: Antonio Seršić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112079034

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta 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



## **SAŽETAK**

Tema ovoga rada je putnički brodovi za kružna putovanja koji plove u području leda. Sam rad je podijeljen u 6 poglavlja u kojima se pobliže predstavljaju glavne značajke današnjih polarnih plovila. U prvom poglavlju „uvod“ čitatelju se ukratko predstavlja sama problematika teme koja se kasnije u radu detaljnije razrađuje. Drugo i treće poglavlje pobliže opisuju tijek i razvoj industrije i brodova kroz povijest. Kompanije koje su nastale zbog povećanja potražnje kao i rast same flote brodova, opisane su u poglavlju tri. Najveća pažnja usmjerena je na četvrto poglavlje „specifična konstrukcijska obilježja“ gdje su u detalje biti opisani materijali koji se upotrebljavaju, dizajn samih brodova u izgradnji, kao i njihova propulzija i druga obilježja. Posljednja velika tema, koja se ujedno tiče i polarnoga pravilnika, navodi određene zahtjeve i norme koje su brodovi i posada obvezni zadovoljavati kako bi brod bio sposoban za plovidbu polarnim područjem. Šesto poglavlje pobliže se dotiče najmodernijega polarnoga broda na svijetu te njegovih specifičnosti po kojima se razlikuje od ostalih brodova današnjice.

Ključne riječi: Polarni kodeks, polarni brodovi, propulzija, konstrukcija, polarne klase

## **SUMMARY**

The topic of this paper is passenger ships for cruise trips that sail in the ice area. The work itself is divided into 6 chapters in which the main features of today's polar vessels will be presented in more detail. In the first chapter "introduction" reader is presented with the very issue of the paper which is later elaborated more in detail. In the second and third chapters, the course of creation and development of industry and ships throughout history will be described in more detail. Companies that were created due to rising demand, as well as the growth of the ship fleet itself, will be described in chapter three. The greatest attention will be focused on the fourth chapter "specific construction features", where the materials used, the design of the ships under construction, as well as their propulsion and other features will be described in detail. The last big topic, which also concerns the polar code, states the certain requirements and standards which the ships and it's staff is required to satisfy in order for the ship to be seaworthy in polar areas. In the sixth chapter, we will take a closer look at the most modern polar ship in the world and its specific features that distinguish it from other ships of today.

Keywords: Polar code, polar ships, propulsion, construction, polar classes

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK.....</b>	<b>II</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>II</b>
<b>SADRŽAJ .....</b>	<b>III</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. POVIJESNI RAZVOJ POLARNIH PODRUČJA .....</b>	<b>2</b>
2.1. POVIJESNI RAZVOJ PUTOVANJA .....	2
2.2. POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA.....	3
<b>3. POLARNI PRAVILNIK ( POLAR CODE).....</b>	<b>5</b>
3.1. ŠTO JE POLARNI PRAVILNIK I NA KOGA SE ODNOSI? .....	5
3.2. POLARNE VODE .....	6
3.3 VRSTE MORSKOGA LED .....	7
3.4 KATEGORIJE POLARNIH BRODOVA .....	8
3.5 ZAHTJEVI STROJNOG STUSTAVA I OSTALIH SUSTAVA.....	9
3.6 ZAHTJEVI OSPOSOBLJAVANJA ZA UPRAVLJANJE BRODOVIMA U POLARNIM VODAMA .....	10
3.7 POSEBNI ZAHTJEVI U POGLEDU ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA .....	12
<b>4.KOMPANIJE I DESTINACIJE.....</b>	<b>14</b>
4.1 OCEANWIDE EXPEDITIONS.....	15
4.2 OCEANIA CRUISES .....	16
4.3 COMPAGNIE DU PONANT.....	16
4.4 SCENIC GROUP .....	17
<b>5. SPECIFIČNOSTI I KONSTRUKCIJSKA OBILJEŽJA.....</b>	<b>18</b>
5.1. DIZAJN I OPLATA BRODA.....	18
5.2. PROPULZIJA BRODA .....	21

5.3 ZAŠTO SU AZIPODI SIGURNIJI NAČIN PROPULZIJE U PODRUČJU PLOVIDBE POKRIVENE S LEDOM?.....	23
5.4 SPECIJALNI NAČINI PLOVIDBE .....	26
5.5 DIZAJN I ZAŠTITA PROPULZORA.....	27
5.6 PREPORUČENI MODELI PROPULZIJE.....	28
5.7 SPECIFIČNOSTI OPLATE BRODA.....	29
<b>6. PRIMJER BRODA KOJI PLOVE U POLARNIM PODRUČJIMA</b> .....	<b>30</b>
6.1 DETALJI I OPIS BRODA LE COMMANDANT CHARCOT .....	30
6.2 NOVITETI VEZANI ZA OKOLIŠ I SAM BROD .....	30
6.3 NAGRADE I PRIZANJA .....	32
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>33</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>34</b>
<b>KAZALO KRATICA.....</b>	<b>35</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>36</b>
<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>37</b>
<b>POPIS GRAFIKONA .....</b>	<b>38</b>



## 1. UVOD

Putnički brodovi definiraju se kao brodovi koji mogu prevoziti više od 12 putnika, odnosno glavna im je namjena prijevoz putnika. Izvedba putničkih brodova uvelike se razlikovala i razvijala kroz povijest. Do 1912. godine razne države, nacije, ali i sami brodograditelji imali su vlastita razmišljanja u pogledu izgradnje i opremanja broda. Jedna od najpoznatijih nesreća u povijesti dogodila se 1912. godine i upravo je potonuće RMS (eng. Royal Mail Ship) Titanica izazvalo veliku međunarodnu zabrinutost za osiguravanje sigurnosti ljudskih života na moru. Međunarodna konvencija održana je 1914. godine, ali zbog izbijanja Prvog svjetskog rata ne stupa odmah na snagu, nego tek početkom 1932. godine. Međunarodnu konvenciju o zaštiti ljudskih života na moru (SOLAS) potpisuje većina nacija te postaju njihovim članicama. Kroz povijest Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskih života na moru bila je podložna mnogim promjenama i nadopunama s ciljem povećanja učinkovitosti i još važnije sigurnosti ljudskih života na moru. Putnički brodovi, kao takvi, podliježu mnogim novitetima, koje služe u prvom redu pružanju veće razine sigurnosti i stabilnosti broda, kao što su protupožarne vježbe, posjedovanje protupožarne opreme, uzdužnih i poprečnih vodonepropusnih pregrada, opreme za sigurno napuštanje broda te osobna oprema putnika koja služi osiguravanju sigurnosti.

Razvojem brodova dolazi i do otvaranja novih tržišta te se kao posebno atraktivna ističu turistička putovanja. Takav nagli razvoj u putničkom prijevozu doživjeli su polarni krajevi kao posebno privlačni za istraživanja. U svojoj pustolovnoj potrazi za istraživanjem nikad prije otkrivenih područja, čovjek je počeo dosezati čak i do najudaljenijih lokacija polarnih regija. Polarna područja ponajprije su privukla interes ljudi u svrhu znanstveno-istraživačkih otkrića. Osobito u pomorskoj industriji, polarna putovanja kao dio krstarenja počela su praviti veliki prodor u svijest potencijalnih kupaca koji su se za takav oblik turizma sve više počeli zanimati. Imajući na umu ovaj potencijal industrija krstarenja počela je nuditi putovanja na razne egzotične lokacije u polarnim regijama. Polarna područja su doživjela veliku zainteresiranost ljudi u ranima fazama. Radi egzotičnosti područja plovidbe konstrukcijska obilježja kao i oprema samoga broda morala su se promijeniti kako bi zadovoljila zahtjeve i norme novonastalih uvjeta.

## **2. POVIJESNI RAZVOJ POLARNIH PODRUČJA**

Unutar teme „Povijesni razvoj polarnih područja“ detaljnije su obrađeni razvoji odredišta kao i razvoj brodova kroz povijest. Putovanja kao i izgradnja brodova specijalizirani za polarna područja, gledajući od strane pomorstva, spadaju u moderni dio pomorstva radi njihove kasne pojave krajem 19. stoljeća. Unutar same teme detaljnije su opisani značajni dijelovi koji su napravili preokret u razvoju kao i veliki utjecaj na povijest polarnih područja.

### **2.1. POVIJESNI RAZVOJ PUTOVANJA**

Prva putovanja polarnim područjem odvijala su se na Arktiku s početkom već 1893. duž sjeverne norveške obale. Ova rana putovanja vodila je norveška brodarska kompanija koja je osnovala Hurtigruten, ploveći ljetnom rutom između Trondheima i Hammerfesta i zimskom rutom između Trondheima i Tromsøa. Druga manje redovita putovanja kasnog 19. stoljeća omogućila su pustolovima da se pridruže kitolovcima koji su plovili od Tromsøa do Spitsbergena, koji je još uvijek popularno okupljalište polarnih medvjeda u arhipelagu Svalbard. Kasnije tijekom 1900-ih, tvrtka Hudson's Bay Company neuspješno je pokušala iskoristiti istoimeni Hudson Bay, nudeći ograničena kanadska krstarenja na svom brodu za opskrbu između Montreala i Churchilla od 1933. do 1941. godina. [1] Iako se na prvu ovi rani početci polarnog turizma mogu činiti poprilično oskudnim, zapravo su vrlo hrabri, ako se uzme u obzir da je prvi namjenski brod za polarna putovanja, Prinzessin Victoria Luise, izgrađen tek 1900. godine. Imigrirajući u Sjedinjene Države početkom 1950-ih, američki poduzetnik rođen u Švicarskoj po imenu Lars-Eric Lindblad, osnovao je Lindblad Travel u Connecticutu i organizirao prva polarna putovanja Antarktikom već početcima 1966. godine. Na temelju uspjeha polarnih putovanja koje su doživjeli već na samom početku, Lindblad je 1969. godine izgradio prvi putnički brod namijenjen za polarna područja, Lindblad Explorer. Upravo izgradnja specijaliziranoga broda za posebna područja plovidbe omogućila mu je značajno proširenje svojih ruta na kanadski Arktik.

Kasnih 1990-ih i ranih 2000-ih godina standardi polarnih putovanja su doručeni i oblikovani u onakve kakve danas poznajemo. Polasci su organizirani u trosatne izlete koji se pokušavaju izvesti dva puta dnevno ako vremenski uvjeti, led i životinjski svijet to dopuštaju. Velika plovila koji prevoze oko 300-400 putnika su sve zastupljenija u suvremeno

doba, dok su spretniji manji brodovi kapaciteta oko 100 putnika znatno bolji za istraživanje na tim izletima. Kako moderna tehnologija napreduje i razvija se, tako mogućnosti i cjelokupna ponuda u pomorskome prometu raste. Današnje ekspedicije vrše se manjim gumenim brodovima koji se nalaze kao oprema na brodu, a putnicima omogućuje maksimalno istraživanje netaknute prirode.

