

# Digitalni brodovi

---

Ciprić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:456565>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-13**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**LUKA CIPRIĆ**

**DIGITALNI BRODOVI**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2020 godina.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**DIGITALNI BRODOVI  
DIGITAL VESSELS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Integrirani navigacijski sustavi

Mentor: dr. sc. Đani Šabalja, doc.

Student: Luka Ciprić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prijevoza

JMBAG: 011207161697 7

Rijeka, rujan 2020 godina.

Student: Luka Ciprić  
Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prijevoza  
JMBAG: 0112071697 7

## **IZJAVA**

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom DIGITALNI BRODOVI izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Đani Šabalja.

U radu sam primijenio metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezo s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasan sam s objavom završnog rada na službenim stranicama Fakulteta.

Student

Luka Ciprić

## **SAŽETAK**

Tijekom posljednjeg desetljeća razvijeno je nekoliko prototipova autonomnih brodova. Iako je Norveška pionir tehnološkog razvoja autonomnih brodova, druge zemlje poput Kine, Finske i SAD-a također su postigle značajan napredak. Međutim, buduće primjene autonomnih brodova i potencijalni poslovni modeli još uvijek nisu dobro istraženi. Očekuje se da će autonomni brodovi u budućnosti biti komercijalno lansirani, čime će se dodati nova dimenzija u industriji trgovačke plovidbe.

Stoga se ovaj završni rad temelji na samoj konceptualizaciji, odnosno dotiče se glavnih pitanja: Što? Kada? Kako? Zašto?. Također donosi i pregled razvojnih projekata i blagodati autonomnih brodova s ekonomske, ekološke i socijalne perspektive, sugerirajući inovativnu uporabu autonomnih brodova u pomorskom prometu na kratkim udaljenostima kao i konvencionalni brodski promet, te na kraju donosi zaključak isplati li se kretati u takav rizičan pothvat, bez obzira na mnoge prednosti koje nam donosi.

Ključne riječi: autonomno, razvitak, prednosti, budućnost, izazovi

## **SUMMARY**

Several prototypes of autonomous ships have been developed over the last decade. Although Norway is a pioneer in the technological development of autonomous ships, other countries such as China, Finland and the US have also made significant progress. However, future applications of autonomous ships and potential business models are still not well researched. Autonomous ships are expected to be commercially launched in the future, adding a new dimension to the merchant shipping industry.

Therefore, this graduation seminar is based on the conceptualization itself, ie it touches on the main questions: What? When? How? Why?. It also provides an overview of development projects and the benefits of autonomous ships from an economic, environmental and social perspective, suggesting the innovative use of autonomous ships in inland sea shipping as well as conventional shipping, and finally concludes whether it is worthwhile to embark on such a risky venture despite the many benefits it brings us.

Keywords: autonomous, development, advantages, future, challenges

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK .....</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>1</b>
<b>1. UVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2. UPRAVLJANJE DIGITALIZACIJOM BRODARSTVA .....</b>	<b>4</b>
2.1. KONCEPTUALIZACIJA DIGITALIZACIJE BRODARSTVA .....	5
2.2. DIGITALIZACIJA BRODOVA: TEHNOLOGIJE I RJEŠENJA .....	6
<b>3. TEHNOLOŠKI RAZVOJ POMORSKIH OPERATIVNIH SUSTAVA .....</b>	<b>8</b>
3.1. E - NAVIGACIJA .....	10
3.2. AUTONOMIJA I AUTOMATSKO UPRAVLJANJE .....	14
3.3. CYBER POUZDANOST.....	17
3.4. CYBER - PHYSICAL SYSTEMS .....	21
3.5. INTERNET THINGS .....	24
<b>4. BUDUĆNOST AUTONOMNIH BRODOVA .....</b>	<b>26</b>
4.1. KONCEPT DIGITALNOG BLIZANCA .....	28
4.2. DIGITALNI BLIZANCI U POMORSTVU .....	30
4.3. PREDNOSTI AUTONOMNIH BRODOVA .....	33
4.4. NEDOSTATCI UVOĐENJA AUTONOMIJE.....	34
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>36</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>38</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>39</b>

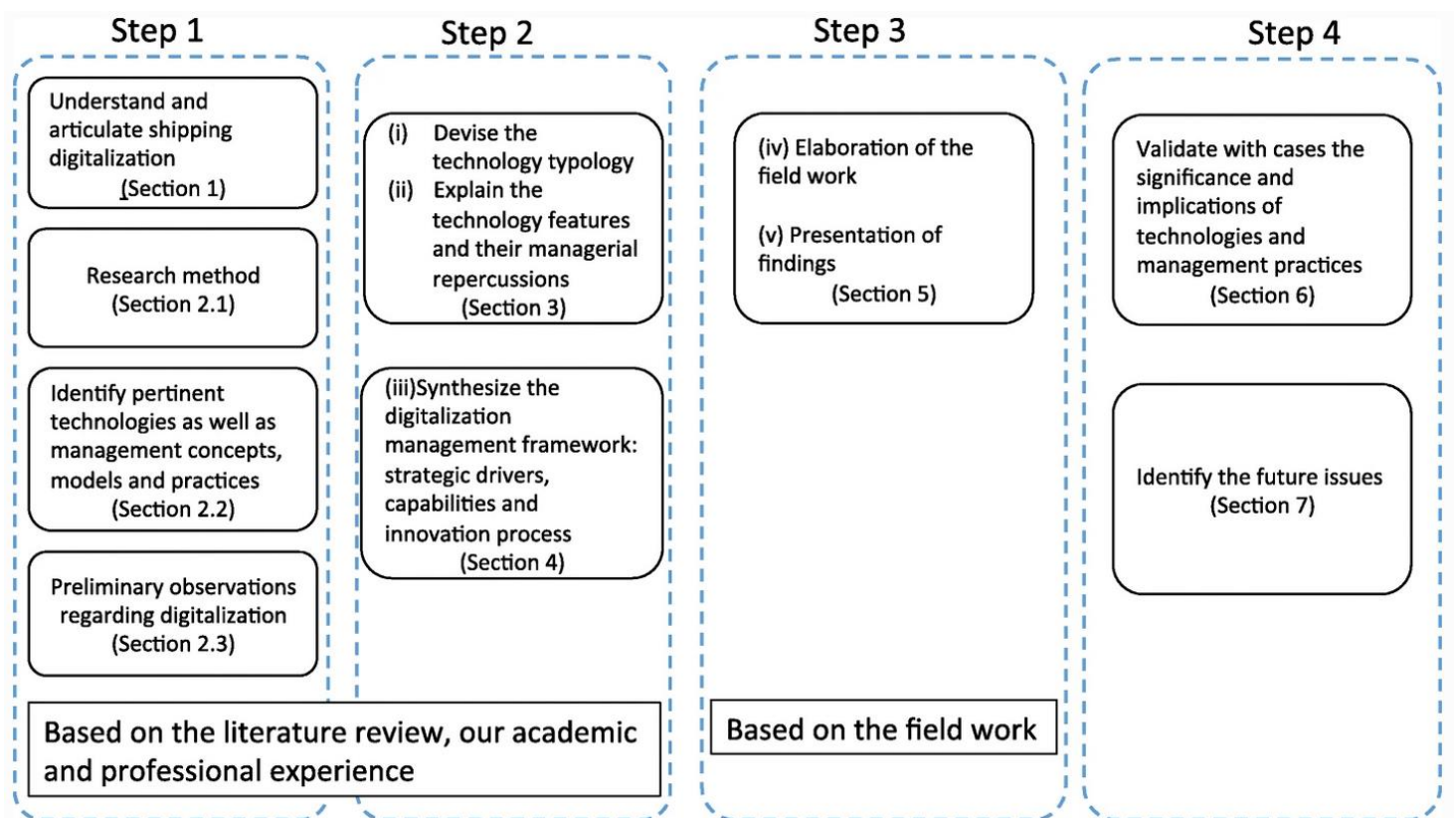
## 1. UVOD

Digitalna transformacija danas je aktualna tema u brodskom istraživanju i stručnoj praksi. Povećana automatizacija i dostupnost visoko pouzdanih, računalno kontroliranih, kibernetičko - fizičkih sustava omogućit će napredak u automatizaciji i daljinski upravljanim operacijama. Naprednim metodama analitike posada broda i kompanije, prilikom uvida u velike skupove podataka koje današnji brodovi stvaraju, mogu poduzeti konstruktivnije akcije s kojima će povećati brodsku učinkovitost te smanjiti troškove. Automatizacija, shvaćena kao obavljanje zadataka putem strojeva, a ne od strane ljudi, može se shvatiti i kao razvoj u odnosu na razinu manevarskog dijela kao razvoj u odnosu na razinu autonomije (nezavisnost) operativnih funkcija. Osim toga, ključno obilježje bespilotnog brodarstva je povećana važnost daljinskog izvršenja zadataka, daleko od samog broda. Sva tri elementa ključni su aspekti razvoja autonomnog brodarstva i stoga su usko međusobno povezani i međusobno ovisni. Ipak, riječ je o zasebnim pitanjima koja se često ujedinjaju u aktualnim raspravama.

Pravna pitanja i izazovi povezani s autonomnim pomorskim prijevozom, kao i rješenja potrebna za njihovo rješavanje, razlikovat će se ovisno o tome koje se odluke donose u odnosu na zapošljavanje, položaj posade i autonomiju. Na primjer, broj posade treba odvojiti od lokacije posade, budući da se na brodskom mostu koji se kontinuirano nalazi s udaljene lokacije postavljaju pravna pitanja različita od scenarija u kojem je most potpuno bez nadzora. Izazovi s mostom bez nadzora ovise o tome jesu li članovi posade dostupni (na brodu ili na daljinu) u kratkom roku za intervenciju ili se očekuje da će oprema broda (senzori) samostalno riješiti sve situacije.

## 2. UPRAVLJANJE DIGITALIZACIJOM BRODARSTVA

Digitalizacija već transformira poslovanje i strategije brodskih tvrtki. Stoga primarno stvara nove poslovne logike i nove poslovne modele za stvaranje ekonomske i društvene vrijednosti. Međutim, kao što je općepriznato, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se znanstveno utvrdile složenosti digitalizacije brodarstva, a odatle se utvrdile stroge i praktične važnosti upravljanja za današnje broderske aktivnosti. Trenutna istraživanja nude važnu bazu znanja s obzirom na razne vrste primjene informacijske tehnologije koje se koriste u brodarstvu, trgovini i prometu.



Slika 1. Opis i objašnjenje jedne vrste istraživačkog rada

Izvor: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-019-0052-7>

Sposobnost (re) izvođenja i upravljanja digitalnim dobrima (tj. naručivanje novogradnji pomoću IoT hardvera, te komunikacijskih mreža) usklađena zajedno s uobičajenim (analognim) resursima broderskih kompanija središnja je značajka digitalizacije

