

Analiza utjecaja ergonomskih problema u kontroli broda

Kurtović Gabrić, Karlo

Master's thesis / Diplomski rad

2025

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:164:511110>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**

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**

KARLO KURTOVIĆ GABRIĆ

**ANALIZA UTJECAJA ERGONOMSKIH
PROBLEMA U KONTROLI BRODA**

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2024.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET**

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

**ANALIZA UTJECAJA ERGONOMSKIH
PROBLEMA U KONTROLI BRODA**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

Izv. prof. dr. sc. Rino Bošnjak

STUDENT:

Karlo Kurtović Gabrić

MB: 0171271292

SAŽETAK

Ergonomija navigacijskog mosta direktno utječe na kvalitetu i sigurnost obavljanja navigacijske straže te samu sigurnost prilikom manevriranja broda. Kvalitetnom ergonomskom izvedbom smanjuje se mogućnost ljudske pogreške. Želja za povećanjem sigurnosti plovidbe dovela je do povećanja broja senzora, a samim time i količine alarma izravno vezanih uz plovidbu broda. Optimalna ergonomija podrazumijeva optimalan omjer alarma koji će časnika na straži upozoriti na navigacijsku opasnost, a u isto vrijeme mu neće stvoriti distrakcije od osnovne zadaće – sigurnog upravljanja brodom. Ergonomija predstavlja granu znanosti koja proučava interakciju čovjeka i radne okoline, te ćemo se koristiti njenim zaključcima u pisanju ovoga rada. Osnovni zadatak ovoga rada je komparirati ergonomski razvoj navigacijskog mosta kroz različite generacije brodova za kružna putovanja, gdje ću koristiti vlastito iskustvo s broda te finalizirati rad sa savjetima kako poboljšati sami dizajn broda da bi se istovremeno podigla sigurnost navigacije i olakšala upotreba krajnjem korisniku – pomorcu.

Ključne riječi: *ergonomija, sigurnost, alarmi, navigacija*

ABSTRACT

Ergonomics of the navigational bridge affects directly quality and safety of the watchkeeping and ship's safety during docking and undocking. Human error is reduced with proper ergonomics setup. Effort to improve safety of navigation led to increase of the number of sensors therefore increased the number of alarms directly connected with navigation itself. Optimum ergonomics consists of adequate number of alarms that will alert watchkeeper but not too many to affect distraction from the main task – safety of navigation itself. Ergonomics is a branch of science that deals with interactions of human and working environment and we are going to use its principles designing this thesis. Main task of this thesis is to compare ergonomic development of the navigational bridge through different generations of the cruise ship using the first hand experience and to determine improvement proposals on ship's design to improve safety of navigation and to make it more user friendly to the final user – seafarer.

Keywords: *ergonomics, safety, alarms, navigation*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ERGONOMIJA OPĆENITO	3
2.1. POVIJESNI RAZVOJ ERGONOMIJE	4
2.2. PODJELA ERGONOMIJE	5
2.2.1. Klasična ili korektivna ergonomija	5
2.2.2. Sistemska ili projektna ergonomija.....	6
2.2.3. Konceptualna ergonomija	6
2.2.4. Softverska ergonomija.....	7
2.2.5. Hardverska ergonomija	8
2.3. ERGONOMIJA U POMORSTVU	9
2.3.1. Ljudske pogreške	9
3. IMPLEMENTACIJA ERGONOMSKIH RJEŠENJA U BRODSKOJ OKOLINI	10
3.1. ERGONOMSKE NORME	10
3.1.1. Dizajn navigacijskog mosta.....	11
3.2. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING NORME	14
3.2.1. Ergonomski dizajn kontrola na navigacijskom mostu	14
3.2.2. Ergonomski dizajn zaslona	16
3.2.3. Ergonomske karakteristike alarma	17
3.2.4. Integracija kontrola zaslona i alarma	20
3.2.5. Ergonomski dizajn računarske radne stanice.....	20
3.2.6. Radni uvjeti posade	21
4. ANALIZA ERGONOMSKOG DIZAJNA BRODA NA PRIMJERIMA BRODOVA RHAPSODY OTS I UTOPIA OTS	23
4.1. RHAPSODY OF THE SEAS ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE	24
4.2. UTOPIA OF THE SEAS ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE	29
4.2.1. Navigacijska oprema potpuno integriranog navigacijskog mosta	31
4.2.2. Sigurnosni sistemi mosta budućnosti	36
5. NAPREDNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI	38
5.1. NAPREDNI NAVIGACIJSKI SUSTAV	39

5.2. UPOTREBA KOMBINIRANIH FUNKCIJA NACOS SUSTAVA PRILIKOM PRISTAJANJA.....	40
6. ZAKLJUČAK	45
LITERATURA	46
POPIS SLIKA.....	47
POPIS TABLICA.....	48
POPIS KRATICA	49

1. UVOD

Jedan od najvažnijih čimbenika današnjice je konstantan tehnološki razvoj. Učestalo možemo primijetiti da taj tehnološki razvoj nije popraćen ergonomskim razvojem što uzrokuje teškoće prilikom korištenja pojedine opreme. Navigacijski sustavi postaju sve kompliciraniji, broj senzora i alarma se povećava što kao krajnji rezultat ima povećano opterećenje na operatora. Od izuzetne je važnosti identificirati ograničenja čovjeka kao operatora i u skladu s tim dizajnirati sustav kako bi sustav funkcionirao u simbiozi s operatorom čineći mu rad lakšim i u krajnjoj mjeri povećavajući sigurnost ljudi, imovine i okoliša na brodu.

U diplomskom radu obradit će se sljedeći pojmovi: ergonomija te njena primjena u pomorstvu, zahtjevi i standardi broskog dizajna, utjecaj složenosti samih kontrolnih uređaja na rukovanje brodom, moguća rješenja i navigacijski most budućnosti.

Ovaj rad pripada području tehničkih znanosti, polju tehnologije prometa i transporta, grani pomorskog i riječnog prometa. Obraden je analitičkom metodom istraživanja. Rad se sastoji od šest poglavlja, počevši sa uvodom, a šesto poglavlje je zaključak i pregled rada.

U drugom poglavlju rada obraditi će se definicija ergonomije, povijesni razvoj i podjela. Poseban naglasak je stavljen na primjeni ergonomije u pomorstvu, a teme će biti obrađene deskriptivnom metodom istraživanja.

Treće poglavlje analizira ergonomska rješenja u broskoj okolini, probleme s kojima se pomorci susreće glede ergonomije navigacijskih sustava te smjernicama različitih organizacija, klasifikacijskih društava i država. Obradit će se pristupi različitih tvrtki i organizacija sa ciljem rješavanja ergonomskih poteškoća.

Četvrto poglavlje analitičkom i deskriptivnom metodom obrađuje dizajn i ergonomske probleme na primjeru brodova za kružna putovanja MB Rhapsody of the Seas i MB Utopia of the Seas gdje će biti prikazan razvoj različitih generacija brodova za kružna putovanja, te utjecaj primjene *Bridge Resource Managementa* na sami dizajn i ergonomiju navigacijskog mosta. Naglasak je na personalizaciju kontrola, objedinjene kontrole te multi funkcionalne zaslone

Peto poglavlje analitičkom metodom obrađuje napredne navigacijske sisteme kod putničkih brodova, na primjeru iz prakse je obrađena upotreba sustava dinamičkog pozicioniranje i manualnih kontrola prilikom pristajanja.

Šesto, posljednje poglavlje iznosi sažete podatke i zaključke istraživanja, kao i sami pregled rada.

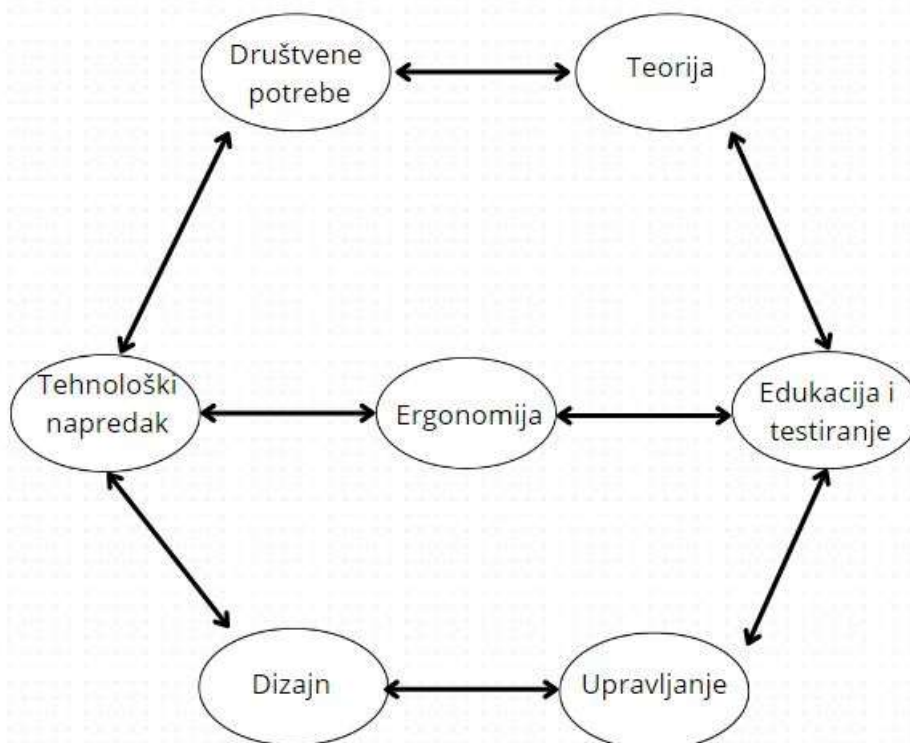
U ovom diplomskom radu korištene su analitičke, deskriptivne, klasifikacijske i kompilacijske znanstveno-istraživačke metode uz primjenu deduktivne i induktivne metode.

2. ERGONOMIJA OPĆENITO

Ergonomija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem ljudskih sposobnosti i limita s ciljem optimizacije radnog okruženja, alata i zadataka. U današnjem ubrzanom svijetu, razumijevanje ergonomskih principa postaje sve važnije za poboljšanje produktivnosti i sigurnosti. Može se definirati kao znanost o dizajnu radnog prostora koji je prilagođen korisnicima. Ona uključuje analizu fizičkih, kognitivnih i organizacijskih aspekata rada. Cilj je stvoriti radno okruženje koje će smanjiti stres, rizik od ozljeda i umor, a istovremeno poboljšati efikasnost i zadovoljstvo zaposlenika.

Ergonomija je interdisciplinarna znanstvena disciplina koja istražuje karakteristike ljudi i reakcije ljudi na okoliš s ciljem da se oblikuju proizvodi, alati, strojevi, uređaji, računala, softver, zadaci, protokoli postupanja, tehnološki procesi, sustavi i okoliš prilagođen potrebama i mogućnostima čovjeka, a u cilju omogućavanja optimalne izvedbe čovjeka u sustavu čovjek - stroj – okoliš [13].

Slika ispod pojašnjava interakciju ergonomije s raznim društvenim i tehničkim granama znanosti.



Slika 1. Međuovisnost ergonomije

Ergonomija je u suštini multidisciplinarna znanost koja koristi informacije iz drugih znanstvenih disciplina kao što su anatomija, fiziologija, psihologija, biomehanika, dizajn te ostalih tehničkih znanosti, dolazi do rezultata koji za cilj imaju razvoj i poboljšanje ergonomskih principa u ljudskom radnom okruženju [9].

Ergonomija se temelji na dva međuovisna principa:

- prilagođavanje čovjek određenoj zadaći u sustavu – pronalaženje kandidata koji svojim psiho-fizičkim atributima najbolje odgovara radnom zadatku,
- prilagođavanje radne zadaće čovjeku – kompleksnost radnog zadatka odgovara psiho-fizičkim atributima radnika.

Najvažniji ljudski atributi koji utječu na performanse sustava čovjek – stroj su:

- kognitivni čimbenici (percepcija, pažnja, donošenje odluka),
- fizikalni čimbenici (godine, fizičko stanje čovjeka),
- senzorni čimbenici (koliko dobro čovjek koristi sva svoja osjetila).

2.1. POVIJESNI RAZVOJ ERGONOMIJE

Ergonomija ima bogatu i složenu povijest koja se razvijala kroz različite faze. Dolaskom industrijske revolucije, radni su se uvjeti drastično promijenili. Povećana upotreba tvornica i složenijih strojeva dovela je do novih izazova. U ovom je razdoblju počinju sistematična razmatranja kako dizajnirati alate i strojeve koje bi bile prilagođene ljudskim sposobnostima. Ova faza označava početak formalnog proučavanja ergonomije.

Tijekom Prvog i Drugog svjetskog rata, ergonomija je postala još relevantnija. Istraživanja su se fokusirala na poboljšanje performansi vojnika, uključujući dizajn opreme i oružja. Završetkom rata, ergonomija se počela razvijati u civilnim industrijama, a prva ozbiljna istraživanja i primjene započela su u proizvodnji i uredskom okruženju [13].

U posljednjim desetljećima, ergonomija se proširila na različite sfere, uključujući informatičke tehnologije i dizajn proizvoda. Razvoj računala i digitalnih tehnologija donio je nove izazove, kao što su problemi s postavkom radnih stanica i prevencija sindroma ponavljanih naprezanja. Suvremena ergonomija uključuje multidisciplinarnu pristupe kako bi se postigao najbolji mogući rezultat [4].

2.2. PODJELA ERGONOMIJE

Ovo poglavlje nam donosi jednu od općeprihvaćenih podjela ergonomije uz objašnjenje istih. Ergonomiju možemo podijeliti na pet osnovnih smjerova: klasična ili koncepcijska, sistemska ili projektna, konceptualno, softverska i hardverska ergonomija. Ovo nije jedina moguća podjela, a uzevši u obzir da je ergonomija mlada znanstvena disciplina koja se još razvija, lako je moguće da podjele i gledišta zastare i zamijene ih nove. Sve grane ergonomije su međusobno isprepletene i usko povezane

2.2.1. Klasična ili korektivna ergonomija

Klasična ili korektivna ergonomija predstavlja najstariju granu ergonomije koja je svoj razvoj započela u doba industrijske revolucije sve do pojave principa moderne ergonomije 50-ih godina prošlog stoljeća. Ergonomska načela se javljaju tek kad proces u upotrebi pokaže pogreške te je potrebno provesti korektivne akcije. Glavna prednost ove grane ergonomije je što se temelji na iskustvu i sami korisnici daju prijedloge za poboljšanja. Klasična ergonomija temelji se na nekoliko ključnih principa koji omogućuju postizanje ovih ciljeva. Neki od tih principa uključuju:

- **antropometriju** – studiju ljudskih dimenzija i varijacija u tijelima ljudi. Antropometrija je temelj za dizajniranje alata, namještaja i radnih postaja koji odgovaraju dimenzijama i fizičkim karakteristikama korisnika,
- **biomehaniku** – proučavanje fizičkih zakona koji upravljaju ljudskim pokretima i silama koje djeluju na ljudsko tijelo. Biomehanika se koristi za razumijevanje kako se sile prenose na tijelo prilikom rada i kako te sile mogu uzrokovati umor ili ozljede,
- **fiziologiju rada** – proučavanje fizičkih zahtjeva posla na ljudsko tijelo, uključujući energetske zahtjeve, potrošnju kisika, temperaturu i učinke napora na cirkulacijski sustav. Fiziologija rada pomaže u određivanju granica fizičkog napora koje ljudi mogu podnijeti bez ugrožavanja zdravlja.