## **2.2. POVIJESNI RAZVOJ BRODOVA**

Plovidba polarnim područjima započela je potkraj 19. stoljeća kada je njemački industrijalac unajmio brodove koji su pratili lovce na kitove do Spitsbergena u arhipelagu Svalbard. Prvi pokušaj organiziranoga krstarenja izveden je 1923. godine. Tvrtka Hudson's Bay Company pokušala je, koristeći kanadski pacifički brod Montreal, organizirati putovanje, ali zbog manjka odaziva putovanje se otkazalo. Općenito se smatra da je moderno doba istraživanja i početka izgradnje započelo 1969. godine kada je Lars Erik Lindblad napravio Lindblad Explorer. Putnički brod za polarna putovanja dužine 73 metra, širine 14 metara, nosivosti 2398 BRT i kapaciteta od 104 putnika. Samim time Lindblad Explorer smatra se prvim specijaliziranim brodom za plovidbu polarnim područjima. Sam brod je kroz povijest često mijenjao ime i brodovlasnike. Lindblad Explorer, osim titule prvog putničkog broda specijaliziranog za plovidbu u polarnim područjima, također je i prvi brod koji je potonuo u takvome području. 23. studenoga 2007. godine, Lindblad Explorer udara u santu leda te dolazi do prodora mora u područje trupa broda što u posljedku dovodi do potonuća istoga. Svi članovi posade kao i putnici uspješno su spašeni. Idući veliki korak za industriju putovanja polarnim područjima učinila je kanadska kompanija Polar Star Expeditions koja je bila u vlasništvu Karlsen Shipping Company Ltd. Izgradnjom broda MV Polar star koji je bio namjenski brod za polarna područja, počinje ujedno i nova era izgradnje brodova u pogledu ekonomičnosti i funkcionalnosti. Brodovi su započeli izgradnju na principu ledolomaca, zamijenivši klasične linije putničkih brodova. MV Polar Star bio je brod dužine 86.5 metara, širine 21,5 metara te približno jednakih kapaciteta putnika za to vrijeme kao i u prošlosti. U siječnju 2011. godine, na putovanju Antartikom dolazi do neočekivanoga nasukavanja MV Polar Star-a gdje je brod, točnije njegova konstrukcija, doživjela velika oštećenja. Sva posada, kao i putnici, evakuirani su i uspješno spašeni, dok je brod poslan na dokovanje i saniranje štete. Razvitak tehnologije kao i suvremeno doba u kojemu živimo uvelike stvara potrebu za stalnom modernizacijom i poboljšanjima. Brodovi današnjega doba su dizajnirani tako da plove u polarnim područjima pružajući što veću

sigurnost i udobnost putnika i posade. Kapacitet današnjih brodova za kružna putovanja u područjima sjevernoga i južnoga pola znatno je manji od uobičajenih kapaciteta putničkih brodova. Smanjeni kapacitet uvelike povećava udobnost kao i zadovoljstvo putnika. Povećanjem sigurnosti uvode se noviji i poboljšani tipovi propulzije. Prelazak na puno čišća i za okoliš bolja pogonska goriva jedan je od ključnih značajki koje izdvajaju konstrukciju današnjih specijaliziranih brodova od prijašnjih.

### **3. POLARNI PRAVILNIK ( POLAR CODE)**

Unutar ovoga poglavlja detaljnije su opisane same definicije što je polarni pravilnika, kao i na koga se sam polarni pravilnik odnosi te posebni zahtjevi koje brod mora zadovoljavati kako bi mogao ploviti u polarnim područjima. Jedno od najvažnijih dijelova Polarnoga Pravilnika, osim zadovoljavanja zahtjeva je sama podjela na pojedine polarne klase ovisno o ispunjavanju zahtjeva koji su dodatno opisani.

#### **3.1. ŠTO JE POLARNI PRAVILNIK I NA KOGA SE ODNOSI?**

Polarni Pravilnik je međunarodni kodeks za brodove koji plove u polarnim vodama, tj. međunarodni režim koji je Međunarodna pomorska organizacija usvojila 2014. Pravilnik postavlja propise za plovidbu u polarnim regijama, a prvenstveno se odnose na plovidbu ledom i dizajn brodova. Na snagu je stupio 1.siječnja 2017. godine.[6]

Međunarodna pomorska organizacija usvojila je obvezni Polarni Pravilnik kako bi se osigurao siguran rad brodova i zaštita okoliša u polarnim područjima. SOLAS ili MARPOL brodovi koji plove u arktičkim ili antarktičkim vodama moraju se u potpunosti ili djelomično pridržavati svih zaštita propisanim Polarnim Pravilnikom. Polarni Pravilnik se odnosi na brodove, ovisno o zahtjevima za certifikate koje mora zadovoljavati, te se dijele na:

- Dio I. sigurnosni zahtjevi i Dio I. osoblje i zahtjevi za osposobljavanje primjenjuju se na brodove u skladu sa SOLAS-om i koji plove u polarnim vodama.
- Dio II. zahtjevi za zaštitu morskoga okoliša, odnosi se na brodove koji moraju biti u skladu s MARPOL-om i koji plove u polarnim vodama

Za brodove koji nisu pod SOLAS-om i koji moraju imati MARPOL certifikat (kao što su ribarski brodovi) primjenjuje se samo Dio II pravilnika, zahtjevi zaštite okoliša.

Kako bi bio u skladu s Polarnim Pravilnikom, brod i njegova posada moraju biti certificirani za operacije unutar polarnih voda. Kada je u polarnim vodama, brodom se mora upravljati unutar ograničenja koja su navedena u njegovim svjedodžbama-certifikat i slijediti operativne zahtjeve određene unutar pravilnika. Da bi brod bio sposoban za plovidbu, mora posjedovati određenu dokumentaciju. Od dokumentacije vezane za brodove koje zadovoljavaju SOLAS standarde plovidbe, na brodu se mora nalaziti:

- Važeća svjedodžba- certifikat vezana za polarni brod

- Priručnik za vježbe i primjenu specijaliziranih operacija unutar polarnih voda
- Nošenje odgovarajuće potvrde o obuci izdane od odgovarajuće državne zastave koju brod vije prema zahtjevima unutar Polarnog kodeksa
- Planiranje putovanja prije samoga putovanja koristeći upute od strane PWOM-a. (eng. Polar Water Operational Manual)

Također brodovi koji zadovoljavaju MARPOL standarde plovidbe, osim gore navedene dokumentacije, na brodu moraju imati i dokument o sprječavanju onečišćenja mora koji su u skladu s MARPOL I, II, IV i V poglavljima.

### 3.2. POLARNE VODE

Pod pojmom polarnoga područja kao i polarnih voda smatra se područje koje se nalazi južnije od 60° južne geografske širine i područje koje se nalazi sjevernije od 60° sjeverne geografske širine.



**Slika 1 Granica polarnih voda**

Izvor: [https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC\\_1503\\_14/2/](https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_1503_14/2/)

U područja polarnih voda tako spadaju južni dijelovi Grenlanda, dok se neki dijelovi kao što su dijelovi oko Islanda, norveškog kopna, ruski poluotok Kola, Bijelo more, Ohotsko more i Zaljev Princa Williama na jugoistočnoj obali Aljaske, isključuju iz definicije polarnih

voda. Na slici 6 jasno možemo vidjeti granična područja, kao i područja koordinata određenih dijelova koji su ubrojani u polarne vode.

### 3.3 VRSTE MORSKOGA LED

Ovisno o području plovidbe brodova za kružna putovanja na plovnom putu se mogu pojaviti mnogobrojne vrste leda. Pojedine vrste mogu nastati samo u posebnim područjima i uvjetima, dok se ostale vrste mogu pronaći na više područja istovremeno. Same vrste leda i njegove karakteristike također se uzimaju u obzir prilikom dodjele Polarne klase pojedinom brodu. Morski led u osnovi dijelimo na:

1. NOVI LED- izraz za novoformirani led koji uključuje ledene kristale, masni led, ledenu kašu i šugu (engl. shuga). Pri formiranju leda na površini se najprije stvaraju ledeni kristali duljine jedan do dva centimetra. Ovi kristalići daju morskoj površini uljast izgled tako da imamo takozvani masni led (engl. grease ice). Ledena kaša (engl. slush ice) stvara se kada snijeg pada u morsku vodu koja je blizu točke ledišta, ali ipak hladnija od točke tališta snijega. Snijeg se ne topi nego pluta na morskoj površini, kada temperatura padne ispod točke smrzavanja morske vode ledena kaša brzo se smrzava u meki led nalik šugi. Šuga je spužvasti led u grudicama promjera nekoliko centimetara koji se stvara iz masnog leda.[7]
2. NILAS je elastična kora visoke slanosti do deset centimetara debljine s formiranom matiranom površinom.
3. MLADI LED je prijelazno stanje između nilasa i jednogodišnjeg leda, deset do trideset centimetara debljine. Može se podijeliti na sivi led i sivo bijeli led. Sivi led je mladi led debljine deset do petnaest centimetara dok je sivo bijeli nešto deblji, debljine petnaest do trideset centimetara
4. JEDNOGODIŠNJI LED - morski led jedne zimske godine rasta koji se razvio iz mladog leda debljine obično 0,2 do 0,3 metara. Može se podijeliti u tanki jednogodišnji led (trideset do sedamdeset centimetara debljine), srednji jednogodišnji led (sedamdeset do sto dvadeset centimetara debljine) i debeli jednogodišnji led (više od sto dvadeset centimetara debljine).
5. STARI LED - morski led koji je preživio barem jedno ljetno topljenje. Može se podijeliti na dvogodišnji i višegodišnji led. Dvogodišnji led je preživio samo

jedno ljetno topljenje i uobičajeno je deblji i manje gust od jednogodišnjeg leda te stoji više na vodi. Višegodišnji led je deblji od tri metra debljine koji je preživio više od dva ljetna topljenja

### 3.4 KATEGORIJE POLARNIH BRODOVA

Brodovi koji plove u specijalnim područjima kao što su Arktik i područje južnoga pola, svrstavaju se u pojedine kategorije koji ih ograničavaju u pogledu plovidbe. Radi same konstrukcijske izvedbe kao i sigurnosti putnika i spasilačkih sredstava koja su u upotrebi, brodovi koji plove polarnim područjima razvrstani su u tri kategorije. Kategorije se dijele na kategoriju A, kategoriju B i kategoriju C.

**Tablica 1 Definicija polarne klase brodova**

POLARNA KLASA	OPIS LEDA I PODRUČJA
PC1	Prilagođena plovidba u uvjetima svih polarnih voda
PC2	Plovidba u umjerenim uvjetima višegodišnjeg leda
PC3	Plovidba područjima dvogodišnjeg leda
PC4	Plovidba područjima debelog jednogodišnjeg leda
PC5	Plovidba u uvjetima srednjeg jednogodišnjeg leda koji mogu uključivati i stari led
PC6	Ljetna/proljetna plovidba u uvjetima srednjeg jednogodišnjeg leda koji mogu uključivati i stari led
PC7	Plovidba područjima tankog jednogodišnjeg leda

Brodovi kategorije A namijenjeni su plovidbi u polarnim vodama barem u uvjetima srednjeg jednogodišnjeg leda koji može sadržavati i stari led. Tu spadaju polarne klase PC1 do PC5 koje su namijenjene cjelogodišnjoj plovidbi polarnim područjima.

PC1 klasa je prilagođena plovidbi u uvjetima svih polarnih voda, PC2 klasa u umjerenim uvjetima višegodišnjeg leda, PC3 klasa namijenjena je plovidbi područjima dvogodišnjeg leda, a PC4 klasa debelog jednogodišnjeg leda, dok je PC5 prilagođena plovidbi u uvjetima srednjeg jednogodišnjeg leda koji mogu uključivati i stari led.[8]



U kategoriju B spadaju brodovi koji ne spadaju u kategoriju A, a namijenjeni su plovidbi u polarnim vodama barem u uvjetima tankog jednogodišnjeg leda koji može sadržavati i stari led. Polarne klase PC6 i PC7 su brodovi B kategorije čije mogućnosti plovidbe uključuju ljetnu ili jesensku plovidbu u uvjetima srednjeg i tankog jednogodišnjeg leda koji može uključivati i stari led.

Brodovi kategorije C namijenjeni su plovidbi otvorenim morima ili u uvjetima leda blažim od onih navedenih za kategorije A i B.

Brodovi koji ne zadovoljavaju niti jednu od gore navedenih kategorija moraju biti specijalno primijenjena i rješavati to takozvanom eng. case by case varijantom. Takvom varijantom gdje se u svakoj kategoriji gleda pojedinost te usklađenost s kriterijima pojedine kategorije, može se dobiti najpovoljnije rješenje vezano za dozvolu kategorije.

