

# Razvoj autonomnih brodova i komunikacijskih sustava za autonomiju

---

**Radman, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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:164:673578>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**

*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**

**IVAN RADMAN**

**RAZVOJ AUTONOMNIH BRODOVA I  
KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA ZA  
AUTONOMIJU**

**DIPLOMSKI RAD**

**SPLIT, 2019.**

	<b>POMORSKI FAKULTET U SPLITU</b>	Stranica: 1/1 Šifra: F05.1.-DZ
	<b>DIPLOMSKI ZADATAK</b>	Datum: 22.10.2013.

Split, \_\_\_\_\_

Zavod/studij: \_\_\_\_\_ PN \_\_\_\_\_

Predmet: \_\_\_\_\_ RAČUNALNO UPRAVLJANJE TEHNIČKIM SUSTAVIMA \_\_\_\_\_

### *D I P L O M S K I    Z A D A T A K*

Student/ca: \_\_\_\_\_ Ivan Radman \_\_\_\_\_

Matični broj: **0171262863** \_\_\_\_\_

Zavod/studij: \_\_\_\_\_ D-PN \_\_\_\_\_

**ZADATAK:**

**Pregled razvoja autonomnih brodova i komunikacijskih sustava za autonomiju.**

**OPIS ZADATKA:**

Autonomni brodovi i brodovi upravljani na daljinu sve su bliže realizaciji. Stoga treba proučavati mogućnosti, ograničenja, prednosti i nedostatke takvih brodova. Komunikacijski sustavi najranjivija su komponenta takvih brodova. Potrebno je preispitati suvremene trendove i proučiti kakvi će ljudski resursi u budućnosti biti potrebni u pomorstvu.

**CILJ:**

**Upoznavanje s budućim tehnologijama i trendovima u pomorskom prometu.**

Zadatak uručen studentu/ci: \_\_\_\_\_ 15. 11. 2017. \_\_\_\_\_

Potpis studenta/ce: \_\_\_\_\_

Mentor: \_\_\_\_\_

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**RAZVOJ AUTONOMNIH BRODOVA I  
KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA ZA  
AUTONOMIJU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Mentor:**

**Dr. sc. Igor Vujović**

**Student:**

**Ivan Radman**

**MB: 0171262863**

**SPLIT, 2019.**

## SAŽETAK

U radu se istražuju mogućnosti implementacije koncepta autonomnih brodova, odnosno što je sve potrebno razviti ili mijenjati za njihovu uspješnu i sigurnu upotrebu na moru. Razvoj nove vrste broda povlači sa sobom više raznih pitanja, a najvažnijim se smatraju ona vezana tehničku ispravnost i sigurnost istih kao pitanja za regulatorne agencije. Rad obuhvaća već razvijene ideje i koncepte različitih inicijativa među kojima i projekt Europske komisije **MUNIN** (engl./ *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*). Dosta se pažnje daje funkcioniranju samog sustava i funkcionalnih grupa autonomnih brodova, te odnos obalnog upravljačkog centra (engl. *Shore Control Center*) i autonomnog broda u različitim situacijama. Bitan element ovih brodova su i komunikacijska rješenja sa sigurnu plovidbu kao i pitanja vezana za neovlašteni pristup tim brodova i ugrozu sigurnosti na moru.

**Ključne riječi:** autonomni brodovi, MUNIN, obalni kontrolni centri, komunikacijska rješenja, sigurnost na moru

## ABSTRACT

This paper explores the possibilities of implementing the concept of the autonomous ships, regarding everything that is necessary to develop or alter for their successful and safe usage at sea. Development of these kind of ships raises a lot of questions, most important ones to considered are regarding technical and safety requirements as well as questions for regulatory agencies. Paper encompasses already developed ideas and concepts form different initiatives among which is project by European commission **MUNIN**. A lot attention is going to functioning of the system and the function groups of the autonomous ships, and the relationship between the **Shore Control Center** and the autonomous ship in different types of situations. Important element of these ships are communication solutions for safe navigation as well as questions regarding unauthorized access to those ships and threat that they pose at sea.

**Keywords:** autonomous ships, MUNIN, Shore Control Center, communication solutions, safety at sea

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TRENUTNI RAZVOJ AUTONOMNIH BRODOVA.....</b>	<b>3</b>
2.1. SVRHA RAZVOJA AUTONOMNIH BRODOVA.....	5
2.2. MUNIN I AAWA INICIJATIVE.....	6
2.2.1. MUNIN razine autonomije i funkcionalne grupe unutar MUNIN-a.....	10
2.2.2. Razine autonomije AAWA inicijative.....	16
2.3. ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA AUTONOMNIH BRODOVA .....	18
2.3.1 Troškovi autonomnih brodova na dugim putovanjima .....	19
<b>3. BUDUĆNOST AUTONOMNIH BRODOVA.....</b>	<b>21</b>
3.1. OBALNI UPRAVLJAČKI CENTRI (SCC).....	23
3.1.1. Odnos obalnog upravljačkog centra i autonomnih brodova .....	24
3.1.2. Od brodska komunikacija.....	25
3.2. REDUNDANCIJA KOD AUTONOMNIH BRODOVA.....	26
3.3. MITS .....	27
<b>4. AUTONOMNI BRODOVI I ODGOVORNOST .....</b>	<b>28</b>
4.1. AUTONOMNI BRODOVI I COLREG.....	29
4.2. TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA AUTONOMNE BRODOVE .....	31
<b>5. KOMUNIKACIJSKE MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA .....</b>	<b>35</b>

<b>5.1. KOMUNIKACIJSKA ARHITKETURA ZA AUTONOMNE BRODOVE .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2. ZAHTJEVI ZA PROPUSTNOSTI AUTONOMNIH BRODOVA.....</b>	<b>43</b>
<b>5.3. ŠIRENJE RADIO SIGNALA I POKRIVENOST .....</b>	<b>45</b>
<b>5.4. LINE OF SIGHT I SHIP TO SHORE MREŽE .....</b>	<b>48</b>
<b>6. CYBER SIGURNOST .....</b>	<b>50</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>52</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>54</b>
<b>POPIS ILUSTRACIJA .....</b>	<b>56</b>

# 1.UVOD

Predmet ovog diplomskog rada je razvoj autonomnih brodova kao i komunikacijskih sustava za autonomiju. Razvoj pomorstva u smjeru uvođenja modernih odnosno “pametnih“ tehnologija za cilj ima smanjenje troškova posade kao i utjecaja čovjeka vezanog za sigurnost na moru, kao i efikasniju plovidbu čime bi se smanjila cijena prijevoza po jedinici tereta.

Razvoj tehnologije, pogotovo senzorske tehnologije koja je potrebna za autonomne i daljinski upravljane brodove omogućuju pretvaranje ideje u stvarnost. Izazov je pronaći optimalan načina da ti brodovi budu pouzdani i isplativi. Algoritmi odlučivanja koji pomažu samo brodu pri donošenju odluke dobivene preko informacija dobivenih iz senzora se konstantno usavršavaju. To zahtjeva interpretaciju pomorskih pravila i propisa koji predstavljaju izazove za programere. Razvoj sustava za donošenje odluka bit će postepen i iterativan proces podložen opsežnim testiranjima i simulacijama.

Da bi ovakvi brodovi bili prihvaćeni od regulatornih agencija, te imali potporu industrije i prihvaćanje javnosti brodovi moraju biti jednako sigurni kao postojeći. Ovi brodovi imaju mogućnost smanjenja ljudski pogrešaka, ali istovremeno stvaraju nove vrste rizika na koje treba pravovremeno odgovoriti, ti odgovori bi trebali biti sveobuhvatni i strukturalni. Također predviđeno je da ovi brodovi budu nadzirani te upravljani od strane čovjeka kada se budu nalazili u blizini obale.

Diplomski rad sadrži sedam poglavlja. U prvom, uvodnom poglavlju opisuju se u kojem smjeru ide razvoj tehnologija za autonomiju brodova. U drugom poglavlju utvrđuje se koliko je dosad napravljeno u teoriji i praksi kao i inicijative koje potiču razvoj autonomnih brodova. U trećem poglavlju analizira se u kojem smjeru će se razvijati autonomni brodovi, kako će biti upravljani te kontrolirani, također istražuje se dovoljna razina redundancije i komunikacijskih mogućnosti na ovim brodovima kao i potreba za stvaranje inteligentnog pomorskog transportnog sustava. Četvrto poglavlje rada bavi se pravnim problemima kao i rješenjima vezanima za autonomne brodove, važan segment je i ponašanje autonomnih brodova vezanih za pravila za izbjegavanje sudara na moru (engl. *International Regulations for Preventing Collisions at Sea-COLREG*) kao i minimalne tehničke uvjete za ove brodove. U petom poglavlju rad se bavi trenutnim mogućnostima u komunikaciji brod-obala, u nastavku se stavlja

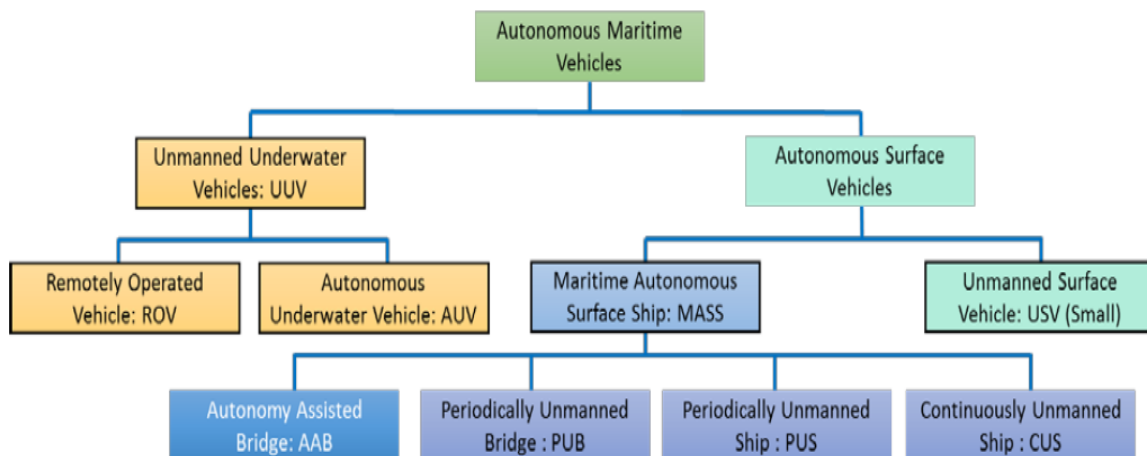


naglasak na komunikacijsku arhitekturu tih brodova kao i razine propusnosti koje će biti potrebne za takve brodove, poglavlje završava dijelom od LOS (engl. *Line of Sight*) i brod-obala mrežama (engl. *Shore to ship*). Posljednje poglavlje bavi se sigurnosti tih brodova od strane neovlaštenih osoba odnosno načinima zaštite da brodovi ne budu korišteni u svrhu npr. terorizma. Sedmo poglavlje predstavlja zaključak rada kojem se sažeto iznositi sve što je prethodno iznesu te se iznose određene spoznaje o razvoju autonomnih brodova kao i o njihovih budućnosti. Diplomski rad sadrži i popis korištene literature kao i izvora, a na kraju se nalazi popis tablica i ilustracija uvrštenih u rad.

## 2.TREKUTNI RAZVOJ AUTONOMNIH BRODOVA

Prema riječima Mikaela Makinena, predsjednika Rolls Royce Marine-a: “Autonomni brodovi su budućnost pomorske industrije. Slično kao i pametni telefoni, pametni brodovi revolucionirati će konstrukciju brodova kao i način na kojima se njima upravlja.“

Važno je razlikovati autonomne brodove od onih bez posade. Autonomni brodovi su u stanju voditi plovidbu broda i samostalno donositi odluke vezane za plovidbu bez ljudske intervencije. Na Slici 1. nalazi se klasifikacija autonomnih pomorskih sustava kao i vrste autonomnih brodova. Korištenje umjetne inteligencije (engl. *Artificial intelligence - AI*) može doprinijeti pri stvaranju alata za odlučivanje. Autonomni brodovi mogu, ali ne moraju, imati posadu. Brodovi bez posade s druge strane nemaju nikakvu posadu na brodu, mogu biti autonomni ili ne autonomni odnosno upravljani na daljinu. **IMO** (engl. *International Maritime Organization*), odnosno Međunarodna pomorska organizacija definira ove brodove kao pomorske autonomne površinske brodove (engl. *Maritime Autonomous Surface Ships - MASS*).[1]



**Slika 1. Klasifikacija autonomnih pomorskih sustava i vrste autonomnih brodova [5]**

Potrebno je koristiti postojeće tehnologije nekih drugih vrsta plovila kako bi se ovi brodovi što bezbolnije implementirali, tehnologije koje su najčešće korištene su one autonomnih podmorskih plovila (engl. *Autonomus Underwater Vehicle - AUV*).

Autonomni brod je brod, po gore navedenoj definiciji, koji ima neke razine automatizacije i samoupravljanja. Automatizacija se koristi kao opći naziv za procese, koji su često kompjuterizirani, koji omogućuju odvijanje nekih procesa na brodu bez direktnog utjecaja posade. Autonomija je rezultat primjene napredne automatizacije na brodu do te razine da brod ima neku vrstu samoupravljanja, te može izabrati alternativna rješenja bez konzultacija s upraviteljem. Uobičajeni autopiloti, iako automatizirani i vjerojatno napredni, neće pružiti nikakvu vrstu autonomije brodu, već će pratiti od prije zadane ciljeve.[2]

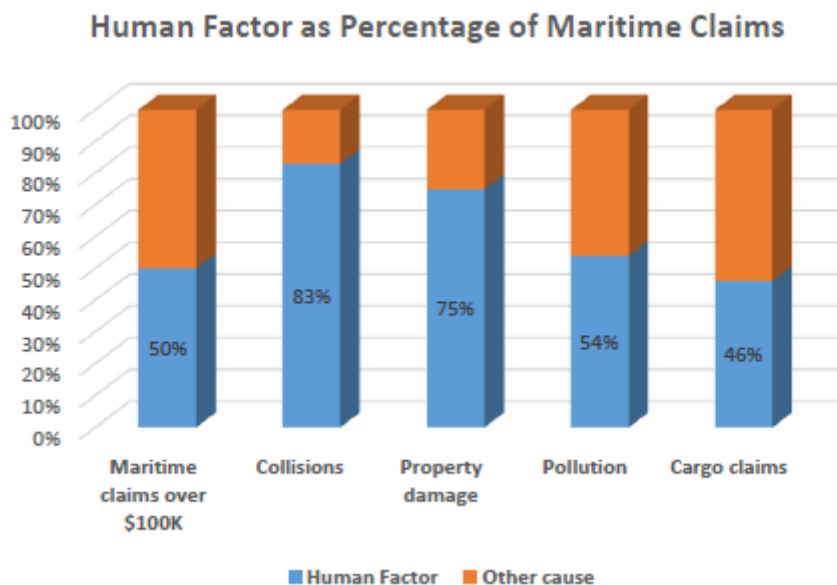
MASS kao opći naziv za autonomne brodove treba nadalje razvrstati u četiri različite klase, a svaka od njih ima drukčiji utjecaj na upravljanje i zakonodavstvo:

- Most potpomognut autonomijom (engl. *Autonomy Assisted Bridge - AAB*)/brodovi sa stalnom posadom. Na mostu ovoga broda cijelo vrijeme se nalazi posada broda koja neposredno intervenira. Ova vrsta brodova neće dovesti do nekih posebnih regulatornih mjera osim, možda, novih standarda vezanih za performanse i nove funkcije na mostu.
- Most koji je povremeno bez posade (engl. *Periodically Unmanned Bridge - PUB*). Ovi brodovi vrše svoja djelovanja bez posade na mostu u ograničenim vremenskim periodima, npr. na otvorenom moru za lijepog vremena. Posada se nalazi na brodu te može biti pozvana na most u slučaju problema.
- Brodovi koji su povremeno bez posade (engl. *Periodically Unmanned Ship - PUS*). Ovakav brod vrši svoja djelovanja bez posade duži period vremena bez posade, npr. za vrijeme prekooceanskog putovanja. Ukrcajni tim ili prateći brod prilaze brodu te preuzimaju upravljanje, npr. pri prilasku luci. Zakonodavni zahtjevi će vjerojatno biti slični kao i za iduću klasu brodova.
- Brodovi bez posade (engl. *Continuously Unmanned Ships - CUS*). Ovi brodovi su dizajnirani za izvršavanje zadaća bez posade na mostu za cijelo vrijeme djelovanja, osim u nekim posebni slučajevima kao što je neposredna opasnost. To znači da nitko na brodu nije ovlašten da preuzme upravljanje na mostu, jer tada bi brod bio klasificiran kao **PUB**. Sve navedeno opet ne mora značiti da se na brodu ne nalaze osobe, npr. putnici ili posada zadužena za održavanje broda.[2]

## 2.1. SVRHA RAZVOJA AUTONOMNIH BRODOVA

Svrha razvoja autonomije je zamjena ljudskog djelovanja koja bi trebala biti brža, sigurnija, preciznija, produktivnija i/ili jeftinija. U linijskom pomorskom prometu, brže u operativnom smislu ne mora se nužno odnositi na samu brzinu već na posljedice vezane za financije i uslužne dužnosti.[3]

Kao velika prednost uvođenja autonomnih brodova smatra se smanjenje ili potpuno izuzimanje ljudskog faktora iz havarija. Prema UK P&I klubu na ljudski faktor odnosi znatan udio isplaćenih potraživanja, Slika 2. prikazuje ljudski faktor u postotku kod pomorskih havarija. Više od 50% potraživanja koja su veća od 100 000 \$ imaju elemente ljudske pogreške. Nadalje na ljudski faktor se odnosi 83% svih sudara, 75% šteta na tuđoj imovini, 54% zagađenja mora i 46% se odnosi na odštete vezane za teret. U usporedbi s odštetama koje su povezane s tehničkim kvarove na njih se odnosi manje od 25% potraživanja. Klub je u periodu od 1987 do 2003 isplatio 1,5 milijardi \$, tj. 1,5 milijuna \$ na dnevnoj bazi. [4]



**Slika 2. Ljudski faktor u postotku kod pomorskih havarija [3]**

## 2.2 MUNIN I AAWA INICIJATIVE

Kao najveći pokretači razvoja autonomnih brodova mogu se smatrati **MUNIN** (Slika 3.) i **AAWA** inicijative. Obe inicijative su oko sebe okupile veliki broj kako sveučilišta tako i partnera iz pomorske industrije.