Klasična ergonomija ima ključnu ulogu u stvaranju radnih prostora i uvjeta koji smanjuju rizik od fizičkih ozljeda, povećavaju udobnost i produktivnost te unapređuju opće zdravlje radnika. Korištenjem principa antropometrije, biomehanike i fiziologije rada, klasična ergonomija omogućava dizajniranje radnih postaja i opreme koja je usklađena s ljudskim fizičkim sposobnostima i ograničenjima. Ova disciplina je temelj za razvoj

sigurnijih i učinkovitijih radnih okruženja u gotovo svim industrijama i poslovnim sektorima.

2.2.2. Sistemska ili projektna ergonomija

Sistemska ergonomija je specifična grana ergonomije koja se fokusira na holistički pristup dizajnu i optimizaciji cjelokupnih sustava, uzimajući u obzir sve elemente koji čine sustav – od ljudi, preko tehnologije, pa do organizacijskih struktura i procesa. Svoj razvoj započinje nakon Drugog svjetskog rata, prvenstveno u području vojne industrije. Za razliku od klasične ergonomije koja se više usmjerava na pojedinačne aspekte, poput radnih postaja ili fizičkih alata, sistemska ergonomija proučava interakciju između svih komponenata sustava i njihovih međusobnih odnosa, s ciljem maksimiziranja učinkovitosti i smanjenja rizika za korisnike [13].

Sistemska pristup ergonomiji prepoznaje da uspješan sustav ne ovisi samo o tome kako su dizajnirani pojedinačni dijelovi, već i o tome kako ti dijelovi međusobno surađuju i komuniciraju unutar šireg organizacijskog okvira.

Sistemska ergonomija koristi korisnički orijentirani dizajn na način da polazi od korisnika i njihovih potreba, želja i ograničenja. Svaka odluka u dizajnu sustava mora biti usmjerena prema olakšavanju korisničkog iskustva i prilagodbi tehnologije ljudskim sposobnostima. U samom procesu dizajniranja izuzetno je bitna konstantna evaluacija i povratna informacija od krajnjeg korisnika kako bi se sustav mogao prilagoditi, poboljšati i optimizirati prije puštanja u upotrebu.

2.2.3. Konceptualna ergonomija

Konceptualna ergonomija fokusirana je na poboljšanje uvjeta i učinkovitosti rada s dva različita pristupa – područja ekonomičnosti i područja humanosti. Cilj sustava je pronaći balans između veće ekonomičnosti procesa i omogućavanja zadovoljavajućih radnih uvjeta čovjeku u takvom sustavu.

Konceptualna ergonomija fokusira se na mentalne procese i dizajniranje sustava kako bi olakšao razumijevanje, donošenje odluka, pamćenje i općenito kognitivne funkcije korisnika.

Cilj konceptualne ergonomije je dizajnirati sustave i sučelja koja su intuitivna, laka za razumjeti i korisnicima omogućuju učinkovito korištenje, čak i u složenim situacijama. Ovo područje ujedinjuje aspekte psihologije, kognitivne znanosti, dizajna interakcija i komunikacije kako bi se stvorili sustavi koji odgovaraju ljudskim sposobnostima obrade informacija. To se postiže korištenjem jasnih simbola, ikona i oznaka, kao i smanjenje kognitivnog opterećenja koje korisnik mora podnijeti pri interpretaciji informacija.

Kognitivno opterećenje se odnosi na mentalnu energiju koja je potrebna korisnicima za obavljanje zadatka. Sustavi koji su loše dizajnirani mogu zahtijevati puno mentalnog najvažnijih sektora koji koriste konceptualnu ergonomiju su računalna sučelja, automatizirani sustavi kao što je navigacijski most, sustav za upravljanje kontrolom leta i VTS sustavi. Svoju primjenu su pronašli i u zdravstvu, obrazovanju i proizvodnji [13].

2.2.4. Softverska ergonomija

Softverska ergonomija, znana i kao ergonomija programske potpore, nastavlja se na trendove u današnjem društvu gdje je mentalni, odnosno psihički rad prešao važnost fizičkog rada. Osnovna težnja softverske ergonomije je poboljšanje interakcije između čovjeka i softvera na temelju povratnih informacija korisnika.

Cilj softverske ergonomije je optimizirati interakciju između korisnika i računarskog sustava, uzimajući u obzir fizičke, kognitivne i emocionalne aspekte korisničkog iskustva. S obzirom na sveprisutnost tehnologije u svakodnevnom životu, sve više raste važnost softverske ergonomije u dizajnu alata i platformi koji nisu samo funkcionalni, već i ugodni za upotrebu [13].

Softverska ergonomija je razvijena na nekoliko važnih principa:

- intuitivnost,
- konzistentnost,
- potreba povratnih informacija,
- fleksibilnost i prilagodljivost,
- efikasnost i brzina,
- minimizacija grešaka.

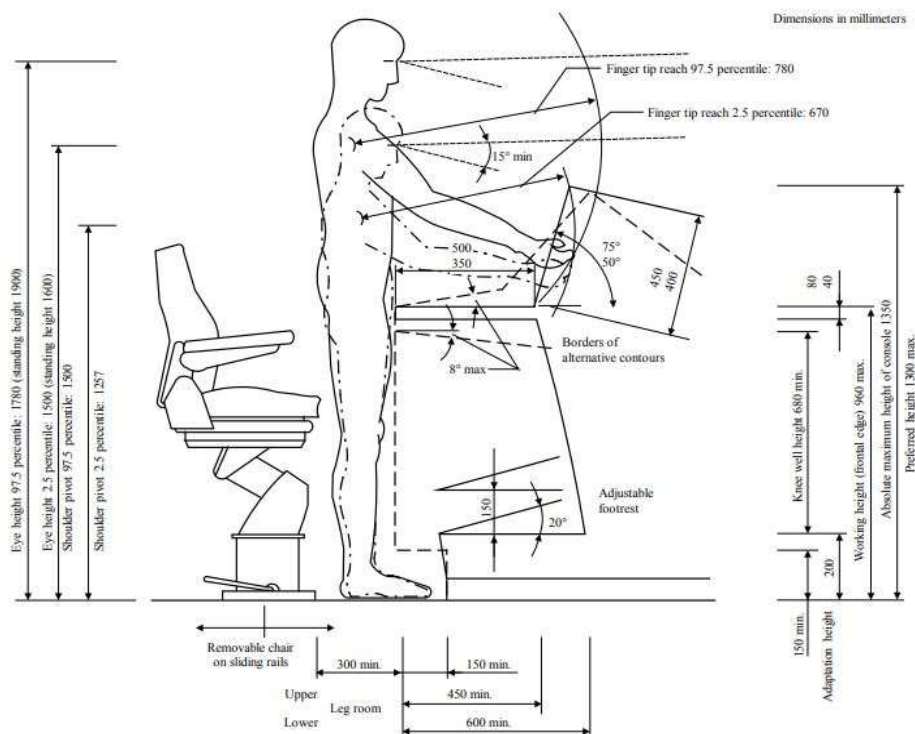
Razvijanje softverskih proizvoda koristeći ergonomijske principe uključuje različite pristupe i alate. Neki od najpoznatijih podrazumijevaju kreiranje prototipa i osnovnih skica

kako bi se omogućilo testiranje dizajna u ranoj fazi i uočilo eventualne probleme. Izuzetno su korisne studije slučaja i analize ponašanja korisnika. Analizom kako korisnici zapravo koriste aplikaciju u stvarnim uvjetima, dizajneri mogu identificirati koji dijelovi su problematični i gdje se zastoji događaju što omogućava unaprjeđenje dizajna.

2.2.5. Hardverska ergonomija

Hardverska ergonomija odnosi se na dizajn fizičkih uređaja i radnih prostora s ciljem poboljšanja udobnosti korisnika, smanjenja rizika od ozljeda i povećanja učinkovitosti. U današnjem digitalnom dobu, gdje većina ljudi provodi sate za računalima, mobilnim uređajima i drugim tehnološkim alatima, važnost ergonomskog dizajna hardverskih uređaja postala je neupitna. Dobro dizajnirani uređaji i radni prostori mogu značajno poboljšati zdravlje korisnika, smanjiti fizički stres i povećati produktivnost [13].

Ovaj tip ergonomije posebno dolazi do izražaja na navigacijskom mostu. Kako bi se omogućio ugodniji i efikasniji rad pomorcima donesene su smjernice od strane klasifikacijskih društava. Jedan od primjera koji je propisao ABS (*American Bureau of Shipping*) možemo vidjeti na slici ispod.



Slika 2. Dizajn konzole u stajaćoj poziciji [3]

Prikazane preporuke se odnose na prosječnog pomorca, uzeto je u obzir da je velika većina pomoraca muškarci, a antropološka mjerenja se baziraju na Sjeverno-europskim i Sjeverno-američkim mjerilima. Ovisno o klasifikacijskom društvu te različitim rasama i nacijama kao korisnicima nailazimo na različite preporuke. Kod modernih navigacijskih mostova moguća je prilagodba konzola ovisno o dimenzijama i preferencijama korisnika što je naposljetku najbolje rješenje [8].

2.3. ERGONOMIJA U POMORSTVU

Pomorska industrija predstavlja najučinkovitiji, ekološki najprihvatljiviji i najsigurniji način prijevoza robe, putnika i dobara. Kako bi ostao najsigurniji potrebno je prilagoditi ergonomiju upravljačkih jedinica korisniku kao jedan od načina kako utjecati na ljudski element.

Pomorska literatura često koristi izraz ljudski element koji je prema Međunarodnoj pomorskoj organizaciji (*engl. IMO – International Maritime Organization*) definiran kao: Složeni, više dimenzijski problem koji utječe na sigurnost u pomorstvu i zaštitu morskog okoliša. Uključuje cijeli spektar ljudskih aktivnosti izvršenih od strane brodske posade, tehničkog menadžmenta, regulatornih tijela, priznatih organizacija, brodogradilišta, pravnih organizacija i svih drugih čimbenika pomorskog prijevoza, svi navedeni trebaju surađivati kako bi riješili probleme vezane za ljudski element [11].

2.3.1. Ljudske pogreške

Prema istraživanjima koje su sproveli američka Obalna straža, britanski odjel za istraživanje pomorskih nesreća, australski ured za sigurnost prometa i kanadski odbor za sigurnost prometa, ljudska pogreška odgovorna je za 80 do 85 posto pomorskih nesreća [12].

Ljudska pogreška nastaje ukoliko izvršena radnja ne rezultira željenim učinkom. Može se dogoditi uslijed kognitivne pogreške (npr. donošenje pogrešne odluke), zbog pogreške u ponašanju ili pogrešnog izvršenja ispravne odluke. (npr. pritiskanje pogrešnog dugmeta). Razlikujemo „aktivne greške“ i „latentne greške“. Aktivne greške nastupaju uslijed pogreške operatera i imaju trenutni učinak (npr. pogrešna procjena navigacijske situacije koja rezultira sudarom ili nasukavanjem). Latentne greške nastaju u ranoj fazi, prilikom projektiranja i konstruiranja sustava. Mnogo ih je teže otkriti i učestalo se otkriju tek nakon što se nesreća već dogodila ili je došlo do opasne situacije uslijed istih.

3. IMPLEMENTACIJA ERGONOMSKIH RJEŠENJA U BRODSKOJ OKOLINI

Kvalitetna ergonomska rješenja od presudnog su značaja za svaku industriju, a posebice za izazovnu po svim aspektima kao što je pomorska. U pomorskoj industriji se posebice zadnjih desetljeća, pridaje sve veća pažnja smanjenju stresa i umora posade, a pogotovo nakon pandemije Covid-a sve se više priča o mentalnom zdravlju i psihičkim problemima posade. Današnji pomorac je izložen velikim dozama stresa, te svaki otežavajući faktor može biti presudan i rezultirati neželjenim, a često i kobnim posljedicama.

Svi sudionici pomorskog prometa (posada, brodovlasnici, države zastave, klasifikacijska društva, međunarodne organizacije) imaju riječ prilikom donošenja ispravnih ergonomskih rješenja, preporuka i savjeta. Važnost percepcije okoline, alarmnih sustava te predodžba indikacija je odavno prepoznata. Izuzetno je važno da se primjedbe i savjeti za poboljšanje dani od strane samih pomoraca uvažavaju i implementiraju, makar i nauštrb ekonomičnosti ukoliko će rezultirati povećanjem sigurnosti [8].

Klasifikacijska društva koriste uniformirane propise, preporuke i smjernice kako bi se smanjilo opterećenje posade i olakšao rad na brodu. Na ovaj način sigurnost se drži na visokoj razini te bi zahtjevi za kvalitetom trebali biti podjednaki neovisno koju zastavu brod vije i pod kojim se klasifikacijskim društvom nalazi.

3.1. ERGONOMSKE NORME

Međunarodno udruženje klasifikacijskih društava (engl. *IACS - International Association of Classification Societies*) izdalo je više preporuka vezanih za primjenu međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru (engl. *SOLAS - Safety of life at sea*) konvencije poglavlja V. propisa 15 – Dizajn mosta, raspored opreme i procedure (engl. *BDEAP - Bridge Design, Equipment Arrangement and Procedures*). Preporuke se odnose na navigacijski most, ali mogu biti primjenjive i na druge brodske kontrolne prostorije.

Razvoj ovih preporuka osnovan je na međunarodnim prihvaćenim zakonima i propisima te IMO standardima. Preporuke su se razvile na temelju:

- SOLAS poglavlja V. Propisa 15, 19, 22, 24, 25, 27 i 28,
- relevantnih dijelova MSC/Circ. 982, „*Guidelines on ergonomic criteria for bridge equipment and layout*“ ,

- relevantnih dijelova IMO rezolucija i SOLAS standarda,
- STCW kodu,
- ISM kodu.

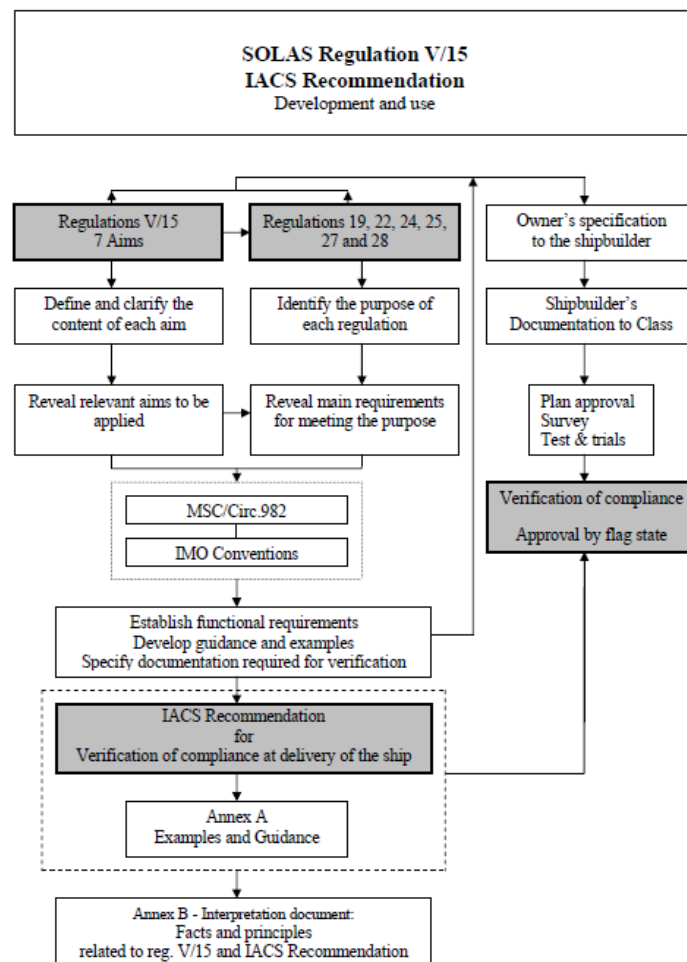
Svrha svih prethodno navedenih preporuka koje se tiču navigacijskog mosta je uniformna i kao konačni cilj ima :

- promoviranje učinkovitog i sigurnog upravljanja ljudskim resursima na navigacijskom mostu,
- određivanje zadataka koji bi se trebali izvršavati od strane članova navigacijskog mosta i peljara kako bi se postigla sigurna plovidba broda u svim uvjetima,
- omogućavanje članovima navigacijskog mosta i peljaru, neprestan i jednostavan pristup ključnim informacijama, koristeći standardizirane simbole i skraćenice za kontrole i prikaze,
- ukazivanje operativnog statusa automatskih funkcija i komponenti sistema i podsistema.
- omogućavanje brzog, stalnog i učinkovitog procesiranja informacija i donošenja odluka od strane članova navigacijskog mosta i peljara,
- sprječavanje nepotrebnog i pretjeranog rada, s ciljem smanjivanja distrakcija na navigacijskom mostu koji mogu utjecati na rad članova navigacijskog mosta i peljara,
- smanjivanje rizika od ljudske pogreške i detekcije takvih pogrešaka ako se dogode kroz alarmne sustave, na vrijeme da članovi navigacijskog mosta i peljar poduzme odgovarajuće postupke [7].