### **3.5 ZAHTJEVI STROJNOG STUSTAVA I OSTALIH SUSTAVA**

Zahtjevi strojnih funkcija kao i ostalih sustava na brodu moraju biti zadovoljeni kako bi njihova funkcija i rad bili u potpunosti neovisni o vanjskim temperaturama kao i kako bi se osiguralo postizanje maksimalne sigurnosti pri radu u polarnim područjima. Zahtjevi za pogonske strojeve kao i ostale sustave dijele se u 3 kategorije:

1. Za sve brodove koji plove polarnim područjem
2. Za brodove koji plove u području niske temperature zraka
3. Za brodove s posebnim pojačanjima radi leda

Kod prve kategorije, koja se odnosi na sve brodove koji plove polarnim područjima, zahtjevi za sve strojeve moraju se zadovoljavati kako bi njihova funkcija bila u potpunosti ispravna i bez poteškoća te moraju biti zaštićeni od:

- Nakupljanja veće količine leda i snijega na važnim dijelovima
- Ulaska i stvaranja veće količine leda na ulazima za morsku vodu
- Ulaska snijega na područjima za ventilaciju ili usis svježega zraka
- Preniske temperature tekućina, plinova i ostalih tvari koji mogu dovesti do smrzavanja tvari unutar motora, te na posljeticu do samoga kvara nekog bitnog sustava

Za brodove namijenjene za rad na niskim temperaturama zraka, izloženi ključni strojevi funkcioniraju na brodskoj polarnoj radnoj temperaturi (eng. Polar Service

Temperature). Kod važnih strojnih uređaja, kako bi se efikasnost i sigurnost za rad u takvim uvjetima zadovoljila, u obzir se moraju uzeti i sljedeći faktori:

- Utjecaj gustog i hladnog zraka na učinkovitost rada samih sustava
- Gubitak učinkovitosti baterija ili drugih uređaja s pohranjenom energijom
- Materijali pojedinih dijelova kako ne bi došlo do pucanja i mogućeg propuštanja pri niskim temperaturama. Svi materijali moraju biti testirani te zadovoljavati PST.

Radi značajnih vanjskih čimbenika koji mogu katastrofalno utjecati na same sustave kao i sigurnost putnika i samoga broda donesena su pojedina rješenja kojima se pokušavaju umanjiti navedeni rizici. Važni sustavi kao i strojevi pretežito se nalaze u grijanim prostorijama kako bi se utjecaj niskih temperatura i mogućnost zaleđivanja smanjio na minimum. Uvedeni su tankovi s morskom vodom koji omogućuju da se, ako i dođe do zaleđivanja, potreba za morskom vodom može ručno prebaciti na crpljenje iz tankova dok se pojedini dio ne odledi. Ventilacijski otvori moraju se nalaziti sa svake strane broda tako da mogućnost za zaleđivanje kao i nakupljanje leda na usisnim otvorima bude što manja. Sve tekućine koje se koriste za cirkulaciju moraju zadovoljavati PST te moraju stalno cirkulirati kako svojom kretnjom ne bi dozvolili moguće zaustavljanje sustava.













Kod brodova za kružna putovanja kao i za sve ostale brodove koji svoja putovanja odvijaju u polarnim područjima, jedno od najvažnijih zahtjeva vezanih za onečišćenje okoliša, bio je prelazak s fosilnih goriva na moderniju izvedbu LNG pogona. Uvođenjem LNG kao pogonskoga goriva umjesto uobičajenog fosilnog goriva, uvelike se smanjila emisija štetnih plinova i povećala učinkovitost samih brodova. LNG kao takav, ima manju mogućnost zaleđivanja i pojave problema pri dovođenju u glavni porivni sustav, kao i sama pohrana koja je puno jednostavnija. Emisija štetnih plinova koristeći LNG kao pogon, smanjuje za više od 50%.

### **3.6 ZAHTJEVI OSPOSOBLJAVANJA ZA UPRAVLJANJE BRODOVIMA U POLARNIM VODAMA**

Polarni Pravilnik postavlja obvezne zahtjeve u pogledu osposobljavanja i obuke posade SOLAS brodova koji plove u polarnim vodama. Ti zahtjevi ograničeni su na časnike palube, te se temelje na vrsti broda i ledenim uvjetima u kojima plove.

Kao što brodovi moraju biti prilagođeni za djelovanje u polarnim vodama i njihovim uvjetima, upravo tako i posada koja njima upravlja mora biti pravilno educirana i obučena. Polarni Pravilnik zahtijeva od tvrtki da osiguraju određene časnike palube koji su završili posebnu obuku, te imaju odgovarajuće iskustvo i kompetenciju za suočavanje s jedinstvenim izazovima i situacijama u kojima se može naći brod, posada i putnici, na Arktiku i u Antarktičkim vodama[9]. Ovisno o kategoriji samoga broda te području plovidbe, visina obuke koju zahtijevaju je drugačija. Za brodove i posadu koji plove otvorenim vodama bez mogućnosti pojave leda ili prolaska kroz područja s ledom, posebna obuka za posadu nije propisana. Osnovna obuka potrebna je za tankere i putničke brodovi na otvorenim vodama, odnosno vodama sa koncentracijom leda manja od jedne desetine. Napredna i osnovna obuka za posadu i brod, propisana je u svim ostalim dijelovima plovidbe u ledu. Sami certifikati kao i obuka mora se obnavljati svakih 5 godina kako je to propisano u pravilniku.

Sama uprava može donijeti posebne propise kao i iznimke za pojedince ( npr. piloti ) gdje pojedini dijelovi mogu zadovoljavati samo neke od zahtjeva obuke kako bi mogli izvršavati poslove u takvim područjima. Njihova upotreba, međutim, nikada ne oslobađa zapovjednika ili časnika u navigacijskoj straži svojih dužnosti i obveze za sigurnost samoga broda i posade, kao i putnika.

Ice conditions	Tankers	Passenger ships	Other
Ice free	 Not applicable	 Not applicable	 Not applicable
Open waters	 Basic Basic training for master, chief mate and officers in charge of a navigational watch	 Basic Basic training for master, chief mate and officers in charge of a navigational watch	 Not applicable
Other waters	 Basic  Advanced Basic training for officers in charge of a navigational watch Advanced training for master and chief mate	 Basic  Advanced Basic training for officers in charge of a navigational watch Advanced training for master and chief mate	 Basic  Advanced Basic training for officers in charge of a navigational watch. Advanced training for master and chief mate

Slika 2 Obuka za brodove koji plove područjima s ledom

Izvor: <https://www.imcgroup.gr/index.php/news/02017gen-inf-sailing-in-the-polar-region-requirements-for-seafarers/>

Vlasnici brodova odgovorni su za osiguranje svoje posade, certificirani su u skladu sa STCW kada su u polarnim vodama. Uprava zastave koju brod vije, odgovorna je za:

- Odobravanje tečajeva za obuku pomoraca
- Definiranje odobrene ili ekvivalentne plovidbene službe
- Utvrđivanje da pomorci ispunjavaju tražene standarde
- Izdavanje samih svjedodžbi

Državne lučke uprave mogu pregledati brodove radi provjere usklađenosti (eng. Port state control).

Neke obalne države imaju dodatno osoblje i zahtjeve vezano za obuku na brodovima u njihovim arktičkim vodama, kao što su Kanada, Grenland i Rusija. Ako se samo putovanje planira na Arktik, trebalo bi se konzultirati s obalnim državama uz koje se izvršava plovidba, u svezi s njihovim nacionalnim propisima.

Izmjene i dopune STCW stupaju na snagu od 1. srpnja 2018. Njihova provedba uključuje dvogodišnji prijelazni rok. Vlasnici brodova i pomorci trebaju kontaktirati svoje nacionalne pomorske uprave za informacije o tome kako se provodi obuka za Polarni Pravilnik, te zahtjeve i kako dobiti potrebne potvrde.[10]

### **3.7 POSEBNI ZAHTJEVI U POGLEDU ONEČIŠĆENJA OKOLIŠA**

Unutar Polarnog Pravilnika konkretno unutar Dijela II, doneseni su posebni zahtjevi za sve brodove vezano za onečišćenje mora, zraka i samoga okoliša u području Arktika i Antartika. Takvi zahtjevi vrijede za sve brodove koji zadovoljavaju i imaju certifikat MARPOL, čak i ako su inače izuzeti iz Dijela I sigurnost brodova i zahtjevi za obuku pomoraca i posade. Polarni Pravilnik Dio II - zaštita okoliša, stupio je na snagu 1. siječnja 2017. godine i vrijedi za sve MARPOL brodove, uključujući ribarske brodove, koji vrše operacije unutar voda Arktika ili Antarktika.

Svi brodovi koji plove područjem polarnih voda, moraju u svakome trenu svoga putovanja i rada unutar tih voda zadovoljavati sve zahtjeve propisane u Polarnome kodeksu, a neki od zahtjeva su:

- Zabranjeno je svako ispuštanje ulja (tj. do 15 ppm izmjereno separatorom zauljenih voda)
- Ispuštanje otpadnih voda je ograničeno u blizini leda (više od 3 nautičke milje za pročišćenu kanalizaciju i 12 nautičkih milja za neobrađenu kanalizaciju)

- Ispuštanje neobrađene kanalizacije iz novih brodova kategorije A i B i za sve putničke brodove, je zabranjeno
- Spaljivanje i ispuštanje smeća u atmosferu je zabranjeno na udaljenostima manjima od 12 nautičkih milja od kopna i leda

Sve operacije koje se izvrše na brodu od ispuštanja zauljenih voda u more, spaljivanja smeća i ispuštanja u atmosferu, ispuštanja kanalizacije i mnogih drugih radnja moraju biti unesene u brodski dnevnik. Kod iskrcavanja i ispuštanja tekućih tvari u more, iznimno je zabranjeno bilo kakvo iskrcavanje nagrizajućih, opasnih ili eksplozivnih tekućih tvari. Jedan od bitnijih zabrana u pogledu rukovođenja s tekućinama je ukrcaj balasta koji unutar sebe može sadržavati invazivne vrste koji mogu biti prijetnja za akvatorij. Prije svake radnje vezane za ukrcaj ili iskrcaj balasta, maksimalne mjere opreza moraju biti poduzete. Prije samoga ispuštanja voda koja se nalazi u balastnim tankovima mora biti tretirana tako da svi morski organizmi, ako ih ima, budu eliminirani kako ne bi predstavljali opasnost za okoliš. Unutar broskog dnevnika, u kojem se upisuju sve radnje koje se izvršavaju na brodu, mora biti zapisano kada je pojedina radnja započela te završila, pozicija broda za vrijeme obavljanja istih radnji te potpisi osoba koji su ih izvršavali i nadgledali.

Pri uvođenju zahtjeva za zaštitu okoliša od onečišćenja, novi zahtjevi za dizajn i sam brod također se donose. Brodovi koji su izgrađeni i u uporabi prije donošenja novih zahtjeva, nisu nužni provoditi ih na svome brodu. Novi brodovi kategorije A i B moraju imati dodatne zaštite za spremnike za gorivo, spremnike za ostatke ulja (mulj) i spremnike za zauljene kaljužne vode čiji je kapacitet veći od 30 kubnih metara. Za brodove kategorije A ili B, unos u Dodatku za Međunarodnu prevenciju onečišćenja mora uljima (IOPP) certifikatu je potreban kako bi se potvrdilo da je brod u skladu s dodatnim konstrukcijskim zahtjevima za spremnike i konstrukciju u pogledu zaštite, koji se nalazi u Dijelu II polarnog kodeksa. Također zahtjevi za spremnike i konstrukciju moraju zadovoljavati sljedeće:

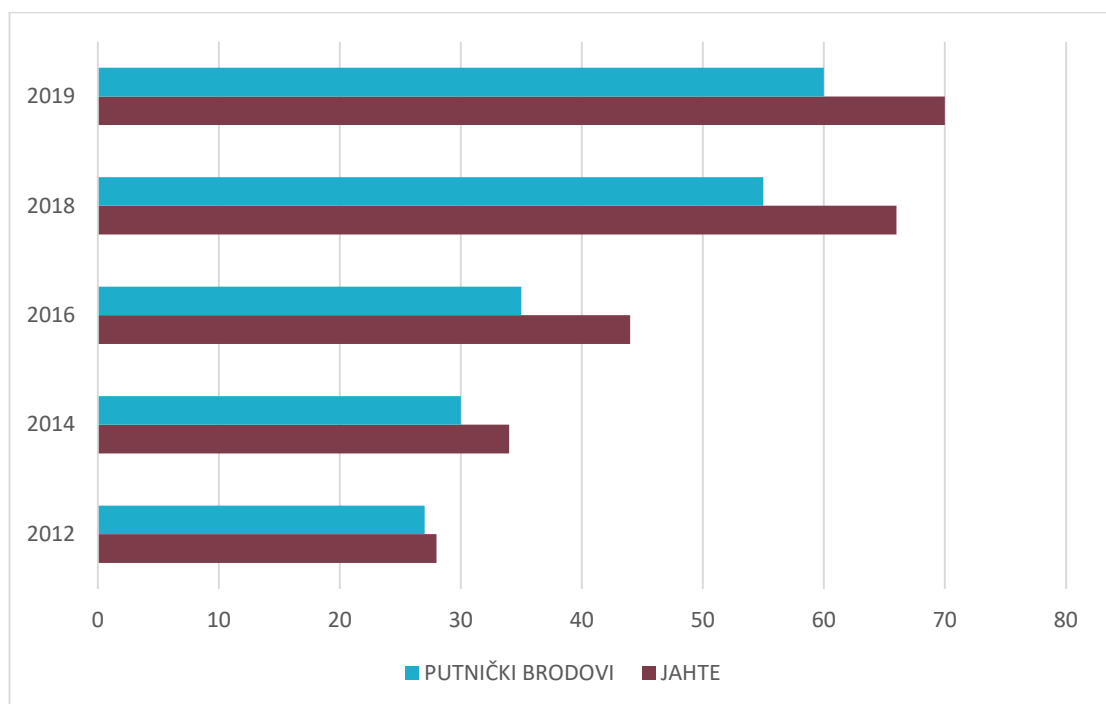
- Spremnike odvojene od oplata broda
- Dvostruko dno minimalno 760 mm debljine za ulje i posebno dizajnirane tankove za štetne tekuće tvari

Ako pojedinosti koje su propisane unutar polarnog koda nisu zadovoljene ili odstupaju od zadanih normi, brod nije sposoban za plovidbu te ne smije ploviti u polarnim vodama.