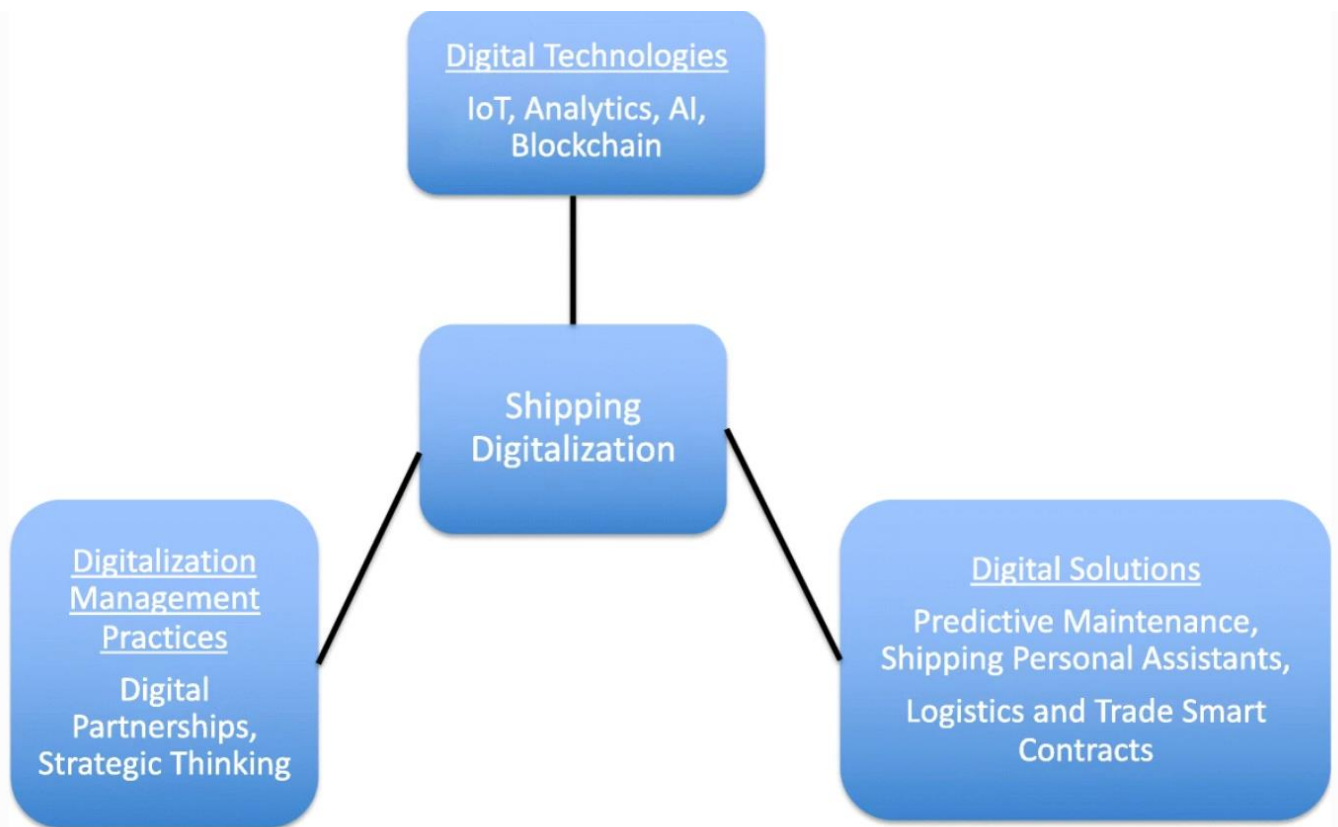


## 2.1. Konceptualizacija digitalizacije brodarstva

Danas digitalna inovacija u brodarstvu se artikulira na tri osnovna stupa:

- 1.) inovativne digitalne tehnologije (IoT, analitika, AI, Blockchaina),
- 2.) inovativna digitalna rješenja (pametni brodski sustavi i usluge, pomorski blockchains),
- 3.) digitalno poslovnih koncepata, modela i praksi upravljanja (tj. digitalni način razmišljanja i vještina, tehnološka partnerstva, resursi za digitalizaciju).

Na temelju generičkih digitalnih tehnologija, brodarske tvrtke i pomorske organizacije razvijaju industriju i specifična inovativna digitalna rješenja tvrtke i integriraju ih u svoje postojeće (inter) organizacijske i tehničke sustave.



Slika 2. Osnovni model digitalizacije brodarstva

Izvor: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-019-0052-7>

## 2.2. Digitalizacija brodova: tehnologije i rješenja

IMO koncept autonomnog broda definira 4 razine autonomije koje se dijele:

- 1.) 1 razina (brod s automatskim procesom – posada je na brodu, ali neke operacije su automatizirane),
- 2.) 2 razina (posada je na brodu ali brod je upravlján s druge lokacije tzv. obalni centar – Shore control center),
- 3.) 3 razina (bez posade na brodu – brod je kontroliran i upravlján s druge lokacije),
- 4.) 4 razina (potpuno autonomni brod – operativni sustav donosi sam odluke).<sup>1</sup>

### SHIP **AUTONOMY LEVELS** ARE CATEGORIZED ON A SCALE



Slika 3. Kategorizacija autonomnih brodova

Izvor: <https://marine-offshore.bureauveritas.com/autonomous-ships>

<sup>1</sup> <https://pomorac.net/2019/06/27/autonomni-brodovi-i-novi-trendovi-u-pomorstvu/>

O samome konceptu autonomnog broda definiraju se različiti senzori koji se uvode na takvu vrstu brodova. Najvažniji senzori koji bi se koristili su: LIDAR sustav koji pomoću puls laserskih zraka otkriva objekte njihove podatke i udaljenosti, radar za kratke i za duge domete, različite vrste kamera (PTZ kamera s opcijom zumiranja specifičnog dijela), mikrofoni, prošireni AIS – sustav za automatsku identifikaciju, sonari i GNSS sustav satelitskog pozicioniranja.

Također definirao se i koncept proširene stvarnosti (eng. augmented reality) koji je prikazan na primjeru brodova koji ga koriste (Japanska kompanija MOL).

Veliku ulogu igra i umjetna inteligencija (engl. artificial intelligence – AI) koja ima glavni cilj smanjiti ljudske pogreške, smanjiti interakciju između čovjeka i stroja tzv. (engl. HMI – human machine interface), poboljšati sigurnost, ali zadržati čovjeka koji i dalje donosi odluke u kritičnim situacijama. Alati koje koristi AI su otvorene neuronske mreže, deep learning alat, apache mahout alat i slično.<sup>2</sup>

Prednosti automatizacije i autonomije u različitom stupnju postale su očite u mnogim područjima komercijalne djelatnosti, uključujući prijevoz. Mnogi gradovi širom svijeta imaju automatizirane i djelomično autonomne željezničke ili metro sustave. Potpuno automatizirani kontejnerski terminali dobro su uspostavljeni kao efikasni načini upravljanja brodom do obale. Putovanje zrakoplovom sada velikim dijelom ovisi o automatizaciji unutar letačkih sustava za određene faze letačkog programa.

---

<sup>2</sup> <https://pomorac.net/2019/06/27/autonomni-brodovi-i-novi-trendovi-u-pomorstvu/>

### 3. TEHNOLOŠKI RAZVOJ POMORSKIH OPERATIVNIH SUSTAVA

Povećanje širine pojasa i mrežnih kapaciteta, te nove komunikacijske mogućnosti omogućit će prijenos značajnih količina podataka s obale na brod i suprotno u stvarnom vremenu. Kombiniranje tokova podataka s više izvora poboljšat će širok raspon performansi (uključujući pametnije korištenje plovnog parka, usmjeravanje, trim, potrošnju goriva, upravljanje emisijama štetnih plinova) i upravljanje integritetom imovine, zasnovano na nadzoru daljinskog stanja kao i omogućavanje povećane razine automatizacije. Povezanost i dijeljenje podataka brodova će također učiniti pomorstvo transparentnom granom industrije i pomoći u izgradnji povjerenja i suradnje između različitih sudionika u industriji na temelju javno dostupnih podataka i informacija budući da će povezanost brodova omogućiti pomorskim vlastima priliku da nadziru usklađenost s postojećim propisima, poboljšaju sigurnost na moru, smanjuju mogućnost ilegalnih radnji i postignu ciljeve zaštite okoliša. Digitalizacija i usmjeravanje ka novim načinima poslovanja u pomorstvo će uvesti brojne nove poslovne aplikacije koje će bitno promijeniti pomorski svijet. Te aplikacije neće promijeniti samo brodove već i luke. Lukama je također potrebna puno veća efikasnost, smanjivanje gubitka profita i povećanje sigurnosti.

Tijekom životnog ciklusa broda klasifikacijska društva i države članice provode ispitivanja stanja broda i opreme, te na temelju takvih ispitivanja koriste se za obnovu certifikata. S obzirom na to da se ta ispitivanja provode manualno ili vizualno prema fiksno određenoj listi i ta ispitivanja se mogu odraditi efikasnije uz pomoć aplikacija za praćenje stanja. Brodska povezanost može se iskoristiti za prijenos svih potrebnih operativnih podataka na kopno (do država članica ili klasifikacijskog društva) prije ispitivanja. Time bi se omogućilo ispitivaču (inspektorima) da provede analizu brodske funkcionalnosti prije nego li stupi na brod. Takvo što bi omogućilo provođenje istraživanja temeljenog na riziku, gdje bi se pozornost mogla usmjeriti na one stavke za koje su nedavni operativni podaci pokazali potencijalne probleme.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Majić Mario: Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću, Diplomski rad, Split 2018, str. 35



Slika 4. Rolls Royce centar za daljinsko upravljanje - koncept

Izvor: <https://mreza.bug.hr/tehnologije-brodovi-bez-posade/>

Aplikacije za praćenje stanja komponenti sustava se temelje na implementaciji senzorskih očitavanja (temperature, tlaka, vjetra itd.) prikladnih za otkrivanje načina kvara odabranih komponenti sustava. Očitavanja sa senzora su prikupljena i pohranjena lokalno na brodskom računalnom sustavu koji ih obrađuje te potom šalje prema kopnenom podatkovnom centru koji te podatke analizira i pohranjuje. Do sada je raspored održavanja opreme bio uglavnom frekventan i temeljen na vremenskom rasporedu. Logika preventivnog održavanja se temelji na pretpostavci da svaka komponenta ima neki vremenski rok nakon kojeg se razina kvarova i lošijih performansi povećava. Međutim, takva logika je ne sigurna i više se temelji na koincidenciji nego na nekom uobičajenom pravilu s obzirom na to da su stope neuspjeha tendencijom više ovisne o nekim drugim faktorima pa i slučajnosti nego vezane za vremenski rok.

### 3.1. E – navigacija

Međunarodna pomorska organizacija definira e-navigaciju kao „*usklađeno prikupljanje, integriranje, razmjenjivanje, prezentiranje i analiziranje podataka o moru na brodu i kopnu elektroničkim sredstvima kako bi se poboljšalo plovidbu od veza do veza i povezane usluge za sigurnost na moru i zaštitu morskog okoliša*“.<sup>4</sup> Jasna je i uvjerljiva potreba da se brodske korisnike i one na kopnu odgovorne za sigurnost plovidbe opremi modernim, provjerenim alatima koji su optimizirani za dobro donošenje odluka kako bi pomorska navigacija i komunikacije učinili pouzdanijim i korisnijim. Opći je cilj poboljšati sigurnost plovidbe i smanjiti pogreške. Međutim, ako se trenutni tehnološki napredak nastavi bez odgovarajuće koordinacije, postoji rizik da će budući razvoj morskih navigacijskih sustava biti ometen zbog nedostatka standardizacije na brodu i na kopnu, nespojivosti između plovila i povećane i nepotrebne razine složenosti. Stoga postoje nove mogućnosti za daljnji razvoj različitih inicijativa IMO-a, od sigurnosti i zaštite do zaštite okoliša. Razvoj komunikacija i informacijske tehnologije pružit će mogućnosti za razvoj upravljanja znanjem kako bi se povećala transparentnost i dostupnost informacija. Izazov za IMO je:

- 1.) osigurati da tehnološki razvoj usvojen doprinosi poboljšanju pomorske sigurnosti, sigurnosti i zaštite okoliša i uzme u obzir potrebu za njihovom globalnom primjenom sredstva za standardizirano i automatsko izvješćivanje,
- 2.) osigurati pravilnu primjenu informacijske tehnologije u organizaciji i omogućiti bolji pristup tim informacijama brodskoj industriji i drugima; i integraciju i prezentaciju dostupnih informacija u grafičkim prikazima primljenim putem komunikacijske opreme,
- 3.) osigurati da je nova oprema za upotrebu na brodovima dizajnirana i proizvedena u skladu s potrebama, vještinama i sposobnostima svih korisnika.

Očekuje se da će ti zadaci, kada se završe u razdoblju 2015.-2019., pružiti industriji usklađene informacije kako bi započeli projektiranje proizvoda i usluga kako bi se zadovoljila rješenja za e-navigaciju. Istraživanja pokazuju da je oko 60% sudara i nasukanja uzrokovano izravnom ljudskom pogreškom. Unatoč napretku u obuci upravljanja resursima

---

<sup>4</sup> <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>

mostova, čini se da većina časnika na straži donosi kritične odluke za plovidbu i izbjegavanje sudara u izolaciji, zbog općeg smanjenja ljudi na brodovima. Vizija e-navigacije utjelovljena je u sljedećim općim očekivanjima za brodske, kopnene i komunikacijske elemente:

1.) Na brodu

Navigacijski sustavi koji imaju koristi od integracije vlastitih brodskih senzora, pratećih informacija, standardnog korisničkog sučelja i sveobuhvatnog sustava za upravljanje zonama (engl. Guard zone) i upozorenjima. Ključni elementi takvog sustava uključivat će aktivno angažiranje pomorca u procesu plovidbe radi obavljanja njegovih/njezinih zadataka na najučinkovitiji način, sprječavajući ometanje i preopterećenje.