Projekt **MUNIN** odnosno pomorska besposadna navigacija kroz inteligentne mreže (engl. *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*) je kolaborativan razvojni program kojeg sufinancira Europska Unija kroz svoj sedmi okvirni program. Cilj **MUNIN-a** je razvoj i potvrđivanje raznih koncepata za autonomne brodove, koji su definirana kao plovila koja su vođena od strane brodskog sustava odlučivanja ali su kontrolirani od strane operatera koji se nalazi u obalnom kontrolnom centru. Pomorski transport unutar Europske Unije suočen je sa značajnim porastom količine tereta ako i sve većim ekološkim zahtjevima kao i predviđenom manjku pomoraca u budućnosti. Koncept autonomnih brodova omogućuje potencijalno savladavanje ovih izazova. Ovaj koncept omogućuje efikasnije kao i kompetitivnije brodske operacije kao i poboljšanje brodskih performansi. Nadalje pristup u kojemu pomorci rade s kopna nudi mogućnost da zanimanje postane društveno održivo čime se smanjuje vrijeme u kojem su pomorci odvojeni od svojih obitelji.[5]



**Slika 3. Logo MUNIN projekta [5]**

U samom projektu osim Europske Unije sudjeluje još osam partnera koji imaju znanstvenu ili industrijsku pozadinu koji se nalaze u Njemačkoj, Norveškoj, Švedskoj, Islandu i Irskoj. Sastav članova projekta osigurava potpunu pokrivenost svih područja istraživanja i razvoja. Također osim opširnog znanja vezanog uz pomorsku industriju projekt ima direktnu poveznicu s tržištem. Zbog visokog stupnja inovativnosti broj istraživačkih organizacija uključenih u razvoj veći je od broja partnera u industriji. Partneri zaduženi za istraživanja pokrivaju tehnički i poslovni dio kao i pravne aspekte. Partneri u industriji predstavljaju druga područja poslovanja te na taj način osiguravaju bližu povezanost sa zahtjevima tržišta.[5]

Partneri (Slika 4.) koji čine **MUNIN** su :

- *Fraunhofer Centre for Maritime Logistic and Services CML*, ovaj centar sa sjedištem na Hamburškom Sveučilištu Tehnologija u Njemačkoj bavi se istraživanjima za privatni i javni sektor u pomorskoj industriji, to uključuje luke, terminale, brodare kao i pružatelje logističkih usluga u svrhu rješavanja problema vezanih uz opskrbbni pomorski lanac. U svome radu Fraunhofer CML koristi posljednje znanstvene metode te koristi obilnu količinu podataka kao i inovativne načine modeliranja.
- *The Norwegian Marine Technology Research Institute (MARINTEK)* sa sjedištem u Trondheim-u Norveškoj. Institut se bavi istraživanjem i razvojem za tvrtke u području pomorskih tehnologije. **MARINTEK** je dio **SINTEF** grupe, ova grupa je najveća Europska samostalna istraživačka institucija. Pomorstvo i pomorska industrija su **MARINTEK** tradicionalno tržište gdje osim razvoja potvrđuje nova tehnološka rješenja, bavi se poslovanjem kao i konceptima pomorskog transporta, opreme, energije oceana i slično. S više od 70 godina iskustva u istraživanju i razvoju ovaj institut ima dugu tradiciju u Europskoj istraživačkoj suradnji.
- *Chalmers University of Technology* je izrazito progresivno sveučilište sa sjedištem u Ghothenburg-u u Švedskoj, poznat je kako lokalno tako i u svijetu po edukaciji, istraživanju i inovacijama sa širokim spektrom primjene. Odjel za pomorstvo i pomorske tehnologije na sveučilištu Chalmers vrši istraživanja i razvoj najnovijih tehnologija vezanih za navigaciju i propulziju brodova.
- *Hochschule Wismar – University of Applied Sciences Technology, Business and Design* sa sjedištem u Rostock-Warnemünde-u u Njemačkoj. Ovo sveučilište ima tradiciju u edukaciji pomorskog kadara kao i istraživanja dužu od 15 godina. Odjel za pomorske studije nudi programe za časnike palube i stroja, ti programi uključuju ekstenzivno korištenje simulatora.
- *aptomar AS* je Norveška tvrtka sa središtem u Trondheim-u koja je specijalizirana za pomorske senzorske sustave kao što su SECurus sustav. Sustav kombinira napredne stabilizirane infracrvene i digitalne kamere velikog dometa s posebnim elektronskim sustavom karata koji pruža neprocjenjivu dokumentiranu podršku u svrhu sigurnosti i nadzora na moru. Informacije s elektronskih karata preklapaju se s informacijama od više izvora te pružaju veliku razinu razumijevanja situacija te bolji odgovor na istu.

- *MarineSoft Entwicklungs- und Logistikgesellschaft mbH* sa sjedištem u Rostock-Warnemünde-u u Njemačkoj pružatelj je na svjetskoj razini raznih rješenja vezanih za softver u pomorstvu. Nude vrhunska rješenja u poljima simulacija pomorskih strojeva ili postrojenja, treninga korištenjem računala, informacijama i operacijskih sustava kao i konzultacijama. *MarineSoft* ima preko 20 godina iskustva u istraživanju i razvoju vezanom za pomorski sektor, uključeni su na projektima od državne i svjetske važnosti u preko 50 država.
- *Marorka ehf* sa sjedištem u Reykjavik na Islandu je vodeći pružatelj rješenja kod upravljanja energijom u svjetskoj pomorskoj industriji. Njihovi proizvodi i rješenja omogućavaju optimiziranje potrošnje goriva povećanjem efikasnosti brodova. Rezultat njihovog rada je smanjenje štetnih emisija i smanjene troškova. Tijekom godina istraživanjem i kontinuiranim razvojem sustava doprinijeli su najsveobuhvatnijem pomorskom sustavu upravljanja energijom, koji koriste brodovi diljem svijeta.
- *University College Cork* u Irskoj poznat je u svijetu bog svoga rada u polju prava. Pravni odjel na sveučilištu među prvima je u istraživanju prava i Irskoj, Europskoj Uniji pa i u svijetu. Prava područja kojima se bave su razna, a uključuju, ekološke pravne norme, ljudska prava, pomorsko pravo, poslovno pravo, komparativno pravo, ustavno pravo i pravna teorija. Projekti ovog sveučilišta provode se u kontekstu financiranja od strane Irske Vlade, Europske unije i njenih projekata kao i Svjetske banke.[5]



**Slika 4. Munin partneri [5]**

**AAWA** odnosno inicijativa za naprednu autonomnu pomorsku primjenu (engl. *Advance Autonomous Waterborne Applications Initiative*) okuplja oko sebe nekoliko sveučilišta te tvrtki vezanih uz pomorstvo. Projekt je započeo u ožujku 2015. godine. Cilj projekta je analiza izazova u raznim znanstvenim poljima vezan za pomorske operacije u kojima sudjeluju autonomni brodovi. Projekt se bavi razvojem autonomnih i daljinskih upravljanih operacija vezanih za vođenje plovidbe broda, stroja te svih ostalih brodskih sustava.

**AAWA** inicijativa je 6.6 milijuna € vrijedan projekt financiran od strane Tekes-a (Finske agencije za financiranje novih tehnologija inovacija), cilj inicijative je pronaći specifikacije i preliminarne dizajne za iduću generaciju naprednih rješenja za brodove. U projekt su uključeni osim sveučilišta, dizajneri brodova, proizvođači opreme, kao i klasifikacijska društva, te zajedno istražuju ekonomske, društvene, pravne, regulatorne i tehnološke faktore na koje treba obratiti pažnju kako bi projekt bio uspješan.[6]

U projekt su uključeni neki od vodećih Finskih akademskih istraživača s Tampere University of Technology; VTT Tehnical Research Center of Finland Ltd; Åbo Akademi University; Aalto University; the University of Turku. Također u projekt su uključeni vodeći sudionici u pomorskom prometu kao što su Rolls-Royce, DNV GL, Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries i ESL Shipping (Slika 5.). Da bi daljinski upravljani i autonomni brodovi postali realnost AAWA inicijativa postavlja niz važnih pitanja koja moraju biti odgovorena.

- Koje su tehnologije potrebna i kako ih je najbolje kombinirati da bi brod mogao samostalno ploviti miljama daleko od obale;
- Mogu li autonomni brodovi biti barem jednako sigurni kao postojeći brodovi, koji novi rizici će iz toga proizaći te kako se ti isti rizici mogu umanjiti;
- Koji su to faktori koji potiču brodare da ulože u autonomne brodove;
- Dali su autonomni brodovi legalni te koje odgovoran u slučaju havarije.[6]



**Slika 5. Članovi AAWA inicijative [6.]**



### 2.2.1. MUNIN razine autonomije i funkcionalne grupe unutar MUNIN-a

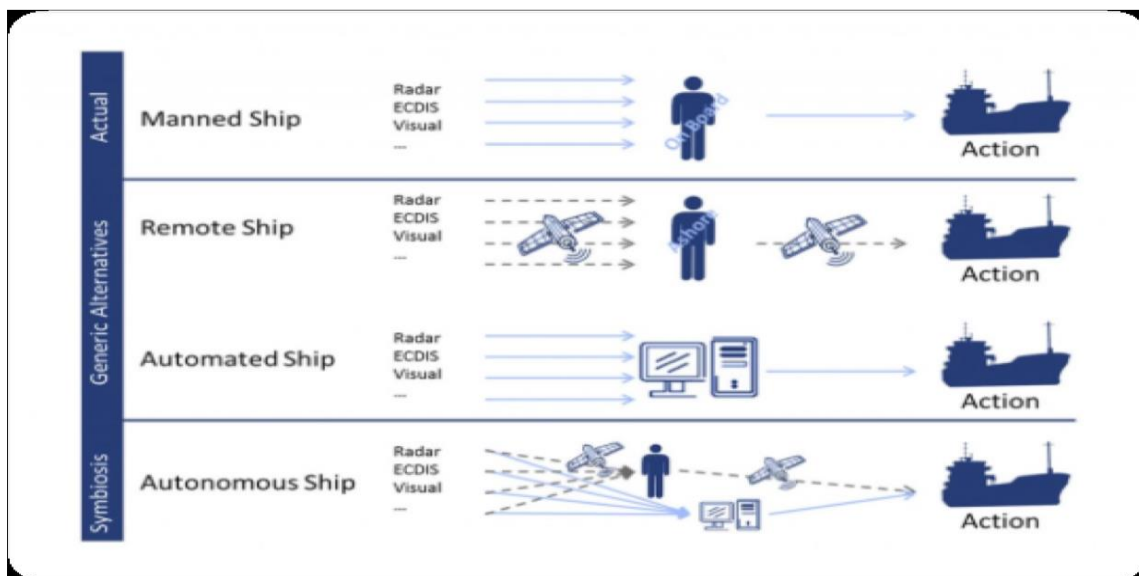
Prema MUNIN-u brodovi bez posade mogu se podijeliti na (Slika 6.) :

- daljinski upravljane brodove;
- automatizirane kontrolirane brodove;
- i autonomne brodove.

MUNIN za cilj ima razviti i potvrditi koncept autonomnog broda, koji je definiran kao brod koji za primarnu navigaciju koristi brodski sustav odlučivanja koji je upravlján od strane operatora iz kontrolne stanice na kopnu. Iz čega slijedi hibridni sustav autonomnog broda, koji je kombinacija dvije opće alternative:

- daljinski upravljani brodovi su upravljani od strane operatera koji se nalazi na udaljenoj lokaciji, u obliku kopnenog centra za upravljanje autonomnim brodovima koji ima bežičnu vezu s brodom, na istom mjesto pristižu podatci od radara, kamera i/ili satelitske slike i ostali podatci te se tamo pohranjuju i interpretiraju;
- na automatiziranim brodovima se nalaze napredni sustavi podrške pri odlučivanju koji pomažu pri odabiru optimalne odluke neovisno o intervenciji operatora s kopna. Takav brod je samo-navođen a navođenje će ovisiti o prethodno programiranim instrukcijama ili umjetnoj inteligenciji.[5]

Srž cijelog koncepta je brod, koji će biti bez posade barem u nekim dijelovima puta.



Slika 6. Podjela brodova prema MUNIN-u [5]

MUNIN brod dijeli u 8 glavnih tehničkih grupa, svaka sa svojim značajkama:

1. Općenito o brodu
2. Trup broda
3. Oprema za teret
4. Strojevi za manevriranje i oprema
5. Oprema za posadu i putnike
6. Glavne komponente strojarnice
7. Sustav za glavne komponente strojarnice
8. Brodski uobičajeni sustavi

Osim tehničkih grupa postoje i funkcionalne grupe, koje se dijele u 10 glavnih grupa i 40 podgrupa. Struktura funkcionalne grupe prikazana je u Tablici 1. Termin „Primjena“ odnosi si na to dali je ona primjenjiva na besposadne brodove (US), dali je primjenjiva kada je uključen operater (SCC) ili ako nije uopće primjenjiva na autonomne brodove (n/a).[7]

**Tablica 1. Funkcionalne grupe**

Glavna grupe	Podgrupe	Primjena	Opis
<b>0. Funkcije sustava</b>			
<b>0.1</b>	<b>Podatkovna veza s brodom</b>	US	Mogućnost nadzora i kontrole brod koristeći komunikacijske veze brod-obala, mogu biti glavne ili pomoćne.
<b>0.2</b>	<b>Brodski način rada</b>	US	Autonoman, sustav s upravljanim prekidanjem
<b>0.3</b>	<b>Pomorska komunikacija</b>	US	Komunikacija s drugim brodovima i obalom, npr. javljanje VTS.-u. Uključujući ažuriranje npr. MetOcean, NAVTEX, SafetyNet, AIS text,, GMDSS, ova komunikacija ne može biti korištena na automatiziranim brodovima .
<b>0.4</b>	<b>SCC način rada</b>	SCC	Otklanjanje nepravilnosti ili upoznavanje, način rada s detaljnom listom alarma.

<b>1. Upravljanje putovanjem</b>			
<b>1.1</b>	<b>Plan Putovanja</b>	SCC	Plan putovanja se održava ovisno o instrukcijama s obala, instrukcije uključuju luke ticanja kao i druge događaje.
<b>1.2</b>	<b>Navigacijske Informacije</b>	SCC	Prate se informacije veza za plovidbu, kao i nautičke publikacije, vremenska prognoza, tablice morskih mijena, peljara kao i potrebne pravne dokumentacije.
<b>1.3</b>	<b>Pozicija</b>	US	Određuje gdje se nalazi brod trenutno, te dali se nalazi na zadanoj ruti odnosno kolika su odstupanja ako postoje.
<b>1.4</b>	<b>Ekonomizacija</b>	US	Nadzire i procjenjuje operativne i ekonomske parametre putovanja, uključujući potrošnju goriva, moguća kašnjenja. Te donosi korektivne mjera.
<b>1.5</b>	<b>Potrošni materijal</b>	US	Nadzire količinu goriva, maziva i ostalih potrošnih materijala.
<b>2. Nautička promatranja</b>			
<b>2.1</b>	<b>Manevri</b>	US	Kontrola nad brodom kod prolaza nekim područjima da bi se nadoknadili vanjski čimbenici, kao vrijeme, prometna pravila i drugi objekti. Može uključivati i dinamičko pozicioniranje.
<b>2.2</b>	<b>Međudjelovanja</b>	US	Upravljanje međudjelovanjima s drugim brodovima, pilotom, tegljačima, pristanima, ustavama i slično.
<b>2.3</b>	<b>Protiv sudara</b>	US	Otkrivanje i izbjegavanje drugih objekata u blizini koji predstavljaju opasnost za brod. Korištenje COLREG-a gdje je primjenjiv.
<b>2.4</b>	<b>Protiv nasukavanja</b>	US	Izbjegavanje nasukavanja održavanjem sigurne udaljenosti u kanalima sa zadovoljavajućim gazom i dovoljnom udaljenosti od obale.