## 4.KOMPANIJE I DESTINACIJE

Uzevši u obzir samu potražnju i kretanje tržišta u pogledu zarade i ostvarivanja profita, mnoge brodarske kompanije okreću se specijaliziranoj izradi brodova za prijevoz putnika koji plove u području leda. Velike korporacije poput Carnival Corporation & PLC. , Norwegian Cruise line Holdings LTD, kao i mnoge druge manje kompanije odlučuju se opredijeliti za posebno područje, polarna putovanja.

Sama polarna putovanja, te povećan interes za potražnjom od samih gostiju kao i kompanija za izradu takvih vrsta plovila dogodio se potkraj 20. i početkom 21. stoljeća. Mnogobrojni brodovi za kružna putovanja su u to doba bili prenamijenjeni iz klasičnih putničkih brodova, u polarne putničke brodove zadovoljavajući potrebne zahtjeve za dobivanje certifikata i dozvola za rad u takvim područjima. Najveći porast broja novoizgrađenih zbio se upravo od kraja 2010. godine, pa sve do danas.

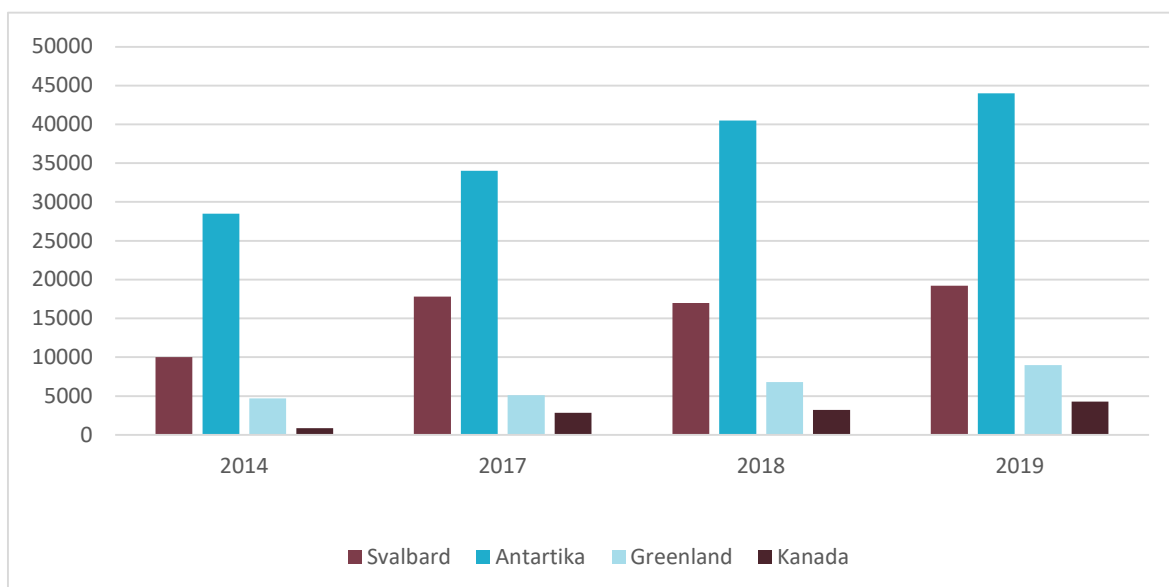


**Graf 1 Broj plovila na sjevernome polu u posljednjih 10 godina[11]**

Izvor: <https://www.ltandc.org/aecos-annual-conference-new-guidelines-and-statistics-of-arctic-expedition-cruise-operators/>

Graf broj 1 nam prikazuje broj porasta samih plovila koji plove unutar granica polarnih područja. Unatoč promjene velikog broja brodova i jahti radi velike potražnje za polarnim

putovanjima, mnogobrojne destinacije doživljavaju iznimni porast broja i interes posjetitelja.



**Graf 2 Broj posjetitelja na određenim destinacijama[12]**

Izvor: <https://www.itandc.org/aecos-annual-conference-new-guidelines-and-statistics-of-arctic-expedition-cruise-operators/>

Po posjećenosti prednjače Svalbard, Aljaska, Sjeverni dio Kanade, Greenland, Island te pojedini manji dijelovi Rusije.

Najveći skok u pogledu broja posjetitelja doživio je Svalbard, gdje je prema službenim informacijama od AECO-a (eng. Arctic Expedition Cruise Operators) Svalbard 2010. godine posjetilo oko 10 000 posjetitelja, dok ga je 2020. godine posjetilo čak 21 000 posjetitelja. Takve nagle skokove u broju posjetitelja možemo, osim na primjeru Svalbarda, vidjeti i na primjeru Antartike, Greenlanda i Kanade, te su ujedno i prikazane gore u grafu broj 2.

#### **4.1 OCEANWIDE EXPEDITIONS**

Oceanwide expeditions je nizozemska kompanija koja je od svojih ranih početaka svoja putovanja orijentirala na polarna područja. Ujedno je jedna od prvih kompanija u svijetu koja je svoje goste prevezla na takva netaknuta mjesta, te se zbog toga i ubraja u kompanije osnivače polarnoga turizma. Danas Oceanwide Expeditions broji svega 5

putničkih brodova za prijevoz putnika koji plove u području leda, te je posebnost njegove flote ta što je jedan od brodova luksuzni jedrenjak. Oceanwide Expeditions nudi bogat program za putnike s dobrim omjerom istraživanja, udobnosti, i razgledavanja što može zahvaliti radi svoga dugogodišnjeg iskustva.

## **4.2 OCEANIA CRUISES**

Oceania Cruises američka je kompanija sa sjedištem u Miamiu. Sama kompanija osnovana je 2002. godine. Broje ukupno 7 luksuznih brodova za kružna putovanja, koja također vrše istraživačke izlete i putovanja na daleki Arktik i Aljasku. Oceania Cruises je u vlasništvu Norwegian Cruise Line Holdings Ltd., operatera krstarenja vodećih svjetskih brendova krstarenja koji uključuju Norwegian Cruise Line, Oceania Cruises i Regent Seven Seas Cruises.[7] U siječnju 2019. godine kompanija je objavila izradu novih brodova pod nazivoma „Allura class“ čija bi isporuka trebala biti potkraj 2023. godine i početkom 2025. godine.

## **4.3 COMPAGNIE DU PONANT**

Compagnie du Ponant je francuska kompanija za putničke brodove koja je osnovana u travnju 1988. godine. Flota brodova u vlasništvu Compagnie du Ponant broji 11 luksuznih putničkih brodova koji se nalaze pod francuskom zastavom. Osim velikog luksuza, koji osiguravaju malim kapacitetom brodova, i moderne tehnologije kojima se Compagnie du Ponant ističe na svjetskom tržištu, ova kompanija također je izgradila i danas najnoviji i najmoderniji putnički brod za kružna putovanja namijenjen za plovidbu u ledenim područjima. Le Commandant Charcot je najnovije čudo tehnologije u pomorskome svijetu. Zahtjevi koje zadovoljava, dizajn te razni noviteti koji možemo pronaći na njemu značajni su napredak u pogledu udobnosti i ekonomičnosti. Za vrijeme pandemije COVID-19, Compagnie du Ponant je u potpunosti obustavio bilo kakva putovanja. Radi velikih troškova koji su snosili radi pandemije, Compagnie du Ponant nikad nije bila na rubu bankrota te mogućnosti za propadanjem u poslu, što ukazuje na iznimno jako financijsko stanje same kompanije.



#### **4.4 SCENIC GROUP**

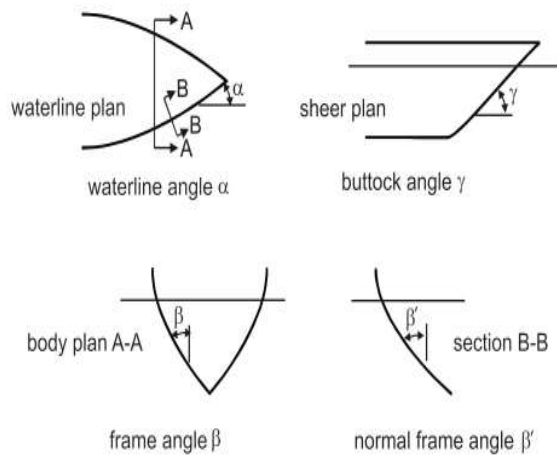
Scenic je kompanija koja je osnovana rane 1986. godine od strane Glen Morone-a. Senic je grupa svoju flotu uvelike usredotočila na prijevoz putnika rijekama, dok su u posljednjim godina 21. stoljeća, odlučili prebaciti interes na morsko i polarno područje. Tijekom godina, kompanija je prodala sve brodove za operaciju rijekama i u potpunosti se okrenula polarnome načinu prijevoza putnika. Danas Senic broji svega 2 broda u floti od kojih su to Scenic Eclipse i Senic Eclipse 2. Senic Eclipse je u doba gradnje i porinuća bio najmodernije plovilo za prijevoz putnika koje plovi polarnim vodama. Nakon velike potražnje za istraživačkim izletima i izletima na daleki sjever, kompanija Senic naručuje novi brod iste linije. Senic Eclipse 2 je projekt vrijednosti veće od 100 milijuna američkih dolara. Porinuće se očekuje potkraj 2023. godine, a putovanja koja su planirana unaprijed su rasprodana za prvu plovidbu.

## **5. SPECIFIČNOSTI I KONSTRUKCIJSKA OBILJEŽJA**

Unutar poglavlja o specifičnostima i konstrukcijskim obilježjima brodova za plovidbu u polarnim područjima, detaljnije se opisuje sami dizajn kao i materijali i načini gradnje brodova za polarna područja. Obrađen je dio o propulziji, izvedbama propulzija te specifičnostima propulzora za led, kao i prednosti i nedostaci propulzora. Naposljetku, govori se o specifičnostima koje brodovi za plovidbu u polarnim područjima imaju za razliku od uobičajenih konvencionalnih putničkih brodova.