2.) Na kopnu

Upravljanje brodskim prometom i povezanim uslugama s obale poboljšano je boljim pružanjem, koordinacijom i razmjenom sveobuhvatnih podataka u formatima koje će operateri s kopna lakše razumjeti i koristiti u svrhu sigurnosti i učinkovitosti plovila.

3.) Komunikacije

Infrastruktura koja omogućuje ovlaštenu neometanu prienos informacija na brodu, između brodova, između broda i obale, te između obalnih vlasti i drugih stranaka s mnogim srodnim prednostima.

Očekuje se da će glavne prednosti e-navigacije biti:

- 1.) poboljšana podrška odlučivanju koja omogućava pomorcu i nadležnim tijelima na kopnu da odaberu najsigurniju i najkvalitetniju odluku,
- 2.) smanjenje ljudske pogreške pružanjem automatskih pokazatelja, upozorenja i nesigurnih metoda,
- 3.) poboljšana pokrivenost i dostupnost dosljednih kvalitetnih elektroničkih navigacijskih karata (ENC),
- 4.) poboljšana otpornost na navigacijski sustav, što dovodi do poboljšane pouzdanosti i integriteta,

- 5.) bolja integracija brodskih i priobalnih sustava; što dovodi do bolje uporabe svih ljudskih resursa,
- 6.) bolja zaštita okoliša,
- 7.) veća učinkovitost i smanjenje troškova.

Kao rješenje IMO e-navigacijskog koncepta predložen je MC (engl. Maritime Cloud). MC je IT digitalni okvir standarda, infrastrukture i upravljanja kako bi se olakšala sigurna interoperabilna razmjena informacija između sudionika u i oko pomorskog prometa.

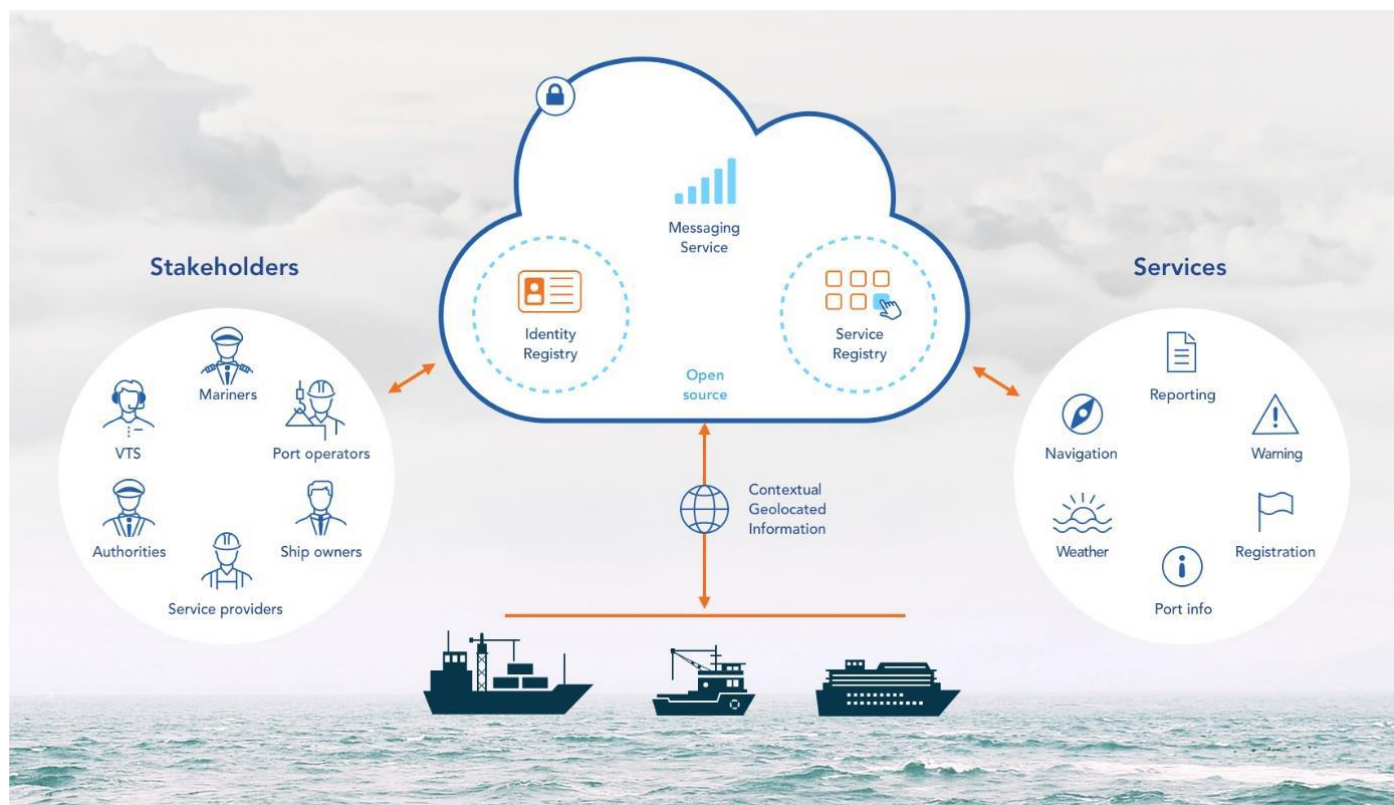
Preko Maritime Connectivity Platform – e (engl. MCP – a) postoji mogućnost:

- 1.) registracije potrebnih usluga, kao i otkrivanje i korištenje istih,
- 2.) potvrde i korištenja identiteta za digitalno potpisivanje komunikacije,
- 3.) geografski i organizacijski kontekst, npr. mjesto broda koristi se kao ključni parametar za otkrivanje usluga, provjeru identiteta i razmjenu poruka.

Maritime Connectivity Platform (MCP) se sastoji od tri osnovne komponente:

- 1.) Registar identiteta: za sigurno i pouzdano upravljanje identitetom. Sadrži relevantne podatke za ovlaštene sudionike, omogućuje provjeru autentičnosti, integriteta i povjerljivosti u procesima prijenosa informacija, te stoga pruža jedinstvenu prijavu na sve usluge,
- 2.) Registar usluga: za registriranje, otkrivanje i korištenje svih relevantnih e-Navigation i e-Maritime usluga, komercijalnih i ne komercijalnih, ovlaštenih i ne ovlaštenih, besplatno i bez plaćanja. Jednako kao App Store na iPhone - u i Google Play na Android uređaju,
- 3.) Usluga razmjene poruka: informacijski posrednik koji inteligentno razmjenjuje informacije između komunikacijskih sustava povezanih s platformom, uzimajući u obzir trenutnu geografsku poziciju i komunikacijske veze dostupne primatelju.





Slika 5. MCP povezivanje svih pomorskih sudionika sa pomorskim informacijskim centrima

Izvor: <http://baltictransportjournal.com/index.php?id=656>

## 3.2. Autonomija i automatsko upravljanje

Autonomni brodski sustavi po pravilu ne trebaju nikakvu kontrolnu komunikaciju, ali stalna razina nadzora i kontrole mora postojati u slučaju nužde i ručne intervencije (tj. daljinskog upravljanje) s obale. Ključni dio autonomije i daljinskog upravljanja se oslanja na pouzdanu komunikacijsku vezu. Prvo, za ostvariti daljinsko upravljanje broda potrebno je ispuniti intenzivne komunikacijske zahtjeve broda. Sama veza zahtijeva širokopojasni pristup kako bi se moglo prenijeti dovoljnu količinu podataka do operatera koji upravlja brodom i natrag. Drugo, u slučaju da komunikacije otkáže riskira se gubitak nadzora na brodom pa stoga komunikacijski sustav mora biti veoma pouzdan. Na koncu, veza mora imati slabo kašnjenje da se ne bi dogodilo vremensko kašnjenje prilikom izvršavanja neke naredbe što bi se moglo pokazati kobnim npr. u slučaju izbjegavanja sudara. Bez obzira, ako se dogodi gubitak komunikacija autonomni brodski sustav upravljanja može primijeniti sigurnosnu logiku kako bi sačuvao brod dok se komunikacija ne obnovi. Projekt MUNIN (engl. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) koji sufinancira Europska komisija je istraživački projekt, koji ima za cilj razvijanje koncepta autonomnog broda, čija je definicija brod koji je prvenstveno vođen automatiziranim sistemima odlučivanja na brodu, ali je daljinski upravljani od strane pilota na obalnoj upravljačkoj postaji.

Za razliku od IMO koncepta autonomnog broda koji se dijeli na 4 razine, definicija razine autonomije (engl. Autonomy level – AL) u Lloydovom registru temelji se na razlikama između primijenjene tehnike i uloge operatera:

- 1.) AL0: Upravljanje rukom - navigacijskim kontrolama ili točkama okreta rukuju se ručno,
- 2.) AL1: Potpora za odlučivanje na brodu - automatska navigacija prema zadanim referencama i rasporedu. Kurs i brzina mjereni su senzorom na plovilu,
- 3.) AL2: Podrška za odlučivanje na brodu ili s obale - navigacija kroz slijed točaka okreta. Kurs se izračunava prema planiranom rasporedu. Eksterni sustav može prenijeti novi raspored,
- 4.) AL3: Izvršenje od strane operatora koji nadzire i odobrava radnje - sustav preporučuje navigacijske aktivnosti na temelju senzorskih informacija s broda i okolice,

- 5.) AL4: Izvršenje od strane operatora koji nadzire i ima pravo intervenirati - odluke o plovidbi i operativnim djelovanjima izračunava sustav koji sve provodi na temelju njegovih izračuna nakon odobrenja operatora,
- 6.) AL5: Nadzirana autonomija - cjelokupne odluke o plovidbi i radu donosi sustav, ocjenjujući i posljedice i rizike. Senzori bilježe relevantne informacije o okolišu, a sustav tumači trenutnu situaciju. Sustav izračunava svoje akcije i izvodi ih. Operator je upozoren u slučaju nesigurnosti,
- 7.) AL6: Potpuna autonomija - cjelokupne odluke o plovidbi i radu donosi sustav, ocjenjujući i posljedice i rizike. Sustav djeluje na temelju analize i izračuna vlastitih djelovanja i na temelju odziva okruženja. Poznavanje okoline te prošlih i tipičnih situacija uključeno je u tzv. strojno učenje.

Autonomy level	Description	Operator's role
<b>AL0: Manual controlled</b>	Navigation controls or waypoints for course are handled manually.	The operator is on board or controls the vessel remotely through radio link.
<b>AL 1: Decision support on board</b>	Automatic navigation according to set references and schedule. Course and speed measured by onboard sensors.	The operator sets course as waypoints and determines desired speed. The operator monitors and changes course and speed if necessary.
<b>AL 2: Decision support on board or from shore</b>	Course navigation through a sequence of waypoints. Course is calculated according to a planned schedule. An external system can upload a new schedule.	The operator monitors operation and surroundings. Changes course and speed if needed. Suggestions for interventions may be provided by algorithms.
<b>AL 3: Execution by operator who monitors and authorises actions</b>	System recommends navigational actions on the basis of sensor information from the ship and its surroundings.	The operator monitors the system's functions and actions, and authorises actions before they are carried out.
<b>AL 4: Execution by operator who monitors and is able to intervene.</b>	Decisions on navigation and operational actions are calculated by the system that executes on the basis of its calculations following	The operator monitors the system's actions, and takes correctional actions as needed. Monitoring may take place from shore.

Slika 6. Opis i uloga operatora za različite razine autonomije

	approval from the operator.	
<b>AL 5: Monitored autonomy</b>	Overall decisions regarding navigation and operation are made by the system, also assessing consequences and risks. Sensors capture relevant information of the surroundings, and the system interprets the current situation. The system calculates its actions and executes these. The operator is alerted in case of uncertainty.	The system performs calculated actions. The operator is alerted unless the system is very certain of its interpretation of the surroundings, its own state and of the following calculated actions. General goals are determined by the operator. Monitoring may take place from shore.
<b>AL 6: Full autonomy</b>	Overall decisions regarding navigation and operation are made by the system, also assessing consequences and risks. The system acts on the basis of analysis and calculations of both own actions and the surroundings' response. Knowledge on surroundings and of past and typical situations are factored in via machine learning.	The system makes its own decisions and actions, calculating own capability and prediction of the behavior of surrounding traffic. The operator is alerted in case the system fails to determine action. General goals may be determined by the system. Monitoring from shore.