3.1.1. Dizajn navigacijskog mosta

Prilikom dizajniranja navigacijskog mosta brodograditelj je dužan klasifikacijskom društvu predati određenu dokumentaciju. Ona se sastoji od tlocrta mosta, polja vidljivosti, popisa opreme, rasporeda opreme te procedura za testiranje i održavanje. Brodar je dužan predati raspored dužnosti na brodu, stupanj razina navigacijskih straža na mostu koje moraju biti u skladu s „*minimum safe manningom*“, familijarizacije s brodskom opremom u skladu s Međunarodnom konvencijom o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i i držanju straže (engl. *STCW – Standards of training, certification and watchkeeping*) i SOLAS

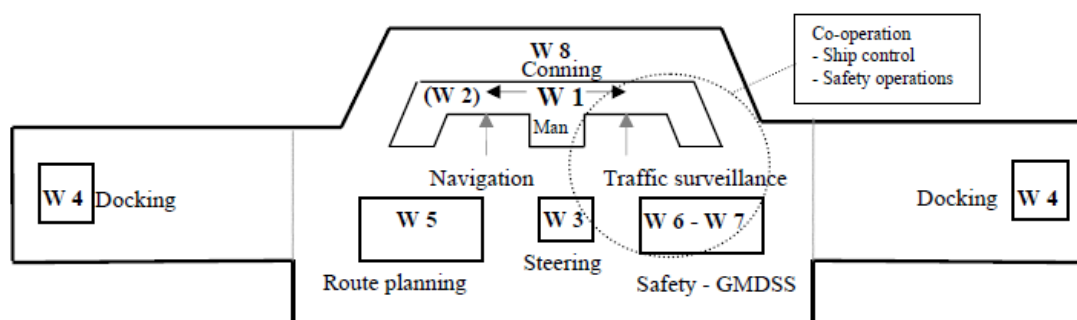
propisima, u svrhu dobivanja tipskog certifikata sigurnosnog upravljanja (engl. *SMC - Safety Management Certificate*) u skladu sa SMS-om (engl. *Safety Management System*). Slika 3 prikazuje dijagram toka koji opisuje tijek implementacije ergonomskih normi prilikom izgradnje broda.



Slika 3. Dijagram toka ergonomskih načela prilikom gradnje broda [4]

Kod samog dizajniranja navigacijskog mosta potrebno je uzeti u obzir i vanjske čimbenike koji negativno utječu na obavljanje sigurne plovidbe. Najvažniji čimbenici su temperatura, vlaga, ventilacija, buka, vibracije, osvjetljenje i periferni odsjaj istoga. Iz osobnog iskustva navigacijski mostovi sa zatvorenim krilima su u velikoj prednosti iznad onih sa otvorenim jer prilikom obavljanja samog manevra odlaska/dolaska nismo izloženi vremenskim utjecajima te možemo biti apsolutno fokusirani na sigurno izvođenje manovre. Osim što sami pomorci nisu izloženi vremenskim utjecajima, također ni oprema nije izložena što produžava njen životni vijek i smanjuje mogućnost otkazivanja iste.

Izuzetno važna stavka prilikom dizajniranja mosta je raspoloživi broj časnika koji će biti na istome u različitim stupnjevima opterećenosti kako bi optimizirali raspoloživu opremu. Dizajn navigacijskog mosta putničkog broda će se uvelike razlikovati od dizajna mosta broda za rasute terete. Most kruzera će biti prilagođen svakodnevnim dolascima i odlascima iz luke sa mnogo više opreme na samim krilima mosta, dok će kod mosta broda za generalni teret fokus biti stavljen na navigaciju sa skromnije opremljenim krilima. Na slici broj 4 možemo vidjeti primjer dizajna mosta s podjelom na radne postaje.



Slika 4. Shematski prikaz navigacijskog mosta [7]

Shema prikazuje radnu postaju označenu sa W, a broj označava jedan od osam radnih zadataka. Sigurna plovidbe se u načelu sastoji od osam različitih radnih zadataka i ističe se potreba za osam radnih postaja. Ovo je bazični prikaz kojega je moguće proširiti ovisno o raspoloživom osoblju i kompleksnosti navigacijskih operacija. Osnovne radne postaje podrazumijevaju:

- navigacija i vođenje broda,
- nadzor plovidbe i izbjegavanje sudara,
- ručno kormilarenje,
- pristajanje na vez,
- planiranje putovanja.
- sigurnosne operacije i kontrola alarma,
- komunikacije,
- zapovijedanje.

3.2. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING NORME

Ljudska pogreška po mnogim analizama predstavlja glavni uzrok pomorskih nesreća te kako bi se smanjio njen utjecaj, Američko klasifikacijsko društvo (engl. ABS – *American Bureau of Shipping*) 1998. godine izdaje preporuke za ergonomiju na brodovima (*Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems*) koje u narednim godinama doživljavaju brojne preinake. Pomorska industrija je uveliko prihvatila ove preporuke, a mnoge organizacije su ih postavile kao osnovu za svoj rad. ABS je bio uvelike ispred ostalih klasifikacijskih društava te je uz *Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems* prepoznao navigacijski most kao kritični dio broda i izdao *Guidance Notes on Ergonomic Design of Navigation Bridges*, odnosno preporuke koje se tiču samo ergonomskih aspekata navigacijskog mosta.

Navedene preporuke pružaju dizajnerske smjernice vezane za ergonomiju broda, uključujući i dizajn sučelja čovjek – stroj na radnim postajama. Proučava fizičke i percepcijske probleme vezane za dizajn sučelja s raspravama o kontrolama, ekranima, alarmima, oznakama, pristupom i općenito konfiguracijom radnih postaja [3].

3.2.1. Ergonomski dizajn kontrola na navigacijskom mostu

Kontrole moraju biti jasno i precizno označene kako bi bile lako prepoznatljive i upotrebljive. Prilikom upravljanja kontrolama, važno je da operater osjeti povratnu reakciju koja signalizira da je kontrola aktivirana, što se može postići putem vizualnih indikacija na ekranu, vibracija ili zvučnih signala. Dizajn kontrola treba omogućiti operateru da istovremeno koristi dvije palice (npr. Dvije kontrole azipoda), bez potrebe za križanjem ruku ili zauzimanjem neudobnih položaja. Ako su kontrole duplicirane za upotrebu od strane dva neovisna operatera, moraju biti jasno razdvojene te je potrebno imati vizualnu indikaciju koja se kontrola trenutno koristi (npr. Sustav autopilota).

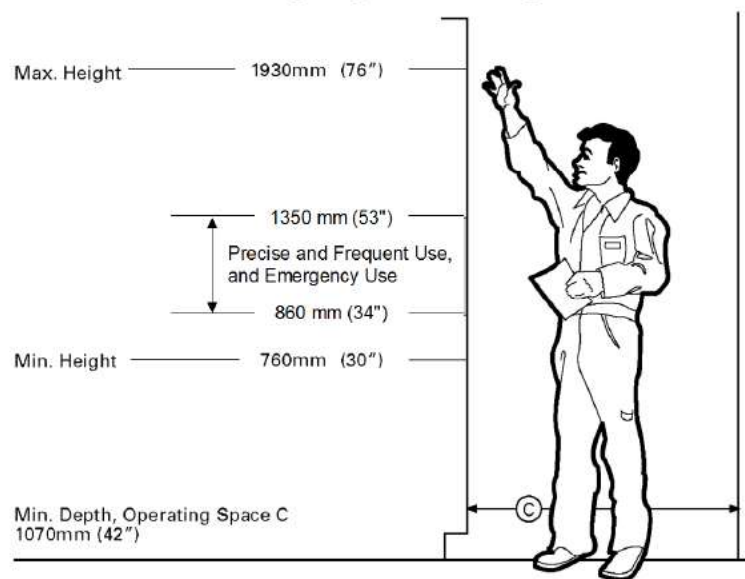
Kontrole trebaju biti dizajnirane tako da se mogu koristiti i u svakodnevnoj odjeći i obući, kao i u sigurnosnoj opremi. normalnog rada kako bi se spriječilo njihovo slučajno aktiviranje, ali također moraju biti vidljive i lako prepoznatljive u slučaju potrebe za aktiviranjem. Pri dizajnu broda treba se osigurati da kontrole ne budu podložne slučajnom korištenju, smještanjem na mjesta koja minimiziraju rizik od nesvjesne aktivacije. Kontrole

trebaju pružiti dovoljno otpora kako bi se spriječilo nenamjerno korištenje, a pokreti koji aktiviraju kontrole trebaju biti složeni, poput kružnih ili interlock mehanizama, uz korištenje poklopaca i zaštitnih pokrivača. Potiče se da se zaštitni pokrivači nalaze na kontrolama koje se koriste za isključivanje određenih sustava u nuždi (npr. dugmad za zaustavljanje pramčanih potisnika ili same propulzije u nuždi).

ABS je istaknuo sljedeće smjernice prilikom odabira kontrola:

- Kontrole koje zahtijevaju brze i precizne radnje trebaju biti dodijeljene rukama.
- Kontrole koje zahtijevaju veliko i trajno korištenje sile trebaju biti dodijeljene nogama i korištene u naprijed – nazad kretnji ili samo s pokretima nožnim zglobovom.
- Kontrole trebaju biti raspoređene tako da niti jedan ud nije preopterećen.
- Lokacija i orijentacija kontrole treba biti takva da njihovo korištenje je koordinirano sa pokretima zaslona ili opreme.
- Više-rotacijske kontrole trebaju biti odabrane za opremu koja može zahtijevati precizno namještanje u velikom rasponu.
- Diskretne (zadržavajuće) kontrole trebaju biti korištene što je više moguće u odnosu na kontrole koje zahtijevaju stalnu akciju. Diskretne kontrole treba biti moguće koristiti jednim pokretom, takve kontrole ne zahtijevaju veću preciznost. Kontrole kontinuiranog podešavanja trebaju biti korištene za opremu ili radnje koje zahtijevaju veću preciznost namještanja.
- Kontrole trebaju biti locirane tako da se lako mogu identificirati, te njihove lokacije trebaju biti standardizirane koliko je moguće u industriji. Kontrole za hitne slučajeve trebaju biti vizualno i taktilno prepoznatljive.
- Kombinirati kontrole koje su povezane jedne s drugima i tako smanjiti prostor koji zauzimaju i olakšati rukovanje [3].

Na slici 5. mogu se uočiti preporučene lokacije kontrola za korištenje u stajaćem položaju, dimenzije maksimalne i minimalne visine te potrebne dubine. Kontrole koje se često koriste ili u slučaju nužde te one koje zahtijevaju precizno korištenje trebaju biti pozicionirane u užem rasponu. Ove dimenzije bazirane su na antropološkim mjerenjima prosječnog sjevernoameričkog muškarca [3].



Slika 5. Ergonomija kontrola u stajaćem položaju [3]

3.2.2. Ergonomski dizajn zaslona

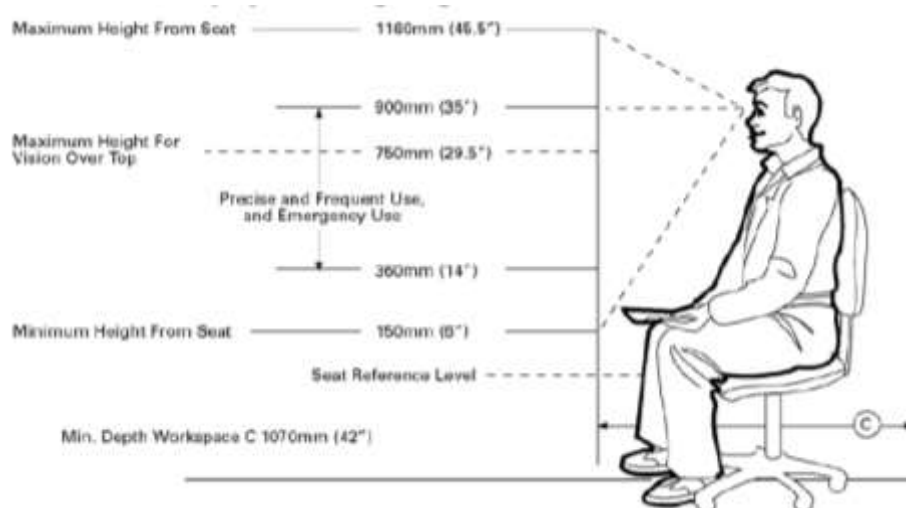
Osnovna namjena zaslona je prijenos informacija operaterima. Prikaz informacija mora biti jasan, nedvosmislen te u skladu s konvencijama i normama. Zaslone moraju pružati povratnu informaciju vezano za njihov status kako ne bi došlo do zabune. Različite oznake na zaslonima ne smiju ometati čitkost prikaza.

ABS donose više preporuka među kojima su i prilagodba prikaza individualnom korisniku, konstrukcija na način da je omogućen nesmetan pristup hardverskim komponentama u svrhu održavanja te prikaz slike. Najviši dio zaslona sa slikom ne bi trebao biti iznad line of sight operatera. Ukoliko je visina zaslona fiksna preporuča se da je 1145 mm iznad podloge na kojoj se nalazi stolica.

Zaslone trebaju biti pozicionirani tako da omogućavaju nesmetano očitavanje podataka s uobičajenog radnog položaja. Uvriježena udaljenost za očitavanje podataka je između 330 i 710 milimetara. Osvjetljenje zaslona mora biti prilagođeno očitavanje podataka u svakom dobu dana bez upotrebe dodatne rasvjete. Prikazi atmosferskih uvjeta poput termometra i barometra moraju biti postavljeni na način da se podaci mogu očitati u uspravnom položaju bez zauzimanja neuobičajenih ili nesigurnih položaja. Na slici 6. su prikazane smjernice za pozicioniranje zaslona za osobu u sjedećem položaju.

Minimalna visina zaslona iznosi 150 milimetara, dok maksimalna iznosi 1160 milimetara. Zaslone koji se često koriste ili su potrebni u hitnim situacijama trebaju biti

postavljeni na visini između 360 i 900 milimetara. Ove dimenzije temelje se na antropološkim mjerenjima prosječnog muškarca sa sjevernoameričkog područja [3].