<b>2.5</b>	<b>Obilježja broda</b>	US	Održavanje podataka o krugu okreta broda, najvećoj brzini i slično.
<b>3. Motrenje</b>			
<b>3.1</b>	<b>Vrijeme</b>	US	Procjena vremena vezanih za okolišne čimbenike koji mogu utjecati na sposobnost izvršavanja plana putovanja ili manevriranja, uključujući npr. led.
<b>3.2</b>	<b>Vidljivost</b>	US	Procjena faktora koji utječu na mogućnost otkrivanja drugih brodova, objekata, valova, kopna, pomagala u navigaciji. Također povezano s funkcijama protiv sudara.
<b>3.3</b>	<b>Objekti</b>	US	Otkrivanje i promatranje objekata koji su važni za druge brodove i službe, kao što su opasni plutajući objekti, uređaji za spašavanje života, signalne buktinje, čovjek u moru i slično.
<b>3.4</b>	<b>Ponašanje broda</b>	US	Neophodne dinamičke informacije za vanjsku detekciju i klasifikaciju objekata. Pregib, udaranja i slično.
<b>3.5</b>	<b>Zvuk</b>	US	Vanjski mikrofoni.
<b>3.6</b>	<b>Ostali senzori</b>	US	Opći senzori i provjera dosljednosti senzora sustava.
<b>4. Sigurnost/hitni slučajevi</b>			
<b>4.1</b>	<b>Sigurnosna komunikacija</b>	US	Komunikacija veza za hitne slučajeve na vlastitom brodu; komunikacija s MRCC i brodovima, EPIRB-i, prijenosne radio stanice.
<b>4.2</b>	<b>Brodsko komunikacija</b>	n/a	Brodski sustav objavljivanja(PA), Generalni alarm(GA), UHF radioprijemnici.
<b>4.3</b>	<b>Upravljanje hitnim slučajevima</b>	n/a	Timovi za slučaj opasnosti, grupe u slučaju opasnosti kao što su vatra, dim, prva pomoć, uključujući i čovjek u moru(MOB) .
<b>4.4</b>	<b>Pripremljenost za hitne slučajeve</b>	n/a	Vježbe, uvježbavanje, održavanje brodske bolnice, prevencije vatre, patrole po brodu,

			aparati za spašavanje života, rute za bijeg, brodice za spašavanje i slično.
<b>4.5</b>	<b>Tehnička sigurnost</b>	US	Detekcija vatre, protupožarna vrata, vodonepropusna vrata, sustavi za gašenje požara.
<b>4.6</b>	<b>AOS</b>	n/a	Pružanje pomoći drugim brodovima ili osobama u opasnosti.
<b>4.7</b>	<b>Sidra</b>	US	Uporaba sidara u svrhu sigurnosti.
<b>5. Sigurnost</b>			
<b>5.1</b>	<b>ISPS</b>	US	Promatranje pristupa brodu i međudjelovanje s entitetima koji mogu ugroziti brodski ISPS status.
<b>5.2</b>	<b>Brodsko sigurnost</b>	US	Kontrola pristupa za posadu i putnike, mrežni vatrozidovi i zaštita podataka.
<b>5.3</b>	<b>Protu-piratska sigurnost</b>	US	Promatranje i kontrola kod pokušaja ukrcaja ili ometanja brodskih operacija
<b>5.4</b>	<b>CCTV</b>	US	Korištenje brodskog sustava nadzora kamerama za inspekciju ili dijagnostiku sustava
<b>6. Održavanje sustava za život ljudi na brodu</b>			
<b>6.1</b>	<b>Putnici</b>	n/a	Nadzor i rukovođenje putnika na brodu te usluga za njih.
<b>6.2</b>	<b>Životna podrška</b>	n/a	Održavanje dobrih radnih i životnih uvjeta za posadu i putnike . Ventilacija, grijanje, struja, crne/sive vode, pitka voda, zalihe.
<b>7. Teret/stabilitet/čvrstoća broda</b>			
<b>7.1</b>	<b>Stabilitet</b>	US	Otkrivanje opasnosti i održavanje trima i stabiliteta broda.
<b>7.2</b>	<b>Integritet</b>	US	Nadgledanje i održavanje integriteta broda, uključujući brodsku čvrstoću i integritet kad je oštećen. Nadgledanje i upravljanje grotlima i vratima

<b>7.3</b>	<b>Ukrcaj i iskrcaj</b>	n/a	Nadgledanje i upravljanje ukrcajem, slaganjem, osiguravanjem i iskrcajem tereta.
<b>7.4</b>	<b>Upravljanje pogonskim gorivom</b>	US	Nadgledanje i upravljanje pogonskim gorivom i tankovima pogonskog goriva.
<b>7.5</b>	<b>Stanje tereta</b>	US	Promatranje i kontrola stanja tereta u svrhu sigurnog transporta za vrijeme putovanja .
<b>7.6</b>	<b>Prevenција zagađenja</b>	US	Promatranje i kontrola broskog tereta i zalih da bi se izbjeglo moguće zagađenje, uključujući balastne vode. Rukovanje opasnim ili otrovnim tvarima na siguran način.
<b>8. Nadzor tehničkih sustava</b>			
<b>8.1.</b>	<b>Okoliš</b>	US	Nadgledanje i optimiziranje utjecaja broda na okoliš od strane energetske sustava, trupa broda, emisija u rak i more te kada je primjenjivo i emisija zvuka.
<b>8.2</b>	<b>Propulzija</b>	US	Održavanje funkcije propulzije i efikasnosti baziranoj na dostupnoj snazi motora
<b>8.3</b>	<b>Glavna energija</b>	US	Proizvodnja potrebne energije na osovina vijka i generatora
<b>8.4</b>	<b>Električni</b>	US	Pretvaranje i distribucija električne energije od generatora do drugih sustava
<b>8.5</b>	<b>Ostali sustavi</b>	US	Kontrola i upravljanje kotlovima, incineratorima i ostalim tehničkim sustavima koji nisu drugdje spomenuti.
<b>8.6</b>	<b>Oprema trupa broda</b>	US	Pristup, liftovi, skale i slično.
<b>9. Posebne funkcije broda</b>			
<b>9.1</b>	<b>Ostalo</b>	n/a	Ovaj dio će biti proširen za posebne brodove kao što su tegljači, brodovi za produbljivanje kanale, brodove za polaganje kabel/cjevovoda i slično

<b>10. Administrativni</b>			
<b>10.1</b>	<b>Administrativna komunikacija</b>	SCC	Komunikacija s vlasnikom broda, unajmiteljem, vlasnikom tereta, lukama i agentima, tvrtkama koje daju instrukcije ili ažurirane podatke brodu.
<b>10.2</b>	<b>Upravljanje posadom</b>	SCC	Odabir optimalnog broja posade s obzirom na broj zadataka i vještine posade
<b>10.3</b>	<b>Dnevnik</b>	US	Održavanje obveznih dnevnika vezanih za poduzete aktivnosti na brodu
<b>10.4</b>	<b>Obvezna izvještavanja</b>	SCC	Slanje obveznih izvještaja brodskom sustavu izvještavanja, vlastima u lukama i ostalim entitetima
<b>10.5</b>	<b>Dokumenti</b>	SCC	Održavanje ne-nautičkih brodskih dokumenata ažurnima: certifikati, ISM dokumenti, manuali i slično

### **2.2.2. Razine autonomije AAWA inicijative**

Postoji veći broj kako se može definirati autonomija i inteligencija nekog stroja u literaturi. Razine autonomije (engl. *Levels of Autonomy - LOA*) se često koriste kako bi se opisala razina do koje stroj može djelovati samostalno. Najpoznatiji opis razina autonomije je onaj Thomas-a Sheridan-a (Tablica 2.). Sheridan-ova podjela uključuje niz definicija od stroja koji je u potpunosti kontroliran od operatera do strojeva koji su potpuno autonomni i ne zahtijevaju input od operatera da bi nastavili svoje aktivnosti.

**Tablica 2. Sheridan-ova tablica razina autonomije**

Razina	Opis
10	Računalo sve samostalno radi, ignorira operatera
9	Računalo informira operatera samo ako je tako odlučilo (računalo)
8	Računalo informira operatera isključivo na zahtjev operatera
7	Računalo izvršava aktivnosti automatski, kada je to potrebno informira operatera
6	Računalo dopušta operateru određeno vrijeme veta prije izvršenja automatske aktivnosti
5	Računalo izvršava preporučenu aktivnost ako je operater odobri
4	Računalo preporučuje jednu alternativu
3	Računalo sužuje izbor alternativa na nekolicinu
2	Računalo nudi kompletan set alternativnih odluka
1	Računalo ne pruža nikakvu vrstu podrške, operater donosi sve odluke i aktivnosti

Razne varijante na ovaj tip podjele obuhvaćene su razvojem unutar AAWA projekta. Ovakva podjela razina autonomije neće biti primjenjiva na sve sustave ali će biti korisna u primjeni kod podsustava autonomnih brodova.

Ova podjela relevantna je kod autonomnih brodova, jer ponašanje ovih brodova i potrebna interakcija od strane operatera ovisit će o stanju broda i pod-zadataka koje izvršava. Ovakav tip „prilagodljive“ ili „dinamične“ autonomije je koncept koji se često spominje u kontekstu robota koji mogu izvršavati neke zadaće ovisno o limitima koji su dani kada je u pitanju samostalno donošenje odluka. Robot će bez problema izvršavati jednostavne zadatke samostalno, ali ako ti zadatci postaju kompleksniji doći će do povećanja interakcije između robota i operatera.

Daljinski upravljani brodovi pratit će ovaj tip dinamičke autonomije ovisno o stanju broda ili aktivnosti koja se izvršava. U nekim slučajevima, kao što je navigacija otvorenim morem, brod može biti u potpunosti autonoman, dok u onim dijelovima gdje je potreban nadzor i/ ili odlučivanje odnosno upravljanje od strane operatera.[6]



## 2.3. ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA AUTONOMNIH BRODOVA

Martin Stopford podijelio je troškove broda u više elemenata:

- Godišnji kapitalni trošak;
- Godišnje periodično održavanje;
- Godišnji troškovi manipuliranja teretom;
- Godišnji troškovi putovanja;
- Godišnji operativni troškovi.

Godišnji kapitalni troškovi su drugačija vrsta troška te se razlikuju od ostalih, ovi troškovi se distribuiraju kroz strukturirana plaćanja prema brodogradilištima ili bankama, nakon što je brod završen ovi troškovi više ne utječu na performanse broda. U slučaju autonomnih brodova teško je procijeniti koliko će se kapitalni trošak mijenjati. Troškovi periodičnog održavanja odnose se na troškove dokovanja broda i pregleda. Ovi troškovi su periodični te su unaprijed poznati, ali postoje situacija kada dokovanje nije dobro obavljeno tada može doći do padanja performansi broda. Troškovi manipuliranja teretom odnose se na trošak ukrcaja i iskrcaj tereta te naknade za štete na teretu. Troškovi putovanja iznose oko 40% svih troškova te su drugi najveći pojedinačni element nakon kapitalnih troškova. Najveći dio troškova putovanja otpada na pogonsko gorivo koje čini 50% troškova. Lučki troškovi, tegljači, pilotaža i troškovi prolaza kanalima sačinjavaju drugih 50%. Kod linijskog prijevoza morem, raspored i smanjeni troškovi goriva su glavni faktori koji utječu na potrošnju goriva. S obzirom na to da cijene goriva mogu znatno fluktuirati analiza ovog troška nije lako primjenjiva za kvalitetnu analizu kod autonomnih brodova. Operativni troškovi uključuju posadu, zalihe, održavanje i popravke, koji nisu dio dokovanja osiguranja i administrativnih troškova. Operativni troškovi su element koji se može znatno mijenjati te ga stoga treba pažljivo promatrati u budućnosti. Unutar operativnih troškova, posada, zalihe te popravci i održavanje zajedno predstavljaju oko 60% godišnjih operativnih troškova. [9]

Adar Granot u svome radu (2016) dolazi do zaključka da kontejnerski brodovi od 10000-12000 TEU mogu imati dnevnu uštedu od 1.113 \$ što je na godišnjoj bazi nevjerovatnih 4.063.545 \$, a u njegovom istraživanju brodovi s tim kapacitetom su rezultirali najmanjim postotkom uštede.[3]

### 2.3.1 Troškovi autonomnih brodova na dugim putovanjima

Kao i u prethodnom poglavlju korišteni će biti podatci iz rada Adar-a Granot-a vezani za uštede koje su povezane uz autonomne brodove na dugim putovanjima. Osim financijskih promjena doći će do promjena vezanih uz procese na brodu, u ovom konkretnom slučaju na kontejnerskom brodu (Tablica 3.). također proces su podijeljeni na procese koji se odvijaju na samom brodu kao i procese od strane treće strane kao i procesi koji su uklonjeni. Također podijeljeni su na procese koji su automatizirani i one koji zahtijevaju promjenu sustava.

**Tablica 3. Procesi autonomnih brodova na dugim putovanjima**

Unutar brodski proces	
Navigacijske aktivnosti	Održavanje
Držanje straže (Operater)	Paluba
Usmjeravanje (Operater)	Čišćenje od hrđe te nanošenje zaštite-dnevno
Određivanje pozicije broda (Automatsko)	Struktura-planirano, dnevna, tjedna, kvartalna, polugodišnja, godišnja
Vremenske prognoze (Automatske)	Održavanje grotla-planirano
Izbjegavanje sudara (Automatski + operater)	Provjera osiguranja kontejnera-održavanje kvarova
Nadzor strojarnice (Automatski)	Provjera osiguranja- održavanje kvarova
Balastiranje/Debalastiranje (Automatski)	Provjera teretnih prostora
Promjena balastnih voda(Automatski)	Stroj
Popunjavanje broskog dnevnika(Automatski)	Planirano održavanje sustava ovisno o radnim satima
Preliminarni plan tereta(Automatski)	Održavanje protupožarnog sustava
	Održavanje instalacija CO <sub>2</sub> protupožarnog sustava
	Briga o teretu-životinje, osiguranja, temperatura
Automatizirani proces	Procesi koji zahtijevaju promjenu dizajna sustava

Procesi prema trećoj strani	Procesi koji su uklonjeni
Dokumenti	Održavanje karata
12 sati javljanje luci prije dolaska (automatski)	Tjedne vježbe
6 sati javljanje luci prije dolaska (automatski)	Kuhanje
2 sati javljanje luci prije dolaska (automatski)	Čišćenje
96/72/48/24 sati javljanje luci prije dolaska (automatski)	Povjere vezane za zdravstveno stanje i higijenu na brodu
Razina maziva, pogonskog goriva, potrebnih rezervnih materijala, stanje posade (automatski agentu)	Pripreme vezane za isplatu plaća posadi
Komercijalni	Izvješće o alkoholu
Carinjenje (odjel na kopnu)	Izvješće o radnim satima i satima odmora
	Izvješće o vježbama
	Odabir najpovoljnije rute
	Procijenjeno vrijeme dolaska, stanje tereta
	Održavanje brodica za spašavanje

### 3. BUDUĆNOST AUTONOMNIH BRODOVA

Kad se govori o budućnosti autonomnih brodova u prvi plan se ističe smanjenje odnosno uklanjanje posade s broda. Osim tehnoloških poboljšanja u vidu bolji sustava nadzora ili senzora koji će operateru dati bolju sliku okoline broda kojeg nadzire, računa se vodi i o inovacijama vezanih za brodove kao takve.

**MUNIN** projekt bavi se budućnosti autonomnih brodova na način da redefinira kako izgled tako i pogonsko gorivo novih brodova, kao i neke nove principe rada tih brodova. Prema projektu **MUNIN**, prijedlozi vezani za budući izgled brodova mogu se podijeliti u tri kategorije:

- novi oblik trupa broda, koji nema nastambe za posade te drugačija konstrukcija nadgrađa s obzirom na to da više neće biti potrebe za prostorima s kojih je posada promatrala okolinu (lastavice),
- uvođenje novih goriva s obzirom na sveukupno smanjenje potreba za energijom na brodu, što uključuje i goriva koja će se koristiti za cijelo vrijeme putovanja i manevra brodom. Ovo uključuje i prirodni plin (engl. *Liquefied Natural Gas* - LNG) koji ne predstavlja nikakvu opasnost po okolinu osim efekta staklenika i
- alternativni načini rada, npr. transport baržama, gdje su stroj i teret dva različita entiteta (npr. entitet koji upravlja strojem odrađuje dio dolaska i odlaska te način plovidbe konvoja kod kojeg jedan entitet upravlja s više njih).

Izdržljivost broda na dugim putovanjima kao i nemogućnost korektivnih radnji na brodu za vrijeme putovanja zahtjeva sustav s niskim zahtjevima za održavanje. Ovakav sustav se može postići smanjenjem broja i kompleksnosti onih brodskih sustava koji nisu pouzdani bez kontinuiranog održavanja. Ti uključuje i uklanjanje prostora za smještaj posade kao i svih sustava bitnih za kvalitetu života posade, možda će uključivati i operacije bez balasta kako bi se uklonio problem s pumpama i balastiranjem, također postoji potreba za upotrebom boljih premaza na trupu broda.

Dizel – električna propulzija, s generatorima i motorima koji se nalaze na palubi u kontejnerima koji su lako zamjenjivi, je zanimljiv koncept. Međutim, današnji generatori su značajno manje učinkovitosti od velikih dvotaktnih dizel motora. To može predstavljati

problem kod troškova za gorivo kod preookeanskih brodova. Uvođenje ovakvog koncepta za pogon brodova može smanjiti kapitalne troškove broda ovisno kako se primjeni. Također i operativni troškovi bi trebali biti značajno manji. Brodovi koji ne koriste balast su koncept koji razvija DNV-GL (Det Norske Veritas i Germanischer Lloyd). Koncept brod imena Quantum je kontejnerski brod kapaciteta 6200 TEU-a, brod je relativno širok u usporedbi s brodovima sličnog ili istog kapaciteta, razlog tome je smanjenje potrebe za balastiranjem za vrijeme putovanja. Međutim, balastiranje je i dalje potrebno, posebno za vrijeme ukrcaja odnosno iskrcaja radi održavanja željenog trima broda koje nije moguće bez balastnih tankova.

Potreba da se teško pogonsko gorivo (HFO) obrađuje na brodu kao i prebacivanje stroja s teškog na lakše gorivo (MGO) za vrijeme manevra u lukama predstavlja izazov kod korištenja ovog tipa goriva na autonomnim brodovima. Sustav pogona na teško gorivo je sam po sebi kompleksan te nije pouzdan bez neposrednog održavanja od strane posade, ovakav sustav pogona je potrebno mijenjati osim ako ne dođe do razvoja pouzdanijeg sustava koji ne zahtijeva previše održavanja. Kao jedno o mogućih rješenja za pogonsko gorivo može biti prirodni plin (LNG) koji ima niske emisije te ne zahtijeva održavanje sustava izgaranja [9].

