

Nesreće koje su inspirirale razvoj elektroničkih navigacijskih uređaja

Šarić, Mia

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:344876>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel

Sveučilišni prijediplomski studij

Nautika i tehnologija pomorskog prometa



Mia Šarić

**Nesreće koje su inspirirale razvoj elektroničkih
navigacijskih uređaja**

**Accidents that inspired development of navigational
electronic devices**

Završni rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel – Nautički odsjek

Sveučilišni prijediplomski studij

Nautika i tehnologija pomorskog prometa

Nesreće koje su inspirirale razvoj elektroničkih navigacijskih uređaja

Accidents that inspired development of navigational electronic devices

Završni rad

Student/ica:

Mia Šarić

Mentor/ica:

doc. dr. sc. Ivan Toman

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Mia Šarić**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Nesreće koje su inspirirale razvoj elektroničkih navigacijskih uređaja** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 15. lipnja 2024.

Zahvala

Za početak, neizmjereno hvala mom mentoru dr.sc. Ivanu Tomanu.

Veliko Vam i od srca hvala na izuzetnom razumijevanju, strpljenju i potpori. Hvala Vam na svom posvećenom vremenu, pomoći, trudu, dostupnosti i savjetima. Čast mi je bila imati Vas za mentora.

Mojoj obitelji, prije svega roditeljima, sestri, baki i djedu, mojim najdražim bratićima, Tinu, Bongecu i Dodeku... hvala vam na podršci i na svemu.

Mojoj najboljoj prijateljici Lani. Hvala ti na svemu!

Zbog Vas znam da je uvijek sve moguće.

Sažetak

Tijekom cijele povijesti pomorstva brojne su nesreće na moru bile inspiracija za uvođenje novih tehnologija i međunarodnih propisa. Može se reći da međunarodne pomorske organizacije „uče“ iz grešaka, kako brodograđevnih industrija tako i samih pomoraca ali i svih onih uključenih u pomorsku industriju u globalu. Nesreće se pritom pokazuju kao bitni katalizatori promjena i donose novosti koje bi inače bile uvedene u pomorstvo mnogo kasnije. U ovom završnom radu detaljno su prikazane tri, inače u javnosti vrlo eksponirane pomorske nesreće, koje su povezane s uvođenjem ili ubrzanjem uvođenja novih navigacijskih tehnologija ili međunarodnih propisa kojima je cilj izbjegavanje ponavljanja takvih situacija, tj. poboljšanje sigurnosti pomorskog prometa. U radu se ograničilo na one pomorske nesreće koje su izravno ili neizravno pridonjele razvoju i unapređenju elektroničkih navigacijskih uređaja ili procedura povezanih s njihovim korištenjem od strane članova navigacijske straže.

Ključne riječi

elektronički navigacijski uređaji, pomorske nesreće, povijesni razvoj pomorske navigacije

Summary

Throughout the entire history of seafaring, numerous maritime accidents have inspired the introduction of new technologies and international safety regulations. It can be said that international maritime organizations "learn" from the mistakes of both the shipbuilding industry and the seafarers themselves, as well as all those involved in the maritime industry globally. Accidents thus prove to be significant catalysts for change, bringing innovations that would otherwise be introduced into seafaring much later. This paper details three maritime accidents, which were highly publicized, that are linked to the introduction or acceleration of new navigational technologies or international regulations, aimed at preventing the recurrence of such situations, i.e., improving maritime traffic safety. The paper is limited to those maritime accidents that directly or indirectly contributed to the development and advancement of electronic navigational devices or procedures associated with their use by members of the navigational watch.

Key words

electronic navigational devices, maritime accidents, historic development of maritime navigation

Sadržaj

1. Uvod.....	8
1.1 Navigacijska i sigurnosna oprema i njezina uloga u opisanim događajima.....	11
2. Sudar brodova Andrea Doria i Stockholm.....	12
2.1. Povijest Andrea Dorie.....	12
2.2 Sudar sa Stockholmom.....	14
2.3 Rekonstrukcija nesreće iz podataka službene istrage.....	15
2.4 Izravne rezultirajuće reforme.....	22
2.5 Daljnji napredak navigacijske opreme kao posljedica ove nesreće.....	22
3. Potonuće "nepotopivog" Titanica.....	25
3.1 Povijest Titanica.....	25
3.2 Prvo putovanje.....	26
3.3 Zadnji sati Titanica.....	27
3.4 Međunarodni značaj nesreće Titanica.....	29
3.5 Napredak navigacije kao posljedica nesreće Titanica.....	29
4. Nesreća Costa Concordie.....	30
4.1 Izgradnja Concordie i prvo putovanje.....	30
4.2 Skretanje Concordie s planirane rute.....	31
4.3 Nasukanje Concordie i spašavanje.....	31
4.4 Pravna pitanja proizašla iz nesreće.....	34
4.5 Zabrinutost za okoliš i izvlačenje olupine.....	35
4.6 Posljedične promjene u pomorskom zakonodavstvu.....	35
5. Zaključak.....	37
6. Literatura.....	39
7. Popis slika.....	41

1. Uvod

Tisućama godina brodovi su bili uključeni u trgovinu. Može se reći da datiraju čak iz 3000 pr.n.e. kada su stari Egipćani gradili brodove od drvenih dasaka i koristili ih u svrhu trgovine u regijama današnjeg Libanona i Sirije te diljem Crvenog mora (Ward, 2010.). Tijekom stoljeća interakcije između brodova na moru, bile su upravljane neformalnim postupcima, lokalnim običajima ili čak srećom, što neminovno dovodi do nenamjernih sudara između brodova. Pojavom parobroda sredinom 19. stoljeća doneseni su prvi lokalni pomorski propisi koji reguliraju interakciju brodova na moru kako bi se smanjile nesreće na moru (Werner, 2017). Međutim, tek u ranim 1900-ima počeli su se primjenjivati međunarodni pomorski propisi koji su se trebali primjenjivati prilikom bliskih položaja brodova na moru, a koji su se konačno pretočili u Konvenciju Međunarodne pomorske organizacije (IMO – engl. *International Maritime Organization*) o Međunarodnim propisima za izbjegavanje sudara na moru (COLREGs).

U samo zadnjih stotinu godina tehnologija je poboljšala pomorsku sigurnost i time smanjuje broj nesreća na moru (Allianz, 2017). Pojava i usklađivanje integriranih elektroničkih navigacijskih sustava na brodu unaprjeđuju navigaciju i povezane aktivnosti te sigurnost ljudi i zaštitu imovine na moru (Grech & Lutzhoft, 2016.). Ovi sustavi danas uključuju primjerice ehosonder koji izračunava dubinu vode koristeći brzinu zvuka u vodi i vremensku razliku između odašiljanja impulsa i prijama jeke (npr. Coastal Data Information Program, 2019); navigacijski radar, koji utvrđuje udaljenost i azimut objekata te brzine i kurseve brodova (Jenn, 2024); Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS – engl. *Global Navigation Satellite Systems*), koriste se za određivanje točnog položaja plovila, a također i navigacijske podatke poput brzine, kursa i mnogih drugih parametara (Garmin, 2017). Informacijski sustav s prikazom elektroničkih pomorskih karta (ECDIS – engl. *Electronic Chart Display and Information System*) sadrži sve relevantne informacije o navigaciji integrirane s unosom iz drugih sustava (Međunarodna pomorska organizacija, 1995) i automatski identifikacijski

sustav (AIS – engl. *Automatic Identification System*), koji je sustav za praćenje i identificiranje brodova, a služi i za njihovo pozicioniranje (Boubeta-Puig, Medina-Bulo, Ortiz & Fuentes-Landi, 2012), skladno nadopunjuju elektroničke navigacijske uređaje modernog broda (Perez, 2019).

Pomorska kultura 21. stoljeća oslanja se na tehnologiju, propise i postupke kao put do sigurnosti na brodu. Zapravo, napredak znanosti, posebice tijekom prošlog stoljeća, bio je toliko impresivan da se danas vjeruje kako u budućnosti možemo očekivati planiranje i kontroliranje gotovo svakog mogućeg scenarija koji se može pojaviti na moru.

Međutim, i dalje postoji još jedan parametar koji nije uvijek u potpunosti kontroliran od strane znanosti i tehnologije: ljudski faktor, odnosno sustav donošenja odluka na razini pojedinca ili tima kao dijela brodske posade. Prema IMO, "ljudski element je složeno višedimenzionalno pitanje koje utječe na pomorsku sigurnost i zaštitu morskog okoliša". Velika usredotočenost je i dalje na važnosti ljudskih vještina kao temeljne nadopune svake tehnologije.

Početak 20. stoljeća broj nesreća i žrtava na brodovima bio je vrlo visok i, nažalost, smatran neizbježnom cijenom za razvoj međunarodne trgovine u to vrijeme. Odjednom je jedan događaj privukao pozornost cijele planete i označio točku zakreta pomorske industrije prema bitno većoj sigurnosti plovidbe. Riječ je dakako bila o dramatičnom kraju Titanica. Mnogo godina kasnije, sudar Andrea Dorie i Stockholma ili u novije doba nesreća Coste Concordie, pomorske su nesreće koje su pokrenule niz analiza sustava navigacije i traženja opcija kako ih unaprijediti u cilju izbjegavanja ponavljanja grešaka iz povijesti.

Počevši od prvog od tri navedena događaja iz 1912. godine, nesreća se dogodila u okruženju u kojem je posada bila potpuno svjesna opasnosti, ali nije postojala tehnologija za bezuvjetno određivanje točnog položaja broda i praćenja rute u svim uvjetima plovidbe. Nadalje, na brodu nije bilo dovoljno brodica za spašavanje za smještaj svih putnika i članova posade. Posada je podcijenila rizike, ili ih je bolje rečeno zanemarila, te se javio niz nepredviđenih faktora. Prvo putovanje, komercijalni pritisci, zahtjevi putnika i druge okolnosti dovele su do preuzimanja rizika kakav je u današnje vrijeme nemoguće zamisliti. Kao rezultat toga, dogodila se medijski najeksponiranija pomorska tragedija ikad.

Intenzivan rad međunarodnih skupina na analizi problematike potonuća Titanica urodio je plodom. Dogovoreni su međunarodni propisi koji će do današnjeg dana imati sveobuhvatne posljedice na kompletnu pomorsku industriju. Naravno, riječ je o donošenju najvažnije međunarodne pomorske konvencije koja se tiče sigurnosti na moru – SOLAS (engl. *Safety Of Life At Sea*). Od SOLAS konvencije i propisa koje ona donosi s pravom se očekivalo mnogo. Konvencija je stupila na snagu sljedećih godina, a njezini propisi daju potrebne zahtjeve, u kontekstu nužne navigacijske opreme (uključujući elektroničke navigacijske uređaje) i opreme za spašavanje, a sve kako bi se izbjegle slične situacije, radeći na aspektima i aktivne i pasivne sigurnosti. Osim SOLAS-a, tragedija Titanica značajno je ubrzala i razvoj tehnologije sonara, u cilju otkrivanja podvodnih opasnosti za brod kao što su plutajuće sante leda, što je bila jedna od tadašnjih ideja za povećanje sigurnosti plovidbe u takvim područjima.