Slika 6. Ergonomija kontrola u sjedećem položaju [3]

Označavanje bojama treba biti standardizirano, pri čemu se crvena boja koristi za označavanje kritičnih stanja ili opasnosti koja zahtijeva trenutnu reakciju. Žuta označava upozorenje na potencijalnu opasnost koja zahtijeva pažnju operatera, dok zelena označava normalno radno stanje i sigurnu situaciju koja ne zahtijeva operaterovu intervenciju. Međutim, upotreba boja u označavanju nije uvijek uniformna, jer u različitim kulturama boje mogu imati različita značenja [3].

3.2.3. Ergonomske karakteristike alarma

Alarmi ukazuju na stanje koje zahtijeva pozornost operatera i pravovremenu reakciju. Možemo ih svrstati u 3 kategorije: vizualni, vizualni kombinirani sa zvučnim te isključivo zvučni alarmi. Vizualni alarmi se koriste u područjima velike buke. Vizualni kombinirani sa zvučnim su najčešće upotrebljavani jer trenutno skreću pozornost i alarmiraju operatera. Isključivo zvučni alarmi se koriste kada je potrebna hitna potreba za uzbunjivanjem, najbolji primjer su generalni alarm za uzbunu i požarni alarm.

Ukoliko imamo više aktivnih alarma istovremeno, oni koji označavaju hitniju situaciju trebaju biti prioritizirani. U slučaju kvara cijelog sustava, jedan alarm bi to trebao

signalizirati, umjesto više njih koji se mogu pojaviti kako ne bi došlo do zagušenosti alarmima i gubitka svijesti o situaciji.

Kada se alarm aktivira, operater ga mora istražiti prihvatiti. Nakon što operater prihvati alarm, vizualni bljeskajući signal prestaje i ostaje trajno svjetlo te boje, dok zvučni signal prestaje. Kada se alarmno stanje otkloni, stalno svjetlo se gasi, alarm prestaje, a ponovno će se aktivirati ako se isto stanje ponovi. U normalnim uvjetima rada sustava, nijedan alarm ne bi trebao biti uključen [8].

Vizualni alarmi prilikom aktivacije moraju bljeskati. Taj bljesak treba biti frekvencije od 3 do 5 bljeskova u sekundi s približno istim trajanje svjetla i tame. U tablici 3. prikazano je označavanje bojama za različite alarme i stanja, a ono treba biti u skladu s IMO rezolucijom A.380(19): „*Code on Alarms and Indicators*“.

Tablica 1. Označavanje alarma bojama [3]

Boja	Značenje	Objašnjenje	Primjeri
Crvena	Opasnost ili alarm	Opasnost ili situacija koja zahtijeva trenutnu pozornost ili akciju.	Temperature ili pritisak na opasnim vrijednostima. Aktivacija sigurnosnih sustava.
Žuta	Upozorenje	Promjena normalnih vrijednosti.	Temperature ili pritisak izvna normalnih vrijednosti, ali ne na opasnim vrijednostima.
Plava	Instrukcija ili informacija	Značenje koje nije povezano s crvenom, žutom ili zelenom bojom.	Oprema u stanju pripravnosti.
Bijela	Nema dodijeljenog značenja	Bilo koje značenje.	Sinkronizacija, Automatska kontrola sustava.

Ako se tekst koristi za opis alarma, treba biti jasan, specifičan i nedvosmislen. Kratice i simboli koji se koriste moraju biti dosljedno primjenjivani u drugim sustavima i širom pomorske industrije. Opis treba biti lako čitljiv s mjesta na kojem se alarm prihvaća, čak i u najgorim uvjetima vidljivosti.

Zvučni signali imaju nekoliko prednosti u odnosu na vizualne. Oni omogućuju operateru da primi informacije bez potrebe za stalnim praćenjem zaslona, te mu odmah daje do znanje da se nešto događa. Ovim se smanjuje opterećenje i omogućuje mu da se posveti drugim zadacima koji mogu biti važniji za sigurnost broda. Zvučni signali također mogu obuhvatiti šire područje i odmah utjecati na ponašanje posade, primjerice kod oglašavanja požarnog alarma. Preporuke za jačinu i frekvenciju zvučnog alarma u različitim uvjetima navedene su u tablici 2 [3].

Tablica 2 Ergonomske preporuke za zvuk [3]

Uvjeti	Preporuke
Ako je udaljenost do slušatelja velika	Veća glasnoća i niže frekvencije
Ako zvuk prolazi kroz prepreke	Niže frekvencije
Ako je pozadinska buka velika	Niža frekvencija od pozadinske buke. Koristi više tonova različitih oktava
Ako zahtjeva slušateljevu pozornost	Isprekidani zvuk ili frekvencija koja oscilira između 1 do 3 herca
Ako treba razlikovati različite alarme	Koristiti različite zvukove. Svaki alarm ima specifičan zvuk. Ne koristiti više od tri do četiri specifična zvuka u prostoriji

Preporuke za glasnoću zvuka su sljedeće:

- Zvučni signali trebaju biti minimalno 10 dB (decibela), ako je moguće i 20 dB jači od prosječne pozadinske buke tokom normalne operacije.
- Zvučni signali treba biti jačine 75 dB na udaljenosti od jednog metra od izvora i na spavaćim pozicijama u kabinama.
- Zvučni signal ne bi smio biti jači od 120 dB.
- Za velike prostorije ponekad je potrebno više od jednog zvučnog alarma za postizanje adekvatne jačine.
- U prostorijama gdje je velika pozadinska buka, uz zvučni signal, vizualni bljesak treba biti prisutan na poziciji gdje se vidi sa svih pozicija [3].

3.2.4. Integracija kontrola zaslona i alarma

Odnos između kontrola i povezanog zaslona mora biti jasan i nedvosmislen za operatera. Kontrole bi trebale biti smještene ispod ili desno od zaslona, na način da ruka koja ih koristi ne ometa pregled zaslona. S obzirom na to da su većina ljudi dešnjaci, kontrole se obično pozicioniraju s desne strane. Kada su kontrole i zasloni namijenjeni za lokalno upravljanje određenom opremom, trebaju biti smješteni iznad ili odmah uz opremu kako bi bilo očito da su povezani. Na primjer, manometri za kompresor ili pumpu trebaju biti postavljeni iznad ili uz opremu, kako bi operater jasno znao s kojom opremom upravlja i imao vizualni prikaz rezultata svojih radnji.

Alarmi povezani s kontrolama i zaslonima trebaju biti smješteni u neposrednoj blizini tih kontrola i zaslona, a kod digitalnih zaslona, alarmi su obično integrirani unutar samih zaslona. Potrebno je osigurati da alarmi budu postavljeni na način da ih ne blokiraju kontrole ili sam operator koja upravlja tim kontrolama.

Kontrole za tipične uključ/isključ (*on/off*), pokreni/zaustavi (*start/stop*), otvori/zatvori (*open/close*) funkcije trebaju biti pozicionirane prema sljedećem rasporedu:

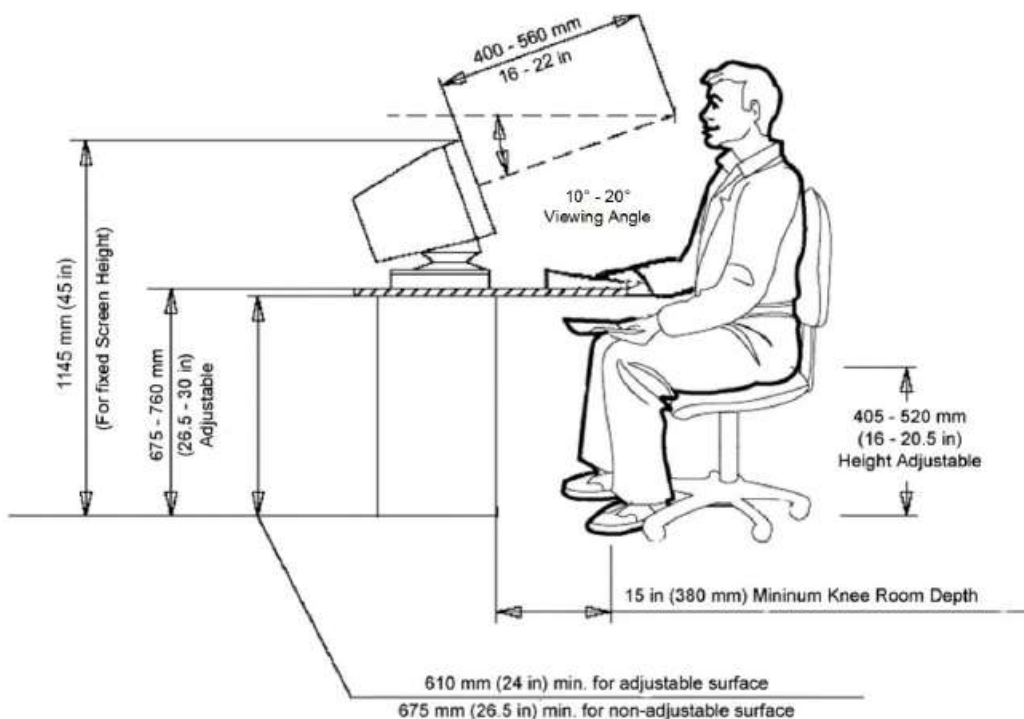
- uključ (*on*) – iznad ili s desna,
- isključ (*off*) – ispod ili s lijeva,
- pokreni (*start*) - iznad ili s desna,
- zaustavi (*stop*) - ispod ili s lijeva,
- otvori (*open*) – iznad ili s desna,
- zatvori (*close*) - ispod ili s lijeva.

Konzole za rukovanje s balastom, odnosno teretom koje koriste simboličke prikaze i dijagrame trebaju biti postavljene tako da gornji dio predstavlja lijevu stranu broda, a donji dio desnu stranu broda [3].

3.2.5. Ergonomski dizajn računarske radne stanice

Računarska radna stanica treba biti dizajnirana tako da osigura efektan radni učinak i smanji umor osoblja. Uzevši u obzir multinacionalnu osobnost pomorske industrije, prilikom dizajniranja treba imati na umu razlike u fizičkim karakteristikama između različitih rasa i nacija te pronaći optimalno rješenje.

Slika 7. prikazuje optimalne dimenzije računalne radne stanice, bazirane na antropološkim mjerenjima prosječnog sjevernoameričkog muškarca. Kut između ekrana i ravnine pogleda treba biti od 10 do 20 stupnjeva, dubina prostora za koljena treba biti 380 milimetara. Kako bi se osiguralo optimalno korištenje radne stanice od strane svakog člana posade, visina sjedala i ostale dimenzije trebaju biti podesive i imati mogućnost prilagodbe svakom članu posade [5].



Slika 7. Ergonomski dizajn računalne radne stanice [3]

3.2.6. Radni uvjeti posade

Razlikujemo pet ključnih aspekata u prilagođavanju brodske okoline čovjeku u vidu radnih i živućih uvjeta. Svaki od ovih aspekata utječe na učinkovitost čovjeka i kvalitetu života na brodu:

1. Održavanje povišene razine mentalne i fizičke spreme važno je za osiguravanje radnih performansi tako što smanjuje umor i mogućnost ljudske pogreške.
2. Povišene razine vibracije rezultiraju ubrzanim umorom čovjeka.
3. Povišene razine buke mogu značajno utjecati na verbalnu komunikaciju, auditorne sposobnosti čovjeka i mogućnost kvalitetnog odmora.

4. Optimalni uvjeti rasvjete su ključni za ljudske performanse jer većinu podataka iz okoline čovjek prima osjetilom vida.
5. Promjenom ili ekstremnim vrijednostima klimatskih uvjeta smanjuju se ljudske performanse što rezultira ubrzanim umorom čovjeka [3].

4. ANALIZA ERGONOMSKOG DIZAJNA BRODA NA PRIMJERIMA BRODOVA RHAPSODY OTS I UTOPIA OTS

U ovom poglavlju komparirati ćemo ergonomske karakteristike dvaju brodova za kružna putovanja, jednoga izgrađenog 1997. i drugoga 2024. Plovio sam na oba broda pa mogu iz vlastitog iskustva usporediti ergonomske karakteristike, dizajn, poteškoće u radu i savjete za poboljšanje. Zanimljivo je da su oba broda izgrađena u istom brodogradilištu tako da kroz njihovu komparaciju možemo vidjeti i napredak u brodogradnji.

Kako bi bolje interpretirali raspored uređaja na mostu iz samog aspekta ergonomije na slici 9 se nalazi službena matrica Royal Caribbean-a povodom podjele zaduženja u različitim stanjima straže na navigacijskom mostu.

Watch Condition	Area of Focus										Resources	
	Conning Officer	VHF	Collision Avoidance	Engine/Thrustor Control	Monitor	Paper Navigation or ECDIS Monitoring	Internal Comms. and GMDSS	Safety and Stability	Miscellaneous	Helm		Lookout
Green												2 – Officers 1 or 2 ABs
Extended Green												1 – Officer 1 or 2 ABs
Yellow												1 – Senior Officer 2 – Officers 2 – ABs
Yellow												1 – Pilot 1 – Senior Officer 2 – Officers 2 – ABs
Extended Yellow												1 – Pilot 1 – Senior Officer 1 – Officer 2 – ABs
Red												2 – Senior Officers 2 – Officers 2 – ABs
Red												1 – Pilot 2 – Senior Officers 2 – Officers 2 – ABs
Extended Red												1 – Pilot 1 – Senior Officers 2 – Officers 2 – ABs

Slika 8. Matrica podjele zadataka u različitim stanjima na mostu [10]

4.1. RHAPSODY OF THE SEAS ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE

Rhapsody of the Seas je brod za kružna putovanja izgrađen 1997. godine u brodogradilištu Chantiers de L'Atlantique, St. Nazaire u Francuskoj. Izgrađen je kao treći u klasi od šest brodova Vision klase. U svoje vrijeme bio je jedan od većih kruzera na svijetu sa duljinom od 279 metara, širinom 32.2 metra, gazom od 7.9 metara te bruto tonažom od 78 878. Kapacitet putnika je 2416, a posade 765 osoba. Pokreće ga dizel-električna propulzija, 4 generatora Wartsilla 12V46C ukupne snage 52 800 kw. Opremljen je sa dva *inboard turning* propelera, dva Becker kormila koja se mogu okretati do 45°, dva pramčana potisnika i jednim krmenim potisnikom svaki snage 1750 kw. Navedena oprema mu daje dosta dobre manevarske karakteristike za brod pogonjen konvencionalnom propulzijom.



Slika 9. Rhapsody of the Seas [6]

Navigacijski most je dizajniran po uzoru na navigacijski most teretnog broda kao više zasebnih radnih postaja, bez centralne konzole za upravljanje brodom. Radne postaje su odvojene po nekoliko metara što zahtijeva od članova navigacijske straže kretanje, od radne postaje do radne postaje kako bi efektivno obavljali navigacijsku stražu. Nedovoljna razvijenost BRM (engl. *Bridge Resource Management*) toga vremena je vidljiva iz samog rasporeda konzola na mostu. Međusobno su previše udaljene te je potrebna izuzetno glasna komunikacija kako bi svi članovi Bridge tima čuli jedan drugoga i efektivno zatvorili krug komunikacije.