**AAWA** inicijativa predviđa da će prvi lokalno daljinski upravljani brodovi biti u eksploataciji do 2020 godine. Daljnji razvoj podijeljeni su dvije faze. Prva faza uključuje:

- Razvoj i testiranje specifičnih tehnoloških rješenja a autonomne operacije koristeći simulatore kao i testiranja na moru u raznim vremenskim uvjetima;
- istraživanje da bi se razumjeli novi rizici kao i oni koji se mijenjaju koji dolaze kao posljedica novih tehnologija, istraživanja se rade na temelju iskustava pomorske industrije u sistematičnom i sveobuhvatnom procjenjivanju rizika kao i razvoju novih pristupa;
- istraživanje pravnih prepreka vezanih za gradnju i upravljanje demonstracijskog broda na državnoj razini kao i razmatranje prigodnih promjena na razini IMO-a. Potrebni su napor na svim regulatornim razinama kako bi daljinski upravljani i autonomni brodovi postali stvarnost.

Ishod prve faze bit će tehnički, pravni i sigurnosni okvir za sveobuhvatni demonstracijski brod. Iduća faza za cilj ima gradnju komercijalnog demonstracijskog broda. Objedinjavanjem

„pametnih“ tehnologija na postojećim brodovima prvi je korak na putu prema potpuno autonomnom brodu. Rolls Royce (Slika 7.) predviđa prvu fazu u kojoj su brodovi lokalno upravljanje do 2020. godine. Do 2025 predviđena je plovidba daljinski upravljanih brodova u stranim morima. Zadnja faza trebala bi nastupiti 2030 kada bi preoceanski autonomni brodovi trebali biti uobičajen prizor na moru, a kako vrijeme bude prolazilo ti brodovi će postajati sve inteligentniji i u te će bez poteškoća izvoditi napredne zadaće autonomno [10].



**Slika 7. Faze razvoja autonomnih brodova [6]**

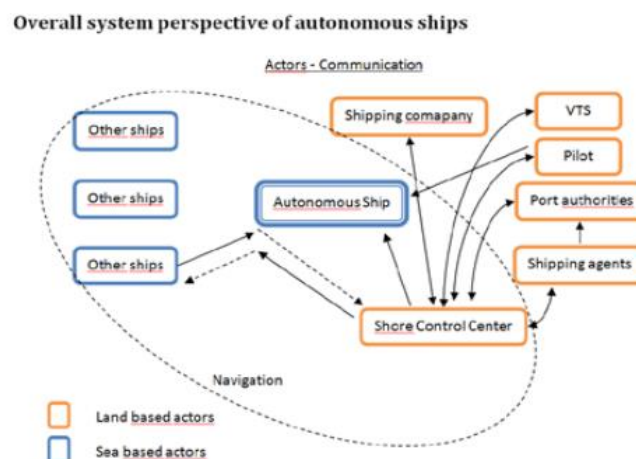
### 3.1. OBALNI UPRAVLJAČKI CENTRI (SCC)

Autonomni sustavi koegzistirati, među djelovati i komunicirati sa sustavima kojima upravlja operater te okruženjem u kojem se brod nalazi. Autonomne operacije zahtijevaju programirane planove putovanja, navigaciju i sustav za izbjegavanje sudara, svi ovi sustavi trebaju biti nadzirani od strane obalnog upravljačkog centra (engl. *Shore Control Center - SCC*). Brodski autonomni sustavi moraju biti upoznati s međunarodnim pravilima za izbjegavanje sudara na moru (**COLREG**), osim poznavanja sustav treba prepoznati u kakvoj se situaciji nalazi te shodno tome poduzeti određene korake, npr. pri smanjenoj vidljivost smanjiti brzinu. **SCC** može biti povezan s brodom koristeći se bilo kojom dostupnom komunikacijskom tehnologijom (npr. GSM, WiMax, VHF ili satelitima). **SCC** šalje planove putovanja kao i ažurirane podatke vezane za plovidbu autonomnom brodu, te ga nadgleda ako brod koristi upravljač autonomnog broda (engl. *Autonomous Ship Controller - ASC*) za vrijeme putovanja. **ASC** se sastoji od autonomnog navigacijskog sustava (engl. *Autonomous Navigation System - ANS*) i sustava autonomnog nadzora i upravljanja strojem (engl. *Autonomous Engine and Monitoring and Control - AEMC*). Ovi sustavi samostalno će donositi navigacijske odluke

te će sve bitne podatke vezane za stroj i navigaciju slati u **SCC**, podatci koji se šalju dobiveni su iz brodskih senzora, te se isti uspoređuju s parametrima plovidbenog puta koji su programirani prije puta. **SCC** operator mora biti sposoban dovoljno brzo identificirati nepravilnosti u radu sustava, kao i neočekivane prijetnje i greške te ih dalje prenijeti ostalim sudionicima u radu **SCC**-a. Stoga je potrebno razviti novo sučelje operater-brod (engl. *Human-Machine Interface* - **HMI**), novo sučelje bi pospješilo znanje i mogućnosti operatera u dobivanju i održavanju svijesti o tome gdje se brod nalazi te da bude „u toku“ da lakše može donositi potrebne odluke u svrhu sigurne, besposadne i autonomne plovidbe.[11]

### 3.1.1. Odnos obalnog upravljačkog centra i autonomnih brodova

**SCC** je potpuno novi entitet u domeni pomorskog prometa. **SCC** bi mogao upravljati jednim ili više brodova. Oni mogu biti zamišljeni i kao službeni entiteti koji povezuju lučke vlasti ili **VTS** centre ili kao nova poslovna prilika za sve pomorce koji traže posao bliže domu i obitelji. **SCC** bi mogle osnovati i tvrtke koje se bave tradicionalnim upravljanjem u pomorstvu te na taj način upravljati vlastitom flotom brodova, također u **SCC**-u priliku za posao mogu pronaći i časnici stroja kao i piloti ako je **SCC** specijaliziran za navigaciju opasnim područjima koja zahtijevaju pilota. **SCC** može upravljati brodom za vrijeme cijelog putovanja ili za određeno vrijeme putovanja. Postoje i načini rada u kojem se **SCC**-i izmjenjuju u toku putovanja broda u svrhu da brodom upravlja onaj centar kod kojeg je još dan da bi se izbjegao rad u noćnim smjenama te na taj način smanjila mogućnost od havarija. Slika 8 prikazuje konceptualni prikaz tehničko-društvenog sustava **SCC**-a.[11]



Slika 8. Konceptualni prikaz SCC-a [11]

### 3.1.2. Od brodska komunikacija

Uspostavljanje kontrole nad autonomnim brodom od strane operatera treba biti omogućena u onim situacijama kada brod ne može ili ne smije samostalno donositi odluke. Sustav svjesnosti o situaciji zahtjeva stabilnu vezu za prijenos podataka prikupljenih brodskim sensorima. Zbog ograničenja nekih uređaja (sateliti na otvorenom moru) ista propusnost podataka neće biti jednaka cijelo vrijeme. Metodički treba smanjiti obujam podataka koje se šalju s broda na one koje su prijeko potrebne operatoru da može procijeniti situaciju u kojoj se brod nalazi. Također treba uzeti u obzir i sigurnost podataka koji se primaju i odašilju kao i pouzdanost same veze te treba uzeti u obzir korištenje više alternativnih načina komunikacije (sateliti, VHF, 4G) ovisno o njihovoj dostupnosti i performansama.

Prijenos HD snimke s broda do obale u kontrolni centar nije potreban cijelo vrijeme. Njihovo korištenje ovisit će u slučajevima kada se dogodi nešto neočekivano što zahtjeva pozornost obalnog kontrolnog centra. Količina podataka koja se prenosi rasti će s vremenom dodavanjem senzora, najveći utjecaj na povećanje podataka imat će senzori s kamerama visoke razlučivosti. Do sada se za daljinski nadzor kod niske propusnosti koristilo više načina prijenosa, smanjivao se broj slika po sekundi, smanjivala se razlučivost slike ili se sam video komprimirao. Također moguće je da se količina podataka dodatno smanji sustav situacijske svijesnosti može sam izvući one podatke koji su za operatera najbitniji da bi se jasno razumjela situacija u kojoj se brod nalazi.

Na otvorenom moru glavni način komuniciranja između broda i obale bit će preko satelita, međutim satelitska komunikacija može biti prekinuta zbog loših vremenskih uvjeta. Najvjerojatnije je da će se koristiti kombinacija više frekvencijskih pojasa, kao što su Ka pojas (više od 20 GHz) i L pojas (1 do 2 GHz). Ka pojas nije prikladan za korištenje u nepogodnim vremenskim uvjetima, dok L pojas nije toliko osjetljiv na vremenske prilike, njihova kombinacija je već implementirana u Inmarsat Global Express sustavu. Korištenjem ovog Inmarsat sustava smanjujemo mogućnost potpunog gubitka veze, međutim treba uzeti u obzir manji kapacitet prijenosa podataka koje nudi L pojas te se na njega treba oslanjati tek onda kad veza Ka pojasom nije stabilna [6].



### 3.2. REDUNDANCIJA KOD AUTONOMNIH BRODOVA

Redundancija je nešto na čemu će najviše inzistirati osiguravajuća društva, osiguravajuća društva zahtijevaju da brodovi budu u potpunosti redundantni na svim razinama za određeni broj sati. Međutim, redundancija nije tu samo da bi se zadovoljila osiguravajuća društva.

**MUNIN** sustav je sustav koji upozorava kada redundancija padne za jednu razinu, npr. sa zelene na žutu razinu. Moguće je da dva prikaza radarske slike neće biti dovoljna. Stoga bi mogla postojati potreba za četiri međusobno neovisna prikaza radarske slike. Kod takvog sustava ako jedan sustav prikaza otkáže, tri sustava će nastaviti s radom te će razina i dalje biti zelena. Ako dođe do otkazivanja još jednog sustava radara razina sustava pada na žutu razinu. Kada je ostao samo jedan, tada više nema redundancije te sustav ide na crvenu razinu.

ReVolt projekt kojeg vodi **DNV-GL** bavi se redundantnim sustavima, obzirom na njihovu viziju potpune automatizacije. Prostorije s baterijama su podijeljene u dvije te zahtijevaju malo ili ništa održavanja za propulziju baterijama. Kod svih senzora zahtijevat će se ugrađena redundancija, jer se operator ne može isključivo oslanjati na jedan senzor u navigaciji. Autonomnim brodovima je potrebna redundancija, jer nema posade na brodu. Na konvencijalnom brodu časnik palube je vrsta redundancije, isto vrijedi i za časnike stroja, jer ako dođe do otkazivanja dijela sustava časnik stroja je prisutan te vrši popravak.[12]

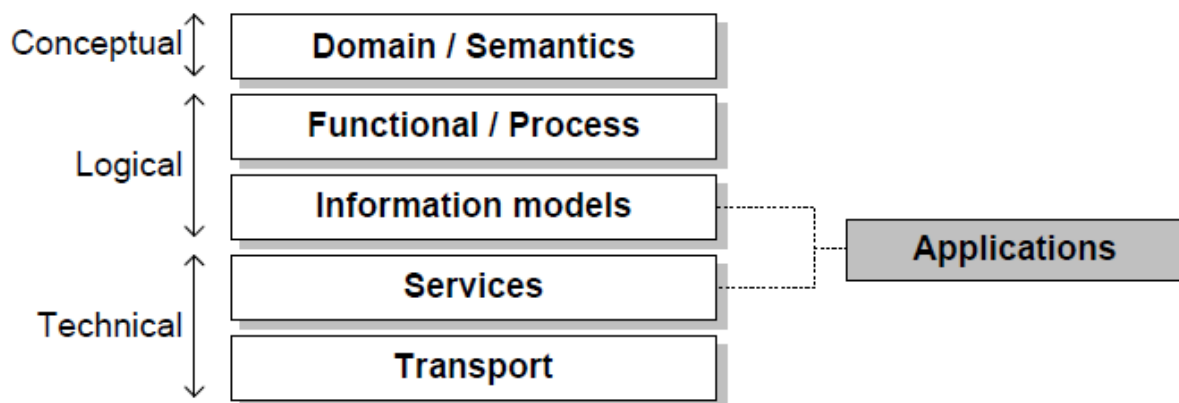
U svom izvješću 2014. godine Europska agencija za pomorsku sigurnost (engl. *European Maritime Safety Agency* -EMSA) navodi da je gubitak kontrole, koji je uobičajena posljedica otkazivanja porivnog stroja odgovorna za 27% od 781 ukupnih incidenata. Ova brojka pruža u uvid u potencijalni problem vezan za autonomne brodove bez posade.

Redundancija podrazumijeva dupliranje ključnih sustava na način da otkazivanje jednog sustava nikako ne može utjecati na drugi sustav. U praktičnom smislu to znači da bi svi ključni elektronski sustavi trebali biti poduplani, kao i propulzijski sustavi i sustavi distribucije električne energije. Moguće je da bi posljedice visoke razine redundancije na brodovima povećalo kapitalni trošak kao veće operativne troškove. Potonji faktor će ovisiti o vrsti broda i njegovoj namjeni jer već sada postoje posebne vrste brodova s visoko redundantnim sustavima.[9]

### 3.3. MITS

Pomorski inteligentni transportni sustav (engl. *Maritime intelligent transport system - MITS*) je osnovica arhitekture sustava za autonomne brodove. Arhitektura kao koncept ima različita značenja unutar domene informacijskih tehnologija. Prema *ISO 10746-2 (1996)*, arhitektura informacijskih tehnologija je komplet pravila koja definiraju strukturu sustava i među veze između dijelova sustava.

**MITS** arhitektura prihvaćena je i od strane **MUNIN**-a. Slika 9. prikazuje predloženi komponente arhitekture, ona predlaže razmjenu informacija unutar pomorskog prometa te uključuje elemente od e-Navigacijske strategije (IMO 2013) kao i prijedlog Europske Unije vezan za e-Pomorstvo.



**Slika 9. Komponente MITS arhitekture [13]**

Svrha razvoja **MITS** arhitekture je međunarodna priroda transporta tereta morem te uspostava standarda za izmjenu informacija da bi se poboljšala efikasnost, smanjile emisije stakleničkih plinova te poboljšala sveukupna sigurnost na moru. [13]

## 4. AUTONOMNI BRODOVI I ODGOVORNOST

Pomorstvo, kao i svaki drugi oblik poslovanja, nije bez rizika. Stoga, bitno je da se sve strane s izravnim interesima vezanim za pomorstvo znaju sve moguće rizike. Ovo posebno vrijedi za brodovlasnike. Posjedovanje broda dolazi s određenim odgovornostima. Većinu vremena, odgovornosti su navedene detaljno u ugovorima. Ugovorna odgovornost će odrediti odgovornost svake ugovorne stranke.

Autonomni brodovi bit će opremljeni naprednim sustavima za dinamičko pozicioniranje i navigaciju bez ljudskog utjecaja. U slučaju šteta na teretu, vlasnik autonomnog broda mora dokazati da je šteta nastala na teretu vezana za uzroke koji su dio klauzule o izuzećima. Kvar sustava koji je postavljen na brodu vrlo je teško povezati s navigacijskom pogreškom. Stoga, smatrati ti će se tehničkim kvarom broda. Tehnički kvarovi autonomnih brodova neće pripadati klauzuli o izuzećima o odgovornosti, te se brodovlasnik autonomnog broda stavlja u nepovoljniji položaju u odnosu na brodovlasnika konvencionalnog broda. Očito je, ako su napredni sustavi dobro napravljeni, autonomni brodovi bit će najsigurniji brodovi sa 100% manje rizika ljudske pogreške. Međutim, to nije u potpunosti moguće jer su svi sustavi osmišljeni od čovjeka. Također, postoji mogućnost da je sustav projektiran pogrešno, jer projektant nije predvidio određene moguće događaje.

Zamjena određenih djelatnosti na brodu novom tehnologijom je normalan trend posljednjih desetljeća, kao na primjer implementacija radarskih i GPS sustava. Ovi sustavi su uvedeni kako bi se pomorstvo učinilo pouzdanijem te da bi se smanjio utjecaja ljudskog faktora na brodu i u plovidbi. Međutim, uvođenje novih tehnologija ne znači da brodovlasnik ima manju odgovornost. Odgovornost brodara je ulagati u naprednu tehnologiju s obzirom na ekonomske dobitke vezane za smanjenje posade.

Ograničenje od odgovornosti je uobičajena karakteristika u kontekstu pomorske odgovornosti bez obzira na striktnu odgovornost zbog greške. Ograničenje vezana za količinu štete koju je izazvao autonomni brod bit će ista kao da je štetu izazvao drugi konvencionalni brod prema trenutnim primjenjivim pomorskim konvencijama. Zbog činjenica da se šteta ne može u potpunosti nadoknaditi zbog ograničenja od odgovornosti, postoji mogućnost da oštećene stranke potražuju odštetu od drugih uključenih stranaka. Brodogradilišta se mogu

pozvati na odgovornost zbog nemarnosti kod projektiranja i gradnje autonomnog broda. Gradnja broda uključuje više stranaka, koje uključuju brodogradilište, više različitih proizvođača opreme kao i tvrtki specijaliziranih za razvoj sustava. Osim brodograditelja, klasifikacijska društva koja odobre projekt autonomnog broda također se mogu pozvati na odgovornost. Relevantni dionici u pomorskoj industriji se uvelike oslanjaju na certifikate koje izdaju klasifikacijska društva te ih smatraju garancijom da je brod sposoban za plovidbu, certifikati su bitan element kod ugovaranja pomorskih osiguranja. Ako klasifikacijsko društvo izda certifikat autonomnom brodu, kvaliteta autonomnog broda mora biti visoka. Stoga, ako dođe do štete, oštećene stranke mogu tražiti odštetu od klasifikacijskih društava. [14]

#### 4.1. AUTONOMNI BRODOVI I COLREG

Autonomni brodovi kao takvi ne spominju se u Međunarodnim pravilima o izbjegavanju sudara na moru **COLREG** (engl. *The International Regulations for Preventing Collisions at Sea*). S obzirom na to da će autonomni brodovi ploviti u istim morima kao i konvencionalni brodovi potrebno je da i autonomni brod prati navigacijska pravila.