Gotovo pola stoljeća kasnije, 1956. godine, Andrea Doria i Stockholm sudarili su se ispred otoka Nantucket, nakon čega je talijanski brod potonuo u sljedećih nekoliko sati. Navigacijska oprema je u ovom slučaju bila daleko modernija i bolja nego ona na Titanicu, na oba broda, a također su oba na vrijeme detektirala jedno drugo. Nakon toga slijedilo je logično pitanje zašto su se uopće sudarili. Zapravo, bilo je moguće za oba plovila radarskim motrenjem odrediti položaj plovnih objekata oko njih, iako za današnje standarde, sa slabom točnošću, ali, očito je položaj Andrea Dorie bio značajno krivo shvaćen od strane Stockholma, vjerojatno zbog slabe vidljivosti te lošeg podešavanja radara. To je dovelo do toga da je manevriranje brodom bilo neshvaćeno s druge strane, kod oba broda. Za razliku od Titanica, oba su plovila imala na brodu potrebnu radarsku opremu za izbjegavanje sudara, ali nepravilno korištenje iste nije pomoglo da se izbjegne još jedna velika pomorska nesreća. Ponovno je bilo potrebno nešto učiniti po tom pitanju i novi međunarodni naponi dovode do razvoja radarske tehnologije u smjeru ARPA sustava za brodove.

Točno jedno stoljeće nakon Titanica, nova pomorska nesreća protresla je pomorsku industriju. Costa Concordia nasukala se na otok Giglio 2012. godine, pokazavši kako ni najbolja navigacijska oprema nije u mogućnosti eliminirati pomorske nesreće ako se ne koristi pravilno, te ako ne postoje jasno definirane procedure odlučivanja i timskog rada. U ovom slučaju zapovjednik broda je odlučio preuzeti kontrolu nad plovidlom, promijeniti kurs koji vodi daleko od planirane rute i udario je u greben Le Scole. U ovom slučaju nesreći nije

kumovao nedostatak tehnologije ili slaba točnosti iste, kao u prethodna dva slučaja, već neprimjerenost u provedbi procedura od strane posade. Srećom, u ovom slučaju, brod je zalutao u plitke vode gdje je posada bacila sidro kao posljednji očajnički pokušaj da preuzme kontrolu, a uslijed male dubine brod nije potonuo te su naponi za spašavanje bili mnogo uspješniji nego u prva dva slučaja. Ipak, nesreća je još jednom dovela do novih pomorskih propisa, prvenstveno u vidu zahtjeva za boljim operativnim postupcima (engl. „*Bridge Resource Management*” – BRM), kao i nužnosti pune integracije elektroničkih sustava uključujući ECDIS kao centralnu jedinicu integriranog navigacijskog mosta te ispravnih procedura u korištenju navigacijske opreme.

1.1 Navigacijska i sigurnosna oprema i njezina uloga u opisanim događajima

Iz gornjih kratkih narativa može se primijetiti da u slučaju Titanica, na brodu nije bila dostupna nikakva sigurnosna oprema jer se brod smatrao nepotopivim i praktično potpuno sigurnim, te je stoga predviđano da bi smještaj velike količine sredstava za spašavanje oduzimao mjesto na brodu za druge sadržaje, ponajprije one namijenjene luksuzu putnika i posade. Međutim, to nužno ne znači niti da bi moderna navigacijska i sigurnosna oprema mogla sa sigurnošću dovesti do izbjegavanja udara broda u santu leda, iako se mogu pretpostaviti veće šanse za takav rasplet. Naime, zapovjednik broda je preuzeo velike rizike, ignoriranjem upozorenja o ledu na moru i neodržavanjem sigurnosne brzine, te je upitno koliko bi moderna tehnologija mogla ublažiti rizike koji proizlaze iz takvih nerazumno stvorenih uvjeta plovidbe. Čini se da je potpuni izostanak bilo kakve međunarodne regulacije po pitanju nužnosti opremanja brodova sa sigurnosnim značajkama, kao i procedurama koje se moraju poštivati u cilju umanjenja navigacijskih rizika, kumovala ovoj najpoznatijoj pomorskoj nesreći u povijesti.

Korištenje, odnosno nekorištenje ili krivo korištenje radara uvijek je bila tema u raspravama o sudaru talijanskog i švedskog broda, što je dovelo do različitih tumačenja i mišljenja. Slično kao što se dogodilo 1912. godine, časnici oba broda su posvjedočili da brzina nije smanjena na sigurnosnu u gustoj magli, što se inače u to doba smatralo uobičajenom praksom za

prekooceanske brodove. U ovom konkretnom slučaju postoji značajna razlika u odnosu na druga dva opisana događaja. Slijed događaja i odgovornosti za nesreću nikada nisu završeni formalnim odgovorom. Službeno, „nitko nije kriv”, no o tome više kasnije.

Mora se primijetiti da se u tim godinama s novim tehnologijama poput radara prilično često loše rukovalo, uzrokujući niz takozvanih „sudara potpomognutih radarom” i posljedično, dovodeći do daljnjih zahtjeva za obuku za pravilnu upotrebu navigacijskih instrumenata. Postupci instalacije ARPA uređaja te obuke navigacijskih časnika za korištenje takve opreme naknadno su implementirani u narednim godinama. Dok se Titanic mogao osloniti samo na radio opremu za komunikaciju, a Andrea Doria uz to i na osnovni navigacijski radar, Costa Concordia je imala sve moderne računalne sustave za navigaciju, pri čemu posebno treba istaknuti GNSS opremu i ECDIS koji je tek bio u začetima upotrebe u praksi. Pokazalo se da ni najmodernija oprema nije dovoljna, a zapovjednik Costa Concordije je preuzeo odgovornost za svoje propuste konačno prihvativši svoje pogreške, uključujući navigacijsku i sve što je kasnije uslijedilo.

Iako su odgovornosti zapovjednika i časnika na brodovima Titanic, Andrea Doria, Stockholm i Costa Concordia sasvim očite, postojali su, slično u svim tim događajima, i mnogi temeljni čimbenici koji bi na neki način mogli opravdati, ili barem razjasniti, njihovu odluku da preuzmu određene rizike u dobro poznatim opasnim scenarijima (Vinelli, 2020).

2. Sudar brodova Andrea Doria i Stockholm

Prva obrađena pomorska nesreća iz sredine 20-tog stoljeća donosi bitne promjene u radarsku opremu SOLAS brodova. Pokazuje kako nepravilno korištenje radara i tumačenja radarske slike može donijeti više štete nego koristi, što se zorno vidi iz priložene analize sudara Andrea Dorie i Stockholma.

2.1. Povijest Andrea Doriae

„SS Andrea Doria“ bio je simbol talijanske linijske plovidbe. S dužinom od približno 212 metara, brod je imao kapacitet od oko 1240 putnika i 560 članova posade. Andrea Doria nije bila samo brod; bilo je to plutajuće remek-djelo. Utjelovio je poslijeratni preporod talijanske trgovačke mornarice i prikladno je nazvan "plutajuća umjetnička galerija" zbog svog spektakularnog niza slika, tapiserija i nadrealističkih zidnih slika (Orbitshub, 2024).

Izgradnja Andrea Doriae dovršena je 1951. godine. Brod se smatrao luksuznim načinom prelaska Atlantika. Transatlantski prekooceanski brodovi porasli su u popularnosti tijekom prve polovice dvadesetog stoljeća. Pružali su luksuzan način putovanja te je takvo putničko putovanje između Europe i Sjeverne Amerike postajalo sve češće. U 1950-ima putnički su brodovi još uvijek bili uobičajen način prelaska Atlantika, a i brodovi za krstarenje postajali su sve popularniji. Iako je bilo moguće putovati avionom, to je i dalje bilo skupo i bez pripadajućeg luksuza u usporedbi s putovanjem oceanom. Nakon Drugog svjetskog rata, Italija je tražila održive načine da poboljša svoje gospodarstvo; brodovi za krstarenje poput Andrea Doriae bili su dobra opcija. Andrea Doria krenula je na svoje prvo putovanje 14. siječnja 1953. godine. Brod je bio veliki adut talijanskog pomorstva i sljedećih je godina napravio još nekoliko prekooceanskih prijelaza (Blakeley, 2023).

Dizajn broda bio je skrojen za luksuz i bio je to prvi linijski brod koji je imao tri vanjska bazena, po jedan za svaku klasu – prvi, kabinski i turistički. Ovaj fokus na luksuz bio je strateški potez za privlačenje putnika koji su preferirali sunčaniju južnu rutu. Najpoželjniji apartmani prve klase na brodu bili su dokaz izvanredne talijanske umjetničke baštine, savršeno spajajući modernost 1950-ih s daškom klasične talijanske elegancije.

Andrea Doria nije bila samo luksuz i estetika; to je također bilo čudo inženjerstva pomorske sigurnosti. Brod je bio opremljen najsuvremenijim sigurnosnim značajkama, koje su uključivale 11 vodonepropusnih odjeljaka i za to vrijeme naprednu radarsku tehnologiju, relativno novi dodatak pomorskoj navigaciji u to doba. Ove sigurnosne mjere osmišljene su s namjerom da brod ostane na površini čak i ako se probiju bilo koja dva odjeljaka. Nadalje, brodice za spašavanje su bile tako konstruirane da se i dalje mogu porinuti čak i pri nagibu

broda od 20 stupnjeva. Međutim, unatoč ovim pažljivo osmišljenim sigurnosnim mjerama, Andrea Doria je tragično predodređena da postane još jedan veliki izgubljeni brod u eri prekoceanskih putničkih brodova.

Dana 17. srpnja 1956. Andrea Doria krenula je na ono što će postati njezino posljednje putovanje, isplovivši iz Genove na devetodnevno putovanje u New York. Na brodu je bilo 1706 osoba, uključujući putnike i članove posade. Brod je prevozio različite profile putnika, od obitelji talijanskih imigranata do poslovnih putnika, turista, pa čak i nekih značajnih ličnosti.

2.2 Sudar sa Stockholmom

Dok je Andrea Doria plovila južno od Nantucketa navečer 25. srpnja 1956. godine, njen je radar „uhvatio” brod koji se približavao, MS Stockholm, udaljen nekih 17 nautičkih milja. Švedski putnički brod, koji je bio na putu iz New Yorka za Göteborg, također je otkrio Andrea Doriu na svojem radaru. Oba su broda, u pokušaju da povećaju međusobnu udaljenost prolaza, prilagodila vlastiti kurs. Međutim, svaki je brod krivo protumačio kurs onog drugog. Andrea Doria je plovila u gustoj magli, na koju će Stockholm uskoro naići, a grube pogreške su napravljene prilikom tumačenja radarskih očitavanja položaja i kretanja Stockholma. Dok se Stockholm odlučio za prema međunarodnim pravilima preferirano mimoilaženje lijevim bokovima (engl. *port-to-port*), Andrea Doria se odlučila za manje popularnu opciju, tj. mimoilaženje desnim bokovima (engl. *starboard-to-starboard*).

Na međusobnoj udaljenosti od oko dvije nautičke milje, brodovi su konačno uspostavili i vizualni kontakt, pri čemu je Stockholm nastavio pokušavati ostaviti Doriu preko lijevog boka, a Andrea Doria je ustrajala u namjeri mimoilaženja desnim bokovima.

Ubrzo se pokazalo da su ovakvi suprotni manevri doveli do toga da su umjesto povećanja udaljenosti mimoilaženja brodovi krenuli jedno prema drugom. Približavajući se uz jako veliku relativnu brzinu od oko 40 čvorova, kad su primijetili kobnu pogrešku, nisu više bili u mogućnosti izvršiti potrebne prilagodbe kako bi izbjegli sudar. Nagli manevar Doria prije

samog sudara u zadnjem pokušaju izbjegavanja udara u Stockholm, okreće brod pod velikim kutem prema pramcu Stockholma, strukturno znatno ojačanom za plovidbu kroz led na moru.

