

# Antene komunikacijskih uređaja GMDSS sustava

---

**Grubelić, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:627960>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-10**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**KARLO GRUBELIĆ**

**ANTENE KOMUNIKACIJSKIH UREĐAJA GMDSS  
SUSTAVA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**ANTENE KOMUNIKACIJSKIH UREĐAJA GMDSS  
SUSTAVA**

**ANTENNAS OF COMMUNICATION DEVICES OF THE  
GMDSS SYSTEM**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Pomorske radiokomunikacije

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Mrak

Student: Karlo Grubelić

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070359

Rijeka, siječanj 2024.

Student: Karlo Grubelić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070359

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Antene komunikacijskih uređaja GMDSS sustava izradio samostalno pod mentorstvom prof. Doc. dr. sc. Zoran Mrak.

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

Student :

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'GK' followed by a long horizontal stroke.

Karlo Grubelić

Student: Karlo Grubelić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112070359

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student:



Karlo Grubelić

## **SAŽETAK**

Antene komunikacijskih uređaja na brodu pružaju vitalnu vezu između brodova i kopna te među brodovima na otvorenom moru. U ovom završnom radu kroz 5 poglavlja istražen je značaj MF/HF i VHF antena u GMDSS sustavu, uključujući njihove različite vrste, funkcije i ključne karakteristike. Svjetski pomorski sustav za pogibelj i sigurnost (*Global Maritime Distress and Safety System–GMDSS*) značajno je unaprijedio sigurnost navigacije i omogućio pomorcima dobivanje informacija koje su važne za sigurnost plovidbe. U ovom završnom radu je istražen i značaj EPIRB i SART uređaja koji se koriste u slučaju nesreće.

Ključne riječi: Antene, GMDSS, EPIRB, MF/HF, VHF.

## **SUMMARY**

On-board communications antennas provide a vital link between ships and land and between ships on the open seas. In this final assignment, through 5 chapters, the significance of MF/HF and VHF antennas in the GMDSS system, including their different types, functions and key characteristics, is explored. The Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) has significantly improved the safety of navigation and enabled seafarers to obtain information that is important for the safety of navigation. In this final assignment it is also investigated the importance of EPIRB and SART devices used in the event of an accident.

Keywords: Antennas, GMDSS, EPIRB, MF/HF, VHF.

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>I</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>I</b>
<b>1.UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GMDSS</b> .....	<b>2</b>
2.1. Ključne komponente GMDSS sustava .....	2
2.1.1 Radijski komunikacijski sustavi.....	3
2.1.2. DSC .....	4
2.1.3 EPIRB ( <i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i> ) .....	5
2.1.4 SART ( <i>Search and Rescue Transponder</i> ) .....	6
2.1.5 INMARSAT ( <i>International Maritime Satellite Organization</i> ) .....	8
2.2. Područja plovidbe unutar GMDSS sustava .....	9
<b>3. TEHNIČKI ASPEKTI ANTENE</b> .....	<b>11</b>
3.1. Parametri antene .....	12
3.1.1 Dobitak antene .....	13
3.1.2 Polarni dijagram zračenja.....	14
3.1.3 Impedancija antene .....	16
3.1.4 Širina pojasa antene ( <i>bandwidth</i> ).....	18
3.1.6 Efikasnost.....	20
3.1.7 Polarizacija.....	20
<b>4.VRSTE ANTENA</b> .....	<b>22</b>
4.1 MF/HF ( <i>medium frequency/ high frequency</i> ) .....	23
4.2 VHF ( <i>Very High Frequency</i> ) .....	24
4.3 Navtex.....	26
4.4 AIS( <i>Automatic Identification System</i> ) .....	26

4.6 Antena brodskog radara .....	28
4.7 Satelitska antena .....	29
<b>5. UTJECAJ OKOLINE NA ANTENE .....</b>	<b>33</b>
5.1 Atmosferski uvjeti i refrakcija .....	33
5.2 Prepreke i elektromagnetski šum.....	34
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>35</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>36</b>
<b>KAZALO KRATICA.....</b>	<b>37</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>38</b>



## 1.UVOD

Razvoj antena na brodovima tijekom godina uključuje prilagodbu antenskih rješenja za pomorske uvjete, zahtjeve komunikacije na moru i integraciju s različitim komunikacijskim sustavima. Evo pregleda glavnih aspekata razvoja antena na brodovima. Antene na brodovima moraju biti otporne na agresivne morske uvjete kao što su vjetar, kiša i morska sol. Materijali koji se koriste za izradu antena na brodovima moraju biti otporni na koroziju, UV zračenje i druge utjecaje koji mogu uzrokovati oštećenja antene tijekom vremena. Uređaji ovisno o frekvencijskom području na kojem rade koriste različite vrste antena za različite svrhe, uključujući hitne pozive, primanje navigacijskih informacija, razmjenu informacija između brodova te komunikaciju s obalnim postajama radi nadzora i koordinacije pomorskog prometa. Na brodovima može biti prisutno mnogo elektroničkih sustava koji mogu uzrokovati interferencije s antenama. Antene na brodovima trebaju biti integrirane u brodsku strukturu. To može uključivati postavljanje antena na jarbolima, ogradama ili drugim prikladnim mjestima na brodu kako bi se postigla optimalna izloženost i usmjerenost signala. S napretkom u komunikacijskim tehnologijama, antene na brodovima prate nove trendove i zahtjeve.

## 2. GMDSS

GMDSS (*Global Maritime Distress and Safety System*) je međunarodni sustav komunikacija i sigurnosti na moru. Sustav GMDSS bazira se na međunarodno dogovorenim postupcima sigurnosti, vrstama komunikacijskih uređaja i protokola komunikacije, koji se upotrebljavaju za lakše i brže spašavanje, a time i povećanjem sigurnosti na moru. Sustav GMDSS propisuje obveznu ugradnju radio uređaja za sva SOLAS plovila ovisno od njihovog područja plovidbe. Razvijen je kako bi poboljšao sigurnost pomorske plovidbe i olakšao komunikaciju između brodova, obalnih postaja i nadležnih tijela u hitnim situacijama. GMDSS je obavezan za sve trgovačke brodove međunarodne plovidbe veće od 300 GT i putničke brodove. GMDSS sustav ima standardizirane postupke, protokole i propise koji se moraju poštivati kako bi se osigurala učinkovita komunikacija i hitna pomoć na moru. Osoblje broda mora proći odgovarajuće obuke kako bi pravilno koristili opremu. Glavni cilj GMDSS-a je osigurati sigurnu komunikaciju i praćenje pomorskog prometa te pružiti hitnu pomoć u slučaju nesreća ili drugih izvanrednih situacija na moru. Sustav se koristi za slanje hitnih poziva za pomoć i primanje informacija o navigaciji.