Oprema navigacijskog mosta sastoji se od: magnetskog kompasa, dva žirokompasa, dva sustava autopilota, četiri radara (X-band i S-band na jarbolu, jedan X band na pramcu i jedan na krmi), dva sustava satelitskog pozicioniranja (engl. *GNSS - Global Navigational Satellite System*), tri sustava prikazivanja elektronskih karata sa ponavljačem na svakom krilu (engl. *ECDIS - Electronic Chart Display Information System*), dva automatska identifikacijska sustava (engl. *AIS - Automatic Identification System*), zapisivača podataka o putovanju (engl. *VDR - Voyage Data Recorder*), pokazivača otklona kormila, telegrafa glavnog stroja, pokazivača okretaja glavnog stroja, brzinomjera, dubinomjera, kronometara, sekstanta, navigacijske teleks poruke (engl. *NAVTEX - Navigational Telex*), sustava uzbuđivanja za navigacijsku stražu na mostu (engl. *BNWAS – Bridge Navigational Watch Alarm System*), zapisivača kursa, kontrole sirena (krmena i pramčana), navigacijskih svjetala, sustava radio komunikacija vrlo visoke frekvencije 1 i 2 (engl. *VHF - Very High Frequency Radio-Telephony*), sustava radio komunikacija srednje i visoke frekvencije (engl. *MF/HF - Medium / High Frequency Radio-Telephony*), sustava satelitske komunikacije (Inmarsat-C 1 i 2).

Uz ovu opremu imamo i kontrole sustava automatizacije gdje se nalaze kontrole balastnog sustava, sustava kaljuža, kontrola za pražnjenje bazena u nuždi. Brod je opremljen i NAPA loading softverom u kojemu su integrirani senzori svih tankova i suhih prostora na brodu kako bi u realnom vremenu mogli pratiti stabilnost broda i osigurati da ne ugrozimo nijedan od sigurnosnih parametara. Na navigacijskom mostu se također nalazi Autronica protupožarni sustav na kojemu možemo vidjeti aktivaciju detektora dima ili vatre, zatvoriti požarna vrata, upaliti ventilacije i aktivirati fiksne sustave za gašenje požara.

Generalni raspored navigacijskog mosta je prikazan na slici 10 gdje su brojevima označene pojedinačne konzole.

1. Konzola broj 1 – ECDIS i ARPA radar (X-band)
2. Stanica za ručno kormilarenje
3. Konzola broj 2 – ECDIS i ARPA radar (S-band)
4. Kontrole propulzije i potisnika
5. Dodatni ECDIS



Slika 10. Generalni raspored navigacijskog mosta Rhapsody OTS

Ukoliko promotrimo matricu podjele zaduženja ovakav raspored mosta nam ne odgovara najbolje. Najčešće časnik koji imo con (stvarnu kontrolu broda) u red watch conditionu se nalazi ispred konzole označene brojem 2 te iz te pozicije ne može vidjeti časnika kojemu je dodijeljena kontrola brzine i koji se nalazi pokraj konzole broj 4. Nadalje časnik kojemu je dodijeljena kontrola alarma se nalazi pokraj konzole broj 5, no ukoliko se aktivira bilo kakav sigurnosni ili požarni alarm mora ići do stražnjeg dijela mosta kako bi ga prihvatio. Isti časnik kontrolira heeling sustav broda (kod brodova za kružna putovanja izuzetno je važno da se brod ne nagne preko 1° zbog samog komfora gostiju i operacija koje su u tijeku) koji se također nalazi u stražnjem dijelu mosta. Ovime je časnik stavljen u nepovoljnu poziciju budući da ne može u isto vrijeme pratiti ECDIS alarme i sigurnosne alarme, a zbog količine raspoloživih oficira nema drugog izbora.

Časnik kojemu je dodijeljen *monitoring* (najčešće kapetan) ovisi o kvalitetnim povratnim informacijama od strane svakog oficira budući da nema ECDIS koji je dodijeljen samo njemu, a pokazivači su raštrkani na relativno velikom području te je prisiljen fokusirati se na one osnovne – vizualno osmatranje ispred broda, radnje conning časnika i kormilara.

Slika broj 11 nam detaljnije prikazuje stanicu za kontrole propulzije i potisnika. Osim kontrola propulzije i potisnika na ovoj konzoli se nalazi i dodatni ECDIS. Ovaj ECDIS je povezan sa ECDIS ponavljačima na krilima mosta gdje pronalazimo idući ergonomsku

poteškoću. Nakon što brod dođe dovoljno blizu veza najčešće kapetan, staff kapetan i prvi časnik idu na krilo gdje preuzimaju upravljanje kontrolama, međutim jedan časnik mora ostati pokraj ove stanice kako bi zumirao ECDIS prikaz budući da su na krilima samo ponavljači. Časnik koji preuzima ovu dužnost mora biti jako oprezan i na vrijeme odabrati pravo mjerilo kako ne bi ugrozio sigurnost manevra.

Kod ove konzole potrebno je istaknuti i pozitivne strane. Napravljen je retrofit kontrola propulzije prilikom čega je ugrađeno fino podešavanje okretaja gdje se može birati da li želimo povećati ili smanjiti samo 1 okretaj ili 10 što olakšava kontrolu brzine u navigaciji i smanjuje utrošak goriva. Osvijetljenost kontrola propulzije je optimizirana što uvelike olakšava korištenje u svim svjetlosnim uvjetima. Kontrole potisnika su jednostavne za korištenje sa ergonomskim prilagođenim ručicama.

Na slici 11 je brojevima označena različita oprema:

1. Dodatni samostalni ECDIS
2. Kontrole propulzije s finim podešavanjem
3. Kontrole potisnika



Slika 11. Stanica za upravljanje kontrolama propulzije

Pristajanje brodom, poznato kao i kritična operacija se vrši sa krila mosta stoga nam je od izuzetne važnosti ergonomija konzole na krilu. Veliki minus kod Rhapsody-a je što ima otvorena krila gdje su časnici izloženi svim vremenskim uvjetima što uvelike povećava rizik prilikom pristajanja, posebno u slučaju kiše ili jakog vjetra.

Sljedeći nedostatak je vidljivost ECDIS-a u vrijeme izlaska i zalaska sunca, čak kada su i postavke podešene na najveću svjetlinu. Savjet za poboljšanje je postavljanje ekrana kojemu se nagib može podešavati i samim time poboljšati vidljivost. Na sustavu za unutarnju komunikaciju nije moguće podesiti grupni razgovor između oba krila i centralnog kokpita. Nakon što je iznesen ovaj problem naručena je modernija verzija sustava koji će biti instaliran za vrijeme dry dock perioda. Budući da je brod izgrađen 1997. godine nije opremljen sustavom za precizno pozicioniranje (Fugro) kao i ostali brodovi Royal Caribbeana dosta vremena se gubi na finalno pozicioniranje broda kako bi brodske skale bile u ispravnom i sigurnom položaju. Retrofit ovakvog sustava bio bi preskup pa su zahtjevi za istim odbačeni.

Same kontrole propulzije, kormila i potisnika su ergonomski ugodne, logične i smještene jedna blizu drugoj. Jedini savjet za poboljšanje koji je često diskutiran je ugradnja tzv. zarezna u kontrolu potisnika tako da možemo znati koliku snagu koristimo bez gledanja (npr. zarezni na 25, 50, 75 i 100%) što bi uvelike olakšalo korištenje tijekom samog pristajanja. U podu krila je integrirano staklo da je pronalaženje ispravne pozicije broda pomoću vizualnih markera na obali uvelike olakšano. Stanica za manevriranje na krilu je prikazana na slici 12.



Slika 12. Stanica za manevriranje na krilu mosta

4.2. UTOPIA OF THE SEAS ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE

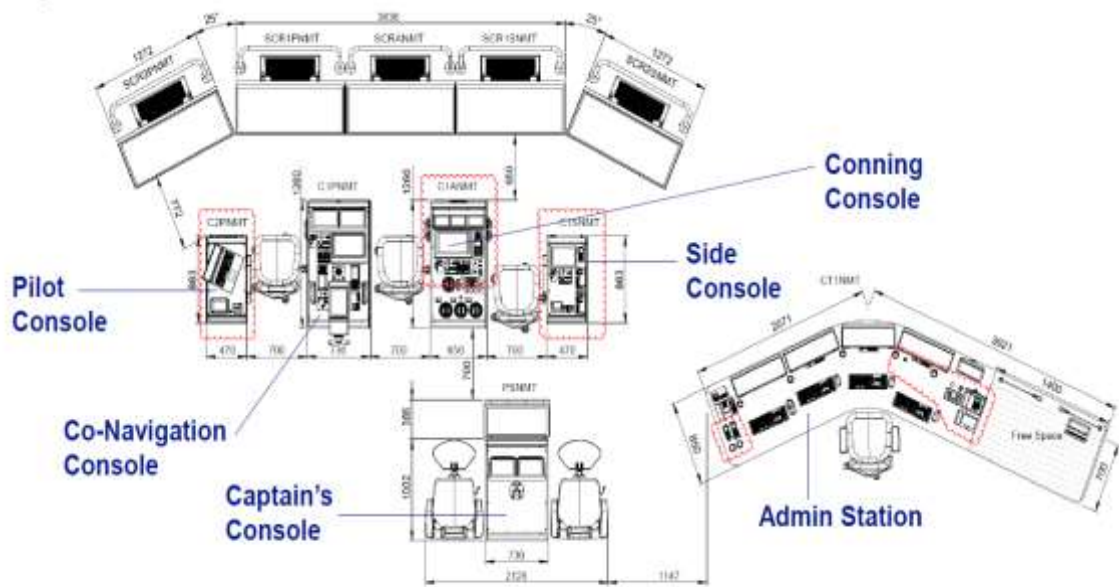
Utopia of the Seas je najnoviji brod Royal Caribbeana za kružna putovanja izgrađen 2024. godine u brodogradilištu Chantiers de L'Atlantique, St. Nazaire u Francuskoj. Izgrađen je kao šesti u klasi od šest brodova Oasis klase. Trenutno je drugi najveći kruzer na svijetu sa duljinom preko svega od 362 metra, širinom 47 metara, gazom od 9.30 metara te bruto tonažom od 236 473. Kapacitet putnika je 7521, a posade 2379 osoba na kratkim međunarodnim putovanjima. Pokreće ga dizel-električna propulzija, 6 generatora Wartsilla ukupne snage 93,6 MW. Opremljen je sa tri azimutalna vijka (azipoda) gdje su lijevi i centralni desno-okretni, a desni lijevo-okretni. Kod azipoda ovo je ujedno i sustav kormilarenja koji omogućuje upravljivost i pri izuzetno malim brzinama. Utopia je opremljena sa četiri pramčana potisnika svaki snage 5500 kW. Brod ima dovoljno snage te nevjerovatne manevarske karakteristike uzevši u obzir njegovu veličinu. [1]



Slika 13. Utopia of the Seas [5]

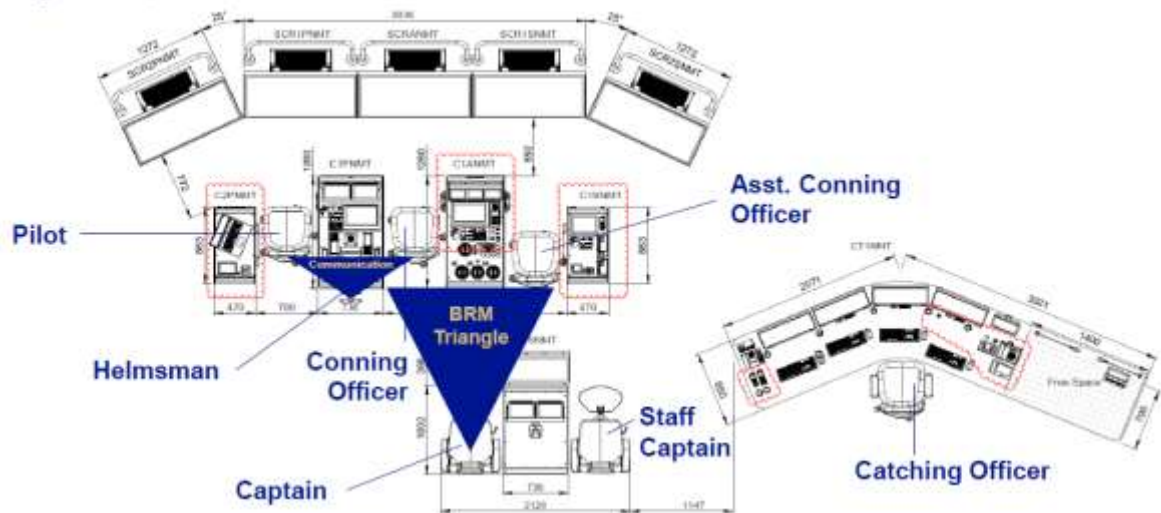
Navigacijski most Utopije dizajniran je kao *Future Navigational Bridge* koncept, jedan od samo 3 takva na svijetu uz Icon of the Seas i Celebrity Ascent. Koncipiran je kao navigacijski most budućnosti, skoro bez ikakvih fizičkih dugmadi, s kontrolama integriranim u zaslone na dodir. Sam kokpit mosta je dizajniran prema najnovijim BRM principima. U kokpitu nalazimo 5 konzola, koje su zapravo MFD (engl. *Multi functional display*) koje su osjetljive na dodir. Visinu konzolu možemo podešavati pritiskom na dugme te ona ovisi da li smo u navigaciji, kada su ekrani spuštene kako bi povećali samo vidno polje te obavljamo navigacijsku stražu sjedeći ili smo u Red watch conditionu prilikom prilaska luci kada su ekrani podignuti i časnici stoje. Raspored ekrana možemo birati prema vlastitim preferencijama, ali najčešći raspored je dva ECDISA i 2 ARPA radara uz jedan

multifunkcionalni prikaz s kojega možemo kontrolirati balastni (heeling) sustav, voditi elektronički brodski dnevnik ili prihvaćati sigurnosne alarme. Na ovaj način se potreba napuštanja kokpita svodi na minimum. Slika 13 nam prikazuje tlocrt dijela navigacijskog mosta sa namjenama različitih konzola.



Slika 14. Tlocrt navigacijskog mosta [1]

Cijeli koncept navigacijskog mosta budućnosti se temelji na BRM tehnikama kao što su (engl. *Closed loop communication*) gdje sami smještaj časnika olakšava provedbe istoga. Ovakvim rasporedom časnika na mostu tvori se takozvani trokut komunikacije gdje imamo pilota ili časnika koji upravlja brodom te zadaje naredbe kormilaru, kormilar ih ponavlja i izvršava, a u pozadini je kapetan, odnosno časnik koji je zadužen za monitoring koji ima izvrstan pregled što prethodno navedena dvojica rade i može uočiti greške na vrijeme. Kapetan i *staff* kapetan sjede na stolicama koje su povišene te samim time imaju bolji uvid u radnje svih časnika uključenih u operacije. Časnik kojemu je zaduženje kontrola alarma ima cijelu stanicu sa četiri ekrana na raspolaganju iz koje ima nesmetan pogled naprijed i svjestan je cijele navigacijske situacije. Svi ekrani su multifunkcionalni te se prikaz može mijenjati po potrebi. BRM koncept u okviru navigacijskog mosta budućnosti je shematski prikazan na slici 15.



Slika 15. Future bridge koncept [1]

4.2.1. Navigacijska oprema potpuno integriranog navigacijskog mosta

Oprema navigacijskog mosta je zbilja opsežna kako i priliči najsvremenijem putničkom brodu na svijetu. Izvedbu mosta budućnosti možemo podijeliti na četiri osnovna dijela, odnosno upravljačka sklopa. Prvi, nama možda i najzanimljiviji je Wartsilla NACOS Platinum (engl. *Navigation Automation Control System*) koji se sastoji od 17 multifunkcijskih ekrana, poznatih i kao Multipilot. Svaki od njih omogućuje prikaz ECDIS-a, radara i *conning* prikaz. Slika 16 prikazuje raspored multifunkcionalnih ekrana na brodu.