Otprilike u 23:10h, Stockholm se ogromnom brzinom zabio u desni bok broda Andrea Dorie, otvorivši sedam od 11 paluba. Iako je pramac Stockholma bio smrskan, brod je ostao plutati. Međutim, Andrea Doria pretrpila je fatalna strukturalna oštećenja.

Nakon sudara, Andrea Doria se počela nagnjati na desni bok, što je brodice za spašavanje s lijeve strane učinilo nedostupnima. Dok je 51 osoba na kraju izgubila život u katastrofi, izbjegnuto je veći broj žrtava jer je nekoliko brodova brzo stiglo pružiti pomoć po poslanom pozivu pogibelji. Dodatne brodice za spašavanje osigurao je Stockholm i drugi brodovi koji su odgovorili na poziv s Andrea Dorie, posebice veliki putnički brod Ile de France. Posljednja brodice za spašavanje napustila je brod Andrea Doria oko 5:30h. U 10:09h, gotovo 11 sati nakon sudara, Andrea Doria se prevrnula i konačno potonula. Stockholm je uspio doći natrag u New York s oko 20 metara uništenog pramca (Wikipedia, 2024).

2.3 Rekonstrukcija nesreće iz podataka službene istrage

Iz podataka detaljnije rekonstrukcije nesreće znamo da se pramac broda Stockholm zabio duboko u trup broda Andrea Dorie u točki točno ispod mosta s desne strane pod pravim kutom. Dežurni članovi posade s mosta Andrea Dorie rekli su da je noć bila maglovita, a vidljivost smanjena na manje od jedne nautičke milje. Straža s mosta Stockholma tvrdila je da je noć bila vedra s mjestimice neznatnom maglom, što pokazuje drugačije navigacijske uvjete u kojima su plovili brodovi u razdoblju prije sudara.

Sve do otprilike jedne minute prije sudara kad je zadana naredba "punom snagom natrag" budući da se Doria našla točno pred pramcem, Stockholm je plovio brzinom od 18,5 čvorova s telegrafima postavljenim na "punom snagom naprijed". Andrea Doria vozila je brzinom neznatno smanjenom u odnosu na uobičajenu putnu - s 23 na oko 22 čvora, sa strojarnicom koja je ipak bila u „*stand by*” statusu uslijed smanjene vidljivosti.

Tijekom službene istrage iskazi dvaju glavnih svjedoka bili su u potpunoj suprotnosti čak do točke u kojoj je svaki tvrdio da je prvi vidio drugoga kako se pojavljuje iz magle. Ernest

Carstens-Johannsen, treći časnik broda Stockholm, koji je bio na straži u vrijeme sudara, posvjedočio je da je vidio kako se Andrea Doria pojavljuje iz magle iznad lijevog dijela pramca Stockholma. U isto vrijeme, zapovjednik Piero Calamai s broda Andrea Doria, tvrdio je da ga je, kad se Stockholm pojavio iz magle, vidio iznad desnog dijela pramca broda Andrea Dorie.

Ne samo pravila već i zdrav razum nalažu da, kada se dva broda približavaju jedan drugome u protukursevima, mimoilaženje mora biti takvo da oba broda skrenu udesno ili ulijevo, odnosno oba broda trebaju poduzeti sličan manevar izbjegavanja sudara, pri čemu međunarodna pravila za izbjegavanje sudara nalažu objema brodovima skretanje s kursa udesno. Svjedočenje dvojice časnika palube koji su bili zaduženi za svoje mostove u vrijeme sudara pokazuje nesklad poduzetih manevara s pravilima izbjegavanja sudara, ali uz međusobno proturječne iskaze, iz čega proizlazi da je jedan svjedok vjerodostojan, a drugi nije. Ipak, postoje dva ključna dokumenta na kojima je zabilježena „priča“ o tome kako su brodovi stigli do sudara.

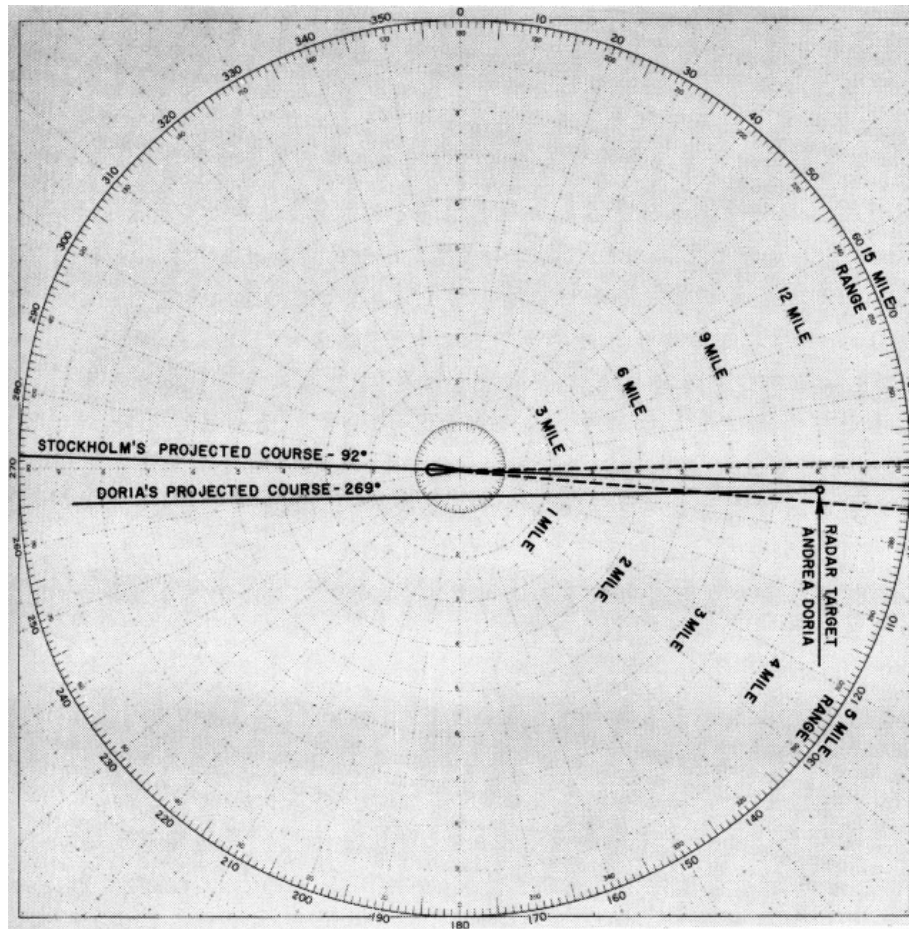
Dokazni materijal je u ovom slučaju dokumentacija kursografa, tj. grafikona sa uređaja „*Sperry Gyrocompass Course Recorder*“ koju su službeno predstavila oba optuženika, a sud ih je zabilježio kao dokaz. U rekonstrukciji slučajeva sudara, nasukanja ili bilo koje pomorske nezgode u kojoj je uključena navigacija, ovakva dokumentacija se uobičajeno smatra dokaznim materijalom u procesu rekonstrukcije nesreće. Kroz tumačenje ovih poznatih čimbenika, događaji koji su doveli do nesreće mogu se točno odrediti. Apsolutni integritet ovog Sperry instrumenta nikada nije doveden u pitanje, a pogotovo ne osporen.

Da je ova istraga provedena pod nadležnošću Obalne straže ili mornarice, prvi bi zadatak nedvojbeno bio izraditi crtež ili dijagram koji bi ilustrirao ono što je ispisano na grafikonima.

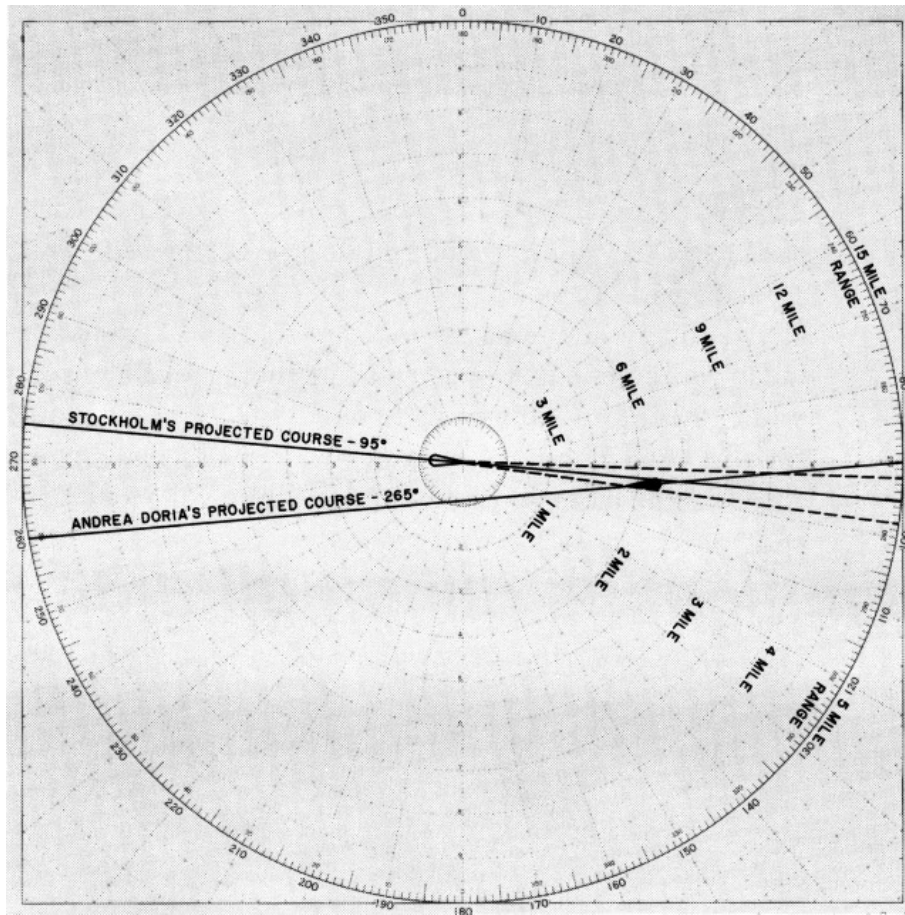
Kako je svaki svjedok svjedočio, njegovo bi svjedočenje tada bilo uspoređeno s dokazima grafikona. Na taj bi način točni odgovori bili očiti. Ali, to u konačnici nikad nije učinjeno, budući da ni Obalna straža SAD-a ni mornarica nisu istražile sudar u kojem su sudjelovala dva strana broda u međunarodnim vodama i stoga nisu bile pod njihovom nadležnošću.

Usporedba iskaza časnika sa Stockholma s utvrđenim činjenicama slučaja, implicira bitnu pogrešku u njegovom korištenju radara kao pomoćnom uređaju za navigaciju. Posredni dokazi jasno pokazuju da je radarska oprema Stockholma radila na postavki dometa (engl. *range*) od pet nautičkih milja, dok je časnik straže prikazao svoje viđenje situacije kao da je oprema radila na postavki dometa od 15 milja. Ova greška u postavki radara, tj. previd u tumačenju postavki, mogla je biti ključna za ono što je pokrenulo kobni slijed događaja, tj. način kako je Stockholm manevrirao u pokušaju udaljavanja od Dorie.