**Slika 1. Shematski prikaz koncepta rada GMDSS sustava**

Izvor: <https://www.raadbeco.com/en/gmdss/>

### 2.1. Ključne komponente GMDSS sustava

GMDSS koristi različite frekvencije i vrste radijskih komunikacijskih sustava za različite svrhe. To uključuje VHF (*Very High Frequency*) radio za komunikaciju na kratkim

udaljenostima, MF/HF (*Medium Frequency/High Frequency*) radio za komunikaciju na dugim udaljenostima, satelitske komunikacije poput INMARSAT sustava, Iridium satelitski sustav kao i Navtex (*Navigational Telex*) sustav za primanje sigurnosnih informacija.

DSC (*Digital Selective Calling*) je digitalni način pozivanja putem radijskih sustava. DSC omogućuje brodu da uputi selektivne pozive drugim brodovima ili obalnim postajama putem digitalnih signala, uključujući hitne pozive za pomoć. Ova tehnologija poboljšava učinkovitost komunikacije, ubrzava reakciju na hitne situacije i pomaže u sigurnosti na moru. DSC također omogućuje automatski prijem i dekodiranje poziva.

EPIRB (*Emergency Position Indicating Radio Beacon*) je prijenosni uređaj koji se aktivira u hitnim situacijama kako bi označio poziciju broda i poslao signal za hitnu pomoć. EPIRB koristi satelitsku komunikaciju za slanje hitnih signala i informacija o poziciji.

SART (*Search and Rescue Transponder*) je uređaj koji se koristi za označavanje pozicije broda u slučaju potrage i spašavanja. SART uređaj emitira radijske signale koji pomažu spasiteljima da lociraju poziciju broda u slučaju nesreće. Kada je aktiviran, SART šalje serije signala koji se mogu detektirati od strane radara na drugim brodovima ili zrakoplovima te pomažu u brzom pronalasku i spašavanju posade.

INMARSAT je satelitska mreža koja omogućuje globalnu komunikaciju na moru putem satelita. Koristi se za hitne pozive, prijenos podataka, telefonske pozive i druge komunikacijske svrhe.

### **2.1.1 Radijski komunikacijski sustavi**

Radijski komunikacijski sustavi su tehnološki sustavi koji omogućuju prijenos informacija putem radijskih valova. Oni se koriste u raznim industrijama i područjima, uključujući pomorstvo, telekomunikacije, vojne operacije, zrakoplovstvo, javnu sigurnost i mnoge druge. Ovdje su neki od najčešće korištenih radijskih komunikacijskih sustava: VHF (*Very High Frequency*) radio: VHF radio sustavi koriste se za komunikaciju na malim udaljenostima. Oni pružaju visoku kvalitetu prijenosa glasa i imaju široku primjenu u pomorskim, zračnim i kopnenim komunikacijama. Primjeri uključuju VHF radiostanice koje koriste brodovi, zrakoplovi, vozila hitne pomoći, vatrogasci i sl.

UHF (*Ultra High Frequency*) radio: UHF radio sustavi koriste se za komunikaciju na kraćim udaljenostima u urbanim područjima, industrijskim postrojenjima, vojnim operacijama i drugim situacijama.

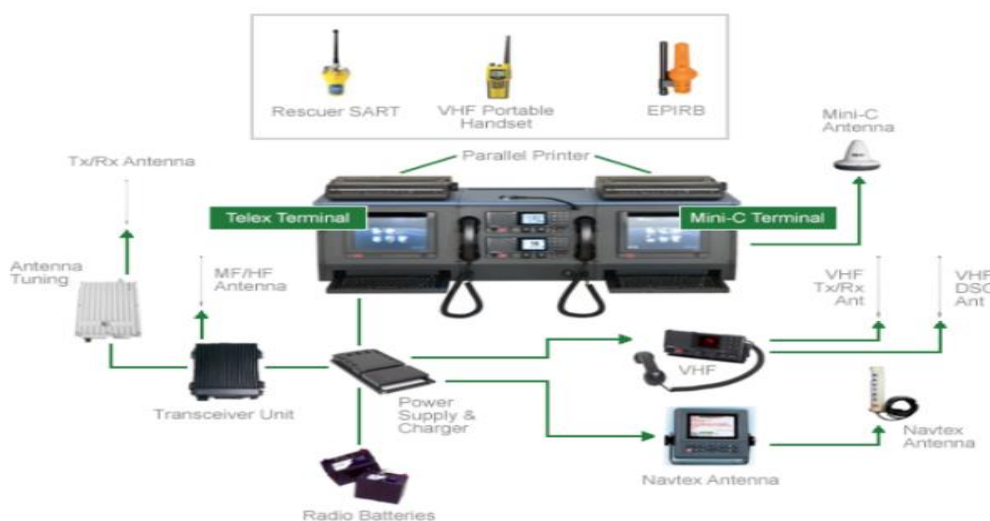
MF/HF (*Medium Frequency/High Frequency*) radio: MF/HF radio sustavi koriste se za komunikaciju na velikim udaljenostima na moru, posebno za komunikaciju između brodova i obalnih postaja na većim udaljenostima. Oni se koriste u GMDSS sustavu za hitne pozive, navigacijske informacije i razmjenu podataka.

Satelitska komunikacija: Satelitski komunikacijski sustavi koriste komunikacijske satelite za prijenos signala između različitih lokacija. Oni omogućuju globalnu pokrivenost i koriste se za telefonske pozive, prijenos podataka, praćenje vozila, navigaciju i druge komunikacijske svrhe.

Digitalni komunikacijski sustavi: Digitalni radijski sustavi, poput TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) i DMR (*Digital Mobile Radio*), koriste digitalne tehnologije za prijenos glasa i podataka. Navedeni sustavi se ne koriste u pomorstvu. Oni pružaju bolju kvalitetu zvuka, veću učinkovitost spektra i dodatne značajke poput tekstualnih poruka, GPS praćenja i enkripcije.

### 2.1.2. DSC

DSC (*Digital Selective Calling*) je digitalni način pozivanja i komunikacije putem radijskih sustava koji se koristi u GMDSS (*Global Maritime Distress and Safety System*)



**Slika 2. Radio komunikacijski uređaji na brodovima koji su opremljeni u skladu s GMDSS propisima**

Izvor: <https://www.jason.com.sg/gmdss>

sustavu. DSC omogućuje brodovima da šalju hitne pozive i sigurnosne poruke drugim brodovima ili obalnim postajama putem radijskih frekvencija. Ova tehnologija zamjenjuje tradicionalne glasovne pozive i pruža brži i učinkovitiji način pozivanja u hitnim situacijama na moru.

DSC se koristi za slanje sljedećih vrsta poziva:

1. Hitni pozivi: DSC omogućuje brze hitne pozive u slučaju opasnosti ili hitne potrebe za pomoći. Kada se aktivira hitni poziv, poruka se šalje svim brodovima i obalnim postajama u dometu, a sadrži informacije o poziciji, vrsti opasnosti i ostale važne informacije. Ova funkcija omogućuje brzu reakciju i pomoć u hitnim situacijama.
2. Pozivi prema identifikacijskom broju: DSC omogućuje pozive prema određenom brodu ili obalnoj postaji putem identifikacijskog broja, poznatog kao MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*). To omogućuje ciljanu komunikaciju i pozivanje specifičnog broda ili postaje.