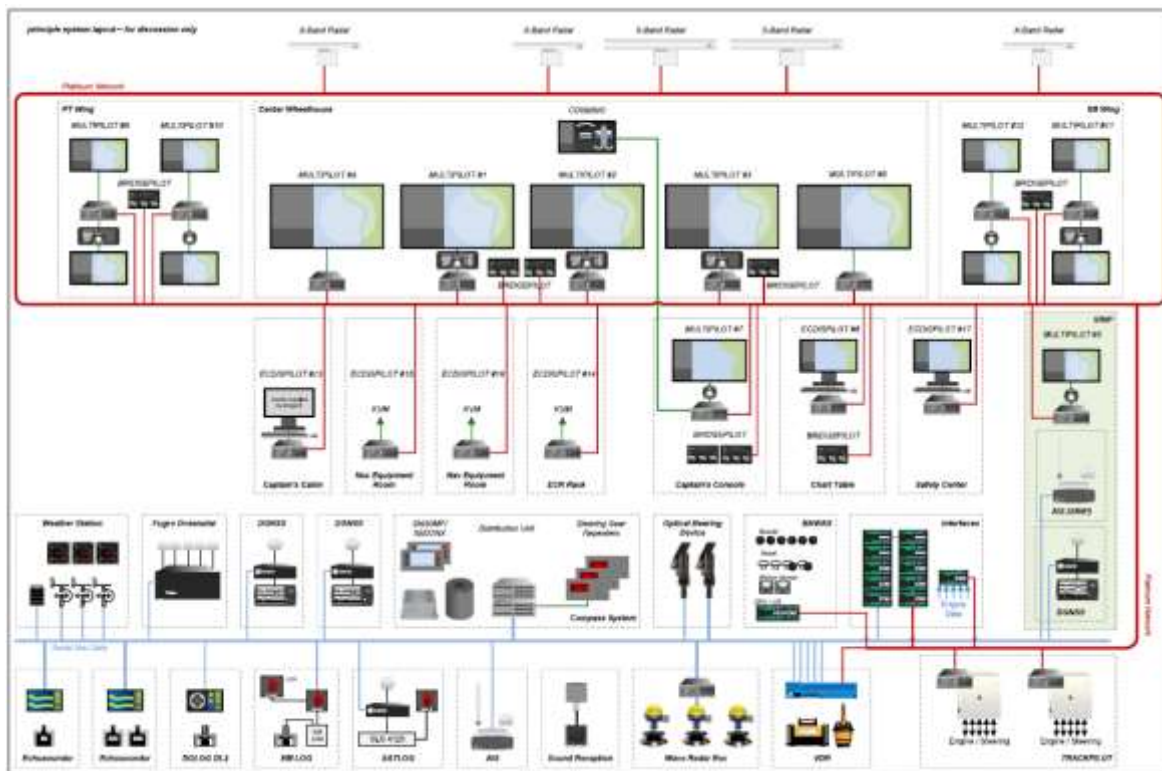
Location of MFDs					
MFD 1	MULTIPILOT	Cockpit 55"	MFD 10	MULTIPILOT	P/S Wing
MFD 2	MULTIPILOT	Cockpit 55"	MFD 11	MULTIPILOT	S/S Wing
MFD 3	MULTIPILOT	Cockpit 55"	MFD 12	MULTIPILOT	S/S Wing
MFD 4	MULTIPILOT	Cockpit 55"	MFD 13	ECDISPILOT	Captain
MFD 5	MULTIPILOT	SRtP	MFD 14	ECDISPILOT	ECR (KVM)
MFD 6	MULTIPILOT	Cockpit 55"	MFD 15	ECDISPILOT	Nav. Eq. (KVM)
MFD 7	MULTIPILOT	Monitoring	MFD 16	ECDISPILOT	Nav. Eq. (KVM)
MFD 8	ECDISPILOT	Admin Table	MFD 17	ECDISPILOT	SCC – Planning
MFD 9	MULTIPILOT	P/S Wing			

Location of Radar Transceivers		
TX-1	S-Band Antenna (12 ft.)*	Main Mast Top
TX-2	S-Band Antenna (12 ft.)*	Main Mast Middle
TX-3	X-Band Antenna (8 ft.)	Bow Radar
TX-4	X-Band Antenna (8 ft.)	Main Mast Top
TX-5	X-Band Antenna (8 ft.)	Stern Radar

* Solid State Radar (SSR).

Slika 16. MFD raspored [1]

Ulaz svakog senzora je preko digitalne kontrole jedinice (engl. *DCU – Digital Control Unit*) spojen na intranetski prsten što omogućava izuzetnu redundanciju. Na ovaj način se sprječava gubitak podataka senzora u slučaju da jedna jedinica otkáže. Radari su također izravno spojeni na intranetski prsten tako da možemo isti radar koristiti na više zaslona, jedina razlika je da na jednom mora biti postavljen kao glavni radar (master), a na drugom kao sporedni (engl. *slave*). Shematski prikaz ulaza svih senzora je prikazan na slici 17.



Slika 17. Shematski prikaz integriranog navigacijskog mosta [1]

Oprema integrirana u NACOS Multipilot obuhvaća 5 nezavisnih radara (1 X-band i 2 S-banda na jarbolu, jedan X band na pramcu i jedan na krmi). Potrebno je istaknuti da su S-band radari najnovije generacije, tzv. Solid State Radari koji nemaju magnetrona. Poziciju dobivamo preko 3 sustava satelitskog pozicioniranja (engl. *DGNS – Differential Global Navigational Satellite System*). Dva automatska identifikacijska sustava (engl. *AIS - Automatic Identification System*) su potpuno integrirana te sve informacije o putovanju upisujemo preko ECDIS. BNWAS (engl. *Bridge Navigational Watch Alarm System*) je također integriran u Multipilot te je zaštićen lozinkom.

Fugro Oceanstar se koristi umjesto magnetnog kompasa kao odobreni pokazivač smjera (engl. GNSS THD - Transmitting Heading Device) uz dva žirokompasa (1 hemisferni rezonantni žirokompas i 1 klasični žirokompas). Brzinu kroz vodu dobivamo preko dva brzinomjera (1 doppler log, 1 elektromagnetski log), a brzinu preko dna pomoću satelitskog brzinomjera. Zbog same veličine brod je opremljen sa tri dubinomjera, jedan na pramcu i 2 na krmi. Kako je most potpuno zatvoren, prema SOLAS-u V/19 mora biti opremljen tzv. slonovskim ušima (Elephant ears sound reception device).

Dva sustava autopilota su integrirana u Multipilot i možemo ih koristiti u heading modu, course modu gdje zadajemo kurs pravi i sistem sam kalkulira zanos i drži brod u zadanom kursu. Treći mod koji možemo koristiti je track pilot pri čemu brod prati zadanu rutu, jedino je bitno da zadamo ispravne radijuse okreta. Brod je opremljen i automatskom kontrolom brzine (engl. *speed pilot*) gdje možemo zadati željenu brzinu i sistem automatizacije će je držati u željenom rasponu.

Meteorološke uvjete se prati pomoću 3 anemometra (2 mehanička i jednog ultrasoničnog), te kombiniranoga senzora temperature, tlaka zraka i vlažnosti. Uz navedene uređaje brod je opremljen s tri radar za detekciju visine valova (engl. *Wave radar*) i sustavom za detekciju grmljavine (engl. LDAR – *Lightning Detection and Ranging*). Ovi sustavi su neophodni za sigurno i nesmetano održavanje predstava kao što su umjetničko klizanje i skokovi u vodu što je važan dio iskustva gostiju na brodu.

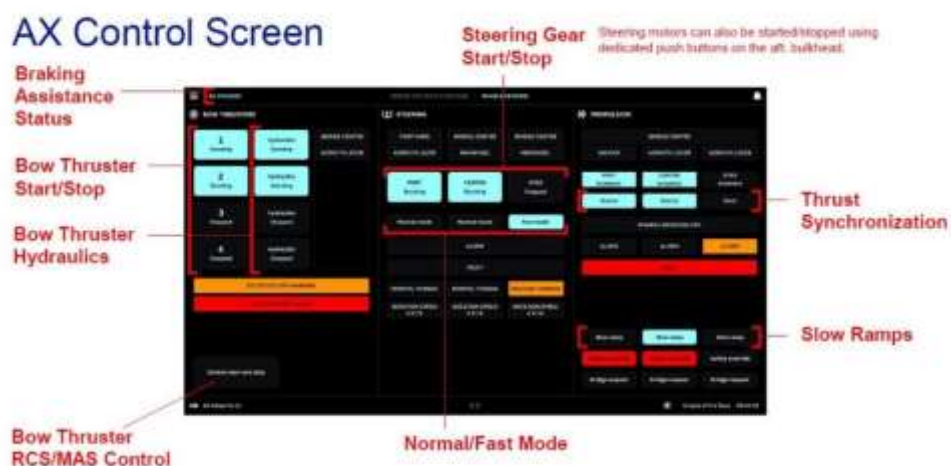
Drugi, nimalo manje važan dio integriranog navigacijskog mosta je NACOS Bridgepilot koji se sastoji od osam ekrana raspoređenih diljem mosta. Pomoću njih kontroliramo kontrole osvjetljenja navigacijske opreme, alarm u slučaju opasnosti od sudara, signalni sustav koji obuhvaća brodsku sirenu, gong i zvonu, navigacijska i svjetla po palubi. Uz pomoć ovih panela također kontroliramo brisače za stakla te oznake navigacijskog stanja na mostu (zeleno, žuto, crveno). Jedan od Bridgepilot zaslona je prikazan na slici 17.



Slika 18. NACOS Bridgepilot zaslon

Treći dio integriranog navigacijskog mosta predstavlja AX korisničko sučelje. Ono se sastoji od kontrolnih ekrana, indikatorskih ekrana, prikaza za kormilara i (engl. *Human Machine Interface*) prekidača. Kod ovoga dijela nam posebno do izražaja dolazi razvoj ergonomije. Prilikom dizajniranja kontrola dizajneri su slušali pomorce koji su plovili na prethodnim Oasis klasama što je vidljivo iz svakog dijela oprema i lakoće kojom s njima rukuje.

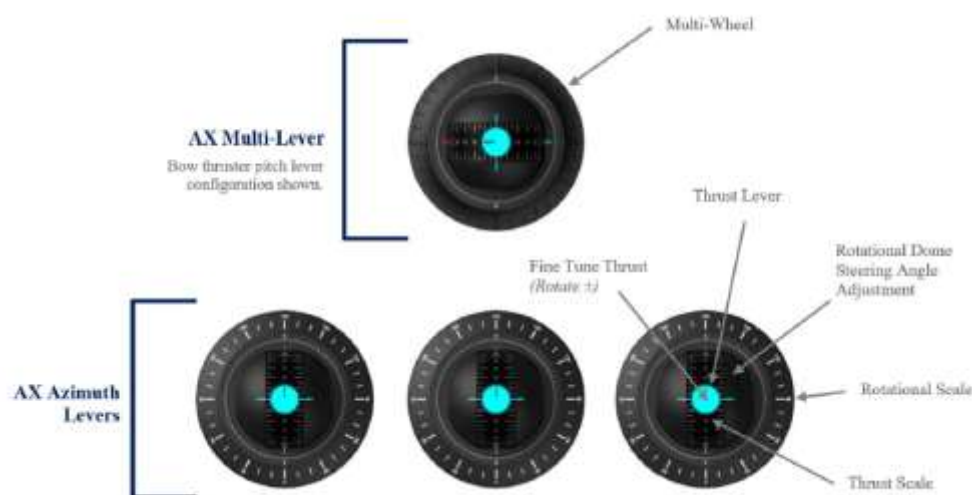
Osnovne kontrole propulzije se nalaze na AX kontrolnom ekranu. Ukupno su četiri ekrana, po jedan na svakom krilu i dva u centralnom dijelu kokpita. Na kontrolnom ekranu možemo preuzeti kontrole propulzije na most, upaliti kormilarske uređaje, upaliti potiskivače, upaliti loading program i odabrati način upravljanja azipodima. Kontrole su ergonomski izvrsno izvedene budući da su svi prekidači iznimno blizu jedana drugoga i logički postavljeni. Mogućnosti AX kontrolnog ekrana su prikazane na slici broj 18.



Slika 19. Kontrole propulzije i potisnika [2]

Kontrole samih azipoda, engl. *joysticks* su potpuno ergonomski dizajnirani. Izvrsno leže u ruci i zbog dobrog pozadinskog osvjjetljenja lako ih je koristiti u svim uvjetima vidljivosti. Moguće je izabrati na kojem joysticku će biti kontrola propulzije tako da je prilagođen i ljevacima i dešnjacima. Opremljeni su vibracijskim alarmima u slučaju da pokušamo koristiti kontrolu dok je master na drugom joysticku. Kada je brod isporučen zarezima na kontrolama su bili na 27, 54 i 81 RPM što nikako nije odgovaralo RPM-ovima koji se koriste prilikom samog manevriranja te je nerijetko dolazilo da se prilikom manevriranja da naredba za 54 RPM što je previše s obzirom na snagu kojom brod raspolaže. Nakon što je prijedlog za poboljšanje iznesen samom ABB tehničari su podesili zarezima na 25, 40 i 60 RPM-ova što je optimalno manevarskim brzinama.

Kontrola potisnika je izvedena ergonomski gotovo savršeno. U samu kontrolu potisnika integrirana je i multi-wheel kontrola kojom upravljamo i kormilom ukoliko su azipodi u sinkroniziranom modu rada. Na samoj ručici kontrole potisnika ugrađeni su zarezima na 25,50 i 75% te kada ručicu gurnemo lijevo vidimo crvenu boju, a desno zelenu boju što nam daje i brzu vizualnu potvrdu da dajemo dobru naredbu. Jedina negativna strana što se tiče ergonomije kontrola propulzije je da je potrebno kontrolu prebaciti u centralnom kokpitu u azimuth levers neposredno prije odlaska na krilo. Ukoliko ostanemo na ručnom kormilarenju, a preuzmemo kontrole na krilo preuzet ćemo samo kontrole kormila, dok će kontrole propulzije još uvijek ostati u kokpitu. Ovaj problem je iznesen ABB projektnom birou, nažalost nije ga moguće ispraviti na Utopiji, ali će biti dio poboljšanja planiranih za Oasis klasu 7. Ručice kontrole propulzije se mogu vidjeti na slici 19.



Slika 20. Kontrole propulzije i potisnika [1]

Novitet kod Utopije za razliku od prethodnih Oasis klasa je da ima ugrađene IBC (engl. *Integrated Back up Controls*) kontrole. Svaki joystick je preko nezavisnog žičnog sistema povezana direktno sa azipodom. Mnogo je domišljatiji način jer zamjenjuje NFU (engl. *Non Follow up*) kontrole kod prethodnih modela. Za razliku od NFU u slučaju otkaza glavnog sistema moguće ga je koristiti sa bilo koje manevarske konzole te kombinira kontrolu kormila i propulzije kao i joystick u normalnom modu rada. Jedina razlika je što nije moguća uporaba brzog načina rada (brzina okreta azipoda od 5°/s) već samo normalni način (brzina okreta azipoda od 2.5°/s). Nakon što aktiviramo IBC jednostavnim pritiskom na fizičko dugme, joysticki promijene boju u žuto da nas upozore da nismo u standardnom načinu rada što je također hvalevrijedno sa ergonomskog stanovišta. Kako bi se povećala redundancija telegraf u nuždi (engl. *emergency telegraph*) je također ugrađen i nalazi se na samostalnom zaslonu osjetljivom na dodir [1].