Grafikon Stockholmskog zabilježenog kursa pokazuje promjenu kursa od svega tri stupnja na desno koja je započela u 23:06h. Stoga je naredba za ovu promjenu kursa izdana u 23:05h, plus-minus nekoliko sekundi, što je bilo šest minuta prije sudara. Treći časnik je rekao da je naredbom blage promjene kursa na desno, koja je trebala kompenzirati zanošenje koje je otkriveno kao rezultat od 23:00h radijskog smjermanja koji je zabilježio u svoj brodski dnevnik, primijetio radarsku poziciju Andrea Dorie na udaljenosti od 12 milja. Očito je tu riječ o gruboj pogrešci, jer je Andrea Doria šest minuta prije sudara bila samo četiri, a ne 12 milja udaljena od Stockholma. Štoviše, u 22:53h, kada su brodovi zapravo bili udaljeni 12 milja, nema vidljive promjene kursa na grafikonu švedskog broda. Čini se da sve ovo ukazuje na to da je radar Stockholma radio na postavki dometa od pet milja, dok je treći časnik smatrao da radi na postavki dometa od 15 milja. Također je izjavio da je radarski odraz talijanskog broda bio vidljiv malo lijevo od pramčanice na radaru.



Slika 1. Ilustracija dviju isprekidanih crta koje prikazuju kako se Stockholm kretao udesno i ulijevo od svog projektiranog kursa – ilustracija koja bi mogla objasniti proturječna svjedočanstva o položaju Doria (Carrothers, 2024)



Slika 2. Prikaz međusobnih položaja brodova tri minute prije sudara (Carrothers, 2024)

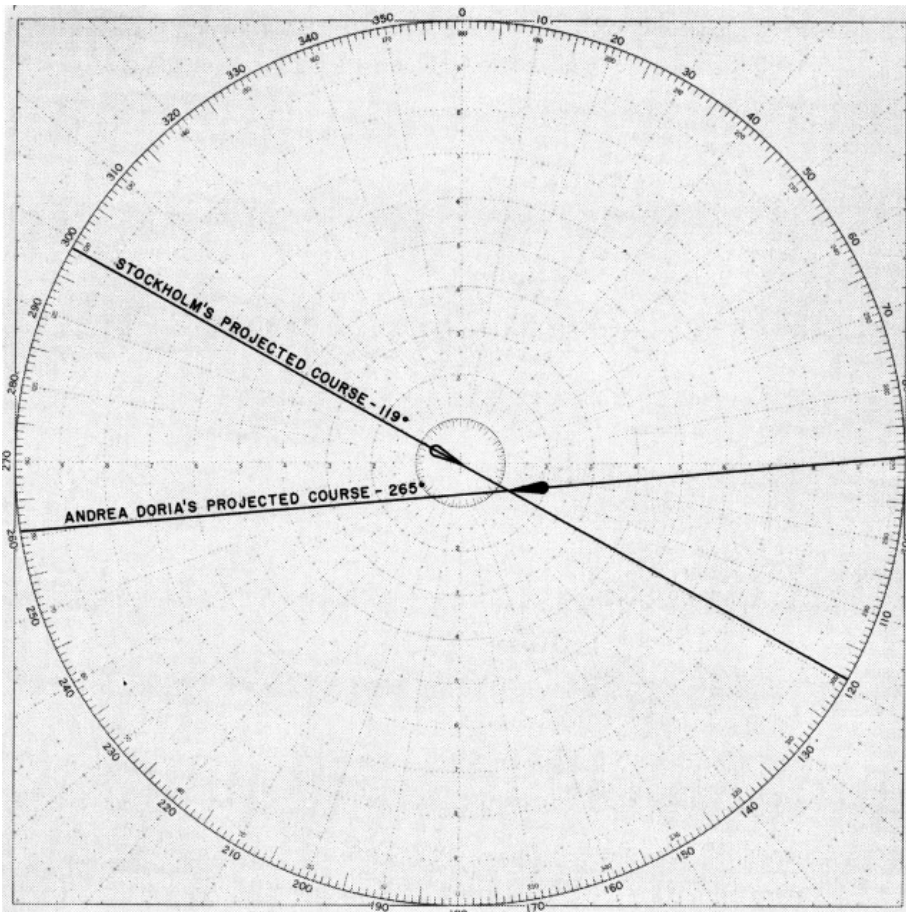
Carstens-Johannsen je također posvjedočio da je Doria dolazila prema Stockholmu velikom brzinom. Takva konstatacija ne čudi ako je bila riječ o previdu u skali radnog područja radara. To ga je, rekao je, navelo da vjeruje da bi to mogla biti neka vrsta ratnog broda u punoj brzini. Zatim, tri minute prije sudara, zbog svoje pogrešne interpretacije misleći da se brod približio s 12 na šest milja — što ukazuje na veliku brzinu, Carstens-Johannsen je donio kobnu odluku. Upravo je u tom trenutku naredio promjenu kursa od 22,5 stupnjeva udesno, što je dovelo Stockholm u situaciju sudara s Andrea Doriom.

Da je Andrea Doria doista bila na udaljenosti od šest milja, umjesto dvije milje na koliko je bio, tri minute prije sudara, postupak Stockholmskog trećeg časnika da naredi ovo okretanje za 22,5° na desnu stranu bio bi apsolutno ispravan prema međunarodnim pravilima za izbjegavanje sudara te pravilima za korištenje radara kao sredstva za navigaciju i izbjegavanje

sudara. Međutim uslijed činjenice da su brodovi međusobno bili mnogo bliže, manevar je umjesto prolaska na sigurnoj udaljenosti bio izveden prekasno i zapravo je izazvao sudar.

Nakon što je Stockholm stabilizirao kurs po promjeni udesno, što je bilo otprilike jednu minutu prije sudara, treći časnik je rekao da je na trenutak maknuo pogled s Andrea Dorie kako bi se javio na brodski telefon. Na kraju ovog telefonskog razgovora, koji je vođen s košem za motritelja pri vrhu jarbola (eng. *crow's nest*) u svrhu dojave viđenja navigacijskih svjetala, zaključio je da su brodovi potpuno promijenili relativne položaje u odnosu na svoje očekivanje. Sada je, rekao je, Andrea Doria bila u situaciji sudara ravno ispred pramca Stockholma. Od ove točke nadalje, sve do sudara, svjedočanstva posade oba broda i dokumentarni dokazi ispisani na njihovim grafikonima podudaraju se u svakom pogledu.

Dakle, svjedočanstvo i grafikoni su utvrdili da je prvi put kada je Carstens-Johannsen mogao vidjeti Andrea Doriju bilo otprilike jednu minutu prije sudara nakon što je završio desni zaokret od 22,5°. Također utvrđuje se da je naređivanje ovog desnog skretanja tri minute prije sudara bio i konačni uzrok ove pomorske nesreće.



Slika 3. Prikaz relativnih položaja brodova jednu minutu prije sudara (Carrothers, 2024)

Na službenoj istrazi, Carstens-Johannsen je posvjedočio da je mijenjao skalu radnog područja na svojoj radarskoj opremi s vremena na vrijeme tijekom svoje straže s 5 milja na 15 milja i na 50 milja. Kad se uzme u obzir da se skala radnog područja radarske opreme mijenja okretanjem bročjanika, razumljivo je kako bi bilo lako, u mrklom mraku zamračene kormilarnice, počinuti takvu grešku. Ovo nije rijetka vrsta pogreške; međutim, u većini slučajeva, otkrije se prije bilo kakve nezgode.

Za zakonodavna tijela čiji su glavni interesi u slučajevima nesreća sigurnost na moru i obuka posade, pronalaženje krivnje nije dostatno već je potrebno iznaći rješenja da se ovakve situacije što manje ponavljaju u budućnosti.

Nesreće se ne događaju samo tako; uzrokovane su, u ovom slučaju ljudskom pogreškom. Ispitivanjem uzroka uvijek se mogu naučiti vrijedne lekcije, od strane i za ljude koji jesu i koji

će biti zaduženi za stražu na mostovima brodova (Carrothers, 2024).

Treba napomenuti i bitnu činjenicu da je istragom pokazano kako na oba broda nije provedeno radarsko plotiranje, tj. određivanje kretanja drugog broda na manevarskom dijagramu. Ova činjenica, odnosno zadavanje naredbi kormilaru za promjene kursa „napamet”, također je zasigurno doprinjela uzrocima ove pomorske tragedije. Zaključuje se, kako je neispravno korištenje radara i propust u radarskom plotiranju uzrok ove povijesne pomorske nesreće. Može se pretpostaviti da su radari na brodovima kojim slučajem bili ugašeni, kako bi se brodovi mimoišli i možda zbog magle ne bi niti znali jedan za drugoga. Ipak, gašenje radara u magli svakako nije rješenje, već je to njegovo ispravno korištenje.

Za razliku od navigacijskih pogrešaka Stockholma, Andrea Doria nije slijedila pravilo izbjegavanja sudara koje nalaže da se brodovi koji se približavaju frontalno mimoilaze udesno. Kad je Stockholm skrenuo desno, Andrea Doria okrenula je lijevo, zatvarajući krug umjesto da ga otvara. Iza određene točke postalo je nemoguće izbjeći sudar.

Kapetan Calamai s broda Andrea Doria odlučio je ploviti prevelikom brzinom po gustoj magli, što je doduše tad bila uobičajena praksa na putničkim brodovima, jer se očito iz tragedije Titanica nije dovoljno naučilo o nužnosti plovidbe sigurnosnom brzinom. Navigacijska pravila zahtijevala su smanjenje brzine tijekom razdoblja ograničene vidljivosti na zaustavni put unutar polovice udaljenosti vidljivosti. Praktično gledano, to bi značilo smanjenje brzine broda gotovo na nulu u gustoj magli te se u praksi nije provodilo niti u umjerenom mjeri.

U New Yorku su nakon sudara održavane sudske procedure tijekom nekoliko mjeseci. Deseci uglednih odvjetnika zastupali su žrtve i obitelji žrtava. Svjedočili su časnici obiju brodskih kompanija, uključujući časnike koji su bili zaduženi za svaki brod u vrijeme sudara, a još ih se trebalo pojaviti kasnije dok se ne postigne izvansudska nagodba, no saslušanja su iznenada završila tako da su se obje brodske kompanije nagodile i pridonijele fondu za nagodbu žrtava. Svaki je brodar namirio vlastitu štetu.

Za Swedish-American Line, šteta je procijenjena na 2 milijuna dolara, polovica za popravke pramca Stockholma, a polovica za izgubljeni posao tijekom popravaka. Italian Line pretrpio

je gubitak pune vrijednosti Andree Dorie, procijenjene na 30 milijuna dolara.

2.4 Izravne rezultirajuće reforme

Sudar Andrea Doria-Stockholm doveo je do promjena nekoliko međunarodnih pravila nakon incidenta kako bi se što je moguće više izbjeglo ponavljanje ovakvih situacija. Budući da se u biti radilo o sudaru „potpomognutom radarom” (engl. „*radar assisted collision*“), u kojem je --došlo do lošeg rukovanja ugrađenom tehnologijom (Allen, 2005), brodarske su kompanije morale poboljšati obuku o korištenju radarske opreme. Također, brodovi koji su se približavali u opasnim kursevima morali su uspostaviti radio kontakt jedni s drugima (Wikipedia, 2024).