DSC je sustav koji služi za slanje preddefiniranih digitalnih poruka putem sustava kao što su VHF (*Very High Frequency*) radio, MF/HF (*Medium Frequency/High Frequency*) radio. Ova integracija omogućuje brzu i jednostavnu komunikaciju putem DSC-a, potvrde primitka i slanje podataka. Važno je pravilno konfigurirati DSC postavke, uključujući odgovarajući identifikacijski broj (MMSI), kako bi se osigurala točna identifikacija i sigurna komunikacija.

### **2.1.3 EPIRB (*Emergency Position Indicating Radio Beacon*)**

EPIRB (*Emergency Position Indicating Radio Beacon*) je radio plutača za otkrivanje mjesta nesreća, uključuje se automatski i ručno. Pokretna je postaja čija emisija ima svrhu pomoći u traganju i spašavanju na moru.

COSPAS/SARSAT EPIRB odašilje signal pogibije na frekvenciji 406,025 za lociranje i na frekvenciji 121,5 MHz za lociranje i navođenje.

Pored ovakve plutače koja je isključivo namijenjena za pomorstvo postoje još dvije vrste predajnika:

1. ELT - *Emergency Locator Transmitter* namijenjen za zrakoplovstvo
2. PLB - *Personal Locator Beacon* namijenjen za kopno.

Na brodovima se koristi COSPAS/SARSAT EPIRB koji se automatski aktivira prilikom pada u more, ali može se aktivirati i ručno posebnim prekidačem. Prekidač ima dva položaja. U prvom položaju testira se rad plutače, a ispravan rad signalizira se bljeskanjem posebne sijalice. Postavljanjem prekidača u krajnji položaj plutača se aktivira. Signale prima jedan ili više satelita COSPAS/SARSAT sustava koji se nalaze u polarnoj orbiti i mjerenjem razlike emitirane i primljene frekvencije (Doplerov pomak) određuje se pozicija plutače. Plutača emitira i identifikaciju brodske postaje. Izvor napajanja omogućuje rad od 48 sati.

#### 2.1.4 SART (*Search and Rescue Transponder*)

SART (*Search and Rescue Transponder*) je uređaj koji omogućuje lociranje objekta u nesreći na ekranima radara jedinice za spašavanje pokazujući smjer na ekranu serijom od 12 točaka na jednakoj udaljenosti. Ovaj uređaj obavezan je dio opreme u sklopu sustava GMDSS.



**Slika 3. Primjer rada EPIRB uređaja**

Izvor: <https://www.giornaledellavela.com/>

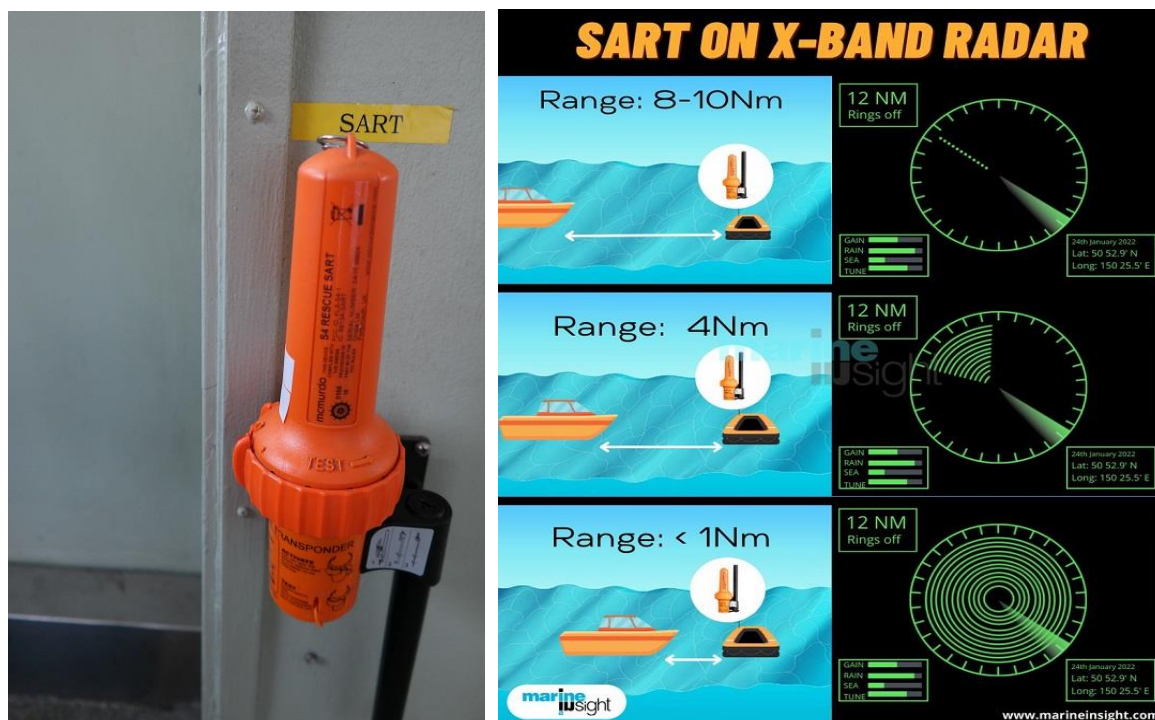
Radarski transponder radi na frekvenciji od 9 GHz (9,2-9,5), odnosno na radarskom X- području (3 cm). Ima dvije vrste rada: pasivan rad u stanju očekivanja radarskog impulsa i izvor napajanja omogućava rad u trajanju od 96 sati i aktivno emitiranje kada se pobudi i izvor napajanja omogućuje rad u trajanju od 8 sati.

Posjedovanje SART-a po SOLAS-u obavezno je od veljače 1995. godine, a moraju ga imati svi brodovi iznad 500 BRT na svakoj strani broda, a putnički brodovi za svaku brodicu za spašavanje. Trgovački brodovi od 300-500 BRT moraju imati samo jedan transponder. Mora

biti postavljen na takvom mjestu da ga je lako prenijeti u brodicu ili splav za spašavanje. Može raditi na temperaturi od  $-20^{\circ}$  do  $+55^{\circ}\text{C}$ . Antena mora biti najmanje 1 m iznad mora, te se signal može uhvatiti na udaljenosti od 10 Nm ako je radarska antena na 15 m visine, a avioni uhvate signal na udaljenosti od 30 Nm.

Transponder mora:

1. moći lako uključiti u rad bilo koja osoba
2. imati sredstvo za zaštitu od nenamjernog ukopčavanja
3. imati optičku ili akustičnu indikaciju rada
4. osigurati indikaciju u režimu spremnosti
5. osigurati ručno ukopčavanje i iskapčanje
6. izdržati bacanje u vodu bez oštećenja sa 20 m visine
7. biti vodonepropusan na 10 m dubine najmanje 5 min
8. prilikom uranjanja zadržati vodonepropusnost na promjeni temperature za  $45^{\circ}\text{C}$
9. imati plovnost
10. imati plutajući konop samo za tegljenje
11. biti otporan na djelovanje morske vode i nafte
12. biti otporan na dugotrajno djelovanje sunčanih zraka
13. biti dobro vidljive žutonarančaste boje
14. imati glatku vanjsku površinu da ne izazove oštećenja plovećih sredstava za spašavanje
15. na sebi treba imati kratke upute za rukovanje i datum isteka roka trajanja izvora napajanja.