### **5.1. DIZAJN I OPLATA BRODA**

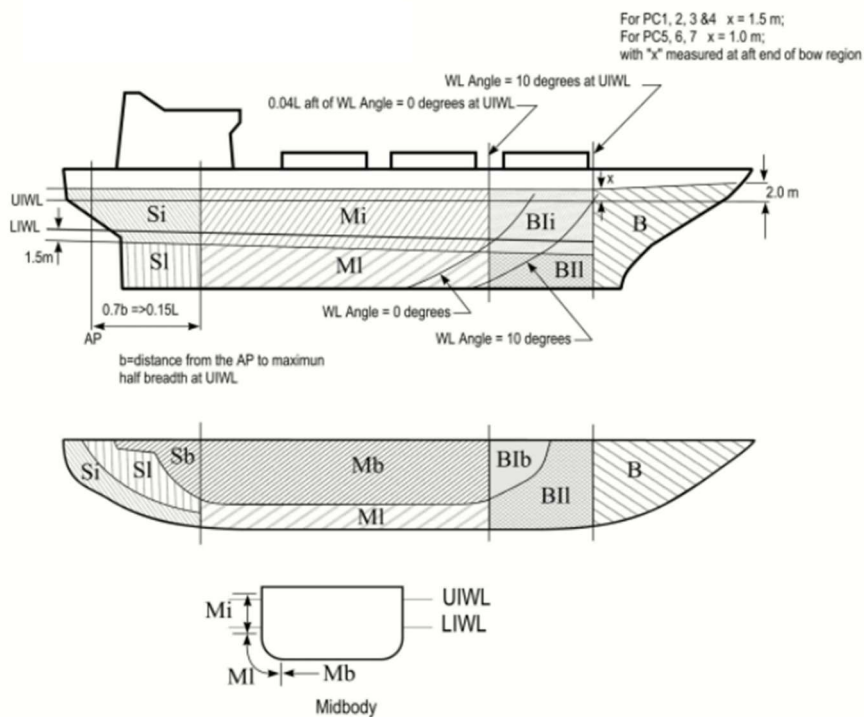
Sadržaj ovog odjeljka daje zahtjeve za strukturne dijelove Polarne klase brodova. Svako područje trupa i svi dodaci moraju biti dizajnirani i testirani da se odupru globalnim i lokalnim opterećenjima ledom, kao što je temperatura, koja je ujedno i najznačajnija karakteristika za njihovo svrstavanje u polarnu klasu. Trup svih brodova koji spadaju u jednu od Polarnih klasa je podijeljen u sekcije koje odražavaju veličinu i količinu opterećenja koja se očekuju na pojedinim dijelovima. U uzdužnome smislu, postoje četiri regije: pramac (B), srednji pramac (BI), srednji dio samoga broda (M) i krma (S). Srednji pramac, srednji dio broda te krma se zatim dijele na regije u okomitom smjeru. U okomitome smjeru dijele se na dno (b), donji dio (l) i ledeni pojas (i). Kod podjele broda na regije imamo također i podjelu broda ovisno o dubini gaza za plovidbu. Podjela u vertikalnome smislu, vezana za vodene linije, može biti gornja vodena linija leda (eng. Upper Ice Water line) i donja vodena linija leda (eng. Lower Ice Water Line). Gornja vodena linija leda (UIWL) je najviša vodena linija na kojoj je brod namijenjen plovidbi u polarnim vodama prekrivenim ledom. Donja vodena linija leda (LIWL) je najniža vodena linija na kojoj je brod namijenjen plovidbi polarnim vodama prekrivenim ledom i treba se utvrditi s obzirom na sposobnost plovila za plovidbu ledom, koja je uvjetovana ukrcajem balasta (npr. potopljenost propelera).[2]



**Note:**  $\beta'$  = normal frame angle at upper ice waterline [°]  
 $\alpha$  = upper ice waterline angle [°]  
 $\gamma$  = buttock angle at upper ice waterline (angle of buttock line measured from horizontal) [°]  
 $\tan(\beta) = \tan(\alpha) / \tan(\gamma)$   
 $\tan(\beta') = \tan(\beta) \cos(\alpha)$

**Slika 3 Odnos kutova kod dizajna gradnje broda**

Izvor: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/ur-i2-rev4-dec-2019-ul%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/ur-i2-rev4-dec-2019-ul%20(1).pdf)



**Slika 4 Podjela broda na regije**

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Polar-Ship-Design-Standards-%E2%80%93-State-of-the-Art-%2C-Kendrick/c432df4850b9c451c0432b34d4dd4bcf426c7075/figure/2>

Maksimalni i minimalni gaz na pramcu, na sredini broda i krmu naveden je u tehničkoj datoteci koja je vezana za potvrdu klase broda.

U pogledu podjele broda na regije, unaprijed moraju biti definirane granice pojedinih regija. Granica pramčanoga djela (B) ne smije biti udaljenija više od 0,45L od pramčanoga perpendikulara. Granica okomite podjele između dna (b) i donjeg područja (l) trebala bi se uzeti na mjestu gdje je plata broda nagnuta  $7^\circ$  u odnosu na horizont.

Ako je brod namijenjen za plovidbu krmom u polarnim regijama, treba projektirati i dizajnirati krmeni dio broda koristeći zahtjeve pramca i pramčanog srednjeg dijela trupa. Sva područja trupa, uključujući lokacije gornje vodene linije leda (UIWL) i donje vodene linije leda (LIWL) moraju biti jasno naznačeni na proširenjima koji se nalaze na oplati broda radi odobravanja. Pločaste konstrukcije dodatnih čvrstoća nalaze se u području gdje sama oplata broda trpi neprestane udare vanjskih elemenata kao što je led. U pogledu zaštite okoliša, učinkovita zaštita od korozije i abrazija izazvana ledom mora biti zastupljena za sve vanjske površine oplata i to za sve brodove koji imaju Polarnu klasu. Vrijednosti vezane za koroziju/abraziju, označene kraticom tc, koristiti za određivanje debljine oplata na brodu za svaku polarnu klasu. Detaljnije o debljini same oplata moguće vidjeti u Tablici 1.

Tablica 2 Debljina oplata u odnosu na tc

OPLATA	tc [mm]					
	S EFEKTIVNOM ZAŠTITOM			BEZ EFEKTIVNE ZAŠTITE		
	PC1-PC3	PC4 I PC5	PC6 I PC7	PC1-PC3	PC4 I PC5	PC6 I PC7
<b>PRAMAC, SREDNJI PRAMAC, LEDENI POJAS</b>	3,5	2,5	2,0	7,0	5,0	4,0
<b>SREDNJI PRAMAC DONJI, SREDNJI I KRMENI DIO, LEDENI POJAS</b>	2,5	2,0	2,0	5,0	4,0	3,0
<b>SREDNJI I KRMENI DIO DONJI, DNO</b>	2,0	2,0	2,0	4,0	3,0	2,5

U primjeru tablice broj 1 koju možemo gore vidjeti, jasno možemo uvidjeti koje zahtjeve koji brod pri izgradnji mora zadovoljavati. Ako brod koji je u izgradnji zadovoljava PC1, PC2 ili PC3, te koristi efektivnu zaštitu, tada debljina same oplata ne smije biti manja

od 3,5 mm na pramcu, srednjem pramcu, mjereno od razine ledenoga pojasa, kao ni manje od 2,5 mm u području donjeg dijela srednjeg pramca, srednjeg i krmenog dijela. Područje dna na sredini kao i na krmenome dijelu ne smije biti manji od 2,0 mm. U slučaju da brod ne koristi efektivnu zaštitu, kao što je gore navedeno u tablici, zatim se moraju primjenjivati zahtjevi za debljinu oplata bez efektivne zaštite koja se nalazi u desnoj tablici. Ista pravila u pogledu debljine oplata vrijede i za ostale polarne klase, te se jasno mogu očitati iz gore navedene tablice debljina oplata.

Brodovi Polarne klase moraju imati minimalni dodatak korozije/abrazije  $t_c = 1,0$  mm primijenjen na sve unutarnje strukture unutar trupa broda posebno ojačanog za područje udara leda, uključujući obložene elemente uz oplatu i oko samih rebara. Obnova čelika na oplati koja služe kao konstrukcijska ojačanja od leda, potrebno je promijeniti kada je debljina profila manja od + 0,5 mm. Ako dođe do situacije gdje brod mora voziti krmom te je neophodna ta radnja, dizajn krme kao i debljina krmene oplata moraju biti zadovoljeni. Debljina krmene oplata mora biti minimalno 1,3 puta veća od susjedne oplata karakterizirane svim zahtjeve vezanim za sigurnost. Dizajn mora biti izveden tako da led koji se lomi pod krmom i propulzorima ima slobodan tok prolaska te se ne zadržava u području ispod broda.

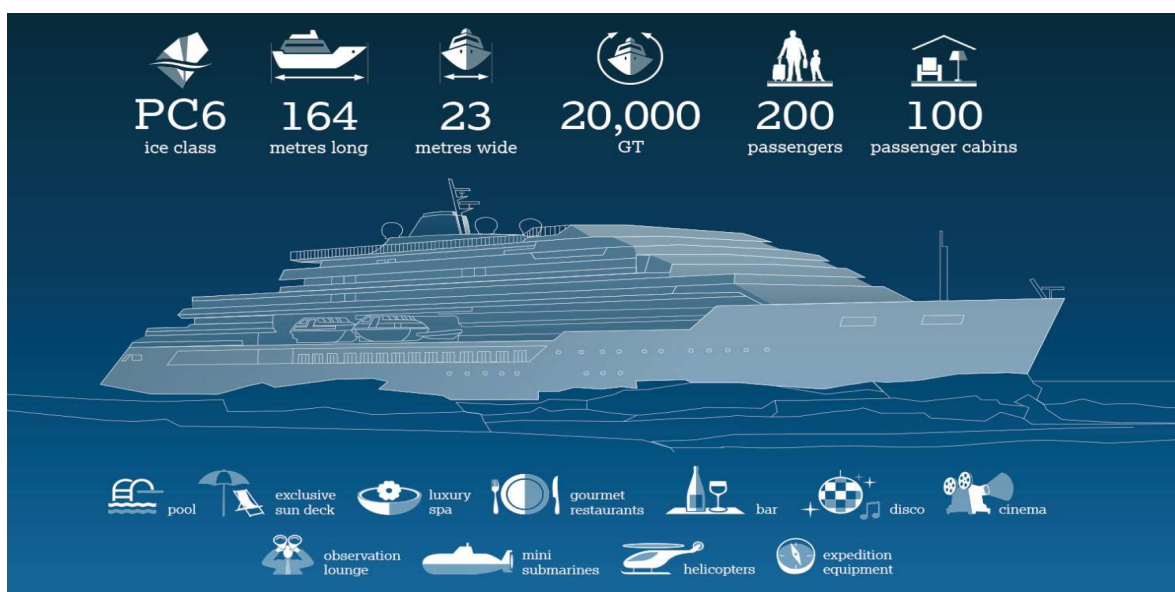
## 5.2. PROPULZIJA BRODA

U samome poglavlju propulzije detaljnije su opisane same izvedbe propulzora kao i najmoderniji dizajni propulzije koji se koriste u suvremeno doba. Najčešće zastupljeni načini kretanja broda je klasična propulzija. Ona se sastoji od osovine, osovinskoga voda i samoga propulzora (propeler). U suvremenije doba došlo je do velikih promjena u dizajnu i načinu iskorištavanja samoga poriva za bolje i efikasnije manevriranje. Suvremeni putnički brodovi i uveliko putnički brodovi koji plove područjem leda koriste azipodnu propulziju. Kod azipodne propulzije, sam propulzor kao i kompletni porivni sustav ima mogućnost rotacije za  $360^\circ$ . Putnički brodovi za polarna putovanja uvelike koriste azipodnu propulziju radi samoga područja putovanja, gdje ima sama rotacija i preciznost usmjeravanja broda uveliko pomaže pri izbjegavanju ledenih santi i dijelova leda koji plutaju na morskoj površini.

Zbog bolje manevarske sposobnosti plovila, poboljšane sigurnost putnika i posade, veće učinkovitosti kod potrošnje goriva te radi nižeg ukupnog troška za brodovlasnika, azipodni propulzori su uvelike zamijenili uobičajene propulzore koji su bili dizajnirani kao osovinski propulzori s izvedbama kormila za upravljanje brodom. Kod odabira propulzije na brodovima značajna prednost pridaje se azipodnoj propulziji. Od prvih isporuka brodova

s takvom propulzijom ranih 1990-ih godina, takva propulzija doživjela je pozitivne reakcije. Azipodi kao takvi ugrađuju se na brodove koji plove u području leda upravo radi njihovog dizajna i velike izdržljivosti, te uzevši u obzir njihovo međudjelovanje s ledom iskazali su se vrlo robusnima i pouzdanima. U današnje vrijeme brodovi koji plove polarnim područjima također zadovoljavaju polarnu klasu. Ovisno o vrsti polarne klase u kojoj se brod nalazi, oprema kao i propulzija za ugradnju su od presudne važnosti

U suvremeno doba zbog velike potrebe za sigurnošću kao i povećane potražnje za istraživanjem, velik broj tvrtki počelo se opredjeljivati za izgradnju specijalnih propulzija. Jedna od takvih firma za proizvodnju azipod propulzora je ABB. ABB-ov azipod pogon nudi velike sigurnosne prednosti za brodove koji su namijenjeni plovidbi u području s ledom, te je ostvario dobre rezultate u cijelom sektoru, što pokazuje činjenica da je već zadovoljava zahtjeve IMO-ovog Polarnog kodeksa i dostupan je s oznakama Polarne klase, prikladnim za plovidbu unutar ledenih uvjeta. Prvi brod za prijevoz putnika koji plovi područjima pokrivenih ledom bio je Scenic Eclipse. Predviđeno lansiranje odvalo se u kolovozu 2018., Scenic Eclipse je jahta za otkrivanje koja može ploviti i kroz arktičke i antarktičke vode. Scenic Eclipse je opremljen s 2 azipodna propulzora te prema današnjim standardima zadovoljava PC6 (Polar Class 6) koja je ujedno jedna od najvećih ice klasa koju brod specijaliziran za takvu plovidbu može ostvariti. Nakon njegove izgradnje, jedan od najvećih pothvata i danas bila je narudžba te izgradnja Endeavor klase, naručene od strane Crystal Cruises. Ukupno 3 mega-jahte koje zadovoljavaju PC6 klasu i koje bi bile opremljeni najmodernijim načinima propulzije krenule su u izgradnju.