2.5 Daljnji napredak navigacijske opreme kao posljedica ove nesreće

Zbog potonuća SS Andrea Dorie nakon sudara u gustoj magli uz istočnu obalu SAD-a, pomorska industrija uložila je napore pri razvoju navigacijskih uređaja i pomagala. U prvom redu, kao neposredna motivacija za poboljšanje radarske navigacije, došlo je do razvoja ARPA radara. Nažalost, nesreće su se i dalje događale kada su mjere izbjegavanja poduzete prekasno ili se nisu poštivala međunarodna pravila za izbjegavanje sudara na moru. Kasnije tijekom desetljeća koja su uslijedila, pomorske nesreće slične opisanoj motivirale su daljnji razvoj navigacijske tehnologije, tj. unapređivanje postojećih sustava i postupno uvođenje novih, poput AISa, a na kraju i sve do ECDISa i integriranog navigacijskog mosta.

Kako je već navedeno, kao izravna posljedica ove pomorske nesreće, ARPA uređaji su se počeli pojavljivati na brodovima tijekom 1960-ih. Ovaj sustav softverskim putem automatski računa vrijeme i udaljenost do najbliže točke mimoilaženja (engl. *Closest Point of Approach* - CPA, *Time to Closest Point of Approach* - TCPA) između brodova prema podacima dobivenim s radara. Uslijed te elektroničke asistencije, časniku u straži je značajno olakšan posao plotiranja brodova koji predstavljaju opasnost od sudara i može se usredotočiti na druge aspekte navigacije (proračun kursa izbjegavanja – također pripomognut softverom), kontrolu položaja broda i druge nužne radnje na zapovjedničkom mostu tijekom navigacijske straže.

Izračuni CPA, TCPA i drugih protusudarnih parametara se temelje na relativnim kursevima i brzinama izvedenim iz tijekom vremena ponavljanih mjerenja položaja radarskih jeka. Ovi podaci automatski pružaju časniku u straži rana upozorenja, uključujući vizualne i zvučne alarme, čime se smanjuju situacije s položajima opasnih blizina a time i učestalosti sudara. Apsolutna obveza ugradnje i korištenja ARPA sustava na SOLAS brodovima stupila je na snagu 1989. godine prema SOLAS konvenciji (*Chapter V, Regulation 19*).

Daljnji napredak navigacijske tehnologije tijekom desetljeća koja su uslijedila dodatno dovodi do sve sigurnijeg i točnijeg praćenja prometa i određivanja protusudarnih parametara i proračuna kurseva izbjegavanja. Tako od 2004. godine SOLAS zahtijeva ugradnju automatskog identifikacijskog sustava (AIS) na brodovima većim od 300 BT, dok je za ECDIS period obvezne implementacije bio od 2012. do 2018. zavisno o vrsti i starosti pojedinog broda.

AIS pruža dodatne informacije o dizajnu broda, gazu i GNSS podatke u stvarnom vremenu. Integriran s ECDISom i radarom, AIS omogućuje preciznije podatke o položaju i predviđanje putanje na temelju brzine promjene kursa (engl. *ROT – Rate Of Turn*) i brzine preko dna (engl. *SOG – Speed Over Ground*), kao i kursa preko dna (engl. *COG - Course Over Ground*), pri čemu svi brodovi u blizini kontinuirano ažuriraju svoje podatke i odašilju ih putem radio signala. Dok integracija ECDISa, AISa i ARPA radara poboljšava mogućnosti podrške odlučivanju za navigatora, još uvijek su potrebna daljnja poboljšanja i rafiniranja postojeće tehnologije. Na primjer, AIS ne prikazuje trenutak kad brod promijeni kut otklona kormila ili smanji broj okretaja stroja ili *pitch* propelera kako bi promijenio brzinu. Ovisno o vrsti i veličini broda, može proći nekoliko minuta prije nego što se reakcije broda na te naredbe prikažu u njegovim AIS porukama za ROT, COG ili SOG. Osim toga, u AIS podacima nema naznaka hoće li brod biti nestabilan u smislu mogućnosti kontroliranja kursa, a posebice ne predviđa učinke plitke vode i hidrodinamičkih efekata obale pod postojećim uvjetima vjetra, valova i struja.

Zbog toga u posljednje vrijeme postoji npr. prijedlog za poboljšanje točnosti CPA i TCPA predviđanja putem tzv. *Big Data AI* modeliranja. S pojavom umjetne inteligencije (engl. *Artificial Intelligence - AI*), računalstva u oblaku i satelitske širokopojasne komunikacije, sada

je tehnički moguće poboljšati točnost predviđanja putanje broda u bliskoj budućnosti, čime se dodatno poboljšava sigurnost plovidbe. Ovaj prijedlog uključivao je sljedeće ideje (Chen, 2019):

1. Uključiti broj okretaja stroja, *pitch* propelera i kutove otklona kormila u AIS emitiranje;
2. Uz kontinuirano praćenje ovih podataka iz AIS-a na brodu, koji se putem satelitske komunikacije prenose u sustav za pohranu na kopnu ili u oblaku (engl. "*cloud storage*"), sljedeći korak je korištenje *Big Data* za stvaranje modela manevriranja broda. Tehnike umjetne inteligencije kao što je umjetna neuronska mreža (engl. *Artificial Neural Network - ANN*) mogu se koristiti za treniranje modela broda i njegovo kontinuirano ažuriranje kada se prikupe novi podaci i pohrane pod jedinstvenim identifikacijskim brojem pomorske mobilne postaje (MMSI) svakog broda;
3. Ažurirani model broda može se preuzeti na brod i koristiti u sustavu za podršku odlučivanju za predviđanje vlastite buduće putanje, kao i one obližnjih brodova, iz najnovijih GNSS položaja i nedavnih naredbi koje je naredio navigator. Nesigurnosti tijekom obuke ANNa mogu se koristiti za pružanje granica pogreške oko predviđene staze. Algoritmi protiv sudara i upozorenja/akcija s poznatim razinama pouzdanosti mogu se zatim implementirati u sustav podrške odlučivanju kako bi se povećala sigurnost.

Općenito, nesreća broda *Andrea Doria* poslužila je kao okidač za napredak u tehnologiji elektroničke navigacije i provedbu propisa usmjerenih na povećanje pomorske sigurnosti.

Ovaj događaj pridonio je razvojem elektroničke navigacije na nekoliko ključnih razina kao što su poboljšani radarski sustavi, poboljšani sustavi za izbjegavanje sudara, a kasnije indirektno i uvođenje sustava za automatsku identifikaciju (AIS), napredak u sonarnoj tehnologiji, integracija elektroničkih karata i informacijskih sustava (ECDIS). Ovi razvoji pridonijeli su značajno smanjenju rizika od sudara i poboljšanju standarda sigurnosti plovidbe u pomorskoj industriji.

3. Potonuće "nepotopivog" Titanica

R.M.S. Titanic je bez premca u javnosti najpoznatiji „brodolom” u cijeloj pomorskoj kulturi. Valjda nema osobe na svijetu koja nije čula za ovu nesreću. Kao i u slučaju sudara Dorie sa Stockholmom, i iz Titanicove nesreće proizašle su bitne promjene u pomorstvu koje i danas izravno diktiraju mnoge aspekte navigacije, uključujući uređaje elektroničke navigacije.

3.1 Povijest Titanica

Titanic je bio britanski brod linijskog broдача White Star, u vlasništvu američke tvrtke u kojoj je slavni američki financijer John Pierpont "JP" Morgan bio glavni dioničar. Titanic je izgrađen u brodogradilištu Harland & Wolff u Belfastu u Sjevernoj Irskoj, za transatlantska putovanja između Southamptona u Engleskoj i New Yorka. Bio je to najveći i najluksuzniji putnički brod svog vremena (NOAA, 2019). Što se tiče sigurnosnih elemenata, Titanic je imao 16 odjeljaka koji su uključivali vrata koja su se mogla zatvoriti s mosta, tako da se voda mogla zadržati u slučaju proboja trupa. Iako se pretpostavljalo da su vodonepropusne, pregrade nisu bile zatvorene na vrhu. Projektanti broda su tvrdili da bi četiri odjeljaka mogla biti poplavljena bez ugrožavanja plovnosti broda. Takav sustav pregrada je naveo mnoge da tvrde da je Titanic nepotopiv (Britannica, 2024a).

Titanic, porinut 31. svibnja 1911., isplovio je na svoje prvo putovanje iz Southamptona 10. travnja 1912. godine s 2240 putnika i članova posade. Dana 15. travnja 1912. godine, nakon što je udario u santu leda, Titanic se raspao i potonuo na dno oceana, odnijevši sa sobom živote više od 1500 putnika i članova posade. Iako je dio putnika i posade spašen, većina nije bila te sreće. Njegova poznata priča o katastrofi i ljudskoj drami bila je, i nastavlja biti, ispričana u brojnim knjigama, člancima i filmovima. Titanic je priznat od strane Kongresa Sjedinjenih Država zbog njegovog nacionalnog i međunarodnog značaja te je na mnoge načine postao kulturna ikona. Katastrofa je također rezultirala brojnim spomen obilježjima diljem svijeta (NOAA, 2024).

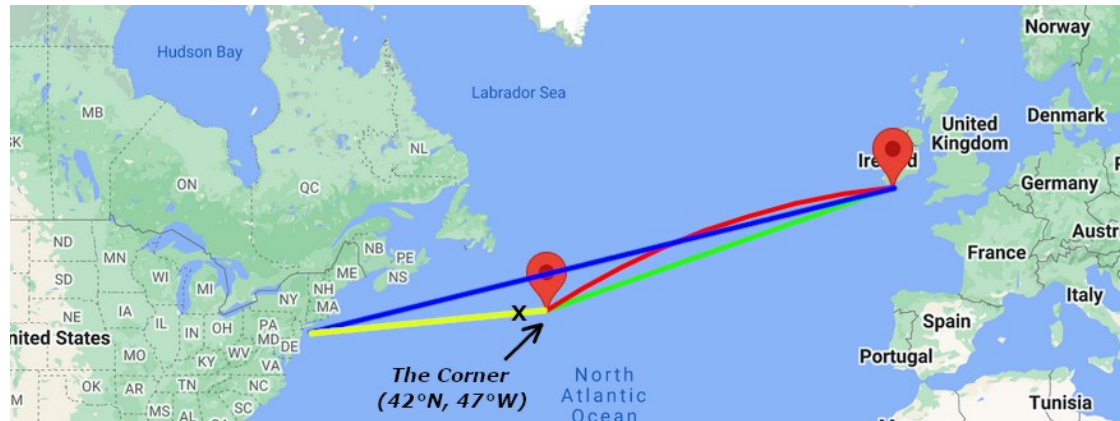
3.2 Prvo putovanje

10. travnja 1912. godine Titanic je isplovio na svoje prvo putovanje, putujući od Southamptona u Engleskoj prema planiranoj destinaciji u New Yorku. Pod nadimkom "Milijunašev specijal", brodom je prikladno upravljao Edward J. Smith, koji je bio poznat kao "Milijunašev kapetan" zbog svoje popularnosti među bogatim putnicima. Na brodu su bili brojni istaknuti ljudi, uključujući američkog biznismena Benjamina Guggenheima, britanskog novinara Williama Thomasa Steada i suvlasnika robne kuće Macy's Isidora Strausa i njegovu suprugu Idu.

10. travnja navečer, brod se zaustavio u Cherbourgu u Francuskoj. Gradsko pristanište bilo je premalo da primi Titanic, pa su se putnici do i s broda morali prevoziti malim brodicama. Nakon otprilike dva sata Titanic je nastavio svoje putovanje. Ujutro 11. travnja linijski brod napravio je svoje posljednje planirano zaustavljanje u Europi, u Queenstownu (Cobh), u Irskoj. Otprilike u 13:30h brod je isplovio prema New Yorku.