**Slika 4. Primjer SART uređaja i prikaz SART uređaja na radaru**

Izvor: <https://www.maritime.edu/follow-the-voyage/safety-first/safety-first-sart-search-and-rescue-transponder>

### 2.1.5 INMARSAT (*International Maritime Satellite Organization*)

INMARSAT (*International Maritime Satellite Organization*) je globalni satelitski operater koji pruža komunikacijske usluge na moru, u zraku i na kopnu. INMARSAT je osnovan 1979. godine i od tada je postao vodeći pružatelj satelitskih komunikacija za pomorstvo, zrakoplovstvo, vladine organizacije, energetiku, medije i druge sektore diljem svijeta.

Evo nekoliko ključnih informacija o INMARSAT-u:

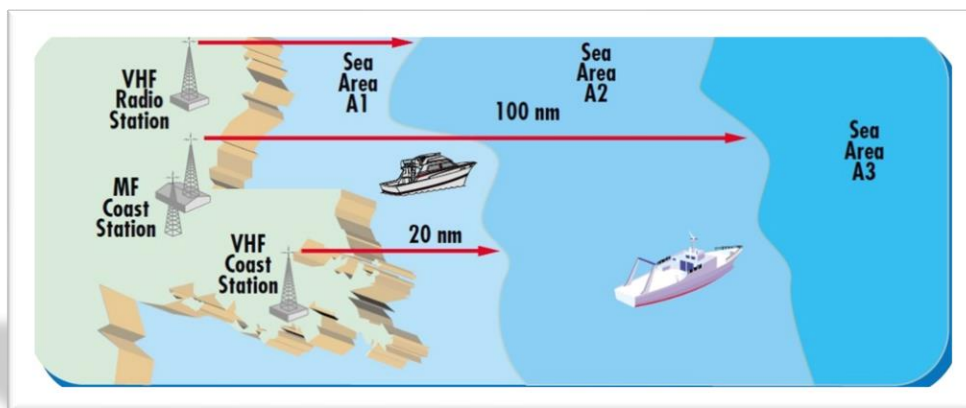
1. Komunikacijske usluge: INMARSAT pruža širok spektar komunikacijskih usluga, uključujući glasovne pozive, podatkovne usluge, mobilni internet, sigurnosne usluge, praćenje i pozicioniranje, video konferencije i druge usluge komunikacije. Ove usluge omogućuju brodovima i zrakoplovima da održe povezanost i komunikaciju čak i u udaljenim područjima.
2. GMDSS: INMARSAT je dio GMDSS (*Global Maritime Distress and Safety System*) sustava, INMARSAT pruža satelitske usluge za hitne pozive, sigurnosne poruke.



3. Satelitske mreže: INMARSAT koristi niz satelita koji su raspoređeni u geostacionarnoj orbiti kako bi osigurao kontinuiranu pokrivenost i kvalitetu komunikacije. Ti sateliti prenose signale između korisnika i zemaljskih stanica, omogućujući prijenos podataka i komunikaciju širom svijeta.
4. Tehnologije: INMARSAT koristi različita frekvencijska područja za satelitsku komunikaciju, uključujući L-band, Ka-band i S-band. Svako područje ima svoje prednosti i pruža odgovarajuće kapacitete i brzinu prijenosa podataka, ovisno o potrebama korisnika.

INMARSAT igra važnu ulogu u održavanju sigurnosti i povezanosti na moru, u zraku i na kopnu diljem svijeta. Njihove usluge pružaju ključnu podršku pomorskoj industriji, zrakoplovstvu, vladinim organizacijama i drugim sektorima koji se oslanjaju na pouzdanu i globalnu komunikaciju.

## 2.2. Područja plovidbe unutar GMDSS sustava



**Slika 5. Područja plovidbe unutar GMDSS sustava**

Izvor: [https://infoshipping.tripod.com/gmdss\\_concept.html](https://infoshipping.tripod.com/gmdss_concept.html)

Osnovna razlika između prijašnjeg sustava i GMDSS-a je ta da je stari sustav potrebnu opremu određivao po veličini broda, npr. veći brod koji plovi u maloj obalnoj plovidbi morao je imati više opreme nego manji brod u oceanskoj plovidbi. Novi sustav je to promijenio i bez obzira na veličinu broda obveznu opremu definirao prema četiri područja plovidbe:

A1 – Područje pokrivenosti barem jedne VHF obalne stanice u mogućnosti primanja DSC alarma. Proteže se oko 30-50 milja od antene obalne stanice.

A2 - Područje, bez A1, koje pokriva barem jedna MF obalna stanica u mogućnosti primanja DSC alarma. Proteže se oko 150 milja od antene obalne stanice.

A3 - Područje, bez A1 i A2, pokriveno signalom INMARSAT satelitskog sustava preko kojeg je moguće uzbuđivanje. Pokriva područje između geografskih širina 70° sjeverno i 70° južno.

A4 – Područje izvan područja A1, A2 i A3. Polarna područja sjevernije od 70° sjeverno i južnije od 70° južno. Komunikacija se odvija na HF-u (polarna područja koja nisu pokrivena INMARSAT satelitima).

### 3. TEHNIČKI ASPEKTI ANTENE

Antena je električni uređaj koji se koristi za prijenos ili prijem elektromagnetskih valova. Ona je ključna komponenta u komunikacijskim sustavima i omogućuje prijenos signala između uređaja. Antene se koriste u raznim područjima kao što su radio komunikacija, televizija, mobilne komunikacije, satelitske komunikacije, bežični prijenos podataka i mnogi drugi. U pomorstvu, antena je električni uređaj koji se koristi za prijenos ili prijem elektromagnetskih valova u svrhu komunikacije na moru. Antene u pomorstvu imaju ključnu ulogu u osiguravanju komunikacije između brodova, obalnih postaja, zrakoplova i drugih relevantnih subjekata. One omogućuju prijenos informacija, navigacijskih podataka, hitnih poziva i drugih komunikacijskih poruka. Različite frekvencije elektromagnetskog spektra ponašaju se na različite načine kada se susretnu s preprekama poput zgrada, brda ili vode. Niže frekvencije, poput MF i HF, bolje prolaze kroz prepreke i reflektiraju se manje od viših frekvencija poput VHF i UHF. To znači da niže frekvencije mogu biti korisne u situacijama gdje komunikacija treba prodrijeti kroz prepreke. Više frekvencije obično imaju ravnu putanju širenja signala i stvaraju "vidljivu liniju" između antena. Niže frekvencije se bolje šire na daleke udaljenosti i imaju sposobnost "skakanja" preko prepreka. Više frekvencije imaju veću rezoluciju i bolju sposobnost razlikovanja detalja. To može biti korisno za komunikaciju koja zahtijeva precizne informacije, kao što su navigacijske instrukcije ili hitne poruke. Prilikom odabira frekvencije, važno je uzeti u obzir regulacije i ograničenja propisana od strane relevantnih agencija. Na višim frekvencijama, poput mikrovalova i milimetarskih valova, refleksije od površina i prepreka postaju veći problem. Međutim, koristeći odgovarajuće antene i dizajnirajući sustave za minimiziranje refleksija, moguće je koristiti ove frekvencije u urbanim okruženjima. Drugi faktor koji treba uzeti u obzir je prirodno zračenje elektromagnetskog spektra. Pozadinsko zračenje iz svemira stvara smetnje na cijelom spektru radio valova, negdje veće a negdje manje.