4.2.2. Sigurnosni sistemi mosta budućnosti

Koristeći napredne navigacijske sisteme podižemo samu sigurnost navigacije, ali uz napredne navigacijske sisteme potrebno je imati i sigurnosne sisteme koji idu u korak s njima. Utopia of the Seas sa svojim kapacitetom od 9900 ljudi na brodu je ogroman plovni objekt i sigurnosni aspekt nikad ne smije biti zanemaren. Ne smijemo zaboraviti ni da koristi LNG (engl. *Liquified Natural Gas*) kao pogonsko gorivo što predstavlja i drugi sigurnosni aspekt.

Upravljački dio sigurnosnih sustava se nalazi u dvije prostorije u stražnjem dijelu navigacijskog mosta, *Evacuation Pod* i *Incident Pod*, a zajedno čine sigurnosni zapovijedni centar (engl. *Safety Command Center-SCC*). Ukoliko dođe do neke situacije koja zahtijeva brzu reakciju (požar, nasukavanje, sudar, izlivanje ulja ili kemikalija) zaduženo osoblje dolazi u SCC i postupa sukladno procedurama. Kako bi se održala razina spremnosti u slučaju nastupa ovakvih situacija, sigurnosna vježba se održava jedan put tjedno.

Autronica, sustav za detekciju požara je visoko sofisticiran sustav koji se sastoji od detektora dima (engl. *smoke detectors*), detektora plamena (engl. *flame detector*) i detektora temperature (engl. *heat detector*), fiksnog sustava gašenja požara vodom (engl. *Hi-fog system*) i detektora koncentracije LNG-a. Uz navedene sustave još je spojen i sustav protupožarnih vrata, vatro-zidova (engl. *firewalls*) i sustava ventilacije. Kod ovoga sistema pronađeno je nekoliko nedostataka na čijoj se ispravci marljivo radi. Prvi su nepravilno postavljeni detektori dima u tzv. (engl. *Ice stationima*). Detektori su postavljeni iznad perilica posuda što rezultira njihovom aktivacijom svaki put kad se vrata perilice otvore. Predloženo

rješenje je pomicanje senzora u stranu da nije izravno pod izravnim utjecajem pare. Drugi nedostatak je softverske prirode. Brod je u potpunosti pokriven kamerama, ideja je bila da se pri aktivaciji jednog od senzora prikazuje slika sa najbliže kamere kako bi imali izravan uvid što se događa. Osim tih dvaju nedostataka sustav se pokazao kao izvrstan i pouzdan.



Slika 21. Autronica protupožarni sustav [1]

NAPA sustav za izračun stabiliteta (NAPA Stability computer) nam omogućava praćenje stabiliteta broda u realnom vremenu. Svi tankovi su opremljeni sensorima koji su umreženi u centralno računalo tako da znamo stvarna stanja tankova. Bez ovoga sustava brodova za kružna putovanja veličine Utopije ne bi mogli ploviti zbog velike količine sivih voda koje se proizvode, velikog broja bazena i efekta slobodnih površina uslijed praznjenja tankova slatke vode (engl. fresh water). Sustav ima integriran alarm protiv prodora vode (engl. flooding alarm) tako da ćemo dobiti obavijest u slučaju da voda dopre do nekog od suhih tankova. Program nam omogućava da simuliramo različita stanja u tankovima kako bi mogli odrediti koji ćemo sljedeći tank vode koristiti ili kako će stabilnost broda izgledati na odlasku iz luke ukoliko planiramo ukrcaj goriva ili vode.



Slika 22. NAPA računalo [1]

MAS (engl. *Machinery Automation System*) predstavlja centralni automatizirani sustav za upravljanje i monitoring većine sustava na brodu. Različite grupe korisnika imaju različite dozvole za upravljanje sistemima. Korisnik s mosta može samo vidjeti što se događa s propulzijom ili generatorima, dok korisnik iz ECR-a može upravljati istima. MAS objedinjuje kontrole balastnog sustava, kaljužnog sustava, sustava sivih i crnih voda, ventilacijskih sustava, sustava za hlađenje itd. Kretanje kroz različite prozore je omogućeno preko KVM mreže (engl. *Keyboard-Video-Mouse*), odnosno svaki sustav je numeriran svojim brojem.

Uz prethodno navedene sustave važno je spomenuti i sustav razglasa (engl. *Public Announcement*), sustav nadzornih kamera te sustav zatvaranja ventila u nuždi.

5. NAPREDNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Tehnološki napredak u pomorstvu posljednjih par godina je izniman što se može vidjeti i na primjeru same *Utopia-e of the Seas*. U industriji kružnih putovanja je prisutna utrka tko će napraviti veći, napredniji i impresivniji brod. Učestalo ovakav napredak rezultira povećanjem radnog opterećenja pomoraca, svaki novi dodatak na brodu znači jednu više obavezu i sustav kojega je potrebno nadzirati i održavati. Smanjenje broja posade uslijed postizanja boljih financijskih rezultata je sveprisutno i pokreće se pitanja kako postići isti efekt bez ugrožavanja sigurnosti plovidbe. Jedini logičan odgovor je primjenom visoko naprednih tehnologija pa čak i korištenjem umjetne inteligencije u bližoj budućnosti. Pomorstvo je klasična struka, ali potrebno je pratiti razvoj modernih trendova kako bi postali visoko kvalificirani pomorci budućnosti. Najbolji način je da koristimo svu opremu na brodu koja nam olakšava život, a ne da se sramimo jer to nije u skladu s nekakvim tradicionalnim normama i pogledima „starih morskih vukova“.

5.1. NAPREDNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Imao sam priliku biti prisutan prilikom „*commisioning*“ faze nekoliko visoko naprednih sustava na brodu. Prvi od njih je bio DP sustav (engl. Dynamic Positioning System). Utopia je opremljena DP2 sustavom koji je u potpunosti spreman za upotrebu.

Ukoliko se želimo prebaciti u DP način rada potrebno je na izborniku odabrati *Pilot control*. Gledajući s ergonomskog aspekta možemo ga koristiti u *Native Dynamic positioning* modu ubacivanjem parametara na zaslonu osjetljivom na dodir ili korištenjem DP Joystick moda. Ukoliko smo u joystick načinu rada koristimo multi wheel kontrolu, istu kao i kod kontrole potiskivača gdje nam ponovo dolazi do izražaja ergonomska brilijantnost izvedbe kontrola.

DP način rada na brodovima za kružna putovanje se koristi iznimno rijetko, prvenstveno jer usprkos naprednim sustavima iskusan pomorac će izvesti brži manevar pristajanja koristeći „*aziman*“ kontrole nego uz upotrebu samog DP sustava. Drugi također bitan razlog je što DP način rada troši znatno veću količinu goriva, a financijski pokazatelji su iznimno bitni.

DP se kod putničkih brodova koristi prilikom *tendering* operacija na lokacijama gdje sidrenje nije moguće uslijed vremenskih uvjeta ili same konfiguracije dna. U praksi nam se pokazao izuzetno korisnim za vrijeme medicinske evakuacije jednog od gostiju kada je bilo potrebno držati stabilnu poziciju kako bi helikopter mogao sletjeti.

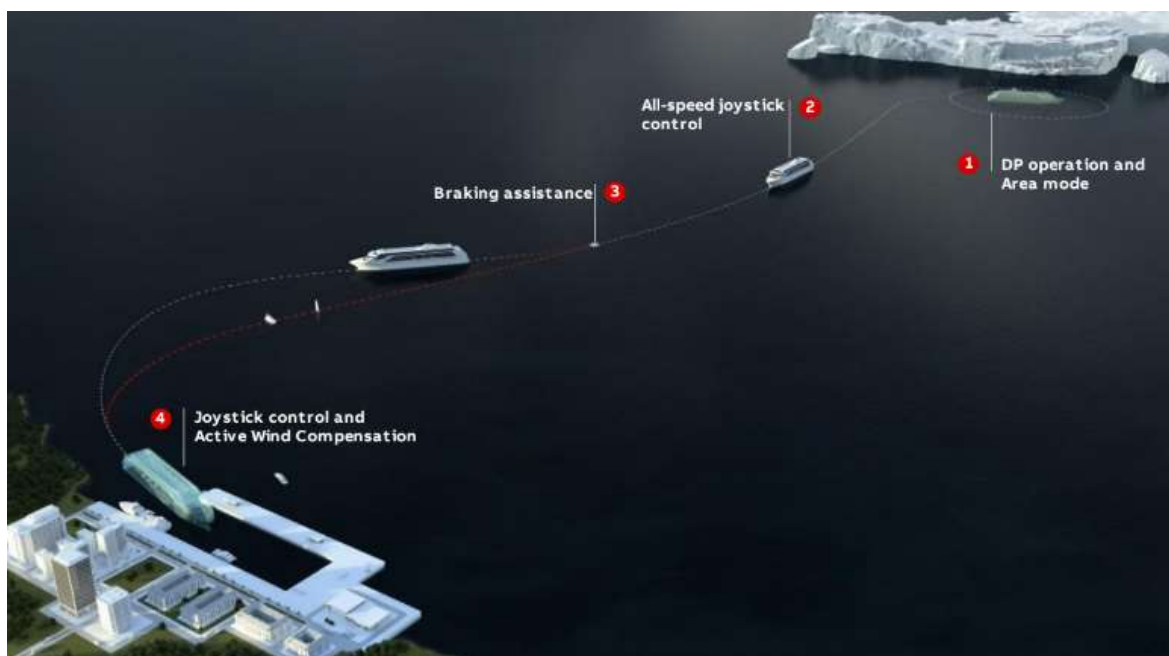
Izuzetno korisna funkcija u NACOS sustavu je *Approach Assist*. Integrirana je u Multipilot, u samom planu putovanja je potrebno podesiti brzine koje želimo imati na određenim točkama okreta (engl. *wheel over point*). Sustav će sam izračunati vrijeme i udaljenost koje mu je potrebno za usporavanje i samo usporavanje će izvesti efektivnije od samoga pomorca. Testirano je u nekoliko navrata gdje smo sa brzine od 20 čvorova usporavali na 7 čvorova kako bi ukrcali peljara.

Sljedeća izvrsna funkcija je *Braking assistance* (Kontrola zaustavljanja) čija je glavna funkcija zaustavljanje broda u nuždi. *Crash stop* manevar je dosta kompliciran i ukoliko se neiskusni časnik nađe u prilici da ga mora izvesti postoji velika mogućnost oštećenja azipoda uslijed vibracija. Korištenjem *Braking assistance* cijeli manevar se svodi na jedan pritisak dugmeta i sustav sve odrađuje sam koristeći školski primjer (*Pod Way*) zaustavljanja. Kako bi povratili manualnu kontrolu potrebno je još jednom pritisnuti dugme *Braking assistance*.

5.2. UPOTREBA KOMBINIRANIH FUNKCIJA NACOS SUSTAVA PRILIKOM PRISTAJANJA

Zbog veličine brodova Icon i Oasis klase te ograničenog prostora u lukama u kojima pristaju određene karakteristike NACOS sustava su prilagođene kako bi olakšale prilazak i samo pristajanje. Human machine interface je izuzetno dobro prilagođen i čini manevar pristajanja dosta lakšim. Potrebno je uzeti u obzir da prilikom okreta u bazenu za okret u Miamiu imamo „clearance“ od 15 do 20 metara gdje nam DP funkcija itekako dobro dođe.

Potrebno je istaknuti da DP (*Marine Pilot Control*) možemo koristiti pri bilo kojoj brzini te upotrebom jednog joysticka kontroliramo 3 azimutalna propelera i 4 pramčana potisnika. Slika 23 nam prikazuje tijek operacija, odnosno promjena načina upravljanja.



Slika 23. Korištenje različitih Nacos funkcija [2]

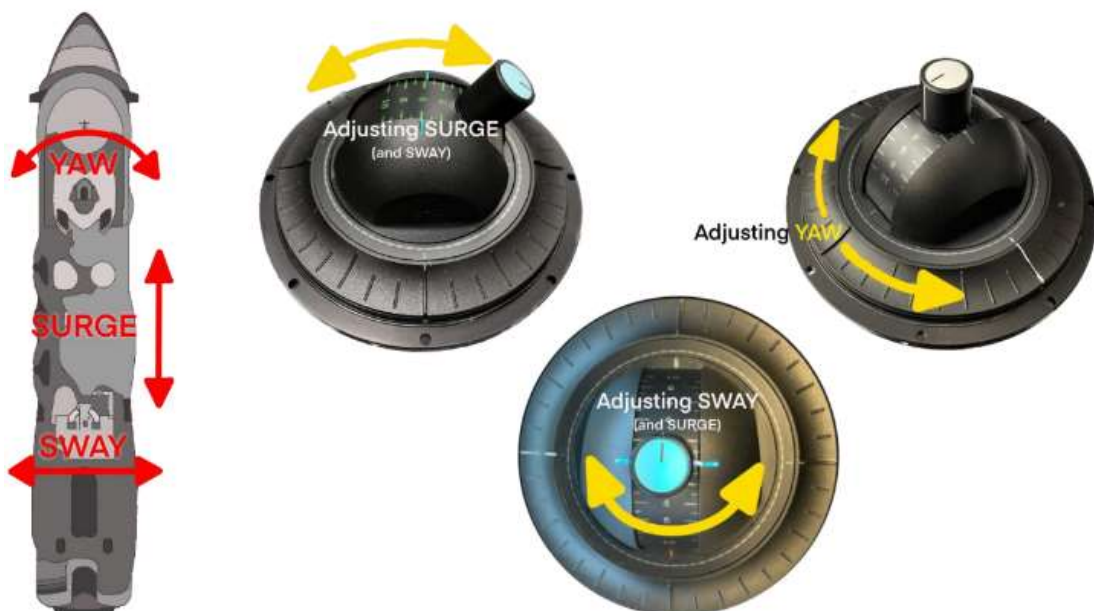
Stvarna kontrola broda se sastoji u kontroli brzine i držanju kursa. Brzinu ćemo odrediti postavkama *Surge/Sway* kontrole, a držanje kursa postavkom *Yaw*. Nakon što smo podesili postavke možemo ih testirati koristeći joystick za kontrolu brzine ili obruč (*Multilever*). *Multilever* prikaz će nam prikazati zadanu referencu za surge/sway bijelim križićem, a referencu za yaw bijelim trokutom. Sredina kružnice prikazuje neutralnu poziciju za *surge/sway*, a plavi trokut postavljen na 12 sati prikazuje neutralnu poziciju za *yaw*. Ovo nam je vidljivo na slici 24.



Slika 24. Postavke dinamičkog pozicioniranja [2]

Kontrole brzine su zapravo jednostavne, možemo ih usporediti s vožnjom automobila. Ukoliko gurnemo joystick naprijed brod će ubrzati do maksimalne brzine, ukoliko vratimo joystick na nulu, brod će usporiti uslijed otpora zraka i vode, a ukoliko nam je potrebno kočenje, gurnuti ćemo joystick u negativne okretaje.

Potrebno je uzet u obzir da ukoliko podešavamo *sway*, samim time ćemo utjecati i na *surge* te obrnuto. Ukoliko gledamo izvedbu Multilever-a s ergonomskog aspekta znatno je unaprijeđen u usporedbi sa klasičnim joystick-om sa tri osi kretanja. Prednost je što dopušta namještanje kontrola brzine, sway i yaw, te nakon toga omogućuje kontrolu svake osi zasebno što je u prošlosti bilo jako teško izvedivo [2].