Slika 5 Endeavor klasa

Izvor: <https://www.mv-werften.com/de/schiffe/endeavor.html>

Sama propulzija kao i plovila koji se opremaju s njom uveliko se razvila u prošlih nekoliko desetljeća. U sljedećem potpoglavlju detaljnije su opisane same prednosti i nedostaci azipodne propulzije kao načina ostvarivanja poriva kao i njene specifičnosti u pogledu sigurnosti i pouzdanosti za brod. Također je detaljnije obrađeno zašto su azipodi kao takvi bolji u području leda u odnosu na ostale vrste propulzije.

### **5.3 ZAŠTO SU AZIPODI SIGURNIJI NAČIN PROPULZIJE U PODRUČJU PLOVIDBE POKRIVENE S LEDOM?**

Postoje određene temeljne prednosti u pogonu azipoda te na temelju tih prednosti, u potpunosti su zamijenili dotadašnju osovinsku propulziju. Prednosti koje su se javile odnose se ponajviše na sigurnost posade i putnika, ali također imaju i veliki utjecaja na zaštitu okoliša, učinak na sam rad u području prekrivenim ledom i otvorenom moru, te veliku uštedu u pogledu ukupnoga trošak za brodovlasnika. S azipod pogonom, potpuni potisak koji stvara sama propela može se slobodno usmjeravati u bilo kojem smjeru, dok se kod klasičnih izvedbi s klasičnim osovinskim propulzorima, potisak brzo smanjuje kako se kut kormila povećava. Općenito, konvencionalno kormilo radi svoga dizajna i pozicije gdje se nalazi u odnosu na propulzor, može proizvesti samo 40% bočnog potiska. Uzevši u obzir razne vrste kormila koji se mogu pronaći u pomorskoj industriji, najveći postotak koji se može ostvariti u pogledu bočnoga potiska u klasičnoj izvedbi moguć je s kormilom koje ima dodatno zakrilce. Kod takve izvedbe kormila postotak bočnoga poriva povećava se s 40% na 60%, što je i dalje znatno manje nego što se može postići koristeći azipode. Sama prednost kod azipoda je ta što se mogu okretati za 360 stupnjeva te se puni potisak može precizno usmjeriti u bilo kojem smjeru, dajući 150% više bočnog potiska od konvencionalne izvedbe koju je zamijenio.

Takva izvedba omogućila je istovremenu vožnju krmom i bočno, što je teško postići koristeći izvedbu s kormilom budući da negativna brzina propelera smanjuje učinkovitost kormila znatno. Puni potisak u bilo kojem smjeru je velika prednost u pogledu manevriranja broda. Pri manevriranju brodom u područjima velikih santi i plutajućih komada, mogućnost usmjeravanja broda u bilo kojem smjeru donosi znatne pogodnosti koje umnogome pomažu pri izbjegavanju zapreka u plovidbi.

Pogodnosti koji azipodi kao načini propulzije omogućuju samome brodu koji plovi u području leda su višebrojne. Najveća iskoristivost u pogledu korištenja u područjima leda je

iskorištavanje samoga traga koji je nastao kao prolaz broda kroz led kao i uski kontakt samih propelera u dodiru s ledom koji omogućava neprestano kretanje. Poznato je da se pri plovidbi krmom smanjuje otpor leda broda kao rezultat strujanja propelera oko krmenog dijela trupa, što, između ostalog, smanjuje trenje[3]. Međutim, brodovima opremljenim konvencionalnim kormilima teško je upravljati kada idu krmom. Ovaj problem ne utječe na brodove opremljene azipod sustavom propulzije, budući da se potisak propelera može upravljati u bilo kojem smjeru.

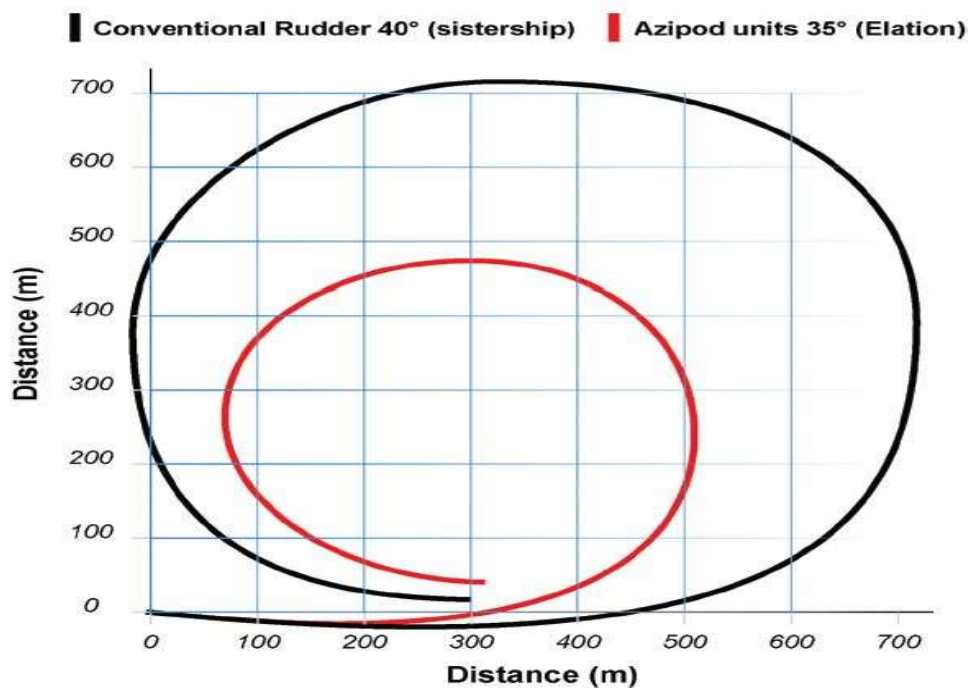
Radi mogućnosti okretanja i usmjeravanja potiska u bilo koje smjerova, što je jako bitno za uska područja samoga polarnoga područja, mogućnost izvršavanja drugih radnji u pogledu poboljšavanja plovidbe također se koriste. Pojedine radnje su:

- Probijanje plovila kroz ledene grebene
- Stvaranje širokog kanala iza plovila radi jačine potiska koji stvaraju
- Čišćenje leda oko trupa plovila ili s konstrukcije ili platforme
- Lomljenje ravnog leda ili krupnijeg leda na manje komade

Unatoč velikim prednostima koji se javljaju u pogledu azipodne propulzije, sami sustavi imaju i svoje nedostatke. Glavni nedostatak je cijena izgradnje i opremanje broda s takvim tipom sustava. Opremanje samoga broda azipodnom propulzijom umjesto klasičnom propulzijom može koštati i do 5 puta više od cijene klasične propulzije. Također jedan od većih nedostataka u pogledu održavanja je sama kompleksnost sustav. Sustav se sastoji od vrlo sitnih i detaljnih komponenti koje ako dođu do kvara može biti jako teško za zamijeniti te brod može ostati u potpunosti bez propulzije. Samo vrijeme isporuke propulzora može potrajati po nekoliko mjeseci što ih čini vrlo bitnom komponentom za isporuku broda.

U slučaju manevra izbjegavanja sudara, bilo to izbjegavanje drugoga broda ili izbjegavanje sante leda, brod opremljen azipodima znatno brže i lakše izvodi manevar izbjegavanja nego brod opremljen ostalim načinima propulzije. To je dobrim dijelom slučaj kada se brod kreće malim brzinama te za usmjeravanje kod običnih izvedba koriste se pramčani i krmeni porivnici. Radi malih brzina kretanja, brzina samih strujnica koje dolaze na kormilo kreću se veoma sporo što dovodi do manjeg odaziva i upravljivosti. Azipodna propulzija u drugu ruku je upravo jednako efikasna u pogledu manevriranja pri brzinama radi njihove specifične izvedbe i mogućnosti usmjeravanja samoga izboja momentalno i u bilo kojem smjeru[4].



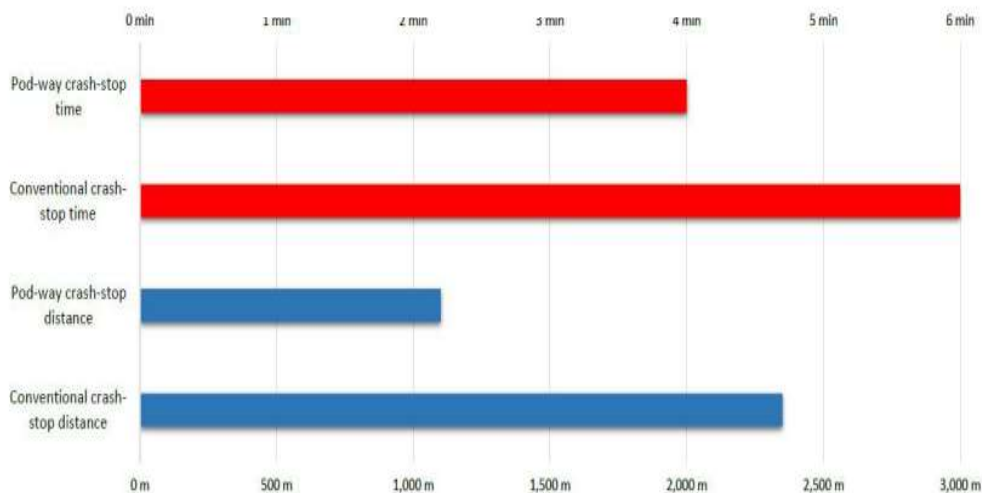


Slika 6 Krug okreta

Izvor: <https://new.abb.com/news/detail/24849/azipodr-m-propulsion-for-ferries-and-ropax-vessels-faster-safer-cleaner>

Uzevši u obzir fleksibilnost i sigurnost koju pružaju azipodi, ugradnja na brodove koji prevoze ljude nije upitna. Nakon mnogobrojnih testiranja i dizajniranja, došlo se do saznanja da brodovi koji su dizajnirani s azipodima u potpunosti eliminiraju potrebu za pramčanim i krmenim porivnicima, što povećava jednostavnost za dizajn i opći raspored. Testirajući i prateći parametre, proizvođači su došli do zaključka da brodovi opremljeni s azipodima u odnosu na brodove opremljene klasičnim propulzorima, imaju taktički promjer kod kruga okretaja pod punom brzinom za 38% manji od uobičajenih konvencionalnih izvedbi. Također jedan od glavnih problema koji se javljaju u polarnim područjima je mogućnost naglog zaustavljanja u kritičnim situacijama za brod. Kod uobičajenih zaustavljanja brzina okretaja mora se s naprijed zaustaviti na nulu te zatim započinjanje ponovnog ubrzavanja kako bi se brod počeo zaustavljati. To znači da je smjer broda tijekom zaustavljanja radi izbjegavanja zapravo prepušteni na milost i nemilost elementima, određenim prema prevladavajućim uvjetima okoline, tj. struji, vjetru i valovima.

Kod azipodne propulzije zaustavljanje se vrši naglim okretom propulzora za 180 stupnjeva te takav način zaustavljanja skraćuje put i vrijeme zaustavljanja za gotovo 50% u odnosu na klasične.