### 3.1. Parametri antene

Parametri antene su specifične karakteristike koje opisuju njezinu učinkovitost i performanse. Evo nekoliko ključnih parametara antene:

**Dobitak (*Gain*):** Dobitak antene mjeri koliko je antena usmjerena u određenom smjeru ili koliko dobro pojačava elektromagnetske signale. Veći dobitak znači bolje usmjeravanje signala i jači prijem ili prijenos signala u određenom smjeru.

**Polarni dijagram zračenja:** Polarni dijagram zračenja prikazuje raspodjelu snage ili osjetljivosti antene u različitim smjerovima. Ovaj dijagram pokazuje kako antena zrači ili prima signale u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini te može biti omni-direkcionalan, usmjereni snop, sektorizirani ili neki drugi oblik.

**Impedancija:** Impedancija antene odnosi se na prilagodbu električnog signala između antene i prijemnog ili odašiljačkog sustava. Pravilna impedancija osigurava optimalnu prijenosnu učinkovitost i minimizira gubitke signala.

**Širina pojasa antene (*Bandwidth*):** Širina pojasa antene se odnosi na raspon frekvencija na kojem antena može učinkovito prihvatiti ili emitirati signale. Širi pojas omogućuje veću fleksibilnost u korištenju različitih frekvencija.

**VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*):** VSWR je mjera koliko dobro antena odgovara impedanciji prijemnog ili odašiljačkog sustava. Niži VSWR ukazuje na bolje odgovaranje i minimiziranje refleksija signala.

**Efikasnost:** Efikasnost antene odražava koliko dobro antena pretvara primljenu ili poslanu električnu energiju u elektromagnetske valove. Veća efikasnost znači manje gubitaka i bolju iskorištenost energije.

**Polarizacija:** Polarizacija je definirana krivuljom koju opisuje vektor električnog polja u vremenu u toj ravnini. Za elektromagnetski val polarizacija je zapravo ravnina u kojoj električni val vibrira. Polarizacija može biti linearna (vertikalna, horizontalna) ili kružna (desna ili lijeva).

Ovi parametri antene igraju važnu ulogu u njezinoj sposobnosti prijena i prijema signala. Prilikom odabira antene, treba uzeti u obzir specifične potrebe komunikacijskog sustava, frekvenciju, okruženje, propise i druge faktore kako bi se osigurala optimalna komunikacija.

### 3.1.1 Dobitak antene

Dobitak antene je temeljna karakteristika koja igra ključnu ulogu u projektiranju i optimizaciji radijskih sustava. To je mjera koliko učinkovito antena koncentrira energiju u određenom smjeru i povećava snagu signala u tom smjeru u usporedbi s izlaznom snagom iz izvora signala. Dobitak antene izražava se u decibelima (dB) i predstavlja odnos između snage signala koja se dobiva na anteni i snage signala koja bi se dobila na referentnoj anteni. Izotropna antena je teoretska antena koja ravnomjerno zrači snagu u svim smjerovima. Mjernom jedinicom dBi izražava se pojačanje antene kada se uspoređuje s izotropnim modelom antene (ne stvarnom antenom, već idealnim modelom antene).

Izračun dobitka za paraboličke antene:

$$G(dBi) = 10 * \log_{10} \frac{\eta * 4 * \pi * A}{\lambda^2}$$

$\eta$  - efikasnost antene

$G$  - Dobitak antene (izražen u decibelima, dB)

$A$  - Faktor efikasne površine antene (izražen u kvadratnim metrima, m<sup>2</sup>)

$\lambda$  - Valna duljina signala;  $\lambda = \frac{c}{f}$

$c = 3 \times 10^8$  m/s

$f$  = frekvencija [hz]

### 3.1.2 Polarni dijagram zračenja

Polarni dijagram zračenja antene je graf koji ilustrira kako antena zrači elektromagnetske valove u prostoru, ovisno o smjeru. Ovaj dijagram igra ključnu ulogu u analizi i optimizaciji performansi antene, omogućujući inženjerima i tehničarima da razumiju kako će antena primati i odašiljati signale u različitim smjerovima.

Polarni dijagram zračenja sastoji se od dvije osnovne komponente:

**Azimutalna ravnina:** ova ravnina predstavlja horizontalni aspekt dijagrama i ilustrira kako antena zrači u okomitim ravninama koje prolaze kroz os antene. Na grafu, azimutalna ravnina često je prikazana u obliku kruga ili dijagrama koji se proteže oko antene.

**Elevacijska ravnina:** elevacijska ravnina predstavlja vertikalni aspekt dijagrama i pokazuje kako antena zrači u smjeru prema gore ili prema dolje. To je obično prikazano na dijagramu zračenja kao graf koji se proteže prema gore i prema dolje iznad antene.

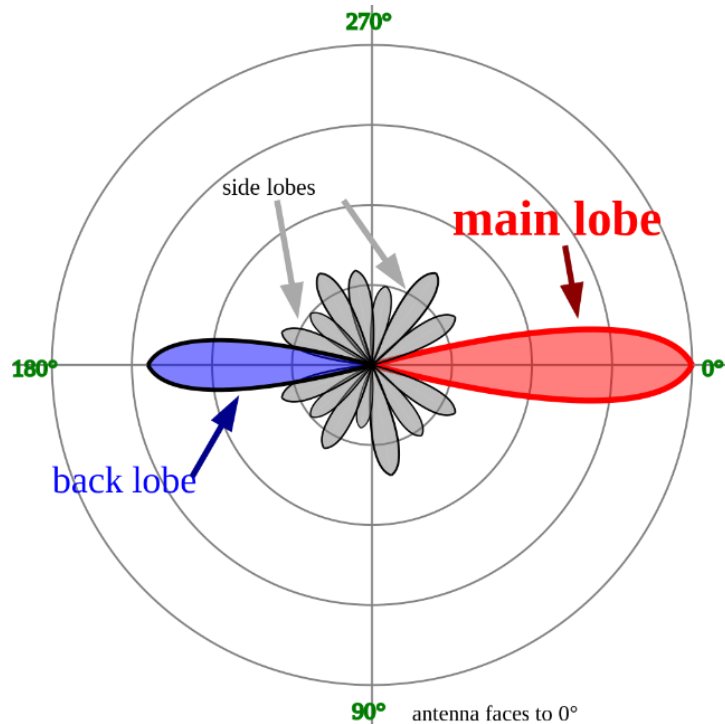
Kako se koristi polarni dijagram zračenja:

1. **Orijentacija antene:** polarni dijagram zračenja omogućuje inženjerima da odaberu odgovarajuću orijentaciju antene kako bi postigli željeni pokrivač ili usmjeravanje signala. Na primjer, za bežičnu komunikaciju između dvaju točaka može se koristiti usmjereni dipol s uskim dijagramom zračenja.
2. **Analiza interferencija:** polarni dijagram zračenja pomaže u analizi interferencija između različitih antena. Ako dvije antene zrače u istom smjeru, može doći do interferencije signala, a polarni dijagram pomaže u vizualizaciji ovih interakcija.
3. **Radijus pokrivanja:** polarni dijagram zračenja također omogućuje uvid u radijus pokrivanja antene. Antene s širim dijagramima zračenja mogu pokrivati veće površine, dok one s uskim dijagramima mogu doseći veće udaljenosti.
4. **Optimizacija signala:** razumijevanje kako antena zrači omogućuje inženjerima optimizaciju performansi signala. To uključuje pravilno usmjeravanje antene i smanjenje nepoželjnih zračenja u smjerovima gdje nisu potrebna.

Polarni dijagram zračenja antene je izvor informacija o tome kako se antena ponaša u različitim smjerovima. Ovdje su još neki važni pojmovi i karakteristike vezane uz polarni dijagram zračenja:

1. glavna širina (*HPBW - half power beamwidth*): to je kutni raspon u kojem antena zrači s više od pola svoje maksimalne snage. HPBW je važan jer ukazuje na širinu dijagrama zračenja i koliko široko antena pokriva područje.
2. bočne latice (*side lobes*): ovi su manji dijelovi dijagrama zračenja koji se šire izvan glavnog smjera. nebitni dijagrami zračenja mogu uzrokovati interferenciju i smanjenje učinkovitosti komunikacijskog sustava.
3. gain-to-back ratio: to je omjer između dobitka antene u smjeru najboljeg zračenja i dobitka antene u smjeru obrnutom od najboljeg zračenja. Veliki dobitak ukazuje na dobru usmjerenost antene.
4. antenski dijagrami zračenja s više smjerova: neki antenski dijagrami zračenja prikazuju dobitak antene u više smjerova, često u obliku grafikona koji pokazuju dobitak u odnosu na azimutalni i elevacijski kut.
5. ohmska komponenta impedancije antene sastoji se od otpora zračenja i otpora gubitaka uslijed disipacije u samim vodičima strukture antene. Otpor zračenja je definiran kao ekvivalentan otpor na kojem se troši snaga jednaka ukupnoj zračevoj snazi antene, ako je struja kroz taj otpor jednaka struji na stezaljkama antene.
6. električna duljina antene (*electrical length*): to je duljina antene u smislu elektromagnetskih valova i ovisi o frekvenciji signala. Ova karakteristika utječe na kako se antena ponaša u određenom frekvencijskom rasponu.
7. vertikalni i horizontalni polarni dijagrami: antene mogu imati različite polarne dijagrame zračenja ovisno o orijentaciji, uključujući vertikalne i horizontalne dijagrame.
8. dijagrami zračenja s zakretanjem (*steerable antenna patterns*): neki napredni sustavi koriste antene s dijagramima zračenja koji se mogu mijenjati i usmjeravati prema potrebi za boljim praćenjem signala.
9. main lobe (glavna latica): glavna latica je centralni dio polarnog dijagrama zračenja antene u kojem se koncentrira većina energije. To je smjer u kojem antena zrači najviše svoje snage. Glavna latica obično obuhvaća onaj dio dijagrama zračenja u kojem je dobitak antene najveći i gdje se signal najjače primi ili odašilje.

10. back lobe (stražnja latica): stražnja latica je dio polarnog dijagrama zračenja koji se proteže iza glavne latice. To su smjerovi u kojima antena zrači energiju suprotno od glavnog smjera. Stražnja latica obično sadrži manje energije od glavne latice, ali može uzrokovati interferenciju ili smanjenje učinkovitosti komunikacijskog sustava.



**Slika 6. Polarni dijagram zračenja antene**

Izvor: <https://en.wikipedia.org/wiki/Directivity>

### 3.1.3 Impedancija antene

Impedancija antene je mjera električnog otpora koji pruža antena prema prijemnom ili odašiljačkom sustavu. Ona odražava prilagodbu između električnog signala koji se šalje kroz antenu i impedancije prijemnika ili odašiljača kako bi se postigla maksimalna prijenosna učinkovitost. Impedancija antene mjeri se u ohmima ( $\Omega$ ) i sastoji se od dvije komponente: realnog dijela (otpornosti) i imaginarnog dijela (reaktancije). Realni dio odražava djelomične gubitke energije u anteni, dok imaginarni dio odražava interakciju električnih i magnetskih polja unutar antene.



Pravilna impedancija antene izuzetno je važna jer utječe na nekoliko ključnih aspekata komunikacijskog sustava:

1. Maksimizacija snage signala: Ako impedancija antene nije pravilno prilagođena, dolazi do nepotpunog prenošenja snage signala između antene i prijemnika. To može rezultirati gubicima u snazi signala i smanjenim dometom komunikacije.
2. Minimizacija refleksija: Pravilno prilagođena impedancija smanjuje refleksije signala nazad prema izvoru, što poboljšava učinkovitost i kvalitetu komunikacije.
3. Optimalna efikasnost antene: Impedancija također utječe na efikasnost antene u prijenosu i prijemu signala. Pravilno prilagođena impedancija omogućuje anteni da bolje zrači i prima signale.

Prilagođavanje impedancije antene obično se postiže pomoću uređaja poznatih kao "antenski prilagodnici". Ovi uređaji prilagođavaju impedanciju antene tako da odgovara impedanciji prijemnika. Pravilna primjena ovih uređaja osigurava da se maksimalna snaga signala prenosi između antene i uređaja te smanjuje refleksije.

Impedancija antene ( $Z$ ) može varirati ovisno o vrsti antene i njezinim karakteristikama.

1. Impedancija dipol antene: za dipol antenu, impedancija ( $Z$ ) se može približno izračunati kao:

$$Z \approx 73 + j * 42.5 * \frac{\lambda}{l}$$

$Z$  - impedancija antene (u ohmima,  $\omega$ )

$\lambda$  - valna duljina signala (u metrima, m)

$l$  - duljina dipola (u metrima, m)

2. Impedancija antenskog prilagodnika, poznatog i kao balun, odnosi se na uređaj koji se koristi za prilagodbu impedancije antene s impedancijom prijemnika. Cilj je postići što bolje podudaranje impedancija radi optimalnog prijenosa signala između antene i uređaja. Impedancija baluna trebala bi biti pažljivo prilagođena kako bi zadovoljila specifične potrebe određene aplikacije.