Slika 7. Opis i uloga operatora za različite razine autonomije

Izvor slike 6 i 7: <https://www.lr.org/en/>

Većina projekata na autonomnim brodovima uvjetovana je projektiranjem brodova tako da se može mijenjati između različitih autonomija razina (ručni upravljač, daljinski upravljani rad i potpuno autonomni rad). Stoga je realnost da će pravne prepreke biti dinamičke i promjenjive ovisno o razini autonomije na kojoj brod posebno radi. Pretpostavlja se da će autonomni brodovi (barem u početku) biti upravljani ručnim upravljanjem ili daljinskim upravljanjem u vezi s pristaništima u luke i u gusto prometnim područjima, dok će se brod prebaciti na razinu autonomije u otvorenim vodama.

### 3.3. Cyber pouzdanost

Cyber „attack“ predstavlja znatan rizik za brodovlasnike, lučke operatore i njihove osiguravatelje u slučaju kvara ili ako se kibernetičkom zaštitom loše upravlja. Rizik, potencijalne štete (u ovom slučaju od cyber napada) postoji ne samo u uredskim okruženjima, već može utjecati i na fizičku imovinu koju brodske tvrtke koriste.

Napadi na fizičku imovinu nisu bez prednosti. 2015. godine Rusija je navodno napala ukrajinsku električnu mrežu, a 225.000 ljudi ostalo je bez struje. Cyber „attack“ je uništio SCADA sustav upravljanja distribucijom koji se koristi za nadgledanje i upravljanje trafostanicama. Morski kibernetički napad mogao bi na sličan način iskoristiti brodski nadzirani distribuirani upravljački sustav (engl. Distributive Control System) u interakciji s pogonskim motorima, lučkim automatiziranim dizalicama koji se kreću teretom i drugim ranjivim sustavima. Šteta od napada može utjecati na reputaciju tvrtke, njen brend, prekinuti poslovanje, fizički ozlijediti zaposlenike ili imati financijske i pravne posljedice. Kad se uzmu u obzir izravni, neizravni i oportunitetni troškovi povezani s kibernetičkim kriminalom (kriminalna aktivnost koja se provodi nad informatičkom infrastrukturom), savjetovanište Accenture navodi da prosječni trošak za organizaciju iznosi 13 milijuna dolara. Napad koji rezultira ozljedom osoblja ili smrću može koštati više. Razmatrajući rizik, vlasnici kompanija utvrđuju što može poći po zlu, vjerojatnost da se takvi događaji dogode, učinak ako se dogode i radnje na ublažavanju ili minimiziranju vjerojatnosti i utjecaja na prihvatljivu razinu. Nažalost, previše je slučajeva u kojima su rukovoditelji bili previše uvjereni ili su krivo procijenili svoju sposobnost ublažavanja prijetnji. Budući da kibernetička sigurnost nije dobro izvedena, uzrokuje ogromne probleme, razborite i oprezne kompanije obično angažiraju vanjske stručnjake.

Tri navigacijska sustava koja uključuju autonomni prijevoz pokazala su se ranjivima:

- 1.) Globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) - pruža točan položaj plovila, ali se njime može manipulirati kako bi se posada prevarila da promijeni kurs,
- 2.) Elektronički prikaz karata i informacijski sustav (ECDIS) - karte i rute digitalnih spremišta, ali ako se hakiraju i daju lažne informacije posadu može navesti na pogrešan kurs, stoga i lokaciju,

- 3.) Automatski identifikacijski sustav (AIS) - prati okolni promet radi izbjegavanja sudara, ali može se presresti i napajati lažnim podacima plovila (lokacija, kretanje ili identitet).



Slika 8. Ranjivost GNSS sustava

Izvor: <https://www.businessinsider.com/gnss-hacking/>

U 2013. godini, tim istraživača sa Sveučilišta u Teksasu pokazao je da se pomoću GPS-3000 „spoofer – a“, male antene i laptopa, privatna jahta u iznosu od 80 milijuna dolara može usmjeriti s puta. Brod se okrenuo, ali zaslon ECDIS - a i posada vidjeli su samo ravnu crtu. Određeni sudionici grade platformu autonomne dostave temeljenu na oblaku (Cloud). Mnoge kopnene industrije već su u Cloudu, ali bez obzira na to migracija aplikacija u Cloud dodaje nove slojeve složenosti i opasnosti. ENISA (engl. European Network and Information Security Agency) je agencija Europske unije koja se bavi pitanjima sigurnosti informacija i informacijskih mreža. U analizi koja je napravljena 2011. godine naveli su logičke zaključke

kako poboljšati zaštitu od cyber napada u pomorskom sektoru. Zaključke su podijelili u tri skupine: kratkoročne, srednje i dugoročne imperitive.

Nacionalna strategija cyber sigurnosti Ujedinjenog Kraljevstva razumljivo je identificirala pomorsku infrastrukturu i plovila, kao vrstu kibernetičko-fizičkih sustava da budu potencijalno ranjivi na uplitanje od raznih cyber prijetnji. Napredak u razvoju i tehnologijama novih senzora i pametni upravljački sustavi potiču razvoj autonomnih brodova. U širem smislu, ovo je prilika da se prevladaju ograničenja u dizajnu, učinkovitosti i operativnoj sigurnosti broda, ali ovo također podrazumijeva potrebu za najboljim navikama i standardima pridržavanja, uz stroge tehnike izrade, koji uključuju sigurnost s tehničke strane, ali i cyber sigurnost.



Slika 9. Priroda cyber napada – statistika iz 2019. godine

Izvor: <https://www.statista.com/chart/2881/hacking/>

Potencijalne akcije protiv cyber napadača traže eliminaciju svih mogućih slabosti iz ICT sustava kao i implementaciju efektivnih mjera za sprječavanje uljeza za upad u sustav. Očekujući da će potencijalni napadači postajati sve snalažljiviji i vještiji s vremenom, nadzor u cyber sigurnosti mora biti pro-aktivan i dinamičan te prema tome uvoditi nadopune u sustav. Klasifikacija podataka, šifriranje, identificiranje korisnika, ovjera i odobravanje, zaštita podataka protiv neodobrene upotrebe, zaštita integriteta podataka, zaštita povezanosti itd. su primjeri uobičajenih cyber sigurnosnih metoda za koje se očekuje da će biti potrebno razviti.

U pogledu kibernetičke sigurnosti općenito se čini da je došlo do promjene od izbjegavanja rizika do otpornosti na rizik i upravljanja rizicima jer je opće poznato da je riječ o stalnoj prijetnji pod stalnim promjenama. Veliki izazov u vezi s kibernetičkom sigurnošću jest nepoznavanje razine ugroženosti, te vrste i broj incidenata.

Uredbom o kibernetičkoj sigurnosti u brodarstvu trebala bi se utvrditi obveza brodovlasnika da prijave kibernetičke sigurnosne incidente državi zastave. Nakon toga, države zastave mogle bi razmjenjivati znanja o vrsti i broju incidenata vezanih uz kibernetičku sigurnost u anonimnom obliku s drugim državama zastave, kao i s brodovlasnicima i drugim relevantnim sudionicima, kao što su klasifikacijska društva i osiguravajuća društva, kako bi stekle bolju bazu znanja za suprotstavljanje i planiranje spremnosti protiv incidenta kibernetičke sigurnosti.

Takvo stajalište podupiru Danska IT i Danska obrambena obavještajna služba, koja izražava želju da Centar za kibernetičku sigurnost podijeli više tajnih znanja o kibernetičkim prijetnjama s drugim vlastima i tvrtkama.



### 3.4. Cyber - Physical Systems koncept

CPS je izraz koji predstavlja integrirane računalne i fizičke sposobnosti poput senzora, komunikacije i djelovanja prema fizičkom svijetu. U uporabi naprednih pojmova kao što je Industry 4.0 i CPS, samo prisutnost povezanosti između strojeva i senzora nije dovoljna. Da bi ovakve napredne tehnologije mogle djelovati zajedno, točne informacije moraju biti prisutne u pravom vremenu za pravu svrhu. U tom smislu, 6C sustav (*Connection, Cloud, Cyber, Content, Community, Customization*) i njegova primjena može poboljšati informacijski sustav.<sup>5</sup>

CPS je mehanizam koji se nadzire algoritmom računalnih programa, čvrsto integriranih s internetom i svojim korisnicima. U CPS-u, fizička i programska komponenta su duboko protkane, odnosno svaka operira na svojoj prostornoj i vremenskoj skali, pokazujući više i različite modalitete ponašanja i djeluju međusobno jedna s drugom na bezbroj načina koji se mijenjaju s kontekstom. CPS uključuje trans disciplinarne pristupe, spajajući teoriju kibernetike, mehatroniku, dizajn i procesnu znanost. CPS je također vrlo sličan IoT - u (eng. Internet of Things); oba se temelje na sličnoj građi, ali kod CPS je prisutna veća razina kombinacija i koordinacije između fizičkih i računalnih dijelova. CPS nisu tradicionalni ugrađeni sustavi i sustavi za praćenje u stvarnom vremenu već imaju određene karakteristike koje ih definiraju:

- 1.) Kibernetičku sposobnost u svakoj fizičkoj komponenti,
- 2.) Umreženi po više i ekstremnijim razmjerima,
- 3.) Dinamičko preoblikovanje/ reorganizacija,
- 4.) Visoka razina automatizacije,
- 5.) Operacija mora biti pouzdana i certificirana u nekim slučajevima,

---

<sup>5</sup> Majić Mario: Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću, Diplomski rad, Split 2018, str. 12

6.) Kibernetičke i fizičke komponente su integrirane za učenje i adaptaciju, jače performanse, samoorganizaciju, automatsku montažu.

CPS, kao i svi informacijski i komunikacijski sustavi, karakteriziraju sljedeća temeljna svojstva:

- 1.) Funkcionalnost,
- 2.) Učinkovitost,
- 3.) Pouzdanost i sigurnost,
- 4.) Cijena.

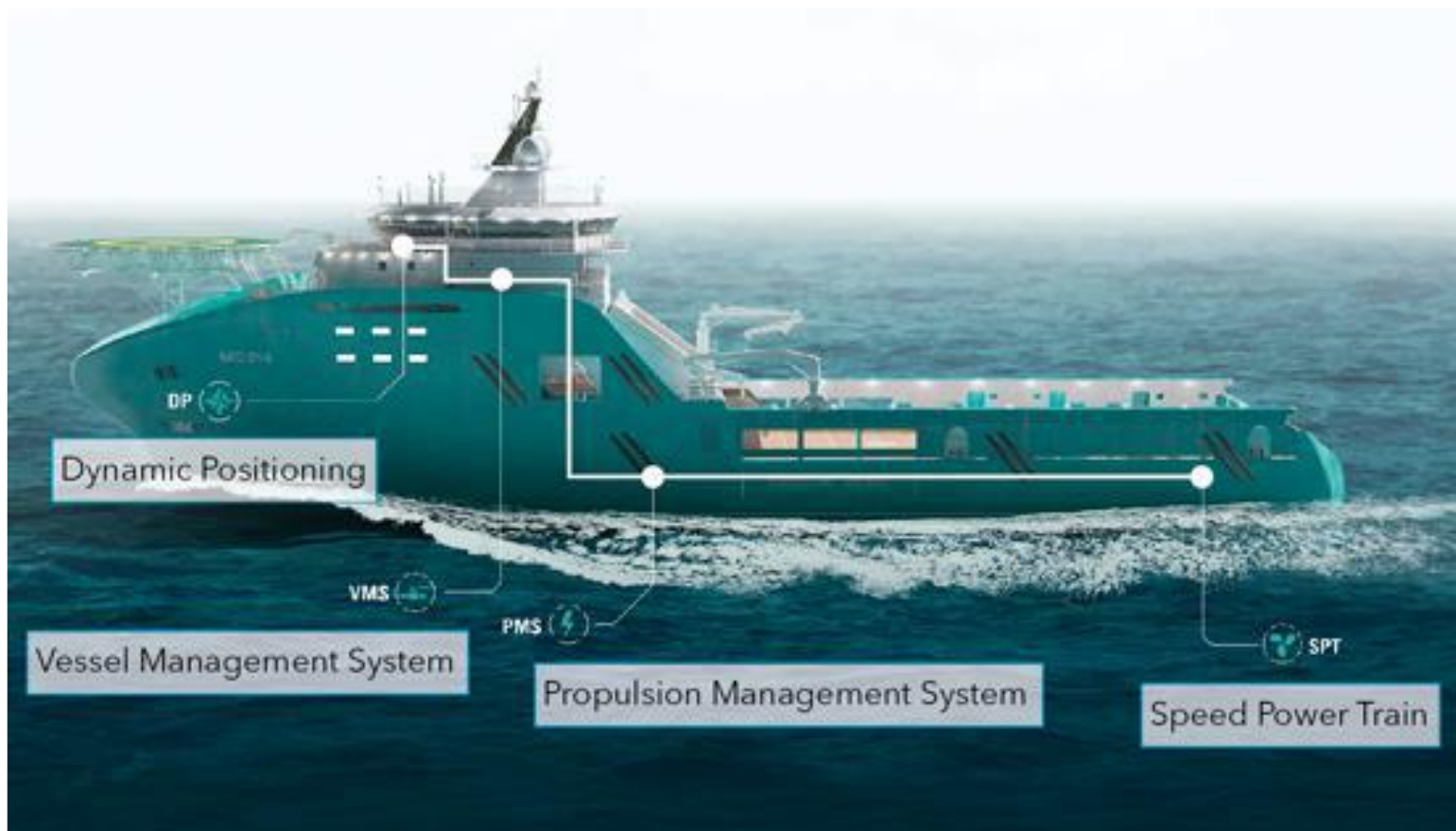
Ostala svojstva koja utječu na pouzdanost i sigurnost sustava su: upotrebljivost, upravljanje i prilagodljivost. Glavne značajke CPS - a su:

- 1.) Unos i povratne informacije iz/prema fizičkim sustavima – postojanje zaštićenih komunikacijskih kanala,
- 2.) Upravljanje i kontrolirana distribucija – federativni pristup,
- 3.) Učinkovitost u stvarnom vremenu,
- 4.) Široka zemljopisna distribucija bez komponenti za fizičku sigurnost na raznim lokacijama,
- 5.) Sustavi kontrole vrlo velikih razmjera SoS (eng. system of systems).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Majić Mario: Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću, Diplomski rad, Split 2018, str. 13

Kibernetičko - fizički sustavi se sastoje od fizičkih komponenti koje se mogu nadzirati, upravljati i optimizirati uz pomoć programske podrške i senzora. Moderni brodovi postaju visoko automatizirani i sve su više ovisni o ovakvim sustavima. Oni danas čine širok raspon sustava (npr. Od onih normalnih brodskih sustava kao što su dinamičko pozicioniranje do onih kritičnih brodskih sustava ključnih za sigurnost kao što su gašenje u nuždi, te zaštitne opreme na dovodu goriva. Problemi CPS su slične prirode kao i kod automatiziranih sustava. Otežan pristup podacima i nepogodnost za upotrebu izvan sustava za koji su namijenjeni. Za CPS generalna kvaliteta podataka je ipak manji problem nego kod automatiziranih CPS – a, jer tada većina točki za pristup podacima korištene su za aktivnu kontrolu i nadzor opreme i eventualne pogreške kod senzora bit će trenutno otkrivene.



Slika 10. Kibernetičko – fizički sustav na jednom od brodova

Izvor: <https://ai-and-safety.dnvgl.com/probabilistic-twin/>

### 3.5. Internet things

Internet stvari (eng. Internet of Things - IoT) označava povezivanje uređaja putem interneta. Spajanje uređaja može biti bežično i omogućava nove mogućnosti za međusobnu interakciju ne samo između različitih sustava i donosi nove mogućnosti njihove kontrole, praćenje i pružanje naprednih usluga. Radar i radio razvijeni su za brodsku industriju, a u doba interneta istražuju se nova rješenja. Na primjer, dvije tvrtke KVH i Kongsberg Maritime razvile su IoT rješenje za brodove. Njihovi prvi testovi bili su uspješni. Specifične aplikacije uključuju praćenje tereta u stvarnom vremenu, optimizaciju kapaciteta skladišta, prediktivno održavanje imovine, optimizaciju rute, poboljšanu isporuku u zadnjem kilometru i još mnogo toga.

Mogu biti tri vrste komunikacije:

- 1.) Komunikacija stvari s ljudima,
- 2.) Komunikacija između stvari,
- 3.) Komunikacija između uređaja.

Procjenjuje se da će se u bliskoj budućnosti povezati 200 milijardi uređaja. Vrijednost tržišta projicirana je na 80 milijardi dolara.

Primjeri gdje se IoT rješenja mogu primijeniti u pomorstvu mogu imati značajan utjecaj na optimizaciju plovidbenih ruta, troškove održavanja i praćenje imovine. Brodovi već godinama koriste visoko frekventne radio uređaje za komuniciranje. Brodovi međusobno komuniciraju zbog izbjegavanja sudara, boljeg planiranja ruti, vremenskih izvješća itd.

Nažalost pri ovim metodama postoji mogućnost ljudske pogreške. Sada, s novim tehnologijama, pozicija broda se može pratiti uživo i sve informacije se mogu slati ostalim brodovima u toj mreži. Zapovjednik i časnici u skladu s tim informacijama mogu donijeti odluke da li pratiti zadanu rutu ili u skladu s dostupnim informacijama promijeniti rutu radi sigurnosti, štednje goriva itd. Na visokoj razini, senzori prate lokaciju broda na moru, ali na manjoj razini oni mogu izvještavati o statusu i temperaturi kontejnera za teret. Svaki kontejner mora biti opremljen sa sensorima temperature, procesorom, te mobilnim odašiljačem. Ako temperature nisu optimalne, posada dobiva informaciju te može reagirati kako bi teret ostao svjež. Remont i održavanje brodova je skupo i troši previše vremena.

Prema nekim izvorima gubitci iznose između 58000 i 116000 američkih dolara dnevno kada je brod u remontu. Ericssonov „Maritime ICT Cloud je“ primjer IoT rješenja koji su dizajnirani kako bi se mogla nadzirati oprema i pomoglo riješiti probleme u početku. ICT cloud spaja brodove na moru s obalnim operaterima, centar za pomoć korisnicima, pružatelje usluga održavanja, partnere, te lučke uprave. U isto vrijeme nudi usluge koje se koriste za upravljanje flotom, nadzor brodskih motora i potrošnje goriva, nadzire rute i navigaciju te brine o dobru posade. Ericsson pruža ove usluge preko jednog zajedničkog paketa preko satelitskih komunikacija do aplikacija za podršku te upravlja s ICT cloudom za dobro svojih korisnika.

Budući pametni brodovi moraju koristiti IoT. Međutim, za sada spajanje pametnih uređaja na brodu mora biti ipak pod ljudskim nadzorom, te s limitiranom razinom autonomije. Ovaj novi eco - system koji prihvaća nadolazeće tehnološke trendove od brodova do luka i brodogradilišta možemo nazivati Internetom brodova (eng. Internet of Ships).<sup>7</sup>

Održavanje broda za opskrbu platformi smatra se skupo i dugotrajno. „Offline“ plovilo košta između 58.000 i 116.000 američkih dolara dnevno, prema „Big Data and Industrial Internet of Things for Maritime Industry in Northwestern Norway“. U radu se napominje da projekt održavanja uključuje dry dock, naručivanje dijelova i kontaktiranje osoblja. U jednom primjeru, proračun za pet tjedana predviđen je za gotovo tri milijuna dolara.

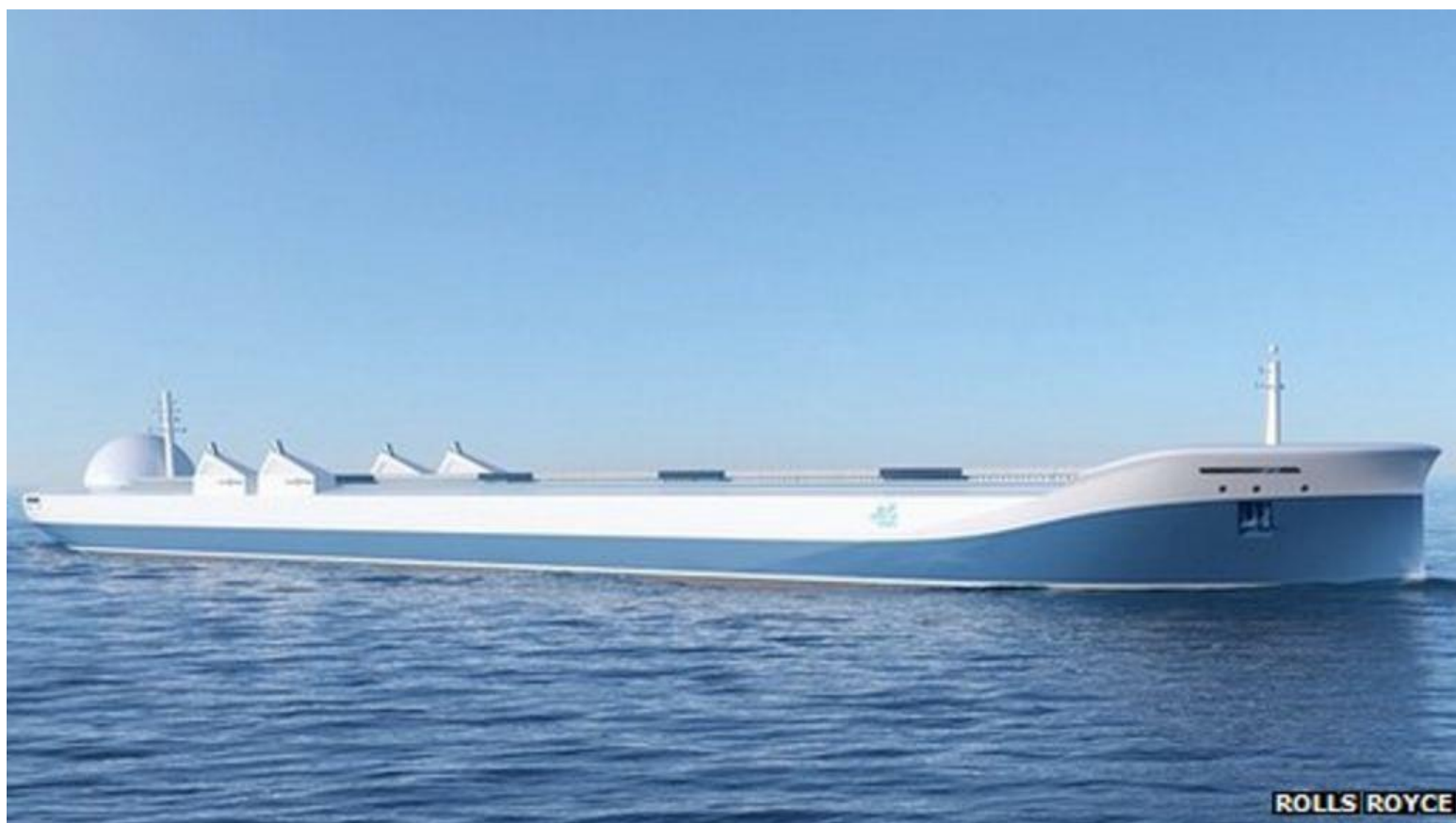
Ericssonov pomorski ICT Cloud vidi se kao primjer industrijske IoT platforme dizajnirane da se koristi za nadgledanje skupe opreme i pomoć u rješavanju problema prije nego što izmaknu kontroli. Dizajniran je za povezivanje ugrađenih sustava za nadzor motora i trupa s uređajima na mostu na način za koji se kaže da smanjuje neučinkovitost, rizike i ukupne troškove.