Slika 25. Upotreba multilever kontrola [2]

Sve kritične operacije kao što su prilazak luci, samo pristajanje na vez i odlazak s veza se mogu izvesti koristeći *multilever* i *marine pilot* funkciju. Potrebno je istaknuti da se sve naredbe moraju davati umjereno i kontrolirano kako bi se osigurao adekvatna reakcija broda. Nagle naredbe koristeći visoke okretaje se trebaju koristiti samo u slučaju opasnosti.

Najbolji primjer za korištenje *marine pilot* sustava nam je prilazak i pristajanje na vez u luci Miami, koja zasigurno predstavlja jednu od najsloženijih manevarskih operacija u cijeloj *cruising* industriji.

Kako bi koristeći *multilever* funkciju sigurno usporili i prošli valobran sa traženom brzinom od pet do šest čvorova, moramo staviti kontrolu brzine u nulu, ukoliko smatramo da je brzina prevelika možemo koristiti i negativne okretaje. Kurs kontroliramo uz pomoć obruča te *surge* smanjujemo što se više približavamo bazenu za okretanje.



Slika 26. Prilaz luci Miami [2]

Prilikom prilaska bazenu za okretanje moramo držati brzinu od pet čvorova, što se više približavamo postaviti ćemo naredbu za brzinu na thrust -8. Nakon usporavanja smanjujemo naredbu na thrust -4 koristeći crvenu plutaču kao vizualnu oznaku. Kada se brod skoro zaustavio, ali još ima tendenciju kretanja prema naprijed postaviti ćemo thrust na -9, kontrolu yaw-a u lijevu stranu, ali istovremeno je važno držati točku okreta u sredini broda koristeći surge kontrolu. Za vrijeme okreta ćemo držati thrust kontrolu između -3 i +2 ovisno o poziciji točke okreta. Kada vidimo da je pramac broda u liniji sa rubom obale zaustaviti ćemo yaw i sway, te lever postaviti na +6. Ovime bi trebali postići brzinu između 0,5 i 1 čvor, a azipodi će biti postavljeni u orijentaciji 0, odnosno sva tri prema naprijed.



Slika 27. Manevar okreta u luci Miami [2]

U praksi se ovaj način koristi dosta rjeđe, prvotno jer je dosta sporiji nego manever koristeći manualne kontrole *azimuth* levers, a drugi razlog je što troši višestruko veću količinu goriva, često upotrebljavajući više snage nego što je potrebno. Razlog više je što u Miamiju svakodnevno pristane između osam i deset kruzera sa razmakom od pola sata između svakoga te je iz tog razloga kašnjenje nedopustivo.

Navedeni manevr sam vidio u nekoliko navrata te je u tablici ispod navedena usporedba istog manevra koristeći manualne kontrole azimuth lever-a i *marine pilot multiwheel*. Pozicije koje prikazuju različite faze manevra su označene brojevima na slici 27. Krajnji cilj svakog manevra je siguran pristanak na vez, a u ovom slučaju oba načina su izvrsna, koji ćemo koristiti je stvar osobnih preferencija zapovjednika.

Tablica 3. Usporedba Azimuth levers i multiwheel kontrola

	Manualna kontrola, Azimuth levers, kontrola brzine	Marine Pilot, Multiwheel, Kontrola snage
Pozicija 1&2	Očekivana brzina 3 do 4 čvora, Azipodi (IN 90, 0, IN 90)	Lever :- 4 Obruč: 0
Pozicija 3	Očekivana brzina 1 čvor, Azipodi (IN 120, 0, IN 120)	Lever: -4 do -8 Obruč: 0
Pozicija 4	Očekivana brzina 1.5 čvorova Azipodi (IN 120, 0, IN 120)	Lever: - 6 Obruč: 0 (potrebno je kontrolirati pramac)
Pozicija 5	Očekivana brzina između 0 i -1 čvor	Lever: -9 do -6 ovisno o preostaloj brzini

	Azipodi (IN 120, 0, IN 120)	Obruč: 25% lijevo
Pozicija 6&7	Očekivana brzina 0 čvorova Azipodi u tandem orijentaciji (IN 120, OUT 60, OUT 100)	Lever: -3 do +2 Obruč: 25% lijevo
Pozicija 8	Očekivana brzina 0 čvorova Azipodi (IN 10, 0, OUT 10)	Lever: 2 (ovisno o poziciji točke okreta) Obruč: 15% lijevo
Pozicija 9	Očekivana brzina 0,5 – 1 čvor Azipodi (0, 0, 0) prema naprijed	Lever 6 Obruč: 0

Ukoliko promatramo obje kontrole iz ergonomskeg aspekta smatram da je *azimuth levers* u prednosti, prvenstveno jer se češće upotrebljava samim time korisnik se ugodnije osjeća dok ih koristi što naposljetku doprinosi sigurnosti cijele operacije.

Drugi razlog je nagli udar bočnog vjetra kojega znatno lakše kompenzirati koristeći manualne kontrole jer se često zna dogoditi da udar traje jako kratko i iskustvo korisnika uvelike dolazi do izražaja.

Prednosti DP-a dolaze do izražaja prilikom čekanja na vez gdje ne moramo obarati sidro već možemo ostati unutar željenog područja spremni nastaviti prilaz vezu čim se oslobodi. DP je izuzetno koristan prilikom tendering operacija gdje nam je potrebno sigurno držanje pozicije uz male korekcije kako bi pružili zavjetrinu samim tenderima.

Multiwheel je izvrsna funkcija koja će zasigurno naći svoju primjenu u budućnosti, ali smatram da je potrebno koristiti prvo u manje zahtjevnim lukama da se korisnici u potpunosti upoznaju s njom i steknu sigurnost u korištenje iste.

6. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ergonomije je prepoznavanje ljudskih ograničenja i dizajniranje sustava sukladno tome. Važnost ergonomije kao znanstvene discipline i njene uloge u povećanju sigurnosti i efikasnosti prepoznata je od strane svih sudionika pomorskog prometa, a posebno pomoraca samih. Istraživanjem različitih aspekata brodske ergonomije, od dizajna radnih prostora, radnih alata i opreme, do rasporeda navigacijskog mosta i kabina, postalo je jasno da pravilno primijenjena ergonomiska rješenja mogu značajno poboljšati operativnu efikasnost broda i učiniti rad na brodu ugodnijim.

Budući da je pomorski promet detaljno regulirana industrija, potreban je sinkronizirani napor broдача, brodograditelja, posade, država čiju zastavu brod vije, klasifikacijskih društava te različitih regulatornih tijela kako bi se postigao zajednički cilj – napredak sa stanovišta sigurnosti, efikasnosti i kvalitete života samih pomoraca. Konstantna edukacija posade o pravilnoj upotrebi opreme uz implementaciju sistema za praćenje i evaluaciju ergonomskih karakteristika dugoročno doprinose održivom razvoju brodarstva.

Planiranje i izgradnja broda je dugotrajan i opsežan proces koji ima za cilj zadovoljiti sve sudionike procesa. Brodogradilište ima zadatak izraditi nacrt broda u skladu sa svim zahtijevanim normama, klasifikacijska društva moraju odobriti nacrt i izvedbu kao sigurnu za plovidbu, a sami naručitelj mora prihvatiti taj nacrt kao zadovoljavajući za eksploataciju broda.

Ploveći na dva broda izgrađena u istom brodogradilištu sa preko 25 godina razlike mogao sam iz prve ruke osjetiti tehnološki i ergonomski napredak. Ergonomski nedostaci se često prikazu tek s početkom eksploatacije broda kada je u najvećem broju slučajeva ispravak izuzetno kompleksan, gotovo neizvediv. Iznimno je važno ukoliko smo prisutni prilikom izvedbi ikakvih modifikacija potrebno je voditi računa o kompatibilnosti i ergonomiji novih sustava s postojećim.

Učenje na vlastitim greškama te težnja za napretkom je izuzetno važna. Najbolji primjer ovoga samo mogao vidjeti na Utopiji, koja je šesti brod Oasis klase gdje je većina ergonomskih pogrešaka sa prethodnih brodova otklonjena, no ipak novi nedostaci su se ipak pokazali. Identificirane su boljke sistema kako bi se iste mogle ispraviti prilikom projektiranja Oasis klase broj 7 i nastavio trend konstantnog napretka.

LITERATURA

- [1] A35, Utopia of the Seas, Newbuilt tehcnical documentation, Chantiers de'l Atlantiques, St. Nazaire, 2021
- [2] ABB Pilot Control Joystick and DP Operation Principles, Icon of the Seas, Turku, 2024.
- [3] American Bureau of Shipping: Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems, Houston, 2018.
- [4] Costa, N.: Human Centred Design for Maritime Safety: A User Perspective on the Benefits and Success Factors of User Participation in the Design of Ships and Ship Systems, Chalmers Univesity of Technology, Goteborg, 2016.
- [5] <https://www.cruisemapper.com/ships/Utopia-Of-The-Seas-2180> (pristupljeno 2.12.2024.).
- [6] <https://www.royalcaribbeanincentives.com/ships/rhapsody-of-the-seas/> (pristupljeno 2. 12. 2024)
- [7] IACS - Rec No. 95: Recommendation for the Application of SOLAS Regulation V/15, 07/2011.
- [8] Kolak, M.: Analiza integracije kontrole pokazivača alarma s aspekta ergonomskih poboljšanja, Diplomski rad, Split, 2024.
- [9] Milin, V.: Analiza vrijednosti ergonomije u dizajnu broda i brodskim operacijama, Diplomski rad, Split, 2022.
- [10] NPP Handbook, Royal Caribbean International
- [11] Osterman, C.: Ergonomics: An uncharted route to improved overall systems performance in shipping, Chalmers Univesity of Technology, Goteborg, 2010.
- [12] Ross, J. M.: Human factors for naval marine vehnicle design and operations, CRC Press, Boca Raton, 2008.
- [13] Sumpor, D.: *Ergonomija u prometu i transportu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

POPIS SLIKA

Slika 1. Međuovisnost ergonomije	3
Slika 2. Dizajn konzole u stajaćoj poziciji [3].....	8
Slika 3. Dijagram toka ergonomskih načela prilikom gradnje broda [4]	12
Slika 4. Shematski prikaz navigacijskog mosta [7].....	13
Slika 5. Ergonomija kontrola u stajaćem položaju [3]	16
Slika 6. Ergonomija kontrola u sjedećem položaju [3]	17
Slika 7. Ergonomski dizajn računalne radne stanice [3]	21
Slika 8. Matrica podjele zadataka u različitim stanjima na mostu [10].....	23
Slika 9. Rhapsody of the Seas [6].....	24
Slika 10. Generalni raspored navigacijskog mosta Rhapsody OTS	26
Slika 11. Stanica za upravljanje kontrolama propulzije	27
Slika 12. Stanica za manevriranje na krilu mosta.....	28
Slika 13. Utopia of the Seas [5].....	29
Slika 14. Tlocrt navigacijskog mosta [1].....	30
Slika 15. Future bridge koncept [1]	31
Slika 16. MFD raspored [1].....	31
Slika 17. Shematski prikaz integriranog navigacijskog mosta [1]	32
Slika 18. NACOS Bridgepilot zaslon	34
Slika 19. Kontrole propulzije i potisnika [2]	34
Slika 20. Kontrole propulzije i potisnika [1]	35
Slika 21. Autronica protupožarni sustav [1].....	37
Slika 22. NAPA računalo [1].....	37
Slika 23. Korištenje različitih Nacos funkcija [2]	40
Slika 24. Postavke dinamičkog pozicioniranja [2]	41
Slika 25. Upotreba multilever kontrola [2].....	41
Slika 26. Prilaz luci Miami [2]	42
Slika 27. Manevar okreta u luci Miami [2]	43

POPIS TABLICA

Tablica 1. Označavanje alarma bojama [3]	18
Tablica 2 Ergonomske preporuke za zvuk [3].....	19
Tablica 3. Usporedba Azimuth levers i multiwheel kontrola.....	43

POPIS KRATICA

ABB (engl. <i>Asea Brown Boveri</i>)	
ABS (engl. <i>American Bureau of Shipping</i>)	Američko klasifikacijsko društvo
AIS (engl. <i>Automatic Identification System</i>)	Automatski identifikacijski sustav
ARPA (engl. <i>Automatic Radar Plotting Aid</i>)	Automatski sustav za radarsko plotiranje
BDEAP (engl. <i>Bridge Design, Equipment, Arrangement and Procedures</i>)	Dizajn navigacijskog mosta, opreme, razmještaj i procedure
BNWAS (engl. <i>Bridge Navigational Watch Alarm System</i>)	Alarmi sustav navigacijske straže na mostu
DCU (engl. <i>Digital Control Unit</i>)	Digitalna upravljačka jedinica
DGNSS (engl. <i>Differential Global Navigation Satellite System</i>)	Diferencijalni navigacijski satelitski sustav
DP (engl. <i>Dynamic Positioning System</i>)	Sustav za dinamičko pozicioniranje
ECDIS (engl. <i>Electronic Chart Display Information System</i>)	Elektronički prikazivač karata
ECR (engl. <i>Engine Control Room</i>)	Strojarnica
IACS (engl. <i>International Association of Classification Societies</i>)	Svjetska udruga klasifikacijskih društava
IBC (engl. <i>Integrated Back up Controls</i>)	Integrirane kontrole propulzije u nuždi
IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i>)	Svjetska pomorska organizacija
KVM (engl. <i>Keyboard Video Mouse</i>)	Tipkovnica video elektronski miš
LDAR (engl. <i>Lightning Detection and Ranging</i>)	Uređaj za određivanje odaljenosti grmljavine
LNG (engl. <i>Liquefied Natural Gas</i>)	Prirodni ukapljeni plin
M/B	Motorni brod
MAS (<i>Machinery Automation System</i>)	Automatizirani sustav za kontrolu strojeva
MF/HF (engl. <i>Medium/High Frequency</i>)	Komunikacijski sustav visoke/srednje visoke frekvencije
MFD (engl. <i>Multi Functional Display</i>)	Multi funkcionalni zaslon

MSC/Circ. (engl. <i>Maritime Safety Comitee Circular</i>)	Pomorski sigurnosni komitet, cirkularno pismo
NACOS (engl. <i>Navigation Automation Control System</i>)	Automatizirani navigacijski kontroli sustav
NAVTEX (engl. <i>Navigational telex</i>)	Navigacijski teleks
NFU (engl. <i>Non follow up</i>)	Kontrole kormilarenja u nuždi
PA (engl. <i>Public Announcement</i>)	Sustav za razglas
SCC (engl. <i>Safety Command Center</i>)	Sigurnosni zapovjedni centar
SMC (engl. <i>Safety Management Certificate</i>)	Certifikat za sigurno upravljanje
SMS (engl. <i>Safety Management System</i>)	Sigurnosni sustav za upravljanje
SOLAS (engl. <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>)	Svjetska konvencija za spašavanje života na moru
STCW – (engl. <i>Standards of training, certification and Watchkeeping</i>)	Standardi osposobljavanja, certifikacije i držanja straže
THD (engl. <i>Transmiting Heading Device</i>)	Satelitski kompas
VDR (engl. <i>Voyage Data Recorder</i>)	Sustav za automatsko zapisivanje podataka
VHF (engl. <i>Very High Frequency</i>)	Komunikacijski sustav vrlo visoke frekvencije