Pravilo jedan **COLREG**-a navodi da su sva plovila na moru ili vodama s kojima su povezani dužna biti u skladu s ovim pravilima. To znači da svi brodovi koji se nalaze u područjima koja nisu pod jurisdikcijom država moraju biti u skladu s pravilima. Unutar nekih država, može biti dodatnih lokalnih pravila kao dodatak **COLREG**-u, ali u osnovi su isti. Stoga je teško raspravljati protiv činjenice da se **COLREG** odnosi i na autonomne brodove.

Drugo pravilo propisuje da ništa što je propisano ovim pravilima ne može osloboditi brod ili brodarku, zapovjednika ili njegovu posadu od posljedica bilo kojeg propusta u primjeni ovih pravila, ili u pogledu mjera opreza što ih zahtjeva uobičajeno iskustvo pomoraca ili posebne okolnosti slučaja.

Pri tumačenju i primjeni ovih pravila treba imati u vidu sve opasnosti plovidbe i sudara i posebne okolnosti uključujući i ograničenja samih brodova, koje mogu zahtijevati da se odstupi od ovih pravila da bi se izbjegla neposredna opasnost. Drugo pravilo za sobom provlači nova dodatna pitanja vezana za **COLREG**. Obje inicijative koje prednjače u razvoju autonomnih brodova priznaju da je jedna od većih zapreka razvoju ovih brodova odgovornost u slučaju sudara na moru, jer odgovornost snose svi dionici razvoja broda kako je već prije spomenuto.

Treće pravilo odnosi se na definicije, a prema tom pravilu brod je svako plovilo koje se koristi ili koje se može koristiti za prijevoz morem. Naziv pogonjen podrazumijeva da brod ima vlastiti porivni stroj, te naziv plovi definira brod koji nije nasukan, na sidru ili vezan za obalu. Prema ovim nazivima, autonomni brod bi bio definiran kao konvencionalni brod. Međutim, treba uzeti u obzir da li je potrebna posebna definicija za autonomne i brodove kojima se upravlja s obale. Također posebna definicija ovih brodova može biti korisna u svrhu posebnih obilježja za njih.

Peto pravilo **COLREG**-a nalaže održavanje straže na brodu i to zvučne i vizualne za pravilnu procjenu rizika od sudara. Brod opremljen s radarom mora stalno uspoređivati informacije radara s vizualnim informacijama i obratno. Nažalost, ni vizualno ni održavanje straže zvukom nije moguće, jer autonomni brodovi neće imati posadu. Postavlja se pitanje da li se straža na autonomnom brodu može održavati pomoću kamera i opreme za snimanje zvuka te da li je da oprema adekvatna zamjena za ljudski vid i sluh. Peto pravilo moglo bi biti zadovoljeno uporabom naprednijih radarskih i ultrazvučnih sustava. S obzirom na napredak tehnologije, izvjesno je da bi napredniji sustavi mogli zadovoljiti peto pravilo. Uporaba naprednih kamera velike razlučivosti, koje se koriste na velikim udaljenostima, omogućit će operateru na obali uočavanje objekata bolje od ljudskog oka. Međutim, primjena većine novih kamera i senzora je nova u području pomorstva, stoga treba proći duži period vremena da bi se dokazala njihova pouzdanost. Također svjesnost o situaciji u kojoj se brod nalazi neće biti ista kao kod časnika na straži i operatera na kopnu. Izgled obalnog centra je također bitan element. Izgled i dizajn prostora centra mora biti takav da operater ima sve potrebne informacije prije donošenja odluke vezane za plovidbu broda. Uz problem vezan za odgovornost u slučaju havarije, problem je vezan za **COLREG** i autonomne brodove je dio vezan za održavanje straže koji će trebati redefinirati za ove brodove.

Šesto pravilo se odnosi na sigurnu brzinu brda, a ona će ovisiti o više faktora kao što su: vidljivost, gustoća prometa, manevarabilnost, gaz, vjetar, morske struje, osobine broda kao i rad radara. Brzina i kurs autonomnih brodova mijenjat će automatski ovisno o situaciji. Pravilo o sigurnoj brzini i autonomni brodovi neće zahtijevati nove promjene vezane za ovo pravilo. Dio dva, odnosno pravila 11 do 18 primjenjuju se kada su brodovi u vizualnom kontaktu. Ova pravila za sobom povlače ista pitanja kao i pravilo pet, pitanje o pouzdanosti kamera kao adekvatnoj zamjeni za ljudski vid. Povrh toga, ako se dva broda opažaju vizualno, znači li to

da bi svi autonomni brodovi trebali biti tretirani kao brodovi ograničene vidljivosti i pratiti pravila iz dijela tri. Dio tri sastoji se od pravila 19, koje se odnosi na brodove u uvjetima ograničene vidljivosti. Termin „ograničena vidljivost“ podrazumijeva uvijete u kojima je vidljivost ograničena zbog magle, izmaglice, snijega, oluje, pustinjske oluje ili drugih sličnih uvjeta. Da bi se izračunala vidljivost uspoređuju se udaljenost na radarskom ekran i objekti koji su vidljivi golim okom, ovo neće biti moguće na autonomni brodovima, stoga se povlači pitanje o tome da ih se definira i kao brodove s ograničenom vidljivosti.

Autonomni brodovi nisu u sukobu s pravilima sedam koje se odnosi na rizik od sudara i pravilom osam koje se odnosi na radnje za izbjegavanje sudara na moru, te stoga tu nema prepreka u vidu razvoja ovih brodova. Većina pravila koja spadaju pod dio dva odnose se na ponašanje u različitim situacijama kao što su pretjecanje ili situacije kod križanja kursova. Autonomni brodovi nisu u sukobu s ovim pravilima u ni jednom svom dijelu, a obje inicijative **MUNIN** i **AWAA** uzeli su obzir oba pravila kod razvoja svojih sustava za autonomnu navigaciju. Nadalje Rolls Royce koji je dio **AWAA** inicijative razvija napredan sustav koji će omogućavati autonomnu plovidbu brodova uz poštivanja pravila o izbjegavanju sudara na moru. Pravilo 18 odnosi se na brodove koji ne mogu manevrirati i na brodove s ograničenim mogućnostima manevriranja. Ako se autonomni brodovi definiraju u skladu s ovim pravilom ostali brodovi bi ih trebali izbjegavati. Međutim, ta opcija nema opravdanje s obzirom na to da se autonomni brodovi dizajniraju na način da je njihovo ponašanje istovjetno brodovima s posadom.

#### **4.2. TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA AUTONOMNE BRODOVE**

**IMO** odnosno Međunarodna pomorska organizacija kao specijalizirana agencija vezana za pomorstvo pri **UN**-u donijela je preko 50 međunarodnih konvencija i protokola koji se bave sigurnost plovidbe, zaštitom životne sredine, pravnim pitanjima vezanim za pomorstvo, tehničkim pitanjima vezanim za pomorstvo.

Jedna od tih konvencija je i već spomenuti **COLREG**, konvencija kod koje se očekuju promjene vezane uz autonomne brodove je ujedno i jedna od najvažnijih konvencija **SOLAS** (*engl. Safety of Life at Sea*).

Jedan od glavnih ciljeva inicijativa **MUNIN** i **AAWA** je najviša moguća razina sigurnosti kod autonomnih brodova . Prema Oskaru Levanderu autonoman brod mora imati istu ili višu razinu sigurnosti plovidbe u odnosu na konvencionalan brod. [16]

Sjednica odbora za pomorsku sigurnost **IMO**-a (engl. *IMO Maritime Safety Committee - MSC*) održana je u prosincu 2018. godine, tada je podneseno ukupno sedam temeljnih dokumenata i tri informativna dokumenta u pogledu okvira za određivanje regulatornog obuhvata. Među istaknutijim članovima dopisne skupine uspostavljene na 99. sjednici **MSC**-a su finski članovi s dokumentom u kojem je dano izvješće o pomorskim autonomnim površinskim brodovima. Radna skupina 1 (**WG1**) sazvana je nakon rasprave na plenarnoj sjednici o stupnjevima autonomije, instrumentima i detaljnim podacima njihove analize, metodologiji i planu rada te drugim pitanjima. Također dan je i nalog da se, ako to vrijeme dopusti, razmotre načela za izradu privremenih smjernica za ispitivanje pomorskih autonomnih površinskih brodova. Uzimajući u obzir izvješće RS1 nakon njegova razmatranja, Odbor je općenito odobrio izvješće skupine, a posebno je:

- odobrio okvir određivanja regulatornog obuhvata, uključujući plan rada i postupke,
- zatražio od Tajništva da razvije *web*-platformu za određivanje regulatornog obuhvata, uzimajući u obzir dogovoreni okvir,
- potaknuo sve da aktivno sudjeluju u provedbi,
- dogovorio da će održati radnu skupinu **MSC**-a u razdoblju između zasjedanja od 2. do 6. rujna 2019. i dogovorio da će za tu skupinu izraditi okvir nadležnosti na 101. sjednici **MSC**-a,
- zatražio od Tajništva da **MSC**-u 101 podnese izvješće o napretku, kako bi se razmotrile sve korektivne mjere koje bi mogle biti potrebne,
- pozvao države članice koje dobrovoljno sudjeluju da tijekom početnog pregleda predvode ili podupru određene instrumente te da izvijeste o sudjelovanju do kraja ove godine,
- zatražio od Tajništva da pomogne pri određenim zadaćama tijekom provedbe određivanja regulatornog obuhvata, kao što je prethodno popunjavanje informacija, dodjeljivanje odgovarajućih dozvola korisnicima i rješavanje svih drugih administrativnih pitanja, prema potrebi i

- primio na znanje privremena načela za izradu smjernica za ispitivanje MASS-a, pozivajući zainteresirane strane da podnesu prijedloge za sljedeću sjednicu Odbora, uzimajući u obzir ta načela. [17]

Osim finskih dokumenta jednako je važan i završni izvještaj danskih pomorskih vlasti koji se bavi regulatornim pitanjima vezanim za autonomne brodove koje predstavljen u sklopu **MSC 99**. Tehničke odredbe vezane za izgled mosta „elektronskog mosta“ propisane su **SOLAS** konvencijom, poglavito propisom 15 **SOLAS** poglavlja V „Pravila vezana za nacrt mosta, nacrt i raspored sustava za navigaciju i opreme i procedure na mostu“, propis 22 propisuje uvjete za vidljivost s mosta.

Uzimajući u obzir opasnost i rizik koja je uvijek vezana uz pomorstvo, jedno od temeljnih načela je da su pomorci dužni pružiti pomoć osobama u opasnosti, pod uvjetom da pri pružanju pomoći ne ugrožavaju vlastiti brod i posadu. Pitanje pružanja pomoći od strane autonomnih brodova još nije jasno definirano, zbog slučaja kada autonomni brodovi sudjeluju u **SAR** operacijama postavlja se pitanje o zadržavanju dijela posade baš zbog takvih slučajeva kao i kod strukturalnih ograničenja kod takvih brodova.

Može se pretpostaviti da autonomni brodovi mogu ispuniti obvezu dojavljivanja centrima za traganje i spašavanje. Tu obvezu može automatizmom obaviti sam brod ili se može obaviti preko odgovorne osobe u **SCC**-u korištenjem naprednih elektronskih sustava izviđanja. Izazov može predstavljati situacija u kojoj je autonomni brod fizički dužan pružiti pomoć pri spašavanju ljudi, broda i dobara.

Činjenica da će autonomni brodovi biti potpuno bez posade ili s minimumom posade ni u kojem slučaju ne oslobađa zapovjednika obveze pružanja pomoći drugom brodu. Može se govoriti i o situacijama kada zapovjednikova dužnost da fizički pomaže drugom brodu ne prelazi tehničke mogućnosti autonomnog broda. Drugim riječima zapovjednik (operator) nije dužan pružati pomoć van mogućnosti broda kojim upravlja vezano za specifičan izgled, opremu i raspored opreme na autonomnim brodovima. Na dalje, jedan od prijedloga je uvođenje tehničkih rješenja pomoću kojih će autonomni brodovi biti u mogućnosti pružiti pomoć drugim brodovima, između ostalog korištenjem splavi za spašavanje koje sadrže namirnice i opremu



za unesrećene. Također, trebalo bi uzeti u obzir mogućnost da autonomni brodovi pružaju pomoć na zadovoljavajućoj razini koja se ne razlikuje puno od brodova koji imaju posadu.

**SOLAS** sadrži broj konstrukcijskih zahtjeva koje bi mogle predstavljati prepreku autonomnim brodovima. Općenito govoreći, **SOLAS** sadrži prepreke za autonomne brodove najznačajnije su one vezane za protupožarnu sigurnost i opremu za spašavanje i njen raspored.

Za učinkovitu dobru protupožarnu zaštitu potreban dobar sustav ranog otkrivanja i dojavljivanja, osim automatiziranih sustava bitna je i podrška posade broda u slučajevima požara na brodu, osim gašenja vatre njihova je dužnost i evakuacija poglavito na putničkim brodovima. S obzirom na **SOLAS** poglavlja II-II i III posada će biti na brodu dok god se ne prikupi dovoljno znanja i iskustava vezanih za alternativne tehničke sustave zaštite putnika i posade. Jedna od mogućnosti za putničke brodove je usavršavanje trenutno posade koja nije direktno uključena u navigaciju broda, usavršavanjem bi se omogućila njihova bolja spremnost u izvanrednim situacijama.

Prema **SOLAS** poglavlju II-I, pravilo 5(1), zapovjedniku broda moraju biti omogućene pouzdane informacije vezane za brodski stabilitet, te informacije mu omogućuju brze i točne smjernice vezane za brodski stabilitet u raznim uvjetima iskorištavanja broda. Ako zapovjednik nije na mostu kao što je slučaj autonomnih brodova, pretpostavlja se da se ovaj zahtjev može ispuniti. Ono što je važno da su informacije o stabilitetu dostupne onome operateru koji u datom trenutku upravlja brodom u trenutku kad odgovorna osoba preuzme nadzor nad upravljanjem.

Ako je tehnički moguće, a uvjeti za sigurnost i funkcionalnost su jednaki ili više razine za izvođenje onih funkcija koje su povezane s brodskim radnjama na mostu, a radnje se obavljaju s druge lokacije koja nije brodski most (npr. „elektronski most“) pod nadzorom odgovorne osobe, tada je brod „opremljen posadom“ po uvjetima **STCW** (*engl. The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*) konvencije te je u skladu s ovom konvencijom. [18]

## 5. KOMUNIKACIJSKE MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA

Da bi znali kolika su ulaganja potreba u komunikacijsku infrastrukturu potrebno je uzeti u obzir koliko se koristi postojeća i koja joj je namjena. Kao jedno od mogućih rješenja za komunikacijsku infrastrukturu logično se nameće upotreba satelita. Gotovo sva komunikacija koja se odvija između obale i broda vezana je za sigurnost plovidbe. Kako bi uvođenje autonomnih brodova bilo što je moguće „bezbolnije“ potrebno je uložiti u nove sustave te unaprijediti postojeće.

Kao jedan od prvih koraka nameće se unaprjeđenje pristupa navigacijskom sustavu informacija. U ovom trenutku pomorske sigurnosne informacije (engl. *Maritime Safety Information- MSI*) koje se sastoje od navigacijskih upozorenja, meteoroloških upozorenja i prognoza te informacija o traganju i spašavanju, objavljuju se pomoću **NAVTEX** i **Inmarsat C** sustava. Informacije dobivene preko ovog sustava su isključivo tekstualnog formata (ASCII) te se prikazuju na zaslonu prijavnika te mogu biti ispisane isključivo na namjenskom pisaću. Razvojem korisničkih sučelja brodskih sustava na mostu očekuje se centralizirani prikaz svih informacija koje dolaze na brod npr. dobivene informacije odmah se mogu vidjeti na ECDIS ili radarskom zaslonu.

Međutim, sve ove informacije nisu posebne za jedan brod ili putovanje, ove informacije su vezane za područje plovidbe u kojem se brod nalazi, primjera radi u sustav **Inmarsat C** imamo podjelu na 21 NAVAREA-u .

Navigacijske informacije rutinske prirode sastoje se od oglasa za pomorce (engl. *Notice to Mariners*), nadopuna za sustav elektroničkih karata i ispravaka te ispravaka za sve nautičke publikacije koje su uobičajeno distribuirane putem pošte te dostavljene brodu u luci. Postoji potreba da brod ima svakodnevnu komunikaciju s obalom da bi pravovremeno imao pristup svi informacijama u cilju smanjenja rizika po sigurnost broda. Očekuje se povećanje navigacijskih informacija koje će biti dostupne za planiranje sigurnije plovidbe, skupno njih nazivamo portfelj pomorskih službi(engl. *Maritime Service Portfolio- MSP*). Ove informacije se sastoje od podataka dobivenih od službe nadzora pomorskog prometa (engl. *Vessel Traffic Service-VTS*), službe za pomoć u navigaciji, službe organizacije pomorskog promet, službe lokalne

luke, pilota, tegljača i usluga službe za pomoć na moru, sve ove informacije moraju biti dostupne od relevantnih službi na obali.