Usljed tržišnog natjecanja s konkurentskim brodarima, stvoren je velik komercijalni pritisak da prelazak Atlantika traje što kraće. Iz tog razloga isplanirana je ruta koja je većim dijelom vodila brod ortodromom, najkraćim putem na površini Zemlje koji ima nezgodnu karakteristiku da često vodi u dosta visoke zemljopisne širine. Zbog toga postoji uvriježeno mišljenje kako je plovidba ortodromom dovela Titanic u područje ledenih santi i uzrokovala potonuće, no ovdje će se kratko pokazati kako to nije slučaj (vidi sliku 4). Naime, Titanic je plovio ortodromom (crvena linija na slici 4) do međutočke „*The Corner*“ koja se nalazi jugoistočno od New Foundlanda na poziciji 42°N 47°W, nakon čega je nastavio loksodromom u smjeru New Yorka (žuta linija na slici 4), do pozicije stradavanja (oznaka X na slici 4). Plovidba ovom rutom, tj. dolazak do međutočke „*The Corner*“ bila je uobičajen način prelaska Atlantika. Uspoređujući ovu rutu s izravnom loksodromom od juga Irske do New Yorka, pokazuje se ne da ona nije znatno sjevernije, nego je zapravo južnije od loksodrome na gotovo cijelom putu. Kako je to moguće? Naime, međutočka „*The Corner*“ je namjerno birana kao dio iskustvene plovidbene strategije, da bude dovoljno južno upravo zbog poznate situacije s ledenim santama u području gdje ih donosi hladna Labradoriska struja sa sjevera. Iz slike 4 je vidljivo kako bi izravna loksodroma s juga Irske prema New Yorku

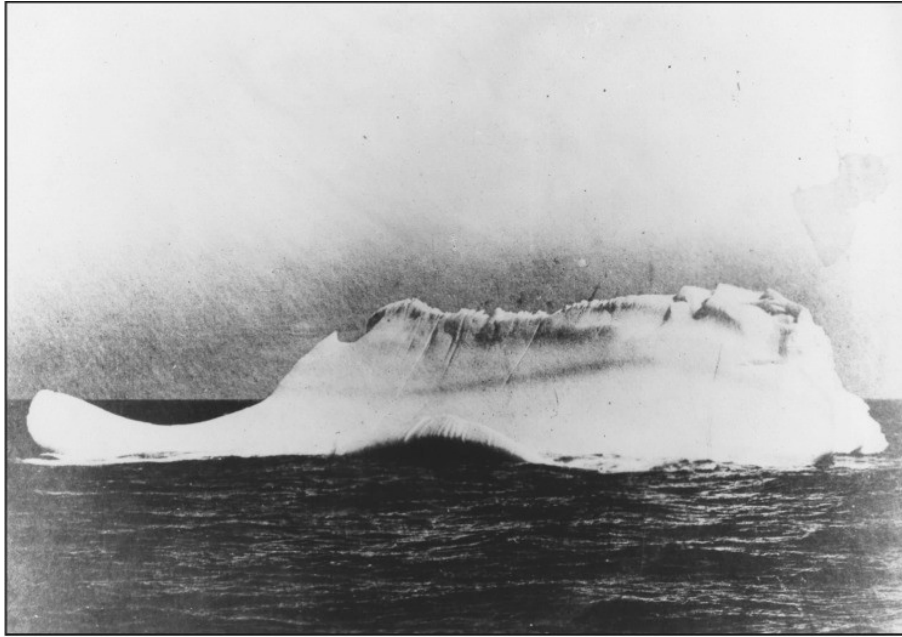
bila znatno sjevernije od međutočke „The Corner“, kao i od pozicije nesreće broda. To neminovno znači da sama plovidba po ortodromi do „The Corner“ nije ni na koji način doprinjela nesreći Titanica već drugi uzroci (ponajprije plovidba prevelikom brzinom).



Slika 4. Titanicova ruta preko Atlantika s glavnim elementima i usporedba s teorijskom loskodromom. Priredila autorica prema poznatim podacima koordinata rute.

3.3 Zadnji sati Titanica

Tijekom većeg dijela putovanja, radio-telegrafisti na Titanicu, Jack Phillips i Harold Bride, primali su upozorenja o ledu na moru na planiranoj ruti, od kojih je većina prosljeđena na most. U večernjim satima 14. travnja, Titanic se počeo približavati području za koje se znalo da ima santi leda i to na svega 42° zemljopisne širine. Ovako nisko spuštanje ledenih santi prema jugu može se zahvaliti hladnoj Labradorskoj morskoj struji koja prema popularnim rutama sjevernog Atlantika dolazi sa sjevera uz obale Kanade. No, unatoč poznatom riziku nailaska na ledene brijegove, brod je svejedno održavao brzinu broda od oko 22 čvora, kao posljedicu komercijalnih zahtjeva za što brži prelazak Atlantika. Otprilike u 21:40h, britanski brod Mesaba je poslao upozorenje o uočenim santama leda u blizini rute. Poruka nikada nije prenesena iz radio stanice na Titanicov most. U 22:55h obližnji brod Leyland Californian poslao je poruku da se je prekinuo plovidbu nakon što se našao potpuno okružen ledom. Ni to nije bilo dovoljno upozorenje zapovjedniku Titanica.



Slika 5. Ledena santa za koju se smatra da je potopila Titanic (Bigg i Wilton, 2014).

U kobnoj noći bez mjesečine, dva promatrača su bila dežurna u košu za motritelje pri vrhu jarbola (engl. *crow's nest*) Titanica. Zadatak im je bio otežan činjenicom da je ocean te noći bio neuobičajeno miran; da je u podnožju sante leda bilo valova koji se razbijaju o nju, lakše bi ju se uočilo nego pri mirnome moru. Osim toga, dalekozor u košu za motritelja nije bio na svome mjestu.

Otpribliže u 23:40h, oko 400 nautičkih milja južno od Newfoundlanda, iz košare za motrenje uočena je santa leda na udaljenosti od samo 500 metara, a most je hitno obaviješten o novonastaloj situaciji. Prvi časnik William Murdoch brzo je dao naredbu za kormilarenje "*hard to starboard*" u cilju nagle promjene kursa broda ulijevo. Naime, naredbe za kormilarenje u tadašnje doba u engleskoj mornarici bile su suprotne današnjima – izravno su označavale u koju stranu treba ići krma broda. Titanic je počeo mijenjati kurs ulijevo, ali je velik i trom brod bio preblizu santi leda da bi izbjegao sudar te je udario desnim bokom u ledenu gromadu. Uslijed udarca pri tako velikoj brzini broda, puklo je najmanje pet njegovih navodno vodonepropusnih odjeljaka prema pramcu.

Nakon procjene štete, posada je utvrdila da će, kako se prednji odjeljci broda pune vodom, njegov pramac zaroniti dublje u more, uzrokujući da se voda iz puknutih odjeljaka prelije u svaki sljedeći odjeljak. Time je u konačnici i zapečaćena sudbina broda te je Titanic na kraju

potonuo oko 2:20h. Većina stručnjaka smatra da bi brod možda i ostao plutati da je udario frontalno u santu leda, tj. da nije napravljen manevar nagle promjene kursa broda čime je došlo do kontakta bočno a ne pramcem (Britannica, 2024a).

S obzirom da je brod smatran nepotopivim, na njega nisu bile postavljene brodice za spašavanje dovoljnog kapaciteta da prime sve osobe koje su se nalazile na brodu. Moguće je bilo spustiti svega 20 brodica za spašavanje u more. Ta okolnost je uvjetovala nemogućnost spašavanja velikog postotka osoba.

3.4 Međunarodni značaj nesreće Titanica

Velik dio postojećeg međunarodnog prava i zakonodavstva koji se odnosi na sigurnost pomorskog prometa razvio se kao izravna posljedica tragedije R.M.S. Titanic. Neposredno nakon potonuća 14. i 15. travnja 1912., Titanic je izazvao „ludilo” koje je odjeknulo u cijeloj međunarodnoj zajednici. Iz ovog žara kasnije je proizašlo usvajanje prve Međunarodne konvencije o sigurnosti ljudskih života na moru (SOLAS), 1914. godine. SOLAS je mijenjan nekoliko puta i još uvijek je najvažniji međunarodni akt koji se bavi pomorskom sigurnošću.

3.5 Napredak navigacije kao posljedica nesreće Titanica

Potonuće Titanica bila je jedna od najsmrtonosnijih pomorskih katastrofa u povijesti i brzo je postala katalizator promjena. Kongres Sjedinjenih Država održao je saslušanja o nesreći koja je rezultirala izvješćem i mjerama za poboljšanje sigurnosti navigacije. Slična istraživanja provedena su u Velikoj Britaniji. Međunarodna zajednica spremno se okupila u svrhu uspostavljanja globalnih pomorskih standarda i propisa za promicanje sigurnosti plovidbe, od kojih je najvažniji proizašli akt Međunarodna konvencija o sigurnosti ljudskih života na moru, koja se smatra najvažnijim od svih međunarodnih sporazuma o sigurnosti trgovačkih brodova.

SOLAS danas propisuje sve aspekte sigurnosti pomorskog prometa, uključujući obveznu opremu u vidu elektroničkih navigacijskih uređaja. Da nije bilo Titanicove tragedije, pitanje je bi li SOLAS postojao u obliku u kojem postoji danas i kakav bi bio sadržaj međunarodnih

pravila koja se tiču obaveznih navigacijskih uređaja zapovjedničkog mosta. Zasigurno, neka pravila bi postojala, a kakva točno i iz kojih međunarodnih pravnih akata bi proizlazila, možemo samo nagađati.

Osim SOLASa, i radioakustička navigacija, također vuče korijene iz potonuća Titanica. Prijenos i prijam (ultra)zvučnih valova doveli su do izuma sonara, pri čemu je jedna od ideja bila i detekcija podvodnih objekata kao što su sante leda koji prijete sigurnosti broda. USCGS i drugi hidrografski uredi diljem svijeta uvidjeli su moć ove tehnologije kao alata za podvodna istraživanja, a kasnije i kao načina za mjerenje dubine mora. Danas se točne i precizne pomorske karte izrađuju na temelju podataka dobivenih s istraživačkih plovila opremljenih tehnologijom skeniranja morskog dna ehosonderima (NOAA, 2024).

4. Nesreća Costa Concordie

Još jedna pomorska katastrofa, ovaj put modernog doba, tj. nasukanje talijanskog kruzera Costa Concordia dogodila se 13. siječnja 2012. godine. Nakon što je kruzer udario u stijene uz obalu otoka Giglio u Tirenskom moru više od 4200 ljudi je spašeno, iako su 32 osobe nažalost izgubile život u katastrofi. Nekoliko članova posade broda, a posebice zapovjednik Francesco Schettino, proglašeni su krivima za ovu pomorsku nesreću.

4.1 Izgradnja Concordie i prvo putovanje

Costa Concordia bila je u vlasništvu Costa Crociere, podružnice Carnival Corporation & PLC. Kada je porinut 2005. godine, bio je to najveći talijanski brod za krstarenje, dug 290 metara s kapacitetom od 3780 putnika; za usporedbu, Titanic je bio dugačak 269 metara i mogao je primiti do 2435 putnika. Concordia je bila poznata po svom luksuzu. Sadržala je četiri bazena, kasino i navodno najveći spa centar na brodu.

U srpnju 2006. godine brod je krenuo na svoje prvo putovanje, sedmodnevno krstarenje Sredozemnim morem, sa zaustavljanjima u Italiji, Francuskoj i Španjolskoj. To je postala njegova standardna ruta.