---

<sup>7</sup> Majić Mario: Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću, Diplomski rad, Split 2018, str. 43

## 4. BUDUĆNOST AUTONOMNIH BRODOVA

Iako smo možda godinama ili čak desetljećima udaljeni od većine brodova koji će postati autonomni, danas sigurno postoje algoritmi umjetne inteligencije. Potpuno autonomnim brodom smatrat će se plovilo koje može samostalno raditi bez posade. Brodovi na daljinu su oni kojima upravlja čovjek s obale, a automatizirani brod upravlja softverom koji upravlja njegovim pokretima. Kako tehnologija sazrijeva, više će vrsta brodova vjerojatno prelaziti iz ljudske upravljive u potpuno samostalne. Autonomni brodovi mogu se koristiti za neke aplikacije, ali sasvim je moguće da će na nekim brodovima još uvijek postojati posada, čak i ako se pređu sve prepreke za stjecanje potpuno autonomne flote. Kao što smo vidjeli s finskim trajektom, prvi autonomni brodovi bit će raspoređeni na jednostavnim unutarnjim ili obalnim linijama gdje su vode mirne, ruta je jednostavna i nema puno prometa. Tu je i brod za unutarnji promet električni kontejner, Yara Birkeland, u izgradnji koja bi trebala biti završena 2020, a potpuno autonoman bi trebao biti do 2022.



Slika 11. Rolls Royce koncept autonomnog broda

Izvor: <https://www.iims.org.uk/expect-first-commercial-autonomous-ships-2020>

Neke tvrtke grade potpuno autonomne brodove od nule, dok druge „startup“ tvrtke razvijaju polu-autonomne sustave koji će se koristiti na postojećim plovilima. Kada je Rolls-Royce prodao svoj autonomni pomorski odjel Kongsbergu, dao je norvešku tvrtku poticaj u svom cilju da bude lider u industriji autonomnih brodova. Samsung je još jedna tvrtka koja koristi strojno učenje, proširenu stvarnost, analitiku i više za stvaranje pametne platforme za otpremu putem odjeljenja „Samsung Heavy Industries“.



Slika 12. Elektro – autonomni kontejnerski brod Yara Birkeland

Izvor: <https://www.autonomousshipshq.com/yara-birkeland/>

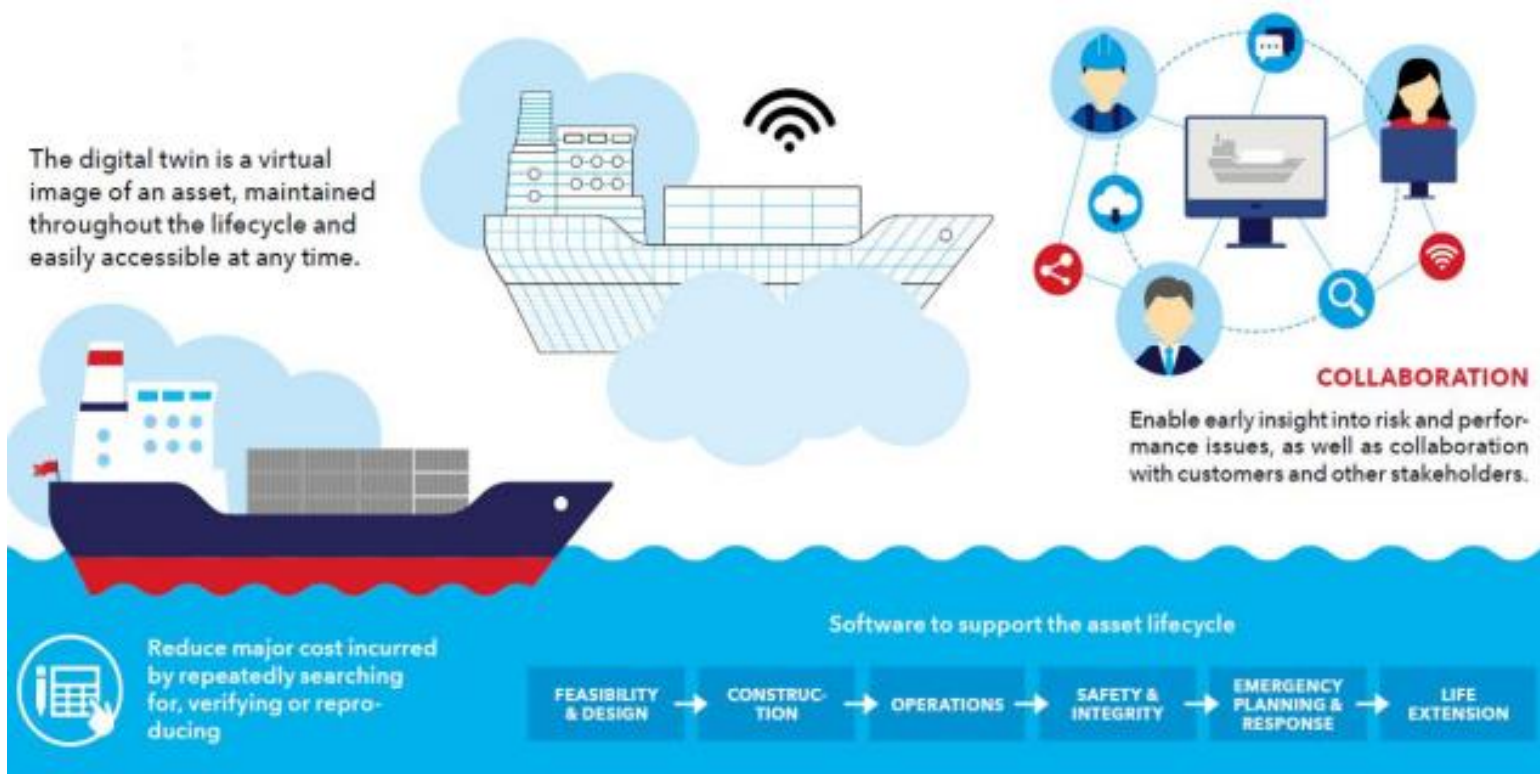
## 4.1. Koncept digitalnog blizanca

Digitalni blizanac je digitalna replika živog ili neživog fizičkog bića. Kombinacijom fizičkog i virtualnog svijeta pružaju se podaci koji omogućuju virtualnom entitetu da postoji istovremeno s fizičkim entitetom. Konkretno, digitalni blizanac digitalno replicira fizičku imovinu koja se može koristiti u različite svrhe. Ovaj digitalni prikaz pruža elemente i dinamiku načina rada uređaja (Internet of Things - IoT) tijekom svog životnog ciklusa. Činjenica da su ti procesi predstavljeni digitalno, znači da nema potrebe organizirati fizički ciklus ispitivanja.

Danas postoje procjene kako će se koncept digitalnog blizanca široko koristiti u skoroj budućnosti. Zapravo, do 2021. godine polovica velikih industrijskih tvrtki koristit će digitalne blizance, postićući 10% poboljšanje i učinkovitost. Digitalni blizanac u osnovi povezuje fizički i digitalni svijet. Isprva pametne komponente koriste senzore za prikupljanje podataka o stanju u stvarnom vremenu, radnom stanju ili položaju koji su ugrađeni u fizički predmet. Te su komponente povezane u sustav temeljen na oblaku koji prima i analizira sve podatke koje senzori prate. Tada tehnologija pruža naučene lekcije, dok se mogućnosti nude u virtualnom okruženju. Te se mogućnosti tada mogu primijeniti na fizički svijet. Koncept digitalnog blizanca se sastoji od:

- 1.) Fizičkog proizvoda u stvarnom svijetu,
- 2.) Virtualnog proizvoda u virtualnom svijetu,
- 3.) Veze podataka i informacija koje povezuju virtualne i stvarne proizvode.





Slika 13. Način rada digitalnog blizanca

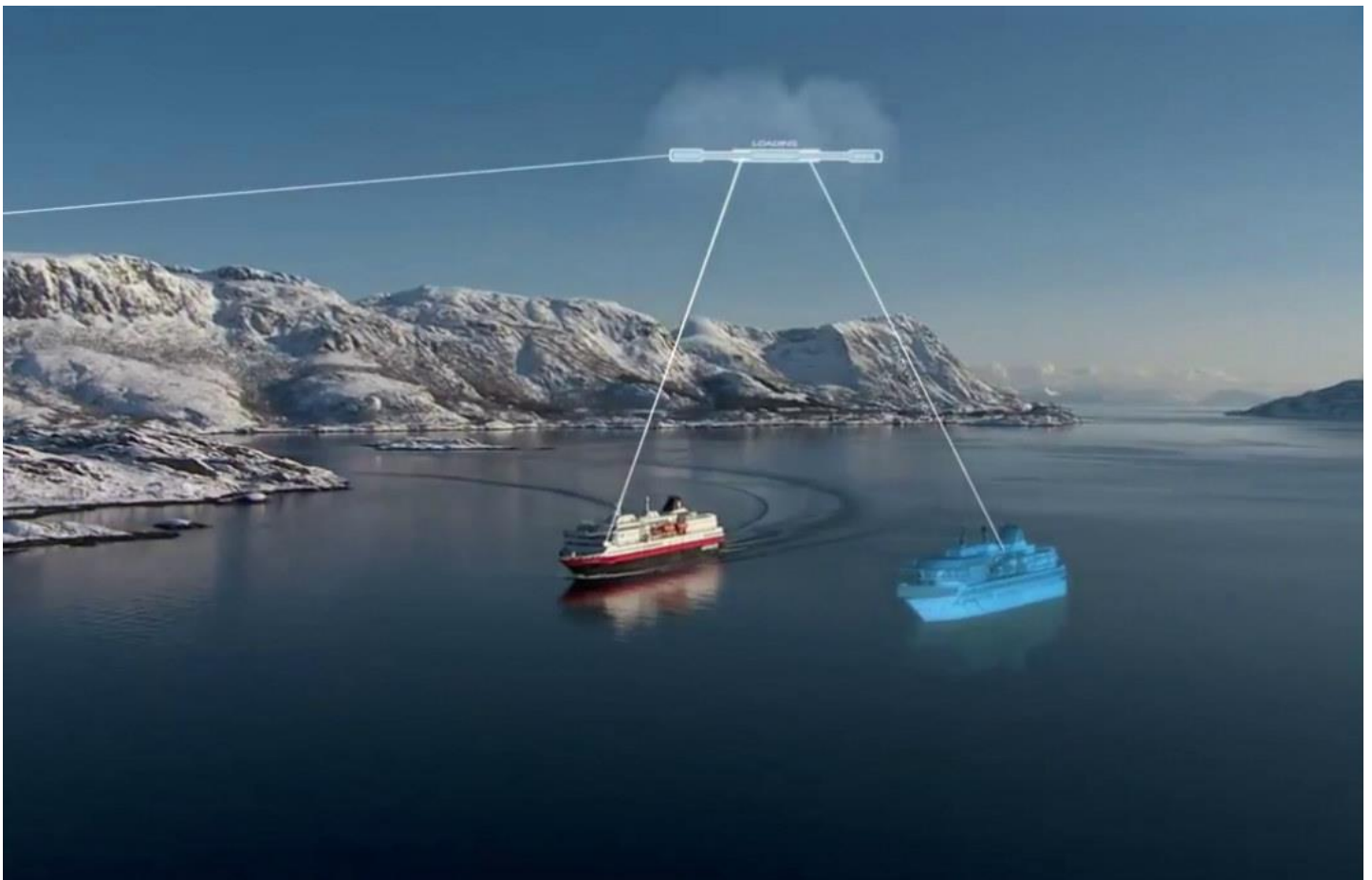
Izvor: <https://safety4sea.com/cm-the-digital-twin-concept/>

Sposobnost konceptualizacije digitalnog blizanca omogućuje korisniku da jasno vidi situaciju i eliminira ne učinkovite i štetne korake, te izgradi zajedničku perspektivu korisnika s digitalnim blizancem te vidi informacije s fizičkog kao i s virtualnog proizvoda istovremeno. Tako korisnik umjesto da proučava izvješća tvorničkog rada i provjerava kako se proizvod kreće kroz pojedinačne etape, uz pomoć simulacije digitalnog blizanca može pratiti progres fizičkog proizvoda u realnom vremenu proizvodnje. Umjesto promatranja niza brojeva prilikom mjerenja snošljivosti, može promatrati proizvode poredane u virtualnoj tvornici, te simulirajući trendove izrade otkriti problem u nastajanju mnogo ranije. To omogućuju oznake koje su unesene u tzv. zajedničko spremište, te korisnik može promatrati te oznake istodobno s realnim parametrima.