Stoga za potrebe autonomnih brodova potrebno je :

- **MSI** odnosno pomorske sigurnosne informacije moraju biti posebne za svako putovanje odnosno za svaki brod,
- oglasi za pomorce, nadopune i ispravke elektroničkih karata i nautičkih publikacija trebaju biti dostavljene na brod elektronskim putem bez odgađanja,
- posebne službe koje nude informacije za specifične dijelove svijeta bi trebale biti isključivo vezane za ta područja.

Drugi korak za lakše uvođenje autonomnih brodova je integracija komunikacijske infrastrukture. Da bi e-Navigacija bila sigurna potrebno je osigurati optimalnu razinu podatkovnog kapaciteta kod komunikacije između brodova i obale. Također, potrebne su dobre tehničke karakteristike sustava kako bi mogao podupirati neprekinuto prikupljanje, integraciju, razmjenu, izlaganje i analizu informacija elektronskim putem kako na obali tako i na brodu, cilj je unaprjeđivanje navigacije od veza do veza, poboljšana veza sa službama vezanim za sigurnost plovidbe te očuvanje morskog okoliša.

U ovom trenutku komunikacijska infrastruktura obuhvaća sustave različitih dometa, propusnosti i sl. , svaki od tih sustava ima drukčiju namjenu. Sustavi kratkog dometa uključuju **VHF, 4G, 5G** te **HF** sustav velikog dometa i satelitske sustave različitih frekvencijskih pojasa (**L, Ku, Ka**). Kao jedno od idejnih rješenja je razvoj pomorskog oblaka(engl. *Maritime Cloud*) koji bi se koristio u budućnosti. Stoga potreban je razvoj u onih sustava koji će omogućiti:

- usklađenu brodsku integraciju navigacijskih sustava i zaslona,
- usklađenu integraciju sve komunikacijske infrastrukture uključujući i satelitsku infrastrukturu u situacijama loših vremenskih uvjeta, približavanja obali i u polarnim područjima.

Treći bitan korak je smanjenje cijene komunikacijskih usluga. Trenutno je najzastupljenije korištenje **VSAT** (engl. *Very Small Aperture Terminal*) satelitskih zemaljskih prijamnika, ovi sustavi pružaju promet podataka između broda i obale 4 do 16 megabita u sekundi. Cijene ovih usluga su visoke u usporedbi s uslugama na kopnu. Usluge **VSAT** sustava uglavnom koriste posade broda za komunikaciju s vanjskim svijetom, uz visoku cijenu po jedinici megabajta (0,10-0,12 USD \$) velika mana ovih sustava je i niska propusnost. Ako se ovaj sustav bude koristio kod autonomnih brodova potrebno je odvojiti naplatu za posadu i naplatu za autonomne brodove. Kako bi se izbjegla zagušenost mreže potrebno je osigurati prioritet onim brodovima, odnosno sustavima, kojima je stabilna Internet veza neophodna za siguran rad i plovidbu.

Četvrti korak podrazumijeva smanjenje cijene podatkovnih usluga putem **VHF**-a. Svi brodovi su opremljeni radio opremom koja uključuje **VHF** radio stanicu koja radi na kanalima namijenjenim pomorstvu, sve veći broj brodova je opremljen **AIS** (engl. *Automatic Identification System*) sustavom koji također radi u pojasu **VHF**-a. **VHF** pruža glasovnu komunikaciju dok **AIS** pruža informacije o drugim brodovima u okruženju te ima ograničenu mogućnost slanja i primanja kratkih poruka.

Druge podatkovne usluge zahtijevaju korištenje druge opreme, kao što je **NAVTEX** prijamnik, koji radi na 518 kHz za pomorske sigurnosne informacije. Koriste se i satelitski terminali koji pružaju pomorske sigurnosne informacije i razmjenu podataka putem e-mail-a. Stoga korištenje **VHF**-a u obalnim područjima nudi sigurniju vezu s obalom od one satelitske, iako ulaganje u obalne zemaljske stanice s ekonomskog stajališta predstavlja veliko ulaganje koje nije isplativo u nekim područjima svijeta. Sve navedeno dovodi do zaključka da je potrebno razviti satelitski sustav razmjene podataka koji je kompatibilan s već postojećom **VHF** opremom. Dakle ovi sustavi bi koristili zemaljsku **VHF** u obalnim područjima kad je ona dostupna ili **VHF** satelitsku mrežu u od obalnim područjima. Najveći izazov postojeće arhitekture je izazov vezan uz integraciju komunikacijske infrastrukture sa satelitskom infrastrukturom.

Posljednjih godina populariziraju se polarni plovni putovi kojima se smanjuje trajanje putovanje, otvaranje tih putova sa sobom povlači pitanje vezano za ulaganje u brodove sposobne za plovidbu ledenim morima kao i ulaganjem u komunikacijsku infrastrukturu.

Govoreći o polarnim plovnim putovima najčešće se podrazumijevaju područja Arktičkog oceana, tj. područja sjevernije od 60°N ne uključujući dijelove južnog Greenland-a i sjeverne Norveške jer u tim područjima nema leda zbog utjecaja tople golfske struje. Flote ribarskih brodova, brodovi za kružna putovanja i brodovi za prijevoz tereta već plove u područjima sjevernijim od 80°N, a istraživanje novih polja nafte i plina ide sjevernije od 75°N. U teoriji postoje dva pomorska puta za prijevoz tereta preko Arktičkog oceana, sjeverni pomorski put uz sjevernu obalu Rusije te sjeverozapadni pomorski put uz sjevernu obalu Kanade. U oba slučaja države uz čiju bi se obalu plovilo smatraju ta područja teritorijalnim vodama a ne pomorskim prolazima. Prolaz uz obalu Rusije je praktičniji te se njime za sad koristi manji broj brodova s tendencijom porasta prometa.

Komunikacija korištenjem geostacionarnih satelita je teoretski moguća do 81°N, međutim tada je kut visine 0°, pretpostavka je da je pravo ograničenje ovih satelita 76°N. Inmarsat sateliti opslužuju područje Arktika od 76°N osim područja 120°E od Laptevskog mora u Rusiji i oko 120°W od Beaufortovog mora u Kanadi. Sateliti Iridium i Cospas-Sarsat opslužuju cijeli Arktik, a sateliti visoko eliptične orbite **HEO** (engl. *Highly elliptical orbit*) se pojavljuju kao moguće rješenje. **IMO** kao krovna organizacija u pomorstvu razmišlja o uvođenju drugih satelitskih sustava uz Inmarsat i Cospas-Sarsat. Svi brodovi komercijalne namjene moraju biti u skladu s **GMDSS**-om, koji zahtjeva opremu za plovidbu područjem A4 koje se nalazi 76°N.

Također **IMO** razmatra uvođenje i implementaciju Polarnog Kodeksa koji bi bio obvezan, sadržavao bi među ostali i zahtjeve za komunikaciju i razmjenu podataka koji bi bili nadopuna već postojećim zahtjevima **SOLAS** konvencije.

S obzirom na to da se komunikacija u A4 području uglavnom oslanja na **HF** obalne stanice predstavlja problem za budućnost, razlog tome je smanjenje broja stanica kao i školovanog osoblja koje je obučeno za rad na **HF** stanicama. Arktik sam po sebi je odnosno na ostatak svijeta značajno slabije opremljen po pitanju komunikacijske infrastrukture, neovisno o tome reakcija u slučaju incidenta na mora biti dovoljno brza i učinkovita s obzirom na hladnu klimu tih područja. Polarni Kodeks sadrži zahtjev za dvosmjernu komunikaciju kao i komunikaciju podatkovnim paketima između obale i broda uzduž planiranog puta putovanja. Ovaj zahtjev nije moguće ispuniti korištenjem **HF** radio stanica jer nema 24 satne neprekidne dostupnosti. Stoga je potreban sustav koji će biti alternativan **HF** stanicama, taj sustav treba ispunjavati

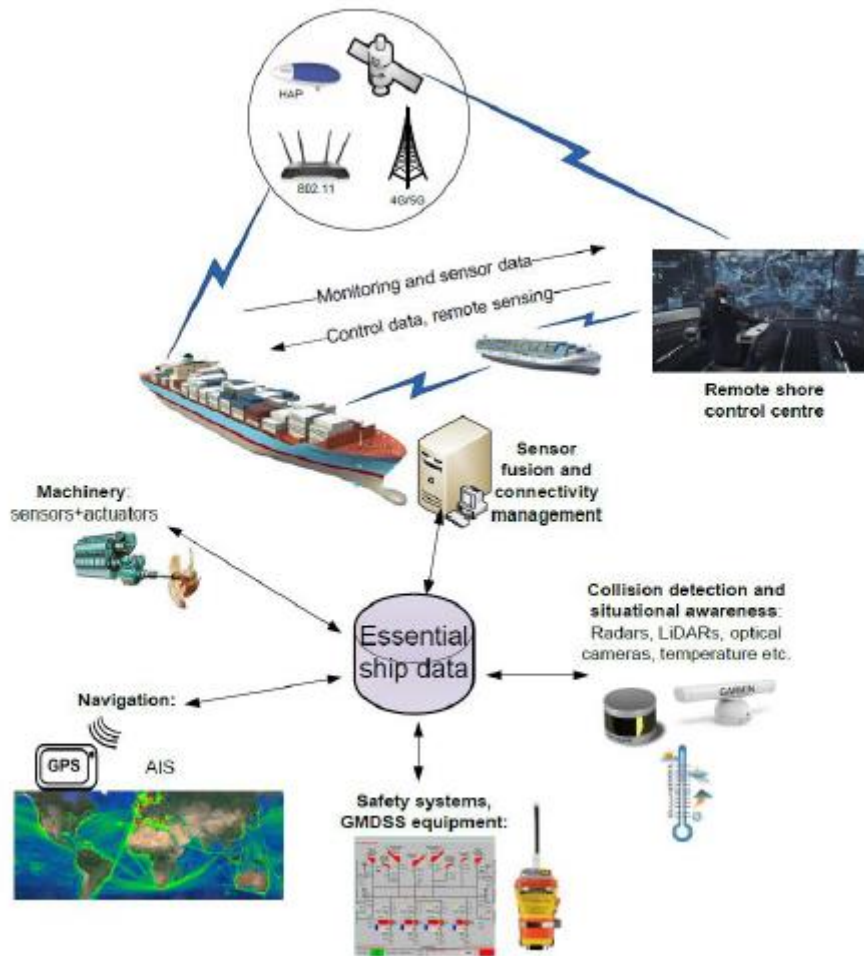
**IMO** kriterije. Imajući na umu da se broj **HF** stanica smanjuje, a dostupnost pomorskih sigurnosnih informacija je umanjena Polarni Kodeks uz korištenje **GMDSS**-a će zahtijevati još jedan neovisan sustav za prikupljanje informacija poglavito onih vezanih uz led i debljinu leda.

Polarni Kodeks posebnu pažnju predaje telemedicinskoj pomoći u polarnim područjima odnosno, razmatraju se načini prikladni za slučajeve pogibelji ili kod zagađenja mora. Pretpostavka je da će brodovima za kružna putovanja trebati sustav koji će imati brzinu prijenosa podataka od 25 megabita po sekundi, a kod brodova za istraživanje nafte i plina brzina prijenosa bi trebala biti do 300 megabita po sekundi. Ove brzine su nedostižne korištenjem **HF**-a, njihova maksimalna brzina je 10-20 megabita po sekundi. Dakle potrebno je naći rješenje koje će omogućiti potrebne brzine. [19]

## **5.1. KOMUNIKACIJSKA ARHITKETURA ZA AUTONOMNE BRODOVE**

Komunikacijska arhitektura visoke razine potrebna ja za sigurnu i uspješnu plovidbu autonomnih brodova, komunikacijska arhitektura koja bi se koristila je ujedno i hibridna arhitektura koja bi se sastojala od zemaljskih i satelitskih komponenti, a također je su obzir uzeti **HAP** (engl. *High-altitude platform station*) sustavi(Slika 10.). **HAP** sustavi su zanimljivi iz više razloga, **HAP** platforma se nalazi na visini od 20 do 50 km te je geostacionarna, optimalna visina za ove sustave je između 17 i 22 km zbog utjecaja zračnih struja na tim visinama koje s manjeg izražaja odnosno snage. U usporedbi sa satelitima su jeftinije te se nalaze na nižim su visinama te su smetnje uzrokovane atmosferom manje, ovakvi sustavi pokrivaju do 400 km četvornih.

Brod je povezan s SCC-om korištenjem više redundantnih sustava pomoću kojih je prekid veze između broda i SCC-a sveden na minimum.



**Slika 10. Komunikacijska arhitektura autonomnih brodova [19]**

Podatci koji su potrebni za sigurno izvođenje autonomne ili daljinski upravljanje plovidbe prikupljaju je se u brodskoj bazi podataka. Podatci za rano otkrivanje sudara i situacijsku svjesnost dolaze od više međusobno neovisnih senzora i sustava kao što su infracrvene kamere, radari, senzori temperature i vjetra i slično. Ovi podatci se koriste zajedno s podacima o navigaciji dobivenih od AIS sustava i GPS-a u svrhu sigurne plovidbe. Podaci bi također mogli sadržavati podatke od satelitski sustav za daljinsko očitavanje koji nude informacije o ledu ili lošem vremenu sve u svrhu promjene plana puta prije ulaska u područje zahvaćeno nepovoljnim hidrometeorološkim uvjetima. Podatci daljinskog očitavanja mogu doći direktno od sateliti ili od **SCC**-a putem naredbi upravljanja. Svi navedeni podatci bit će korišteni od strane autonomnog navigacijskog sustava koji će zajedno s autopilotom usmjeriti brod u sigurnije okruženje.

Sigurnosni sustavi na brodu uključivat će, u već navedene sustave za izbjegavanje sudara i protupožarne sustave u vidu dojavljivača protupožarnih vrata, sustava gašenja požara te optičkih sustava za detekciju stanja na brodu. Također na brodu će biti ugrađena i **GMDSS** oprema kao što su **EPIRB** i **SART** uređaji koji se koriste kad je brod u pogibelj. Podatci od brodskog stroja i automatiziranih sustava će uključivati senzore i pogone koji se koriste za nadzor i kontrolu procesa brodskog stroja. Ti podatci će sadržavati informacije o statusu brodskog stroja, sustava propulzije, balastnih tankova i tereta, svi ovi podatci i njihov status trebaju biti nadzirani od strane operatera na obali.

Količina podataka koju koristi situacijska svjesnost broda raste višestruko prilikom korištenja senzora visoke razlučivosti. Fuzija senzora je potreba iz razloga da se smanji količina podataka koja se šalje, te operater na uvid ima one informacije koje su mu potrebne za izvođenje određenih operacija. Svi senzori imaju svoje prednosti i mane kao na primjer optičke kamere koje nisu skupe i pružaju sliku velikog prostora u visokoj rezoluciji, ali kvaliteta slike će uvelike ovisiti o vremenskim uvjetima. Fuzija senzora će povećati robusnost sustava kao i njegovu pouzdanost te povećati mogućnosti otkrivanja. Efikasna fuzija senzora je bitna radi pravilnog donošenja odluka na broda, pogotovo kod autonomnih brodova. Da bi fuzija senzora imala smisla kod autonomnih i daljinski upravljanih brodova potrebno je osigurati semantičku interoperabilnost senzora i podataka dobivenih putem senzora.

Pravilnim upravljanjem povezivanja lako odabiremo naj prikladniju tehnologiju prijenosa podataka, osiguravajući siguran prijenos podatka do onoga tko upravlja resursima. Moguće je korištenje više različitih tehnologija prijenosa podataka, primjera radi može koristiti više različitih satelitskih sustava. Problem predstavlja način odabira odnosno one tehnologije koja će imati prioritet u danom trenutku ovisno o tome gdje se brod nalazi i ovisno o vremenskim uvjetima pružiti efikasan i sigurnu vez broda s obalom.

Postoji više kriterija kontrole kvalitete kod donošenja odluke kao što su domet prijenosa, propusnost i kašnjenje ovisno koja se tehnologija koristi. To podrazumijeva da zahtjeve kontrole kvalitete dolaze do upravitelja za povezivanje koji odabire tehnologiju koja je prikladna. Sigurnost tehnologije kao i njena cijena također su važni parametri koje treba uzeti u obzir. Stoga, za odabir optimalne tehnologije u obzir treba uzeti više kriterija, kao i pronaći balans između entiteta u sustavu.



Zadatci upravitelja povezivanjem bit će:

- evaluirati i te dodijeliti prikupljene podatke dostupnim komunikacijskim kanalima,
- osigurati dovoljan kapacitet propusnosti za prijenos podataka,
- osigurati da odaslani podatci dođu do odredite adrese cjelokupne uzimajući u obzir zahtjeve vezane za latenciju,
- surađivati s brodovima u blizini te na taj način osigurati da svi dobiju traženu uslugu, a sigurnost uvijek mora imati prioritet.

Mnoge značajke 5G tehnologije kao što su kontrola kvalitete, pravo prvenstva, presijecanja mreža mogu se koristiti u integriranoj satelitsko zemaljskoj arhitekturi da bi se osigurala sigurna povezanost. Prvenstvo kod prometa neophodnim podacima, kao kod slučaja u pogibelji garantira da će poziv u pomoć biti prvi odaslan tek nakon poziva u pomoć šalju se ostali podatci s broda. U budućnosti dio mreže može biti rezerviran isključivo za prijenos podataka koji se smatraju neophodnima.