Slika 7 Usporedba pri iznimnim situacijama

Izvor: <https://new.abb.com/news/detail/24849/azipodr-m-propulsion-for-ferries-and-ropax-vessels-faster-safer-cleaner>

U gore prikazanoj grafikonu jasno možemo vidjeti kako se vrijeme, kao i udaljenost, znatno razlikuju uzevši u obzir razne vrste propulzora koji se danas koriste.

## 5.4 SPECIJALNI NAČINI PLOVIDBE

U specijalizirane načine na koji brodovi za polarna područja mogu ploviti, spada i način probijanja leda vozeći krmom. Jedna od opasnosti rada u polarnim vodama je rizik od mogućnosti da brod zapne, na primjer, u zbijenim ledenim poljima. Među ostalim, u specijalne karakteristike azipoda spada i ta da oni mogu koristiti i izvedbu nazvanu dvostruko djelovanje (eng. Double Acting Ship). Kod brodova koji su dizajnirani s DAS (eng. Double Acting Ship) izvedbom, brod, okrećući se krmom u smjer plovidbe koji želi postići, lomi led i ledene ploče snagom svojih propulzora i nastavlja daljnju plovidbu.

Brod DAS dizajna može ploviti krmom u uvjetima leda koji nudi nekoliko prednosti, uključujući:

- Propulzorski potisak podmazuje bokove trupa broda, što dovodi do smanjenja trenja leda koje se nakupilo u okolnome području ledenih polja i omogućuje lakši prolazak

- Azipodi se mogu rotirati za 360 stupnjeva što im omogućuje ispiranje i lomljenje ledenih grebena i ledenih ploča na koje mogu naići u narednom napredovanju plovidbe
- Sigurnost i učinkovitost koji se javljaju kod azipoda omogućuju iskorištavanje punoga potiska u bilo kojem smjeru za lakše kretanje
- Znatno manja instalirana snaga (npr. smanjuje za 40%) potrebna za postizanje željenih sposobnosti plovidbe ledom u usporedbi s brodom bez DAS dizajna

## 5.5 DIZAJN I ZAŠTITA PROPULZORA

Unutar azipoda, elektromotor je ugrađen izravno na propelersko vratilo čime čini pogonski sklop krajnje jednostavnim i otpornim na sve ledene dijelove koji udaraju u propeler. U kontrastu od mehaničkih Z- ili L-pogonskih azimutnih potisnika, ne postoje mehanički zupčanci tako da linija vratila azipoda može izdržati i savijanja, ali i visoke zakretne momente pod velikim opterećenjem leda. Za ekstremne klase leda, električni motor unutar azipoda i snaga samog postrojenja se može konfigurirati za pružanje mogućnosti postizanja prekomjernog momenta koji osigurava i omogućuje rotaciju propelera čak i u teškim interakcijama s ledom. To sprječava da ledeni blokovi udaraju o statične lopatice propelera koje dolaze iz nepovoljnih smjerova dok plovilo nastavlja dalje pod utjecajem svoje inercije. Prekomjerni moment osigurava konstantnu rotaciju propelera i konstantni poriv. Napadni kut lopatica propelera je povoljniji od samih perspektivnih snaga lopatica propelera.

Azipodi ispunjavaju zahtjeve Polarnog kodeksa za zaštitu okoliša i najbolji su pogonski sustav u klasi u smislu rizika od istjecanja ulja i ukupne potrošnje pogonske energije. Glavna značajka je opća dozvola za plovila SAD-a (eng. Vessel General Permit) odobreni dizajn brtve vratila koji nema nikakvoga mogućega dodira ulja i vode. Količina ulja koja se koristi u azipodnim jedinicama bez zupčanika je samo djelić onoga koji se nalazi u mehaničkom azipodu s zupčanicima, pramčanim i krmnim potiskivačima ili tradicionalnim pogonima s osovinama. Nadalje, potpuno električni pogon azipod sa svojom malom površinom u odnosu na plovilo, olakšava projektantu broda korištenje alternativni izvora energije, kao što su LNG, baterije ili goruće ćelije – ili prostor za kasniju pretvorbu i iskorištavanje vrste energija.[5]



Slika 8 Izvedbe propulzora za polarna područja

Izvor:

[file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/abb\\_whitepaper\\_polar\\_cruise\\_kokkila.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/abb_whitepaper_polar_cruise_kokkila.pdf)

Što se tiče sigurnosti, veliki problem se javio kod izvođenja manevra dvostrukoga djelovanja. Radi vrlo tvrdih ledenih blokova koje propulzori moraju usitniti i razbiti kako bi brod nastavio daljnje kretanje, javio se problem oštećivanja krila propelera. Oštećenja i moguće otpadanje komada uzrokovani teškim radom strojeva stvara prijeku potrebu za osmišljavanjem pomoći protiv oštećenja. Materijali izrade bili su pojačani na posebnim dijelovima koje trpe najveće udare u ledene komade, kao i dodatni slojevi koji su poslije naknadno ugrađivani radi povećanja sigurnosti i izdržljivosti. Na takav način uvelike je smanjeno moguće zagađivanje metalnim otpadom radi oštećenja krila propelera, kao i povećana sigurnost u pogledu mogućih popravaka te izbjegavanja neželjenih situacija.

## 5.6 PREPORUČENI MODELI PROPULZIJE

Brodaska propulzija koja se često koristi u području leda te je odobrena s Polarnom klasom, je serija azipoda DO klase bez zupčanika koja pokriva snagu u rasponu od 1,5 MW do 7,5 MW po jedinici. Azipod DO propulzori najbolji su u klasi i po hidrodinamičkoj i po ukupnoj učinkovitosti. Sami propulzori dostupni su u nekoliko veličina samoga kućišta propulzora, platforma proizvoda azipod D može se prilagoditi kako bi se postiglo najbolje moguće podudaranje za svako plovilo ovisno o klasi trupa i leda u kojemu brod vrši plovidbu.

Unutar same serije propulzora posebno razvijenih za područje leda, snaga kao i sam dizajn se uvelike razlikuju. S povećanjem robusnosti i veličine, kao i jačine samih

propulzora, raste i cijena. Brodograditelju je u cilju osigurati što veću sigurnost za što je manje novaca moguće, pa se posebna pažnja pridodaje odabiru vrste kao i modelu samoga propulzora.

Na slici 5 jasno možemo vidjeti razliku u dizajnu kao i obliku samoga „tijela“ propulzora. S povećanjem snage, ne mora dolaziti i veća učinkovitost kao što možemo vidjeti na slici. Polarna klasa u kojoj se može koristiti jasno je naznačena radi samih dijelova i dizajna. Kod oznake klase, očekivana ušteda snage nakon instaliranog pogona s dvostrukim azipod DO ugradnjom je oko 10% u usporedbi s klasičnim dvostrukim osovinskim propulzorima. Maksimalna moguća postignuta klasa kod azipod DO klase je PC5.

## **5.7 SPECIFIČNOSTI OPLATE BRODA**

Radi niskih temperatura koje se javljaju u visokim geografskim širinama, grijanje putnika kao i pojedinih dijelova broda vrlo je važno. Grijači oplata broda koji se koriste na polarnim putničkim brodovima nisu obični grijači. Grijači koji se koriste uveliko su specijalizirani za prolaze i vrata koji se mogu nalaziti na vanjskom dijelu oplata broda. Uz pomoć velikih postrojenja današnjice kao što su strojarnice broda, proizvodnja energije nije problem. Sami otvori na oplati broda služe za ukrcaj te iskrcaj putnika na kopno, ukrcaj i iskrcaj putnika za posebne ekspedicije manjim pomoćnim brodovima, kao i nabavu namjernica u pojedinim dijelovima ako je nužno. Upravo zbog radnji koji se odvijaju na takav način, da ne bi došlo do smrzavanja i nemogućnosti otvaranja vrata, ti dijelovi moraju biti grijani. Energija za grijače koja se koristi najčešće dolazi iz generatora za pogon električne energije, dok drugi izvori energije mogu biti i glavni motori broda. Posada je zadužena za stalno pregledavanje otvora kako ne bi došlo do propuštanja mora u područje unutar samoga broda.

## **6. PRIMJER BRODA KOJI PLOVE U POLARNIM PODRUČJIMA**

Unutar ovog poglavlja je obrađen najmoderniji polarni brod 21. stoljeća. Le commandant Charcot je najmoderniji i ujedno jedini polarni brod koji koristi LNG kao pogonsko gorivo, kao i jedini brod po brojnim specifičnostima koje su obrađene i spomenute. Sam brod je specifičan po načinu izgradnje oplata broda, propulziji i stvaranju poriva kao i energije, električnim spremnicima energije te samim unutarnjim interijerom.

### **6.1 DETALJI I OPIS BRODA LE COMMANDANT CHARCOT**

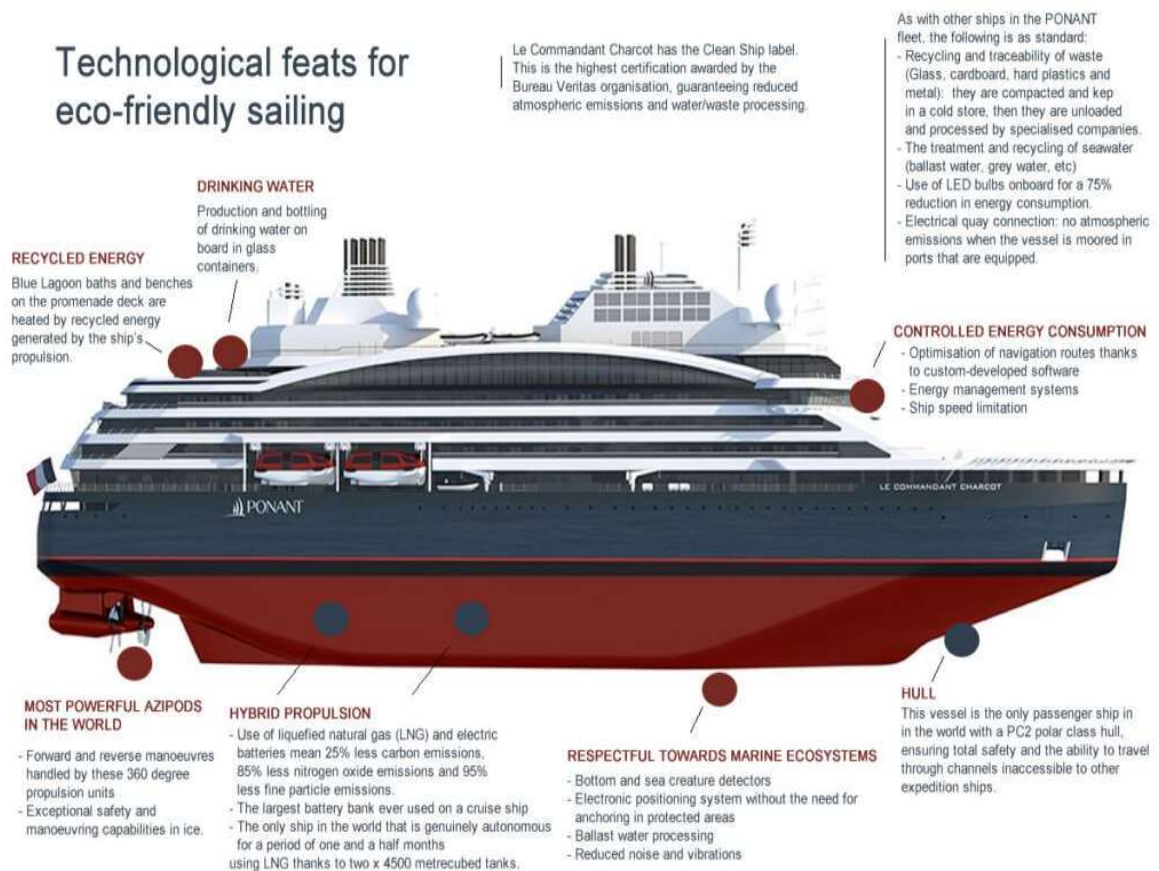
Le commandant Charcot je najluksuzniji i najmoderniji brod za plovidbu polarnim područjima današnjice. U vlasništvu je francuske kompanije Compagnie Du Ponant koja je ujedno jedna od najvećih kompanija u svijetu putničkih brodova za plovidbu u polarnim područjima. Ime je dobio po francuskome istraživaču i pustolovu Jean-Baptiste Charcotu koji je svoja putovanja pretežito usmjeravao u polarne krajeve. Le Commandant Charcot je izgrađen u brodogradilištu Vard Tulcea u Rumunjskoj, odakle je premješten u Søviknes radi konačnog opremanja i isporuke 2021.