4.2 Skretanje Concordie s planirane rute



Slika 6. Prikaz ruti Costa Concordie (prethodna ruta 14.08.2011.; ljubičasta / prethodna ruta 6.01.2012.; žuta / ruta nesreće 13.01.2012.; narančasta) (BBC, 2015).

Dok se brod kretao prema sjeverozapadu duž talijanske obale, zapovjednik broda na odlučio je da se brod usmjeri blizu otoka Giglio kao "pozdrav". Talijansko Ministarstvo infrastrukture i prometa objavilo je detaljan vremenski raspored događaja u svom izvješću o nesreći, objavljenom u svibnju 2013. godine. Ostali detalji pojavili su se na predraspravnim ročištima, uključujući isječke „bjesomučnih” razgovora između zapovjednika i njegove posade nakon nesreće, koje je snimio brodski *Voyage Data Recorder*, tj. „crna kutija” zapovjedničkog mosta.

4.3 Nasukanje Concordie i spašavanje

Concordia je 13. siječnja 2012. krenula iz Civitavecchie u Italiji oko 19:18h. Brod je trebao povesti putnike na sedmodnevno talijansko krstarenje od Civitavecchie do Savone. Na brodu je bilo 1023 člana posade i 3206 putnika. Kako se Concordia nekoliko sati kasnije približavala otoku Giglio, skrenula je sa svog standardnog kursa, približavajući se malom toskanskom

otoku radi pomorskog "pozdrava", uobičajene prakse koja je uključivala trubljenje broda za krstarenje; Concordia ih je izvela nekoliko u prošlosti.

Područje je poznato po izbočenjima stijena, a u jednom trenutku takva je formacija stijena neočekivano primijećena opasno blizu rute broda. Naime, brod očito nije bio na planiranoj ruti. Schettino, zapovjednik sa stažom više od sedam godina, naredio je promjenu kursa, no zbog problema s jezikom, indonezijski je kormilar usmjerio je kormilo broda u suprotnom smjeru. Istragom je pokazano da je trebalo 13 sekundi da se uoči pogreška i pokuša ispraviti manevar. Pramac broda se po ispravku manevra počeo udaljavati od opasnog grebena, ali je krma ipak udarila o greben oko 21:45h. Zbrka na mostu rezultirala je proturječnim naredbama, ali šteta je bila učinjena; lijevi dio boka Concordie pretrpio je oštećenje u duljini od 53 metra.

U svom istraživačkom izvješću o katastrofi iz 2012. godine, talijansko Ministarstvo infrastrukture i prometa otkrilo je da je Concordia plovila preblizu obale, u slabo osvijetljenom obalnom području, na nesigurnoj udaljenosti od obale noću i velikom brzinom (15,5 čv) (Little, 2023). Procjena štete pokazala je da je pet odjeljaka, uključujući strojarnicu, poplavljeno, a brod je ubrzo ostao bez napajanja električnom energijom. Osim toga, kako ni motori ni kormilo više nisu bili u funkciji, brodom se nije moglo dalje upravljati. Zbog vjetra i zaglavljelog položaja kormila udesno, Concordia se okrenula natrag prema otoku. Iako je promjena smjera olakšala kasnije spašavanje, uzrokovala je i da se brod počne naginjati na desnu stranu. Concordia, koja je do tad još plutala, na kraju se nasukala u blizini obale. Zapovjednik broda je, pri radio kontaktu s obalnom stažom, pokušao umanjiti ozbiljnost situacije, samo napomenuvši da je brod doživio „*black out*”. Desetak minuta kasnije obalna straža kontaktirala je brod još jednom, a tada je posada priznala da je brod oštećen i da more ulazi u unutrašnjost broda. Međutim, zapovjednikov jedini zahtjev bili su tegljači za odsukavanje broda.

U 22:39h stigla je prvi spasilački brod. U 22:33h uključen je opći alarm, a putnicima je rečeno da odu na zborna mjesta i čekaju upute. Zapovjednik broda je konačno dao naredbu da se Concordia napusti, iako su prema izvješćima brodice za spašavanje već bile porinute. Oko 23:20h zapovjednik je otišao s mosta, ostavljajući drugog časnika da koordinira evakuaciju.

Međutim do 23:32h i drugi časnik je napustio most. Zapovjednik je nakon odlaska s mosta napustio brod, ostavivši svoju posadu i putnike; naknadno je tvrdio da je „pao” s Concordie i pritom „sletio” u čamac za spašavanje. Nekih 13 minuta kasnije posljednji član posade napustio je brod, iako je oko 300 putnika još bilo na brodu. Napuštanje broda bilo je znatno otežano nagibom broda na bok.

U 00:40h kapetan obalne straže nazvao je Schettina, koji je bio u brodici za spašavanje s ostalim časnicima Concordie, i naredio mu da se vrati na brod i nadgleda napuštanje broda.

On je odbio. U akciji spašavanja sudjelovalo je 25 patrolnih brodova, 14 trgovačkih brodova i brojni helikopteri, a do ranog jutra spašeno je 4.194 ljudi s Concordie i prebačeno na otok Giglio. U 6:17h 14. siječnja potraga za nestalim osobama je privremeno obustavljena, ali sljedeći dan ronionci su spasili još troje iz unutrašnjosti Concordie. Trideset i dvije osobe poginule su u katastrofi, a posljednje tijelo izvučeno je tek u studenom 2014. godine (Little, 2023).

1. Ship hits rock



2. Ship tilts

Water starts to flood in through damaged hull



3. Ship tilts to opposite side

Rush of water possibly causes boat to lean to starboard side



4. Ship lists and sinks

Rescuers search for survivors



Slika 7. Ilustracija nasukanja Costa Concordie. (BBC, 2015)

4.4 Pravna pitanja proizašla iz nesreće

Gotovo odmah po nesreći su se pojavila pitanja o odlukama zapovjednika broda i drugih članova posade. U srpnju 2013. godine četiri člana posade i koordinator za krizne situacije Costa Crociere izjasnili su se krivima po raznim optužbama, uključujući ubojstvo iz nehaja. Dobili su kazne manje od tri godine. Istog mjeseca zapovjedniku je počelo suđenje nakon što mu je odbijena nagodba. Optužen je za ubojstvo iz nehaja, kao i za izazivanje nesreće i prijevremeno napuštanje broda. U veljači 2015. godine zapovjednik broda je osuđen po svim točkama optužnice i osuđen na više od 16 godina zatvora. Žalio se na presudu, no ona je u svibnju 2017. godine potvrđena; nedugo nakon toga počeo je služiti kaznu (Britannica, 2024b).

Dakle, koji god bio razlog pretjeranog približavanja obali, talijanski su sudovi utvrdili da su zapovjednik, četiri člana posade i jedan dužnosnik iz brodske tvrtke, Costa Crociere (dio Carnival Corporation), krivi za izazivanje katastrofe i neorganiziranje sigurnog napuštanja broda. Costa Concordia bila katastrofa uzrokovana isključivo nizom ljudskih pogrešaka, pri čemu se takva nesreća opisuje cijelim nizom propusta koji zajednički dovode do konačne situacije (Little, 2023).

4.5 Zabrinutost za okoliš i izvlačenje olupine

Budući da se otok Giglio nalazi u zaštićenom morskom području, ekološka pitanja povezana s olupinom Concordie bila su od posebnog značaja. Brod je bio na rubu podvodne litice, što je dovelo do zabrinutosti da bi brod mogao skliznuti i raspasti se, uzrokujući izlivanje nafte.

Kako bi se umanjila potencijalna šteta, oko olupine su postavljeni naftne brane, a u veljači 2012. godine započelo je vađenje više od 2000 tona goriva; pothvat je završen sljedeći mjesec.

Tijekom tog vremena započeli su i radovi na uklanjanju plovila što je bila najveća pomorska operacija „spašavanja” olupine u povijesti. Tek u rujnu 2013. godine Concordia od 114.000 tona konačno je uspravljena. Proces uspravljanja koji je trajao 19 sati uključivao je posebno izgrađene podvodne platforme, dizalice i oko 500 ljudi. U srpnju 2014. godine Concordia, opremljena nizom čeličnih kontejnera koji služe kao uređaji za plutanje, odtegljena je u Genovu, Italija, gdje je izrezana za otpad.

4.6 Posljedične promjene u pomorskom zakonodavstvu

Nekoliko je izmjena u međunarodnom pomorskom zakonodavstvu proizašlo kao izravna ili neizravna posljedica ove pomorske nesreće. ECDIS sustavi, do tad tek kao opcionalni dio opreme navigacijskog mosta, postaju obvezni za pojedine vrste brodova u cilju ažurnog i neprekidnog automatskog praćenja položaja broda putem GNSS tehnologije. Iako bi ECDIS postao obvezna oprema na brodovima i bez ove nesreće, te iako je Concordia bila opremljena

istim, slučaj pokazuje ključnu važnost određivanja položaja broda i navigacijske svjesnosti u poziciju te okolinu, svih članova plovidbene straže.

Do 2018. godine ECDIS postaje obvezan dio opreme na svim SOLAS brodovima i kao takav unaprijeđuje sigurnost plovidbe ako se pravilno koristi. Ipak, popularne složenice poput „*ECDIS assisted grounding*“ zorno govore o nužnosti njegova ispravnog korištenja. Kao i u slučaju Dorie i Stockholma gdje se nije ispravno koristio radar, kod Concordie se nije ispravno koristio ECDIS, odnosno čini se da se nije niti koristio, budući da posada broda nije bila svjesna blizine obale, tj. odstupanja broda od planirane rute i stupnja rizika koji je proizašao iz te navigacijske pogreške. Vezano uz pomorsku kartografiju, po nesreći Concordie donose se i izmjene koje zahtijevaju striktnije planiranje navigacije i detaljniju izradu plana putovanja na ECDISu i u „*passage planu*“ (Kalosh, 2013). Primjerice, u tehničkom izvješću norveške organizacije za upravljanje rizikom Det Norske Veritas (DNV) iz 2008. godine ocijenjeno je da bi puna implementacija ECDISa trebala smanjiti učestalost nasukanja za 19 do 38 posto (Lo, 2012).

Navigacijske reforme u digitalnoj eri, nesreća Concordie nadopunjuje i bitnim promjenama u procedurama timskog rada posade zapovjedničkog mosta. „*Bridge Resource Management*“ (BRM) je skup međunarodnih pravila kojemu je cilj efikasan i siguran rad tima navigacijske straže, uključujući zapovjednika, časnike i niže osoblje ali i peljara. Posebne izmjene BRM potaknute ovom nesrećom odnose se na poboljšanje timskog rada na velikim kruzerima i to ponajprije u smislu efikasne komunikacije namjera u nastojanju da se reduciraju zabune i kriva shvaćanja zatijevanih radnji, što se opisuje kao „razmišljanje naglas“ (Hederstrom i Ritchie, 2016). Nasukanje Concordie osim toga donosi i niz noviteta u SOLAS konvenciji, posebno onih o planovima za napuštanje broda, označavanju sigurnosne opreme, mjesta za okupljanje i putova evakuacije (Maritime Executive, 2019). Unaprijeđenje ovih zahtjeva samo je jedna od brojnih izmjena koje su potaknute ovom velikom pomorskom nesrećom modernog doba.

5. Zaključak

Povijest pomorske plovidbe je prožeta nesrećama od kojih su mnoge ostavile trajne posljedice na pomorsku industriju. Ovi incidenti istaknuli su ranjivosti tradicionalnih metoda navigacije, te su samim time poslužili kao motivacija za razvoj naprednih tehnologija elektroničke navigacije ali i uvođenje drugih pomorskih tehnologija i međunarodnih propisa. Svaka velika pomorska katastrofa je potaknula poboljšanja usmjerenih na povećanje sigurnosti plovidbe i sprječavanje sličnih nesreća u budućnosti.