Kada posada dođe ili napusti brod, namjenski sustav komuniciranja koristi će se za direktno upravljanje brodom u operacijama ulaska i izlaska iz luke. Ovaj dio sustava može koristiti digitalni **VHF**, **WiFi**, ili **5G** mrežu u onom radio pojasu koji odgovara definiranim zahtjevima (Slika 11).

	802.11p for ITS	WiFi	LTE/4G	5G mmW	VHF digital radio	HF
<b>Spectrum</b>	5.9 GHz	2.4/5 GHz	450 MHz - 3.7 GHz	24-86 GHz	30-300 MHz	3-30 MHz
<b>Bandwidth</b>	10 MHz	20/40 MHz	from 1.4 MHz to 20 MHz	up to few GHz	25 kHz channels, can be bundled together e.g., to 100 kHz	up to 48 kHz
<b>Max bit rate</b>	27 Mbps	600 Mbps	75/300 Mbps for UL/DL	up to 20 Gbps	VDES: up to 307 kbps in ship-to-ship or ship-to-shore, 240 kbps for satellite link	up to 240 kbps
<b>Tx range</b>	< 1 km	typically < 100 m, up to 10 km with fixed service	typically < 2 km up to 70 km with directional antennas	< 10 m for 60 GHz WiFi, tens of kilometres with fixed links	up to 85 km	Thousands of kilometres
<b>Cost</b>	Cheap	Cheap	Expensive	Cheap (WiFi) Expensive (Cellular)	Cheap	Cheap

**Slika 11. Usporedba zemaljskih komunikacijskih sustava za autonomiju [20]**

Da bi autonomni ili daljinski upravljani brodovi bili prihvatljivi za komercijalnu eksploataciju, potrebna je razina sigurnosti koja je barem jednaka onoj na konvencionalnim

brodovima. Svi sustavi uključujući i onaj povezivanja trebaju biti takvi da nijedan pojedinačni kvar neće utjecati na brod i njegovu sposobnost za plovidbu neovisno o vremenu i načinu rada. Sustav povezivanja koji je podrška u autonomnom načinu rada smatra se integralnim dijelom te će sigurnost ovog djela sustava zahtijevati sigurnosnu certifikaciju.

Najveće prijeteće sustava za komunikaciju autonomnih brodova su gubitak podataka u prijenosu, promjena podataka u prijenosu te otimanje podataka. Potrebni su dobro kodirani protokoli i mehanizmi cyber sigurnosti koji će onemogućiti neovlaštenu manipulaciju podatka. U slučaju namjernog ometanja komunikacije prijavnici satelita se mogu zaštititi korištenjem zaštitnih materijala. Najbolja zaštita se dobije kada je **VSAT** terminal zaštićen sa svih strana zaštitnim materijalom osim na onim mjestima gdje dopire signalna zraka od satelita. Bitan dio sigurnosti su dobro razrađene procedure u slučaju gubitka komunikacije zbog otimanja broda ili sabotaze na opremi. Ovo se može izbjeći ugradnjom redundantne komunikacijske opreme koja je dobro skrivena te daje minimum komunikacije s **SCC**-om. Mogućnost je i da se u slučaju gubitka komunikacije nakon određenog vremena aktiviraju **EPIRB** i **SART**, također jedan od načina zaštite može biti taj da se brod vrti u krug kad primijeti neovlašten pristup te na taj način zaštititi teret i brodove u blizini. [20]

## **5.2. ZAHTJEVI ZA PROPUSTNOSTI AUTONOMNIH BRODOVA**

Potencijali zahtjevi za korisnike autonomnih brodova bit će dostižni korištenjem satelitskih usluga. Prvo, potrebna je infrastruktura za operacije na daljinu. Kod uobičajenih autonomnih operacija od **SCC**-a se očekuje da motri stanje broda te stanje komunikacije u pravilnim intervalima. U posebnim situacijama doći će do potrebe za direktnim preuzimanjem kontrole od strane **SCC**-a te treba postojati direktna veza brod-obala. Zahtjevi koji proizlaze su:

- sigurna veza koja onemogućuje preuzimanje kontrole nad brod od strane ne ovlaštenih osoba,
- visoka dostupnost u tako da se pravovremeno djeluje u posebnim situacijama,
- latentnost manja od jedne sekunde koja omogućuje upravljanjem brodom na daljinu u stvarnom vremenu,
- propusnost do 4 megabita u sekundi koja omogućuje slanje podataka od radara i kamera na obalu,

- redundancija opreme na brodu s procedurama u slučaju otkazivanja opreme.

Drugo, potreban je pouzdan i otporan i unaprijeđen brodski sustav za poziciju, navigaciju i proračun vremena **PNT** (engl. *Position, Navigation and Timing*) sustav. Mogućnost da se autonomni brodovi oslanjaju samo na jedan sustav za pozicioniranje i navigaciju nije vjerojatna. Stoga će se zahtijevati korištenje dva sustava npr. **GPS** i **Galileo**, tako da u slučaju otkazivanja jednog sustava brod dalje normalno nastavlja navigaciju. Međutim, iako je dostupno više sustava (**GPS**, **GLONASS**, **Galileo**, **Beidou** itd.), svi sustavi su male snage te koriste **L** frekvencijski pojas. Svi sustavi su podložni ionosferskim poremećajima i radio smetnjama, ili od lažnog signala ili namjernog prigušivanja. Stoga je potrebno unaprijediti mogućnosti **PNT** sustava koji će uočiti te kompenzirati vanjske i unutarnje izvore poremećaja i kvarova u dijelovima sustava.[19]

Najveći promet podataka koje brod šalje na obalu su podatci od senzora. To obuhvaća podatke situacijske svjesnosti od senzora kao što su kamere LiDAR, radar i optičke kamere za motrenje područja oko broda. Zatim, senzori vezani za stanje stroja i mehaničkih dijelova pružaju manju količinu bitnih podataka za pouzdan prijenos do operatera na obali. Brodovi veći od 300 tona imaju na sebi **AIS** sustav koji emitira radio signale koji sadrže podatke o poziciji i identifikaciji broda te doprinose navigaciji i izbjegavanju sudara. Procijenjena količina podataka koja se odašilje s broda prikazana je u Slikom 12.

Metodom procesiranja podataka od 3D LiDAR-a koja je visoke rezolucije te svaka ima do stotinu megabajta, svaka slika može se transformirati u dvodimenzionalnu te obuhvaćati samo ona područja bitna za navigaciju. Ovako se veličina podataka može smanjiti omjerom kompresije od 100 do 200 prije slanja. Stoga, s pretpostavkom da se podatci od svih senzora šalju prema obali odnosno **SCC**-u procijenjena brzina treba biti barem 6 megabita u sekundi. Međutim, u uvjetima kada nije potreba za svim podacima u stvarnom vremenu tada je dovoljna i brzina od 125 kilobita. Fuzijom više senzora može se dodatno umanjiti zahtjevi za kapacitetom prijenosa. S obzirom na to da su dobiveni potrebni zahtjevi za kapacitetom dobiveni istraživanjima koji još traju moguće je da će se kroz daljnji radi i istraživanje potrebe za kapacitetom i smanjiti.[20]

System	Single file/Image (kB)	Update rate (Hz)	Compressed bit rate (kbps)
Radar/AIS plot	375	0.4	100
Video	200 - 500	1-10	150-1500
HD video	2600	2	800-1500
LiDAR	up to 200 000	1	1000-2000
Infrared	330	1-10	300-1000
Mechanical sensors	12	0.1-1	1-10
Control data, rendezvous	varies	1	1-10
General GMDSS data	varies		10

Slika 12. Zahtjevi za prijenos podataka [20]

### 5.3. ŠIRENJE RADIO SIGNALA I POKRIVENOST

S obzirom na postojanje više frekventnih područja važno je odabrati pravu valnu duljinu ovisno o uvjetima u kojima se brod nalazi. IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) je definirao standardizirana slova koja definiraju različite valne duljine koje su relevantne za radare i satelite. Ove valne duljine su mjere u centimetrima ili milimetrima raspona valnih duljina. Oni koji se najčešće koriste prikazani su slikom 13. Većina relevantnih pojasa za satelitsku komunikaciju su **L** (Inmarsat i Iridum), **C** (različiti VSAT pružatelji usluga, često su ove usluge skupe), **K<sub>u</sub>** (najčešći VSAT pojas) i **K<sub>a</sub>** (novije VSAT usluge uključujući Inmarsat Global Express). **K<sub>a</sub>** postaje sve traženiji pojas s obzirom na to da raste i potreba za propusnosti.

Band	Frequency	Origin of name
VHF	30 to 300 MHz	Very high frequency (marine 156 to 174 MHz)
UHF	0.3 to 3 GHz	Ultrahigh frequency (marine 457 to 467 MHz)
L band	1 to 2 GHz	Long wave
S band	2 to 4 GHz	Short wave
C band	4 to 8 GHz	Compromise between S and X
X band	8 to 12 GHz	Used in WW II for fire control, X for cross (as in crosshair)
K <sub>u</sub> band	12 to 18 GHz	Kurz-under
K band	18 to 27 GHz	German Kurz (short)
K <sub>a</sub> band	27 to 40 GHz	Kurz-above

Slika 13. Standardizirane valne duljine IEEE [21]

Postoji više vanjskih faktora koji utječu na komunikacijske sustave koji mogu utjecati na propusnost, povišenu latentnost, manju pouzdanost i sigurnost unutar različitih dijelova sustava komunikacijske arhitekture. Degradacija signala na koju utječu atmosfera i ionosfersko svjetlucanje bitni su za odabir odgovarajućeg pojasa. Faktori degradacije mogu se podijeliti u tri grupe, prva grupa se odnosi na gubitke zbog udaljenosti i frekvencije koja je neovisna o mediju kroz koji radio signal prolazi:

- gubitak raspršenjem u slobodnom prostoru izazvan je propagacijom radio signala, ona je jednaka proporcionalan kvadratu udaljenosti koju signal prolazi,
- gubitak antena čije su dimenzije omeđene lećama ili reflektorom, gubitak je uobičajeno proporcionalan kvadratu frekvencije signala,
- prijam antene, koji je za istu veličinu usmjerene antene proporcionalan kvadratu frekvencije, obzirom da imamo predajnik i prijemnik, ukupan efekt prijama povećava za četvrtu snagu povećanja frekvencije,
- gubitak elektronike predajnika, on će biti otprilike linearan s frekvencijom, ovo može predstavljati probleme kod satelita s ograničenom snagom.

Stoga, za istu snagu odašiljanja možemo očekivati proporcionalno bolji signal u odnosu na šum kod povećanja frekvencija.

Druga grupa sastoji se od faktora koji mogu dati značajne gubitke vezane za okoliše daleki zbog raspršenja u atmosferi ili zbog efekata elektromagnetskih polja koji okružuju Zemlju. Ova grupa ima dva glavna faktora:

- gubitak svjetlucanja, kod naglih promjena amplitude i faze zbog promjena indeksa loma svjetlosti odnosno refrakcije atmosfere. Ovaj problem je najprimjetniji na niskim visinama uz ekvator, ali pojaviti će se i u polarnim područjima gdje se pojavljuju polarna svjetla. Ovi efekti će biti izraženiji za niže frekvencije, npr. bit će izraženiji kod L pojasa prijenosa nego kod K pojasa,
- vlaga u zraku, kiša i poglavito susnežica imaju negativan učinak na snagu signala. Ovaj negativan učinak ovisi i o frekvenciji te je izraženiji kod frekvencija od 10 GHz pa na više do  $K_u$  i  $K_a$ .

Ovi efekti kada su izraženiji mogu dovesti do prekida u komunikaciji. Postojanost i jačina ovih efekata ovisi o poziciji broda i drugim faktorima kao što su godišnje doba i solarna

aktivnost. Iako će proračun za vezu satelita uzeti u obzir ove efekte te ponuditi bolje margine snage za one frekvencije i područja koja su pod utjecajem ovih efekata, međutim moguće je da će doći do slučajeva kada se ove margine prekorače.

Treća grupa su faktori degradacije čiji je uzrok okolina, ovi faktori su uglavnom manjeg intenziteta ali mogu imati značajan utjecaj u nekim situacijama:

- ionosferski gubitci, učestaliji kod signala nižih frekvencija te ima značajnih odstupanja ovisno o dobu dana i aktivnosti sunčevih pjega,
- rasipanje snopa, gubitak zbog raspršenja signala dok prolazi kroz atmosferu,
- gubitak polarizacije, gubitak zbog faze rotacije signala koji prolazi kroz atmosferu,
- Rayleigh-ovo slabljenje, smetnja između glavnih signala i signala koji dolazi do odredišta drugim putem kroz atmosferu,
- Dopplerov efekt, ako se pošiljalac kreće velikom brzinom u odnosu na primaoca, zbog Dopplerova efekta može doći do gubitaka u prijenosu.

L i  $K_u$  pojasevi se najčešće koriste u komunikacijskim sustavima.  $K_a$  pojas postaje sve češći zbog veće potražnje za propusnošću. Također u obzir treba uzeti i C pojas koji može biti otporniji u odnosu na L i K, mana C pojasa je trenutno manja dostupnost kao i veća cijena kod korištenja.

Viši frekventni pojasevi su općenito manje otporni na vlagu, kišu i susnježicu a prema pravilu palca može se reći da se slabljenje povećava kvadratom frekvencije. To znači da je na signal unutar  $K_a$  pojasa (30/20 GHz) četiri puta više utjecala smetnja nego na signal u  $K_u$  pojasu (14/11 GHz). Ove smetnje se mogu umanjiti ugradnjom većih antena da bi se smanjio omjer signala i šuma između predajnika i prijemnika. Također sustav može kompenzirati na način da povećava snagu odašiljanja sa satelita i brodskih terminala. Efekt slabljenja ovisi o geografskoj lokaciji. Što je duži put kroz atmosferu na velikim visinama povećava se slabljenje a područja na ekvatoru obično imaju veću vlažnost i više kiše u odnosu na druga područja.

Svjetlucanje predstavlja rapidnu fluktuaciju amplitude i faze radio valova koja je izazvana nepravilnom gustoćom elektrona u atmosferi. Ovi efekti su izraženiji kod nižih frekvencija kao što su pojasevi od **VHF**-a do L-a u odnosu na više frekvencije. Efekt svjetlucanja je prisutan te jačeg izražaja u područjima uz ekvator i u područjima uz polove gdje ima polarne svjetlosti.

Efekt može izazvati značajne probleme za prijenos putem L pojasa. Fluktuacije amplitude koje su veće od 20 dB su mjereni na primjeru **GPS** signala kao i kod **Inmarsat**-a u ekvatorijalnim područjima. Manje poteškoće se očekuju kod viših frekvencije kao što je  $K_u$  pojas, ali može biti primjetna kod C pojasa.

**Iridium** ima najmanju gustoću satelita na ekvatoru. Simulacije ukazuju na to da se unutar 24 sata u periodu od ukupno 17 sekundi dnevno ne nalazi ni jedan vidljivi satelit. To ne predstavlja problem kod uobičajenih operacija, ali u kombinaciji s efektima svjetlucanja i smanjenim omjerom signala i šuma, može smanjiti pokrivenost **Iridium** satelita. Prijenos preko L pojasa za **Inmarsat C** i **Fleet 77** može također biti oslabljen zbog svjetlucanja, ali zbog toga što su sateliti u geostacionarnoj orbiti u većini slučajeva će signali prelaziti kraći put kroz atmosferu, te neće doći do problema zbog Dopplerovog pomaka. Također ugradnjom antena kod kojih je prijam veći možemo smanjiti ili savladati ove poteškoće.[21]

#### 5.4. LINE OF SIGHT I SHIP TO SHORE MREŽE

**LOS** (engl. *Line of Sight*), odnosno komunikacija vidljivog horizonta koristila bi se za kontrolu brodova koji se nalaze uz obalu ili kod operacija kada posada dolazi ili odlazi s broda. Inicijativa kao što je **MUNIN** koja je fokusirana na preoceanska putovanja autonomnih brodova smatra da **LOS** nije relevantan za opće upravljanje brodovima, međutim prihvaćeno je mišljenje da je **LOS** komunikacija potrebna u operacijama kod dolaska broda na zadanu poziciju. Postoji više vrsta **LOS** sustava, ali novi sustav koji se predlaže je **VDES** (engl. *VHF Dana Exchange System*), već je prihvaćen i od **IALA**-e kao novi sustav koji će omogućiti kombinaciju **AIS**-a i **VHF** kanala za prijenos podataka. Prijedlog je da se dodijeli određeni broj **VHF** kanala za novi format digitalnog prijenosa podataka.

Channel	Frequency	kbps	Comment
ASM 1	161.950 / 25	43.2	AIS messages 6, 7, 8,12,13,14 + ASM
ASM 2	162.000 / 25	43.2	AIS messages 6, 7, 8,12,13,14 + ASM
VDE 1	157.200 / 100 161.800 / 100	307.2	New higher bandwidth merged channel. Two simplex channels.
VDE 2	157.300 / 50 161.900 / 50	153.6	New higher bandwidth merged channel. Two simplex channels.

Slika 14. Predloženi digitalni VDES kanali [13]

Slika 14. prikazuje predložene nove kanale za **VDES**, početnu frekvenciju (MHz), veličinu kanala (kHz) kao i kapacitet u kilobajtima po sekundi. Protokoli još nisu jasno definirani, ali očekuje se da će biti povezani s inicijativom **e-Navigation** i **IHO S-100** standardom.

**STS** (engl. Ship to shore) mreže ovisit će o visoko pouzdanoj komunikacijskoj vez s obalom. Ova mreža će se temeljiti na satelitskoj komunikaciji. Da bi se osigurala visoka pouzdanost brod treba imati dva neovisna komunikacijska kanala, poželjno je da su kanali različitih frekvencija i od različitih sustava. Slika 15. nudi prikaz najrelevantnijih alternativa.