Izgradnja tako velikog i modernog broda trajala je 3 godine, a cijena samoga projekta iznosila je 2.7 bilijuna norveških kruna, što bi danas iznosilo 270 milijuna američkih dolara. Kapacitet samoga putničkog broda iznosi 31 283 GT, duljina broda je 150 metara, dok je širina 28 metara. Opremljen je s 2 dizel-električno pogonjena ABB azipodna propulzora ukupne snage od 34 MW, te samim dizajnom i propulzijom zadovoljava kriterije polarne klase 2. [13] Kapacitet za smještaj putnika iznosi 245 putnika u ukupno 123 kabina kojima je opremljen, dok samim brodom upravlja ukupno 215 članova posade.

### **6.2 NOVITETI VEZANI ZA OKOLIŠ I SAM BROD**

Le Commandant Charcot je prvi polarni brod specijalno dizajniran po najmodernijim normama u pogledu zagađivanja atmosfere i čistoće okoliša. Jedna od najznačajnijih promjena u dizajnu i sprječavanju onečišćenja je LNG koji iskorištava kao pogonsko gorivo. Ujedno je i jedini autonomni brod na svijetu koji može mjesec i pol dana iskorištavati svoje zalihe LNG-a kao pogonsko gorivo. Sam LNG se skladišti u 2 tanka kapaciteta 4500m<sup>3</sup>. Tankovi kao skladište pogonskoga goriva izrađeni su kao membranski tankovi modela

MARK III. Za uporabu električne energije koristi baterije koje su ugrađene u sam trup broda, a ujedno su i najveći kapacitet spremišta električne energije ikad ugrađene na neko plovilo. Zbog velike količine električne energije koje može pohraniti i proizvesti, na manjim brzinama azipod propulzori kao i stabilizatori u potpunosti prelaze na električno napajanje, što samim gostim i posadi pruža mirno i bez vibracija pogonjeno putovanje. Bazeni koji se nalaze na palubama koriste recikliranu energiju koju proizvode propulzori te ih koriste za grijanje vode kao i pogone za miješanje vode.



Slika 9 Noviteti Le Commandant Charcot-a

Izvor: <https://www.cruisetraveller.com.au/landing/le-commandant-charcot-by-ponant/>

Radi područja u kojem plovi, te u kojem se nalazi, otpad s broda se ne spaljuje već se zadržava u posebnim spremnicima, dok se voda za piće i ostale tekućine u potpunosti proizvode na brodu koristeći najmodernije sustave desalinizacije. Proizvodnja vode vrši se u posebnoj prostoriji i toči se u staklene boce koje se potom recikliraju i ponovo pune. Samim time otpad s broda smanjio se za 80%. Le Commandant Charcot je jedini putnički brod za

plovidbu polarnim područjem koji je u potpunosti opremljen s PC2 oplatom, koja mu garantira maksimalnu sigurnost i mogućnost otkrivanja novih područja gdje ostali brodovi ne mogu.[14] Le Commandant Charcot radi svoje iznimne čvrstoće, kao i dizajna samoga trupa i velikih azipodnih propulzora koji mu omogućuju iznimnu sposobnost manevriranja, također može probiti led debljine 15 m. Za vrijeme testiranja samoga broda, brod je postigao zadivljujuće rezultate te prošao kroz led debljine 15m što je ujedno i najdeblji led koji je brod dizajniran za plovidbu u polarnim područjima ikad probio.

### 6.3 NAGRADE I PRIZANJA

Compagnie du Ponant nakon porinuća Le Commandant Charcot-a, te nakon prvog obavljenoga putovanja dobiva veliki broj nagrada i priznanja od strane svjetskih priznatih udruga i samih preporuka od stana gostiju. Pojedine nagrade su:

- Najbolji ekspedicijski brod godine (Dodijeljeno Le Commandant Charcot-u 2021. godine)
- Pobjednik u kategoriji ambasadora godine, 2021. godine
- Nagrada na najbolji polarni brod s polarnim putovanjem (pobjednik 2019., 2020. godine)
- Najbolja kompanija u Europi u pogledu polarnih putovanja, uručena kompaniji Compagnie du Ponant sa zaslugama Le Commandant Charcot-a



**Slika 10 Nagrade osvojene od strane Le Commandant Charcot-a**

Izvor: <https://www.le-commandant-charcot.com/en>

Sama kompanija ima više od 50 nagrada za putovanja, istraživanja, zaštitu mora i morskoga okoliša, te mnogobrojne druge nagrade dodijeljene od strane ostalih kompanija i svjetski poznatih organizacija.



## 7. ZAKLJUČAK

Odabrao sam ovu temu jer me zaintrigirala specifičnosti polarnoga područja koji se uvelike razlikuje od svakidašnjih destinacija koje su mnogo pristupačnije posjetiteljima. Istražujući o značajkama samog područja i brodovima koji njime plove otkrio sam koliko samo zahtjeva i pravilnika brodovi, kao i posada moraju zadovoljiti prije nego se smiju zaputiti na bilo kakvo putovanje. Ovi brodovi jedinstveni su upravo zbog svog posebnog dizajna i materijala gradnje koji se upotrebljavaju, te tipovima moderne propulzije koji se danas koriste. Klasični putnički brodovi koji plove većinom svjetskih destinacija kao što su Karibi, južni dijelovi Amerike, skandinavski poluotok, ne razlikuju se značajnije ni po čemu jedan od drugoga osim po broju prevezenih putnika i kapacitetu, dok polarni putnički brodovi unatoč smanjenome kapacitetu pružaju mnogo više aktivnosti kao i istraživačkih putovanja. Slika broj 1 i tablica broj 1 uvelike ukazuju na preciznost samih zahtjeva i točnost izračuna kako bi se sigurnost podigla na maksimalnu razinu, uzevši u obzir netaknutu prirodu u kojoj se plovi te temperature u kojima se brod, posada i gosti nalaze. Pomnijim istraživanjem samih destinacija koje brodovi za polarna putovanja posjećuju, može se uočiti kako potražnja za takvim putovanjima i zanimanje putnika značajno raste. Razlog ovakvog rasta broja posjetitelja svjetski poznatih destinacija je čovjekova želja za istraživanjem neuobičajenoga i otkrivanja dosad neviđenih područja. Najveću pažnju sam posvetio samoj propulziji broda koja je od izuzetne važnosti jer omogućuje brodu kretanje. Kod samih propulzora postoje mnogobrojne izvedbe kao što sam i prikazao u slici broj 5, kojima se danas opremaju moderni putnički brodovi, kao i materijali i dizajn koji se koriste kako bi se mogućnost kvarova i izljev neželjenih tekućina u potpunosti eliminirao.

U radu dotakao sam se pravilnika koji propisuje zahtjeve za brodove kao i obaveznih obuka posade potrebnih za dobivanje svjedodžbe za plovidbu. U svakome trenu svi uvjeti za plovidbu i sigurnost moraju biti zadovoljeni kako bi se mogućnost za pogreške smanjila na minimum. Na posljetku sam obradio i temu najmodernijeg pomorskog broda današnjice posebno dizajniranog za polarna putovanja. U njegovu izgradnju uključeno je više tisuća današnjih znanstvenika i dizajnera kako bi se sam projekt doveo do savršenstva. Detalji kao što su proizvodnja vode i pogon na LNG, kako bi se smanjile emisije ispušnih plinova, samo su neke od značajki po kojima se razlikuje od ostalih. Obradivši ovu temu naučio sam važnosti koja se pridaje samoj izgradnji, dizajnu i konstrukciji, sve do konačne realizacije samoga broda u plovidbi te se zainteresiranost za plovidbu na ovakvome brodu uvelike povećala.

## LITERATURA

- [1] <https://oceanwide-expeditions.com/blog/polar-progress-history-of-arctic-antarctic-cruise-travel> (22.07.2022)
- [2] Guidelines for the Construction of Polar Class Ships, 2008. Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft, online: [https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerules/gl\\_i-1-22\\_e.pdf](https://rules.dnv.com/docs/pdf/gl/maritimerules/gl_i-1-22_e.pdf)
- [3] Azipod® propulsion ideal for ice management  
Online: <https://new.abb.com/marine/generations/technology/azipod-propulsion-ideal-for-ice-management> (23.07.2022)
- [4] Polar expedition ships: Ultimate passenger safety and comfort with Azipod propulsion. Online: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/abb\\_whitepaper\\_polar\\_cruise\\_kok\\_kila.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/abb_whitepaper_polar_cruise_kok_kila.pdf) (25.07.2022)
- [5] 1 International Maritime Organization (IMO), International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code) (01.08.2022)
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Code\\_for\\_Ships\\_Operating\\_in\\_Polar\\_Waters](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Code_for_Ships_Operating_in_Polar_Waters) (04.08.2022)
- [7] Oceania cruises official  
Online: <https://www.oceaniacruises.com/corporate/> (08.08.2022)
- [8] DNV GL Maritime Polar code, 2017. godine,  
Online: <https://www.dnv.com/maritime/polar/index.html> (08.08.2022)
- [9] DNV GL Maritime Polar code 2017. godine, Part II Training requirements for ships operating in Polar Waters (14.08.2022)  
Online: <https://www.dnv.com/maritime/polar/index.html>
- [10] Maritime Polar code 2017. godina, Part II (14.08.2022)  
Online: <https://www.dnv.com/maritime/polar/index.html>
- [11] Izradio student Antonio Seršić na temelju podataka iz: AECO's Annual Conference: New guidelines and statistics of Arctic expedition cruise operators (17.08.2022)
- [12] Izradio student Antonio Seršić na temelju podataka dobivenih iz AECO-vog istraživanja tržišta pojedinih destinacija iz 2019. godine (17.08.2022)
- [13] [https://en.wikipedia.org/wiki/Le\\_Commandant\\_Charcot#cite\\_note-wardpress-4](https://en.wikipedia.org/wiki/Le_Commandant_Charcot#cite_note-wardpress-4)
- [14] Službena stranica kompanije Compagnie Du Ponant (24.08.2022)  
Online: [https://en.ponant.com/le-commandant-charcot#modal\\_exploration-responsible](https://en.ponant.com/le-commandant-charcot#modal_exploration-responsible)

## **KAZALO KRATICA**

L – duljina broda, mjerena na gornjoj vodenoj liniji leda, izražena u [m]

PC – polarna klasa

B – pramac,

BI – srednji pramac

M – srednji dio samoga broda

S – krma

b – dno

l – donji dio

i – ledeni pojas

UIWL – gornja vodena linija leda

LIWL – donja vodena linija leda

tc – učinkovita zaštita od korozije i abrazije

GT – bruto tona (Gross tonnage)

MW – megawatt

## **POPIS SLIKA**

<b>Slika 1</b> Granica polarnih voda .....	6
<b>Slika 2</b> Obuka za brodove koji plovo područjima s ledom.....	11
<b>Slika 3</b> Odnos kutova kod dizajna gradnje broda .....	19
<b>Slika 4</b> Podjela broda na regije .....	19
<b>Slika 5</b> Endeavor klasa .....	22
<b>Slika 6</b> Krug okreta.....	25
<b>Slika 7</b> Usporedba pri iznimnim situacijama .....	26
<b>Slika 8</b> Izvedbe propulzora za polarna područja.....	28
<b>Slika 9</b> Noviteti Le Commandant Charcot-a .....	31
<b>Slika 10</b> Nagrade osvojene od strane Le Commandant Charcot-a .....	32

## **POPIS TABLICA**

<b>Tablica 1 Definicija polarne klase brodova .....</b>	<b>8</b>
<b>Tablica 2 Debljina oplata u odnosu na <math>t_c</math>.....</b>	<b>20</b>

## **POPIS GRAFIKONA**

<b>Graf 1 Broj plovila na sjevernome polu u posljednjih 10 godina[11] .....</b>	<b>14</b>
<b>Graf 2 Broj posjetitelja na određenim destinacijama[12].....</b>	<b>15</b>