Stoga uz sposobnost uspoređivanja digitalnog blizanca korisnik može vidjeti idealne karakteristike, tolerirana odstupanja od idealnih mjerenja, te razvojni put proizvoda i proces po kojem se razvija da utvrdi da li proizvodi posjeduju kvalitetu koju bi trebali posjedovati. Ovisno o tome kako je sposobnost uspoređivanja implementirana ona daje rezultate, te korisnik može donijeti trenutne odluke o razlikama.

## 4.2. Digitalni blizanci u pomorstvu

Ono što je vrlo važno je činjenica da digitalni blizanac može simulirati rad broda, bez potrebe da ga testira u stvarnom svijetu. Ovaj koncept također može omogućiti pristup svim podacima na brodu, od performansi motora do cjelovitosti trupa, dostupnih na prvi pogled tijekom cijelog životnog vijeka broda. Upotreba virtualnog modela poput digitalnog blizanca tijekom rada pruža izvrsnu priliku za vizualizaciju svih važnih komponenti, provođenje analiza i poboljšanje rada na brodskim strukturnim i funkcionalnim komponentama. Uz to, pomoću digitalnog blizanca, operateri mogu planirati učinkovitiju inspekciju i održavanje. To također može dovesti do produljenja vijeka trajanja broda, jer će se poduzeti preventivne mjere kako bi se izbjegla šteta. Konkretno, operateri mogu kreirati vizualne modele broda i njegovih sustava, poput motornih prostora i crpki i kontinuirano bilježiti njegovu potrošnju goriva, raspoređenih na izvore energije, kao što su motori, kotlovi i baterije. Ostali ishodi mogu biti simulacijski i analitički modeli koji su razvijeni za postizanje optimalne potrošnje goriva za određeno putovanje određenim teretom, uključivanjem vanjskih čimbenika poput vjetra, trenutnih i vremenskih uvjeta.



Slika 14. 3D model digitalnog blizanca

Ukratko, neka područja za potencijalna poboljšanja koja se mogu izračunati digitalnim blizancem su:

- 1.) Optimalan rad strojnih sustava,
- 2.) Optimalna naknadna ugradnja baterija, učinkovitiji porivnici, bulb itd.
- 3.) Izvođenje čišćenja trupa ili propelera,
- 4.) Detaljno provjeravanje rada i performanse broda,
- 5.) Vizualizacija na temelju učinka izbora dizajna i promjena,
- 6.) Učinkovitost usporedbe s drugim plovilima u floti.

Naravno, ako je uključeno više sudionika u brodsku industriju, digitalni bliznac može imati koristi za širi sektor:

- 1.) Za vlasnike brodova digitalni blizanci pružit će alat za vizualizaciju broda i podsustava, kvalifikaciju i analitiku operativnih podataka, optimizaciju performansi broda, poboljšanu unutarnju i vanjsku komunikaciju, sigurno rukovanje povećanom razinom autonomije i sigurnu razgradnju,
- 2.) Za proizvođače opreme digitalni blizanci pružit će alat za olakšavanje integracije sustava, demonstriranje tehnoloških performansi, osiguranje kvalitete sustava i promociju dodatnih usluga nadzora i održavanja,
- 3.) Za vlasti, digitalni bliznac ponudit će sustavni okvir koji se može postaviti pomoću aplikacija za „hranjenje“ živih podataka i generiranje potrebnih izvještaja sa svakog broda. Ovo može osigurati kvalitetnije izvještavanje o kritičnim pitanjima bez dodatnih opterećenja posade,
- 4.) Za sveučilišta digitalni bliznac nudi novu platformu na kojoj će poboljšati razumijevanje sustava i olakšati razmjenu znanja, poboljšavajući istraživanje i razvoj i obrazovanje u nizu tehnoloških disciplina.

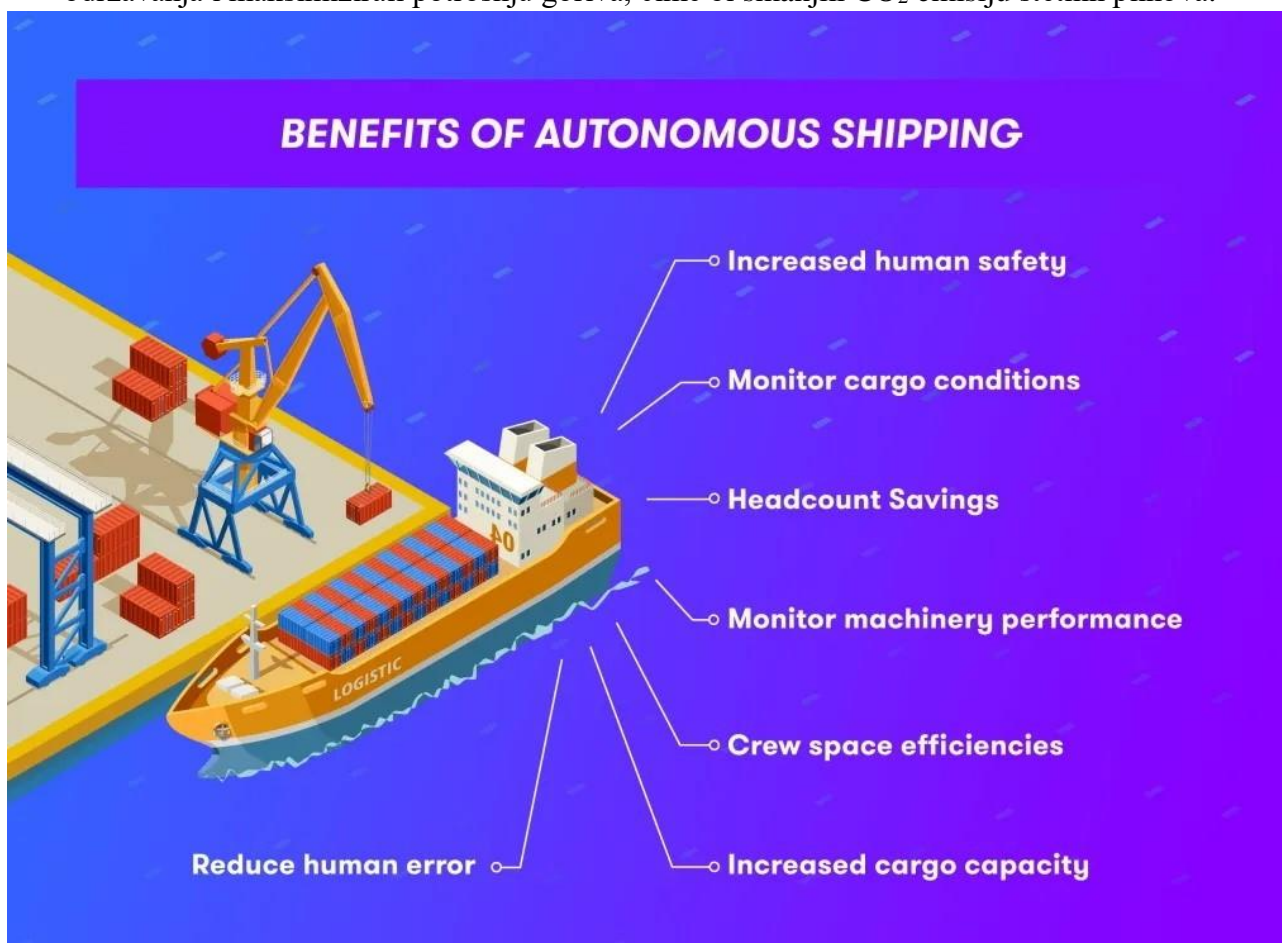
Primjer digitalnog blizanca je tip digitalnog blizanca koji opisuje određen odgovarajući proizvod i s kojim taj digitalan bliznac ostaje povezan kroz čitav životni vijek tog proizvoda. Informacije koje ovakav digitalan bliznac sadrži su 3D model s općenitim dimenzijama i odstupanjima koji opisuje geometriju stvarnog proizvoda i njegovih komponenti, raspored materijala koji navodi sve trenutne i prethodne komponente, plan procesa koji navodi sve operacije koje su izvršene prilikom izrade stvarnog proizvoda kao i sve rezultate testiranja i mjerenja koja su provedena prilikom izrade proizvoda, službeni zapis koji sadrži sve izvršene usluge i operativno stanje koji sadrži informacije uzete od stvarnih podataka sa senzora. Ovakvi primjeri digitalnih blizanaca mogu sačinjavati skupinu digitalnih blizanaca. To može biti računalni program koji ima pristup svim primjerima digitalnih blizanaca ili pro-aktivno s ciljem povezivanja informacija sa svih pojedinačnih proizvoda.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Majić Mario: Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću, Diplomski rad, Split 2018, str. 7

### 4.3. Prednosti autonomnih brodova

Prednosti autonomnih brodova ima u izobilju. Oni uklanjaju ljudske pogreške, smanjuju troškove posade, povećavaju sigurnost života i omogućavaju učinkovitiju upotrebu prostora u dizajniranju brodova i učinkovitu uporabu goriva. Trogodišnji istraživački projekt MUNIN-a (engl. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) predviđao je uštedu od preko 7 milijuna USD tijekom razdoblja od 25 godina po autonomnom plovilu u potrošnji goriva, zaliha i plaćama posade. Kako navodi Rolls-Royce, mnogi uređaji i sustavi na brodu postoje samo kako bi se osiguralo da posada bude nahranjena, sigurna i udobna. Uklonite li ili smanjite potrebu za ljudima tada bi plovila mogla biti radikalno pojednostavljena. Nema sumnje da će ove vrste brodova pružiti mogućnosti za uštedu broja, eliminirati ljudsku tragediju i omogućiti učinkovitiju upotrebu prostora u dizajniranju brodova. Autonomni brodovi također bi optimizirali aktivnosti održavanja i maksimizirali potrošnju goriva, čime bi smanjili CO<sub>2</sub> emisiju štetnih plinova.