<b>System</b>	<b>Band</b>	<b>Frequency</b>	<b>Bandwidth</b>
Inmarsat	L-band	1.3 to 1.7GHz	450 kbps (Fleet 77)
Iridium	L-band	1.6 GHz	128 kbps (Pilot)
VSAT	K <sub>u</sub> -band	10.7 to 12.75 GHz	128-> kbps
VSAT	K <sub>a</sub> -band	26.5 to 40 GHz	128-> kbps

**Slika 15. Najrelevantnije satelitske usluge [13]**

Pretpostavka je da se kombinacija niske cijene i visokog kapaciteta **VSAT** usluga ona koja će se koristiti najčešće, a za alternativnu uslugu kao najprikladniju uzimaju se komunikacijski sustavi koji rade unutar L pojasa (Inmarsat i Iridium). L pojas je manje podložan smetnjama zbog atmosferilija a **Inmarsat** je ujedno i dio **GMDSS**-a. **Iridium** se uzima kao alternativa **Inmarsat**-u, testovi **MUNIN** inicijative su dokazali općenito lošije performanse i pouzdanost **Iridium**-a u odnosu na **Inmarsat**.

Na tržištu postoji više pružatelja **VSAT** usluga, a cijena kao i kvaliteta usluge ovisi o području u kojem se brod nalazi. Na otvorenom moru nema nužno velikog broja korisnika usluga satelitske komunikacije. Stoga dostupnost usluga kao i kapacitet mogu biti ograničeni u nekim područjima.

Istraživanjem unutar **MUNIN** inicijative došlo se do zaključka da će komunikacija unutar 24 sata iznositi pet megabajta osim u izvanrednim okolnostima. U potonjem slučaju bilo bi korisno imati pristup mreži s velikim kapacitetom prijenosa. Međutim, zaključak je da će se preciznija projekcija zahtjeva za potrebno brzinom veze odrediti daljnjim istraživanjem.[13]



## 6. CYBER SIGURNOST

Smatra se da postoji veliki rizik od cyber napada na autonomne brodove. S obzirom na veliko oslanjanje autonomnih brodova na računalne sustave upravljanja s obale, sve navedeno je dovoljan argument za razvoj sustava zaštite kao i pravnih okvira za zaštitu brodovlasnika.

Osiguranje rizika od cyber napada nije novost, međutim za pomorski sektor, a posebno razvojem autonomnih brodova, dolazi do stvaranja više do sada nepoznatih rizika za cijelu pomorsku industriju. Brodski sustavi za navigaciju i pogon, sustavi kontrole i praćenja stanja tereta i drugi automatizirani proces sami po sebi predstavljaju rizik od cyber napada. Slabost navigacijskog sustava su **GPS**, **AIS** i **ECDIS**, te su već identificirani kao potencijalne mete napada.[22]

U lipnju 2017. godine, je odlučeno da se nakon 1. siječnja 2021 odnosno ne kasnije od datuma verifikacije dokumenta za usklađenost s **ISM** kodom, svi brodovlasnici moraju cyber rizik prepoznati unutar svojih **SMS**-ova (engl. *Safety management system*). S obzirom na brze promjene u promišljanju mogućih scenarija opasnosti kao i brzog razvoja tehnologije (pa tako i metoda hakiranja) kao i velikih razlika između organizacija brodovlasnika ovisno o tipu i veličini, preporuka **MSC**-a (engl. *Maritime Safety Committee*) je da se regulaciji cyber sigurnosti pristupi prema smjernicama industrije, koje mogu kontinuirano biti izmjenjivane i nadopunjene. Ove smjernice bi trebale uspostaviti globalni standard za cyber sigurnost u pomorstvo, taj standard također bio dopunjen dodatnim procjenama brodovlasnika pri upravljanju cyber rizikom unutar vlastitog **SMS**-a u skladu s **ISM**-om. Štoviše, upravljanje rizikom u suglasnost si ISO27000 standardima može biti dopuna.

Vezano za regulaciju cyber sigurnosti u pomorstvu, potrebno je ustanoviti posebne obveze brodovlasnika koji su dužni svaki slučaj kod povrede cyber sigurnosti prijaviti državi čiju zastavu brod vije. Zatim, vlasti koje dobiju informacije o cyber napadu trebaju podijeliti svoje znanje o vrstama i broju cyber incidenata putem anonimnog obrasca, taj obrazac se dijeli među državnim tijelima za pomorstvo kao i s brodovlasnicima i drugim dionicima, kao što su klasifikacijska društva i osiguravajuća društva od kojih se očekuju nova znanja kojima bi se umanjila moguća šteta.

Danski zakon, dio 4(3) vezan za sigurnost na moru sadrži pravne temelje za ministre industrije, poslovanja i financije da propišu propise koji obvezuju na prijavu nesreća i drugih incidenata na moru danskim pomorskim vlastima kao i informacije o izvješću tih istih vlasti prema Europskoj platformi za nesreće na moru. Ovaj pravni temelj se može koristiti za izdavanje regulatornih obveza u vezi s incidentima cyber sigurnosti. Kada se govori o cyber sigurnosti u pomorstvu jasna je potreba za novim načinima osiguravanja rizika, te je potreban razvoj novih polica ili klauzula pomorskog osiguranja. Cyber rizik pokriva širok raspon rizika i tipova gubitaka, kao što je šteta prema objektima, radni gubitci, krađa, gubitak nematerijalnih prava, gubitak podataka kao i troškovi povrata podataka, troškovi sudskih predmeta kao i istraga od strane vlasti. Međutim, rizici i gubitci koji su mogući kao posljedica cyber napada nisu pokriveni trenutnim osiguranjima.

Na primjer, uobičajena pomorska osiguranja, poglavito P&I kao i osiguranje trupa i stroja, ova osiguranja ne pokrivaju cyber rizike odnosno prema Lloyd's klauzuli CL380 (2003) osiguratelj se odmiče od pokrića upotrebe broskog računalnog sustava kao sredstva nanošenja štete, te ne pokriva nikakvu štetu nastalu koju uzrokovao ili u njoj sudjelovao ili proizlazi kao sredstvo korištenja u radnim operacijama, kao sredstvo za nanošenje štete, računalima, računalnim sustavima, računalnim programima, zlonamjernim korištenjem računalnog koda, računalnim virusima ili procesima ili nekim drugim elektronskim sustavima. [18]

Ostaje da se potencijalni pomorski cyber rizici primarno odnose na oštećenje imovine (trup broda, teret, jahte, saloni), oštećenje imovine treće strane i tjelesne ozljede (pomorska odgovornost), te na greške i propuste. Osiguravateljska industrija dosad se opirala promjenama u svojoj ponudi pokrića za osiguranja u pomorskoj industriji. Iako je možda ponekad snosila troškove koji se odnose na cyber rizike zbog nemogućnosti točnog razlučivanja neposrednih uzroka štete, ipak nije uspjela pratiti trend industrije prema budućnosti autonomnih brodova koji su potpuno kontrolirani informatičkim sustavima, kako na brodu tako i na kopnu. IT gubici uslijed zlonamjernih ili nemarno prouzročenih cyber događaja mogu se pretvoriti u katastrofe, ovisno o veličini brodova, koji su sve veći, vrsti prijevoza tereta (npr. opasni teret, tekući plin itd.), ali i koncentraciji prometa u velikim lukama te tehnološkom razvoju brodova. U svijetu koji se brzo mijenja, osobito uz razvoj tehnologije, pravilno upravljanje rizikom trebat će odgovoriti na izazove novog operativnog okruženja, a osiguravateljska industrija morat će se suočiti s izazovima kako bi omogućila sigurnost za 90 posto svjetske trgovine.[23]

## 7. ZAKLJUČAK

Tema diplomskog rada fokusirana je na razvoj autonomnih brodova kao i komunikacijskih rješenja koja će omogućiti uvođenje autonomnih brodova u pomorstvo. Detaljnim proučavanjem i pregledom više dostupnih izvora podataka od onih privatnih do onih financiranih javnim novcem prezentirani su ključni koncepti autonomnih brodova od više međusobno nepovezanih inicijativa. U radu se prezentiraju trenutna vizija i ideje razvoja autonomnih brodova, kao nosioci razvoja prepoznati su MUNIN I AAWA inicijative. Svaka od inicijativa za razvoj autonomnih brodova ima svoje razine autonomije brodova kao i funkcionalne grupe, također rad je popraćen i analizom isplativosti autonomnih brodova.

Obalni upravljački centri predstavljaju ključan element autonomnih brodova, njihova uloga bit će uz nadzor i direktno upravljanje samih brodova. Odnos upravljačkih centara i brodova ovisit će o situaciji i stanju broda, ali pretpostavka je će se direktno upravljati u trenutcima uplovljena u ili isplovljena iz luke. Da bi sustav upravljanja i nadzora bio uspješan potrebno je osigurati dovoljnu razinu pouzdanosti kao i redundancije.

Autonomni brodovi se u ovom trenutku ne nalaze unutar konvencija IMO-a stoga je potrebna prilagodba istih, a poglavito u slučajevima kada su autonomni brodovi odgovorni za nastalu štetu prema drugima. Rad obrađuje i pravila za izbjegavanje sudara na moru (COLREG) te odnos autonomnih brodova i konvencionalnih brodova na moru po pitanju sigurnosti na moru. Osim pravila za izbjegavanje u radu se spominju i zahtjevi drugih konvencija IMO-a te njihov odnos i možebitna primjena i prilagodba na autonomne brodove. Posebno se ističu zahtjevi SOLAS konvencije.

Sigurna i uspješna implementacija koncepta autonomnih brodova nemoguća je bez stabilne komunikacijske veze između broda i obale. U radu su navedene trenutne mogućnosti kao i ograničenja vezana za potrebe brodova u autonomnom obliku rada. Sustav da bi uspješno funkcionirao potrebna je i kvalitetna komunikacijska arhitektura, u radu se spominju postojeće i neke nove tehnologije koje mogu osigurati siguran i stabilan promet podataka između obale i broda. Veliki dio prometa podataka ići će preko satelita, a u obalnim područjima preko obalnih radiopostaja. Kroz rad se spominju razne tehnologije koje što je moguće bolju informiranost operatera o okruženju u kojem se brod nalazi, međutim neke od tih tehnologija za slanje s broda

na kopno zahtijevaju veliku količinu kapaciteta podatkovnog prometa, stoga se navode primjeri kada će biti potreba za većim kapacitetom. Za prekoceansku plovidbu podatkovni promet trebao bi biti minimalan, dok se za obalnu plovidbu poglavito kod prilaza luci i izvođenju manevara zahtjeva veća propusnost podataka. Osim upotrebe odgovarajuće tehnologije za komunikaciju potreban je i pravilan odabir ovisno o atmosferskim uvjetima, treba voditi računa o rasipanju radio signala te kako isti izbjeći poglavito kod brodova u obalnoj plovidbi.

Autonomni brodovi mogu predstavljati opasnost na moru u slučaju neovlaštenog pristupa istom, obzirom da se radi o kompjuterskom sustavu koji može biti podložan hakiranju, a šteta koju može izazvati trgovački brod s opasnim teretom dovoljan je razlog za razmišljanje o protumjerama, neke od protumjera su i navedene u radu. Kao najpodložniji sustavi prepoznati su oni koji se oslanjaju na GPS sustave stoga da bi se umanjio rizik potrebno je koristiti više međusobno neovisnih sustava pozicioniranja. Nadalje postavlja se pitanje i odgovornosti brodarka u takvim slučajevima kao i mogućnosti osiguranja.

Iz kuta nautičara ovaj razvoj se može promatrati na više načina, kao problem u smislu gubitka radnog mjesta ili kao prilika za rad na obali u svojstvu operatera u obalnom centru. Ono čemu sam kao nautičar svjedočio i sudjelovao među ostalim je održavanje samog trupa broda kao i opreme za manipulaciju teretom i vez broda, iz tih iskustava mogu doći do zaključka da će tranzicija s konvencionalnih na brodove bez dijela posade, pa na besposadne brodove do autonomnih brodova biti možda i duža od predviđene.

Sukladno svemu navedenom u diplomskom radu može se zaključiti da su autonomni brodovi budućnost pomorstva. Međutim do prve plovidbe prekoceanskog autonomnog broda trebaju se otkloniti sve nepoznanice i prepreke kao i revidirati postojeći zaključci s obzirom na razvoj tehnologije, u prilog reviziji postojećih zaključaka ide porast propusnosti koja je u razmaku od dvije godine s 3 megabita u sekundi porasla na 6 megabita u sekundi. Stoga zaključuje se da je sve izvedivo možda ne u bližoj budućnosti, ali autonomni brodovi definitivno predstavljaju idući korak u razvoju pomorstva.

## LITERATURA

- [1] M. Baladauf, RA. Mehdi, T. Fonseca i M. Kitada. *Conventional Vessels and Marine Autonomous Surface Ships – A Love Marriage?*. World Maritime University, Geneva, Switzerland, 2018.
- [2] Ø.J. Rødseth, H. Nordahl. *Definition for Autonomous Merchant Ships*. Norwegian Forum for Autonomus Ships, 2017.
- [3] A. Granot, *Autonomus Cargo Vessels: Analysis for a Future Operations Model*. Erasmus University Rotterdam, 2016.
- [4] Managed, I. S., & Thomas, B. Y. (n.d.). UK P & I CLUB The human element, 1–8.
- [5] Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, 2018  
<http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- [6] AAWA. *Remote and Autonomus Ship- The next steps*. London, UK, 2016.
- [7] Ø.J. Rødseth, Å. Tjora, P. Baltzersen. *MUNIN Deliverable D4.5 Architecture specifications*. MARINTEK, Trondheim, Norway, 2014
- [8] M. Stopford. (*Maritime Economics* (3 ed.)). Abingdon, Oxon, UK: Routeledge. 2009
- [9] Ø.J. Rødseth, H. Burmeister. *MUNIN Deliverable D10.2 New ship designs for autonomous vessels*. MARINTEK, Trondheim, Norway, 2015
- [10.] Rolls Royce Marine. *Remote and Autonomus Ship- The next steps*. London, UK, 2016.
- [11] S. N. MacKinnon, Y. Man, M. Baldauf. *MUNIN Deliverable D8.8 Final Report Shore Controlle Center*. CTH, Göteborg, Sweden, 2015.
- [12] P. Barthelsson, J.Sagefjord. *Autonomous ships and the operator's role in a Shore Control Centre*. CTH, Göteborg, Sweden, 2017
- [13] Ø.J. Rødseth, Å. Tjora. *A system architecture for an unmanned ship*. MARINTEK, Trondheim, Norway, 2014
- [14] Lee, Tuan Khee. *Liability of Autonomous Ship: The Scandinavian perspective. How the liability regimes shall be regulated in the Scandinavian region?*. University of Oslo, Norway, 2016
- [15] S. Öhland ,A. Stenman. *Interaction Between Unmanned Vessels and COLREGS*. Aboa Mare Academy and Training Center *Turku*, Finland, 2017
- [16] B. Mathieu. *Unmanned Vessels : a major challenge for the next decades*. Universitet Gent, Belgium, 2017

- [17] IMO Maritime Safety Committee 100th Session Report, London, 2018
- [18] Danish Maritime Authority. *Analysis of Regulatory Barriers to the use of Autonomous Ships*, Denmark, 2018
- [19] S.Plass, F.Ckazzar, F. Bekkadal, Y. Ibnyahya, M.Manzo. *Maritime Communications – Identifying Current and Future Satellite Requirments ,Technologies*. Italy, 2014
- [20] M. Höyhtyä, J. Huusko, M. Kiviranta, K. Solberg2, J. Rokka, *Connectivity for Autonomous Ships: Architecture, Use Cases, and Research Challenges*, Finland, 2017.
- [21] Ø. J. Rødseth, B. Kvamstad , *D4.3 Evaluation of ship to shore communication links* , MARINTEK, Trondheim, Norway, 2012.
- [22] L. Kretschmann, Ø. J. Rødseth, B. S. Fuller, H. Noble, J. Horahan, H. McDowell, *D9.3: Quantitative assessment*, Fraunhofer CML, Hamburg, Germany, 2015.
- [23] J.Rodica, *Međunarodne regulative za cyber sigurnost u pomorskom sektoru još uvijek nema*, Svijet Osiguranja Broj 6, Zagreb, Croatia ,2017

## POPIS ILUSTRACIJA

### POPIS SLIKA

Slika 1. Klasifikacija autonomnih pomorskih sustavi i vrste autonomnih brodova [5].....	3
Slika 2. Ljudski faktor u postotku kod pomorskih havarija [3] .....	5
Slika 3. Logo MUNIN projekta [5] .....	6
Slika 4. Munin partneri [5].....	8
Slika 5. Članovi AAWA inicijative [6.] .....	9
Slika 6. Podjela brodova prema MUNIN-u [5].....	10
Slika 7. Faze razvoja autonomnih brodova [6].....	23
Slika 8. Konceptualni prikaz SCC-a [11].....	24
Slika 9. Komponente MITS arhitekture [13].....	27
Slika 10. Komunikacijska arhitektura autonomnih brodova [19].....	40
Slika 11. Usporedba zemaljskih komunikacijskih sustava za autonomiju [20].....	42
Slika 12. Zahtjevi za prijenos podataka [20] .....	45
Slika 13. Standardizirane valne duljine IEEE [21] .....	45
Slika 14. Predloženi digitalni VDES kanali [13] .....	48
Slika 15. Najrelevantnije satelitske usluge [13] .....	49

### POPIS TABLICA

Tablica 1. Funkcionalne grupe.....	11
Tablica 2. Sheridan-ova tablica razina autonomije.....	17
Tablica 3. Procesi autonomnih brodova na dugim putovanjima.....	19