Potonuće RMS Titanica 1912. godine jedna je od najvećih pomorskih katastrofa u povijesti. Iako je Titanic bio opremljen naprednim navigacijskim alatima svog vremena, uključujući najsuvremeniji radio-telegrafski sustav, Titanic se sudario sa santom leda u sjevernom Atlantiku, što je rezultiralo gubitkom više od 1500 života. Naknadne istrage o katastrofi otkrile su nedostatke u koordinaciji spasilačkih napora, komunikaciji i otkrivanju prepreka poput santi leda.

Nakon katastrofe Titanica, sudar brodova SS Andrea Doria i MS Stockholm 1956. dodatno je naglasio potrebu za napretkom u elektroničkoj navigaciji. Sudar ova dva broda je istaknuo ograničenja postojećih radarskih sustava u otkrivanju i izbjegavanju drugih plovila, osobito u nepovoljnim vremenskim uvjetima, a ukazao je i na činjenicu da posada brodova općenito ne rukuje dobro s postojećom opremom. Uloženi su stoga veliki naponi da se unaprijedi radarska tehnologija, što je dovelo do razvoja sofisticiranijih radarskih sustava s poboljšanim mogućnostima praćenja i identifikacije objekata na moru.

Nasukanje kruzera Costa Concordia u blizini obale Giglia u Italiji 2012. godine, ponovno je pokrenulo rasprave o neadekvatnosti opreme i procedura te važnosti uređaja elektroničke navigacije u pomorskoj sigurnosti. Tragična nesreća je razotkrila propuste u navigacijskim postupcima i istaknula potrebu za sveobuhvatnom obukom u korištenju elektroničkih navigacijskih sustava poput moderne kartografije i praćenja položaja broda. Kao odgovor, pojačan je naglasak na integraciji ECDIS sustava na brodovima, pružajući navigatorima pristup elektroničkim navigacijskim kartama u stvarnom vremenu i povećavajući svijest o

poziciji broda i općoj navigacijskoj situaciji. Istovremeno, unaprijeđeni su zahtjevi za jasnu, nedvosmislenu komunikaciju između članova plovidbene straže na zapovjedničkom mostu.

Uz tri detaljno opisane nesreće, mogle bi se nabrajati još mnoge koje su donijele značajne promjene u pomorstvo. U ovom radu se ograničilo na one nesreće koje su imale značajan utjecaj na razvoj sustava elektroničke navigacije. No u nekim opširnijim pregledima trebalo bi spomenuti i događaj izlivanja nafte iz tankera Exxon Valdez, 24. ožujka 1989. u Prince William Soundu na Aljasci. To je bio još jedan tragičan događaj koji je neizravno potaknuo napredak u elektroničkoj navigaciji, razotkrivši nedostatke u navigacijskim i sigurnosnim protokolima, što je kasnije dovelo do razvoja i konačne implementacije sustava elektroničkih karata.

Što donosi budućnost? Nalazimo se u izazovnom periodu pomorstva. Brodovi su sve veći pa će trenutačno najveći brodovi na svijetu, npr. kontejnerski brodovi klase Irina od MSC sa svojih 24.346 TEU ili ULCC Seawise Giant sa 458 metara duljine, ubrzo biti premašeni novim projektima. Ne samo po veličini, jer npr. Kina planira izgraditi kontejnerski mega-brod s nuklearnim reaktorom umjesto klasičnog motora (Dalton, 2014). Autonomni brodovi bez ljudske posade već se testiraju, a možemo očekivati da će postati standard na morima sljedećih desetljeća. Brojni izazovi poput ovih nalažu sve naprednije navigacijske sustave i sve striktnije procedure upravljanja tehnologijom. I brodovima bez posade također će upravljati ljudi, daljinskim putem i tad će proceduralne pogreške vjerojatno biti još opasnije nego danas jer će biti teže detektirati opasnu situaciju na moru iz nekog ureda udaljenog tisućama nautičkih milja.

No ne moramo ići tako daleko ni u budućnost ni u pomorske mega-projekte. Poznato je kako npr. na Jadranu uslijed povećanja broja turističkih brodicica svakog ljeta ima sve više pomorskih nezgoda (Toman i Zec, 2020). Za pretpostaviti je da će te nesreće natjerati domaće zakonodavce na unaprijeđenje pravila, ponajprije onih koji se odnose na izdavanje domaćih dozvola za upravljanje brodicama.

Pomorske nesreće oduvijek su bile katalizatori promjena i donosile su nova tehnička i zakonodavna rješenja u pomorsku industriju, a sigurno će neke nove nesreće nastaviti s takvim unaprijeđenjem naše struke.

6. Literatura

1. Allen, C. H. (2005). *Farwell's Rules of the Nautical Road*. Naval Institute Press, Annapolis.
2. Allianz. (2017). Safety and shipping review 2017 [Press release], <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/news/safety-shipping-review-2017.html> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
3. Blakeley S. (2023). Wreck of the Andrea Doria. <https://study.com/academy/lesson/wreck-andrea-doria-overview-history-legacy.html> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
4. BBC (2015). Costa Concordia: What happened. <https://www.bbc.co.uk/news/world-europe-16563562> (pristupljeno: 19. 05. 2024.)
5. Bigg, G.R. i Wilton, D.J. (2014). Iceberg risk in the Titanic year of 1912: was it exceptional?. *Weather*, 69: 100-104.
6. Boubeta-Puig, J., Medina-Bulo, I., Ortiz, G., Fuentes-Landi, G. (2012). Complex event processing applied to early maritime threat detection. Proceedings from The 2nd International Workshop on Adaptive Services for the Future Internet and 6th International Workshop on Web APIs and Service Mashups, Association for Computing Machinery, New York: 1-4.
7. Britannica (2024a). Titanic, <https://www.britannica.com/topic/Titanic> (pristupljeno: 20. 05. 2024.)
8. Britannica (2024b). Tyrrhenian Sea, <https://www.britannica.com/place/Tyrrhenian-Sea> (pristupljeno: 11. 05. 2024.)
9. Carrothers, J. (1971). The Andrea Doria-Stockholm Disaster: Accidents Don't Happen. *US Naval Institute Proceedings*, 97/8/822. <https://www.usni.org/magazines/proceedings/1971/august/andrea-doria-stockholm-disaster-accidents-dont-happen> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
10. Chen H. (2019). Toward future autonomous ship Navigation (laying the ground work) (2024). <https://www.linkedin.com/pulse/toward-future-autonomous-ship-navigation-laying-ground-henry-chen> (pristupljeno: 15. 05. 2024.)

11. Coastal Data Information Program (2019). Glossary of Coastal Engineering terms, <https://cdip.ucsd.edu/m/documents/glossary.html> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
12. Dalton, D. (2024). China Unveils Plans For ‘Largest Ever’ Container Ship, Powered By Thorium Reactor. <https://www.nucnet.org/news/china-unveils-plans-for-largest-ever-container-ship-powered-by-thorium-reactor-1-5-2024> (pristupljeno: 03. 05. 2024.)
13. Garmin (2017). About GPS. <https://www8.garmin.com/aboutGPS/> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
14. Grech, M. R. i Lutzhoft, M. (2016). Challenges and opportunities in user centric shipping: Developing a human centred design approach for navigation systems. Proceedings from OzCHI '16: The 28th Australian Conference on Computer-Human Interaction, Association for Machine Computing, New York: 96-104.
15. Hederstrom H. i Ritchie, J.N. (2016). New Organisation for Safe and Effective Operation of Cruise Ships, Captain Hans Hederstrom, FNI. <https://www.csmartalmere.com/wp-content/uploads/2016/11/Function-Based-Bridge-Organisation.pdf> (pristupljeno: 17. 05. 2024.)
16. International Maritime Organization (1995). Resolution A.817(19): Performance standards for electronic chart display and information systems (ECDIS), [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.817\(19\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Assembly/Documents/A.817(19).pdf) (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
17. Jenn, D. (2024). Radar fundamentals. Naval Postgraduate School, <http://faculty.nps.edu/jenn/seminars/radarfundamentals.pdf> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
18. Kalosh, A. (2013). How Costa Concordia changed the cruise industry. Sea Trade Cruise News. <https://www.seatrade-cruise.com/news-headlines/how-costa-concordia-changed-cruise-industry> (pristupljeno: 21. 05. 2024.)
19. Little B. (2023). The Costa Concordia Disaster: How Human Error Made It Worse. <https://www.history.com/news/costa-concordia-cruise-ship-disaster-sinking-captain> (pristupljeno: 23. 05. 2024.)
20. Lo, C. (2012). ECDIS: life-saving electronic navigation tech. <https://www.ship-technology.com/features/featureecdis-life-saving-electronic-navigation/> (pristupljeno:

15. 05. 2024.)
21. Maritime Executive (2019). SOLAS Amendments Related to Costa Concordia Entering into Force. <https://maritime-executive.com/article/solas-amendments-related-to-costa-concordia-entering-into-force> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
22. NOAA (2024). R.M.S Titanic - History and Significance. <https://www.noaa.gov/gc-international-section/rms-titanic-history-and-significance> (pristupljeno: 20. 05. 2024.)
23. Orbitshub (2024). The Andrea Doria: An Unforgettable Maritime Saga. <https://orbitshub.com/the-andrea-doria-an-unforgettable-maritime-saga/> (pristupljeno: 15. 05. 2024.)
24. Perez, G. (2019). Improving Maritime Electronic Navigation Systems to Improve Collision Avoidance. Captain, United States Navy. https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/24788/Perez_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
25. Toman I. i Zec, D. (2020). The analysis of recreational vessel groundings in Croatian waters of the Adriatic Sea. Pomorstvo, 34: 1.
26. Vinelli, C. (2020). Human factors: why they still prevail on technology . <https://www.linkedin.com/pulse/human-factors-why-still-prevail-technology-carlo-vinelli> (pristupljeno: 13. 05. 2024.)
27. Ward, C. (2010). From river to sea: Evidence for Egyptian seafaring ships. Journal of Ancient Egyptian Interconnections, 2(3): 42-49, <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jaei/article/download/68/72> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
28. Werner, J. (2017). The history of the rule of the road – sailing vessel history, <https://www.allatsea.net/the-history-of-the-rule-of-theroad/> (pristupljeno: 10. 05. 2024.)
29. Wikipedia (2024). https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Andrea_Doria (pristupljeno: 15. 05. 2024.)

7. Popis slika

- *Slika 1. Ilustracija dviju isprekidanih crta koje prikazuju kako se Stockholm kretao udesno i ulijevo od svog projektiranog kursa – ilustracija koja bi mogla objasniti proturječna svjedočanstva o položaju Dorie*
- *Slika 2. Prikaz međusobnih položaja brodova tri minute prije sudara.*
- *Slika 3. Prikaz relativnih položaja brodova jednu minutu prije sudara.*
- *Slika 4. Titanicova ruta preko Atlantika s glavnim elementima i usporedba s teorijskom loskodromom*
- *Slika 5. Ledena santa za koju se smatra da je potopila Titanic*
- *Slika 6. Prikaz ruti Costa Concordie (prethodna ruta 14.08.2011.; ljubičasta / prethodna ruta 6.01.2012.; žuta / ruta nesreće 13.01.2012.; narančasta)*
- *Slika 7. Ilustracija nasukanja Costa Concordie*