Slika 15. Prednosti autonomnih brodova

Izvor: <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships/>

#### 4.4. Nedostaci uvođenja autonomije

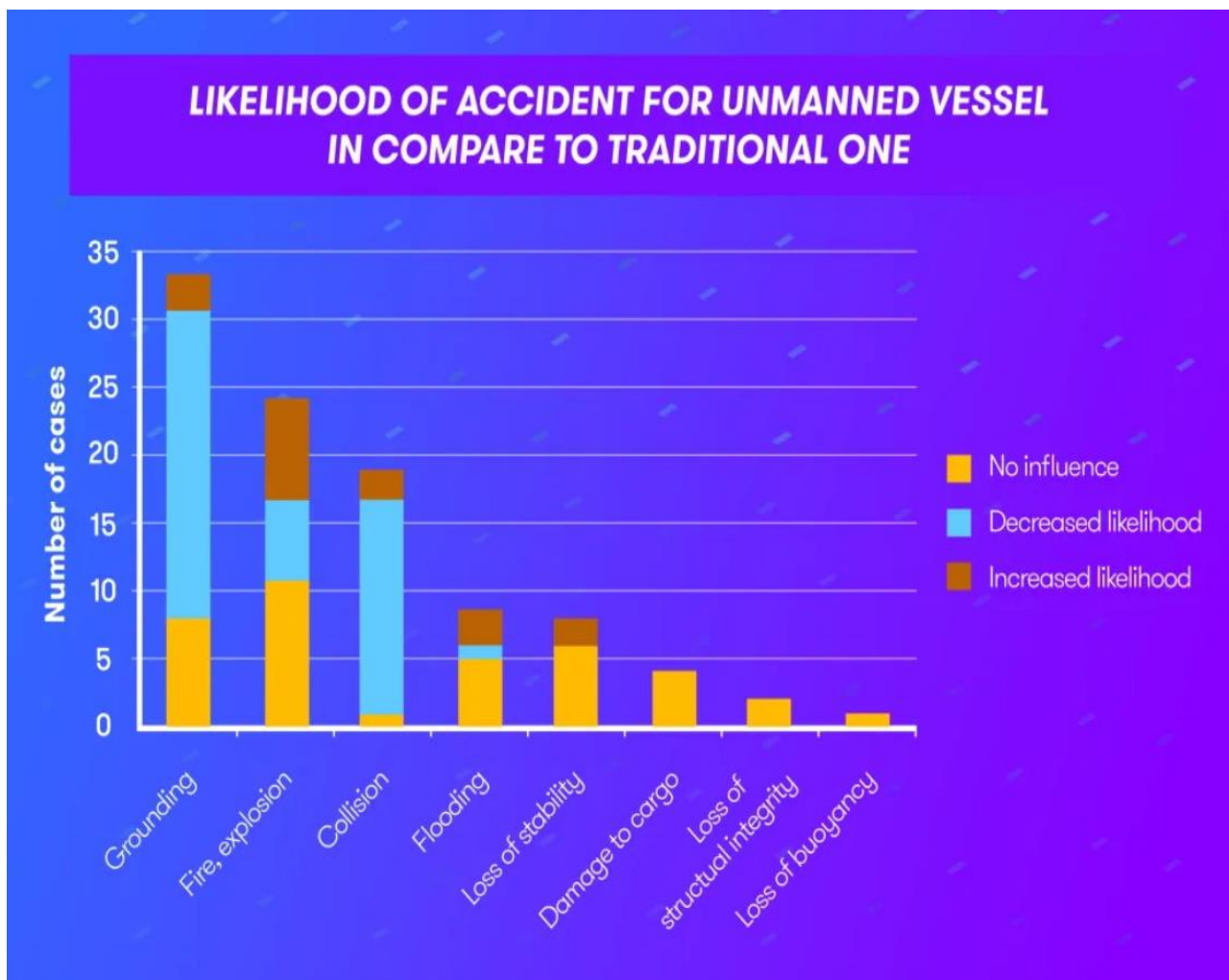
No usprkos potencijalnim koristima, pogotovo operativnim uštedama, prvo će biti veliki kapitalni izdatak u početku ulaganja u tehnologiju, posebno u ranim fazama njenog razvoja. Prema statistikama, najmanje 23 milijuna eura potrošeno je za projekte Sea Machines Robotics-a, EU-ovog MUNIN-a, SINTEF-ove Sea autonomy i Rolls-Royce - ove napredne inicijative za samostalne primjene u vodi (engl. Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative). Također će se ulagati u uspostavljanje kopnenih operacija za praćenje kretanja flote, posebno kada postoje nekompatibilnosti između trenutne morske infrastrukture i bespilotnog broda. Međutim, ako su procjene točne, neće biti rezultata do 2025. godine, kada se lansiraju prva obalna plovila bez daljinskog upravljanja, a do 2035. godine mogli bismo vidjeti potpuno autonomne, bespilotne preko oceanske brodove. Uz troškove gradnje, troškovi goriva mogu se povećati jer autonomna plovila moraju raditi na gorivu višeg stupnja kao što je brodsko dizelsko gorivo (MDO) ili brodsko plinsko gorivo (MGO) kako bi osigurali nesmetan rad motora. Procjene pokazuju da bi MDO/MGO morao smanjiti cijenu za oko 12% kako bi opravdao ulaganje u autonomni bulk carrier na trenutnom tržištu.

Smatrajući da je brodarstvo međunarodna praksa, takva preinaka morala bi uzeti u obzir složenu političku, društvenu i ekonomsku matricu. Kao što je izjavilo Svjetsko pomorsko sveučilište, malo je vjerojatno da će u idućem desetljeću postojati dogovorene međunarodne smjernice i propisi u vezi s autonomnim brodovima. A što ako se vlade i vlasti ne mogu dogovoriti i svi naponi vrata na nulu?

Nadalje, vjeruje se da će ovim daljinski upravljanim brodovima nedostajati vještina, znanja i iskustva koja pružaju profesionalni pomorci, prema Međunarodnoj federaciji radnika u prometu (ITF). Što bi se dogodilo ako postoje problemi koji zahtijevaju hitnu pozornost - poput cyber napada, održavanja ili kvara strojeva ili naglih promjena ruta uslijed nepredviđenih događaja, prirodnih ili uzrokovanih čovjekom?

Mnogi u industriji, međutim, ističu da se rješava većina tih zabrinutosti. Međutim, čini se da je veći i najhitniji izazov steći javno prihvaćanje, posebno zabrinutost zbog tehnologija koje „jedu“ radna mjesta. U industriji je na brodovima i na kopnu zaposleno 1,6 milijuna ljudi, koji su trenutno protagonisti 90 posto svjetske trgovine. Prema studiji koju su objavile Međunarodna transportna federacija (ITF) i Međunarodna federacija udruga zapovjednika

brodova (IFSMA), više od 80 posto pomoraca izrazilo je svoju zabrinutost zbog mogućih gubitaka posla s pojavom automatizacije i AI, te s obzirom na to da je tehnologija već nadmašila određene ljudske mogućnosti.



Slika 16. Vjerojatnosti pomorskih nesreća autonomnih brodova

Izvor: <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships/>

Drugim riječima, nitko nije siguran od sve veće upotrebe tehnologije. Mnogi će pomorci imati problema naći posao na obali nakon što njihovi poslovi nestanu uz automatizaciju i AI. Prema Svjetskom pomorskom sveučilištu, uvođenje autonomnih brodova potencijalno će smanjiti potražnju za pomorcima, što će dovesti do smanjenja od 22% do 2040. godine. Međunarodna brodska komora također izražava zabrinutost zbog psihološkog stanja pomoraca jer se smanjuje broj ljudi na brodovima, kao i to što njihove funkcije preuzimaju strojevi. To će rezultirati manje socijalnim interakcijama, što će dovesti do usamljenosti i potencijalne depresije.

## 5. ZAKLJUČAK

Primjena autonomnih sustava na brodovima u tijeku je u pomorskoj industriji. Jasno je da se automatizacija brodarstva razvija brzim tempom, a nedavne demonstracije u Finskoj pokazuju da je tehnologija već dostupna. Treba uzeti u obzir mnogo parametara kako bi autonomni brodovi bili stvarnost u narednim godinama. Nužnost propisa koji će se odnositi na autonomne brodove je prioritet koji slijedi, kao i potreba za dodjelom odobrenja za klasifikaciju plovila kao i prihvaćanje potencijalnih korisnika. Sveukupni konsenzus o različitim razinama autonomije obuhvaća velik dio tekućih rasprava u pomorskoj industriji. Nadalje, trebalo bi razmotriti različite percepcije sigurnosti u pogledu autonomnih brodova i primijeniti uvjerljiv pristup kako bi se javnost uvjerila da je autonomna tehnologija na brodovima nešto što neće utjecati na minimalnu razinu sigurnosti putnika, upravo suprotno unaprijedit će je.

Kada je riječ o autonomnim putničkim brodovima, trebalo bi uvesti jasne definicije kako bi potencijalni korisnici mogli shvatiti razvoj i prilagoditi se njemu, te se osjećati sigurno sve do kraja. Do sada, s obzirom na kolektivne podatke ovog projekta, postoji jasna nevjera i neslaganje autonomnih brodova s putnicima jer nisu dobro informirani i još uvijek nisu u stanju razlikovati autonomno i nečovječno raspoloženje. To je nešto što utječe na njihove izglede sigurnosti i čini ih sumnjivim prema autonomnim brodovima. Također treba navesti da je samim putnicima potrebna usluga, kao i asistencija pri izvanrednim situacijama koje se dogode na brodu. Problem koji se nameće brodovlasnicima je problem odgovornosti u slučaju havarije. Postavlja se pitanje tko će odgovarati prema trećim osobama, odnosno tko će snositi najveći rizik.

S druge strane, odgovor autonomnog broda na potencijalne nesreće još uvijek je neizvjestan. Mnogi smatraju da će se do 2025. godine pronaći rješenje kako će potpuno autonomni brodovi imati mogućnost pomoći drugim brodovima u nezgodi.

Odgovarajuće pružene informacije, upute i pomoć najvažnija su stvar kada govorimo o autonomnim brodovima. Ako su brodovi od početka u položaju da pruže uvjeravanja sigurnosti svojih putnika, tada će biti omogućeno prihvaćanje od strane javnosti.

Robotizacija u pomorskoj industriji može pomoći u izvršavanju raznih važnih zadataka uz veću učinkovitost i sigurnost.



Industrije širom svijeta sada pokazuju više interesa za robotiku jer ona predstavlja ključ buduće medicine, ratovanja, bolje ekonomije i blagostanja. Ni pomorska industrija nije netaknuta robotizacijom. Ovo su neke od robotskih tehnologija broderske industrije koje su u posljednje vrijeme donijele značajan doprinos pomorskoj industriji:

- 1.) Vatrogasni roboti: brodski autonomni vatrogasni robot (engl. Shipboard Autonomous Fire Fighting Robot), koji je razvio pomorski istraživački laboratorij u suradnji s Virginia Techom i drugim američkim sveučilištima, autonomni je humanoidni robot sposoban otkriti i suzbiti brodske požare i raditi rame uz rame s ljudskim vatrogascima koristeći napredne vatrogasne senzore,
- 2.) Roboti za čišćenje trupa s povećanjem svijesti o zelenom brodarstvu, tehnologije koje pomažu u većoj učinkovitosti goriva i smanjenju emisija ugljičnog dioksida vrlo su tražene,
- 3.) Robotski inspektor za brodove: roboti za inspekciju brodova robotska je tehnologija koja može pomoći u ovom procesu, a također uštedjeti vrijeme i novac za vlasnike, poboljšavajući točnost i kvalitetu ovih važnih inspekcija,
- 4.) Roboti protiv piratstva: razvijen od strane Recon Robotics, robot je koji će se boriti protiv pomorskog piratstva.

Zdrava ravnoteža između robotizacije i napora pomoraca ključna je za poboljšanje kvalitete i sigurnosti broskog rada u korist cijele industrije.

## LITERATURA

1. <https://mreza.bug.hr/tehnologije-brodovi-bez-posade/>
2. <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships/>
3. <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Documents/enavigation/MSC%2085%20-%20annex%2020%20-%20Strategy%20for%20the%20development%20and%20implementation%20of%20e-nav.pdf>
4. <https://www.dma.dk/Documents/Publikationer/Analysis%20of%20Regulatory%20Barriers%20to%20the%20Use%20of%20Autonomous%20Ships.pdf>
5. [https://www.researchgate.net/profile/Ziaul\\_Munim/publication/333719720\\_Autonomous\\_ships\\_a\\_review\\_innovative\\_applications\\_and\\_future\\_maritime\\_business\\_models/links/5d1b9bb5458515c11c0c9e48/Autonomous-ships-a-review-innovative-applications-and-future-maritime-business-models.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Ziaul_Munim/publication/333719720_Autonomous_ships_a_review_innovative_applications_and_future_maritime_business_models/links/5d1b9bb5458515c11c0c9e48/Autonomous-ships-a-review-innovative-applications-and-future-maritime-business-models.pdf?origin=publication_detail)
6. <https://www.jus.uio.no/nifs/english/research/events/2019/regulating-autonomous-ships-concepts-challenges-and-precedents.pdf>
7. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/autonomous-ships>
8. <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-019-0052-7>
9. Mario Majić – Nove tehnologije i trendovi u pomorstvu u 21. stoljeću – diplomski rad
10. <http://baltictransportjournal.com/index.php?id=656>
11. [https://www.burzanautike.com/hr/autonomni\\_brodovi\\_u\\_sluzbi\\_znanosti/5867/57](https://www.burzanautike.com/hr/autonomni_brodovi_u_sluzbi_znanosti/5867/57)

## POPIS SLIKA

- Slika 1. - <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-019-0052-7>
- Slika 2. - <https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-019-0052-7>
- Slika 3. - <https://marine-offshore.bureauveritas.com/autonomous-ships>
- Slika 4. - <https://mreza.bug.hr/tehnologije-brodovi-bez-posade/>
- Slika 5. - <http://baltictransportjournal.com/index.php?id=656>
- Slika 6. - <https://www.lr.org/en/>
- Slika 7. - <https://www.lr.org/en/>
- Slika 8. - <https://www.businessinsider.com/gnss-hacking/>
- Slika 9. - <https://www.statista.com/chart/2881/hacking/>
- Slika 10. - <https://ai-and-safety.dnvgl.com/probabilistic-twin/>
- Slika 11. - <https://www.iims.org.uk/expect-first-commercial-autonomous-ships-2020>
- Slika 12. - <https://www.autonomousshipshq.com/yara-birkeland/>
- Slika 13. - <https://safety4sea.com/cm-the-digital-twin-concept/>
- Slika 14. - <https://mfame.guru/a-digital-twin-to-develop-blue-denmark/>
- Slika 15. - <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships/>
- Slika 16. - <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships/>