3. Impedancija u kontekstu antenskih prilagodnika (matching networks): Za napredne antenske sustave često se koriste mreže za prilagodbu impedancije kako bi se postigla optimalna impedancija za antenu. Karakteristike impedancije ovih prilagodnika prilagođavaju se prema specifičnostima dizajna i zahtjevima sustava. Osnovna svrha ovih mreža jest postizanje preciznog skladnog odnosa između impedancije antene i povezanih uređaja.

### 3.1.4 Širina pojasa antene (*bandwidth*)

Širina pojasa antene (*engl. Antenna Bandwidth*) antene se odnosi na raspon frekvencija unutar kojeg antena može učinkovito prihvatiti ili emitirati signale. To je opseg frekvencija unutar kojeg antena pokazuje zadovoljavajuću razinu performansi, uključujući dobitak, impedanciju, polarni dijagram zračenja i druge karakteristike. To znači da se signali unutar tog raspona frekvencija mogu pouzdano primiti ili odašiljati, dok se izvan tog raspona mogu očekivati značajni gubici u snazi i kvaliteti signala.

Važnost širine pojasa antene:

Učinkovitost antenskog sustava nužno ovisi o pravilnom usklađivanju širine pojasa antene s frekvencijom korištenom u komunikacijskom sustavu. Antene specifično dizajnirane za određeni raspon frekvencija pružaju optimalne rezultate, dok na drugim frekvencijama mogu pokazati smanjenje performanse. Kvaliteta primljenih i odašiljanih signala izravno je povezana sa širinom pojasa antene. Što je šira ta širina pojasa, antena će efikasnije djelovati na različitim frekvencijama, što rezultira poboljšanom kvalitetom komunikacije. Stoga, ključno je odabrati antenu s odgovarajućom širinom pojasa kako bi se postigle visoke performanse u komunikacijskom sustavu.

Širina pojasa antene obično se mjeri na nekoliko načina, uključujući:

1. -3 dB širina pojasa (*Half-Power Bandwidth*): to je raspon frekvencija unutar kojeg snaga signala antene opada na 50% njezine maksimalne vrijednosti. Ova mjera smatra se standardnom i često se koristi za usporedbu antena.

$$\text{Širina pojasa} = \Delta f = f_{\text{upper}} - f_{\text{lower}}$$

$\Delta f$  - Širina pojasa (u hercima, Hz)

$f_{upper}$  - Viša frekvencija na kojoj je snaga pala na -3 dB (u Hz)

$f_{lower}$  - Niža frekvencija na kojoj je snaga pala na -3 dB (u Hz)

2. VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*): Ovaj parametar mjeri koliko se dobro antena prilagođava izvoru signala. Što je VSWR bliži 1, to je antena bolje prilagođena. VSWR je omjer maksimalnog i minimalnog napona stojnog vala na anteni. Širina pojasa može se povezati s VSWR-om na sljedeći način:

$$\text{Širina pojasa} = f_{center} / VSWR$$

$f_{center}$  - Središnja frekvencija rezonancije antene (u Hz)

VSWR - Voltage Standing Wave Ratio (bez jedinica)

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

$V_{max}$  predstavlja maksimalni napona stojnog vala (u voltima)

$V_{min}$  predstavlja minimalni napona stojnog vala (u voltima)

Visoki VSWR, što znači da je omjer  $V_{max}$  i  $V_{min}$  veći, ukazuje na loše prilagođavanje antene i izvora signala. Idealan VSWR je 1, što znači da nema reflektiranog signala i da je antena savršeno prilagođena izvoru. VSWR vrijednosti veće od 1 ukazuju na određene refleksije signala.

### 3.1.6 Efikasnost

Efikasnost antene je omjer izlazne snage antene (elektromagnetsko zračenje) i ulazne snage (električna energija koja se dovodi u antenu). Izražava se kao postotak ili decimalna vrijednost i pokazuje koliko dobro antena koristi električnu energiju koja joj se dostavlja za generiranje signala. Ova karakteristika antene odražava koliko dobro antena pretvara električnu energiju u elektromagnetsko zračenje i obrnuto, te ima izravan utjecaj na performanse komunikacijskog sustava. Visoka efikasnost antene je poželjna jer omogućuje maksimalnu iskoristivost ulazne snage i bolju prijenosnu učinkovitost. Veća efikasnost rezultira većim zračenjem ili prijemom signala, smanjenjem gubitaka i boljom pokrivenošću

Efikasnost antene ovisi o nekoliko faktora, uključujući:

1. Konstrukcija antene: dizajn, dimenzije i materijali antene mogu utjecati na njenu efikasnost. Kvalitetni materijali i precizan dizajn mogu povećati efikasnost antene.
2. Gubici u anteni: gubici mogu nastati zbog otpora materijala, radijacijskih gubitaka, dielektričnih gubitaka i drugih faktora. Manji gubici rezultiraju većom efikasnošću antene.
3. Prilagođenost impedancija: pravilna prilagodba impedancija između antene, prijemnika i odašiljača omogućuje maksimalnu prijenosnu snagu i povećava efikasnost antene.

$$\eta = \frac{P_{ula}}{P_{rad}} \times 100\%$$

$\eta$  - Efikasnost antene (izražena u postocima)

$P_{rad}$  - Izlazna snaga antene (u vattima, W)

$P_{ula}$  - Ulazna snaga u antenu (u vattima, W)

### 3.1.7 Polarizacija

Polarizacija antene odnosi se na orijentaciju električnog polja elektromagnetskog vala generiranog od strane antene u odnosu na zemlju. Ova orijentacija može biti vodoravna, okomita ili bilo koja druga usmjerenost između njih. Polarizacija se obično klasificira u tri glavne kategorije:

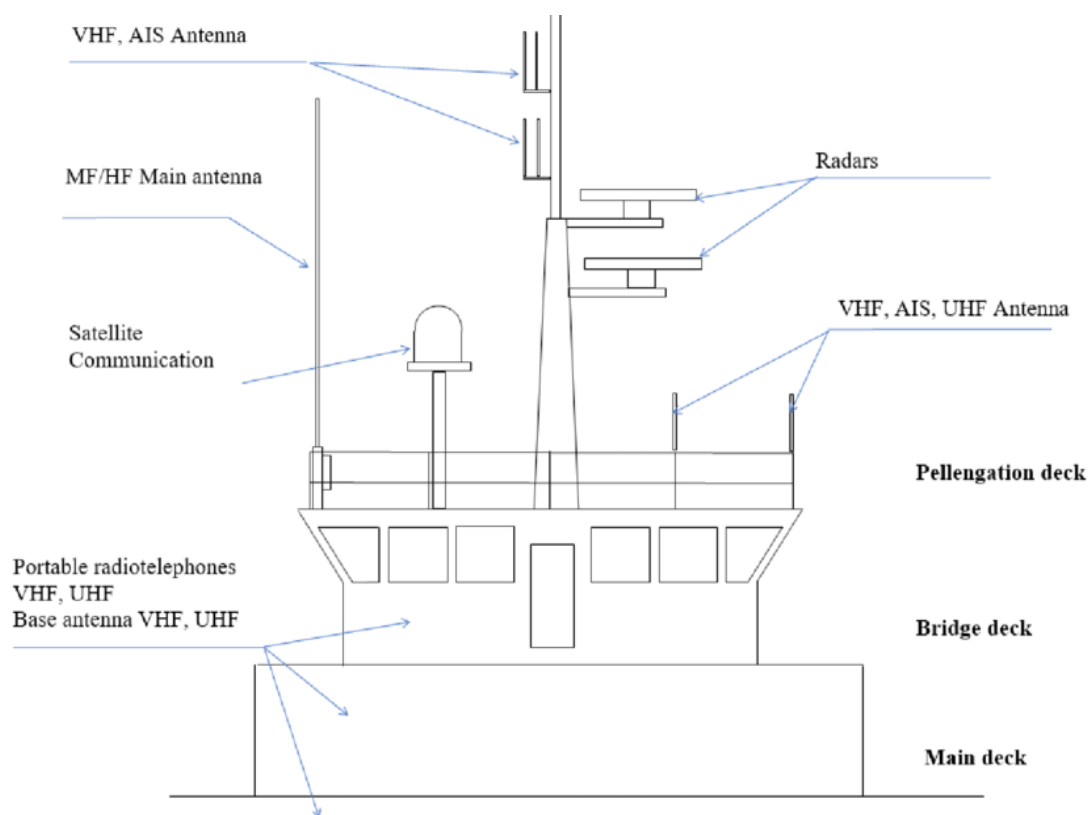
1. vodoravna polarizacija: polje oscilira vodoravno u odnosu na površinu zemlje.
2. okomita polarizacija: polje oscilira okomito u odnosu na površinu zemlje.

3. kružna polarizacija: polje oscilira u obliku kružnice, koja može biti lijevo kružna polarizacija (LCP) ili desno kružna polarizacija (RCP).

Polarizacija antene jedna je od karakteristika koja igra odlučujuću ulogu u projektiranju i performansama komunikacijskih sustava. Ova karakteristika određuje usmjerenost elektromagnetskog polja generiranog od strane antene i utječe na kako se signal širi u prostoru. Odgovarajuća polarizacija omogućuje maksimalnu učinkovitost komunikacije. Kada se signal i antena usklade po pitanju polarizacije, signal se može prenositi i primati s minimalnim gubicima.

## 4.VRSTE ANTENA

U okviru Globalnog sustava za pomorsko obavještanje o opasnostima i komunikaciji (GMDSS), pozicioniranje antena na brodu ima presudnu ulogu u osiguravanju efikasne komunikacije i ukupne sigurnosti na moru. Preporučuje se postavljanje VHF antena na visokim dijelovima plovila, poput vrha jarbola, kako bi se maksimizirao doseg signala. Važno je postaviti MF antenu na mjesto gdje će biti što manje izložena smetnjama izazvanim električnim uređajima na brodu. Električne instalacije i druge metalne konstrukcije mogu utjecati na performanse antene, pa je preporučljivo izbjegavati postavljanje u neposrednoj blizini tih elemenata. Satelitske antene postavljaju se tako da imaju neometan pogled prema nebu kako bi mogle uspješno komunicirati s satelitima. Ako su antene opremljene sustavima automatskog praćenja, mogu se postaviti na bilo koji dio broda jer će automatski pratiti položaj satelita na nebu. Ovi sustavi omogućuju fleksibilnost u postavljanju, ali treba paziti da nema prepreka koje bi mogle ometati pokretljivost antene. GPS antene, koriste se za preciznu navigaciju, postavljaju se na vrh jarbola. Radarske antene najbolje funkcioniraju kada su postavljene na visokim dijelovima broda, poput vrha jarbola ili specijalnih platformi



**Slika 7. Položaj antena na brodu**

Izvor: [www.researchgate.net/figure/An-example-of-a-scheme-for-the-placement-of-antennas-on-a-ship\\_fig1\\_329384377](http://www.researchgate.net/figure/An-example-of-a-scheme-for-the-placement-of-antennas-on-a-ship_fig1_329384377)

dizajniranih za montažu radarskih sustava. Visoka pozicija pomaže u poboljšanju vidljivosti i omogućuje radarskom sustavu da otkrije objekte na većim udaljenostima.

#### 4.1 MF/HF (*medium frequency/ high frequency*)

MF/HF komunikacijska oprema koristi se za različite svrhe, uključujući radio-telefonske komunikacije, odašiljanje DSC poziva te odašiljanje i prijem teleks poruka. Redovito održavanje MF/HF antena ključno je za očuvanje njihovih performansi. Provjeravanje kablova, konektora i stabilnosti konstrukcije važno je za siguran i pouzdan rad na moru. Kada su u pitanju tehničke karakteristike, frekvencijsko područje ove opreme obuhvaća MF (*medium frequency*) raspon od 1.605 do 4000 kHz te HF (*high frequency*) raspon od 4 do 27.5 MHz. Koristi se vertikalna uzemljena antena (štapna antena) koja predstavlja važan element u svijetu radiokomunikacija. Što se tiče dimenzija, veličina ovakve antene obično varira između 8 i 15 metara. Njena fizička dužina igra ključnu ulogu u pravilnom funkcioniranju, jer je idealan odnos dužine antene (označen kao " $h$ ") i predajne frekvencije odnosno valne duljine izuzetno važan.

$$h = \frac{\lambda}{4} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

$h$  – dužina antene

$\lambda$  - valna duljina signala (u metrima, m)

$c = 3 \times 10^8$  m/s

$f$  = frekvencija [hz]

MF/HF antena je vertikalno polarizirana. To znači da su valovi orijentirani okomito na površinu Zemlje, što je idealno za komunikaciju na većim udaljenostima, osobito na moru. Da bi se postigla najbolja učinkovitost u prijenosu signala, koristi se *Antenna Tuning Unit* (ATU), što je sklop za podešavanje antene. ATU se nalazi između predajnika i antene te se koristi za prilagodbu antene predajnoj frekvenciji. Ovo prilagođavanje postiže se pomoću zavojnica i kondenzatora, što omogućuje prividno „produživanje ili skraćivanje

antene“, ovisno o potrebama. Kombinacija veličine antene, vertikalno polariziranih EM valova i pravilnog prilagođavanja putem ATU-a čini ovakve antene pouzdanim izborom u brojnim komunikacijskim aplikacijama, posebno u pomorstvu gdje se uspješna komunikacija često pokazuje ključnom za sigurnost i učinkovitost pomorskih operacija. Na brodu se koriste vertikalne (*whip*) antene. Udaljenost između prijemnika, antenskog pojačala te glavne antene mora biti što kraća moguća da bi se osigurala dobra i što jača provodljivost energije u antenu.

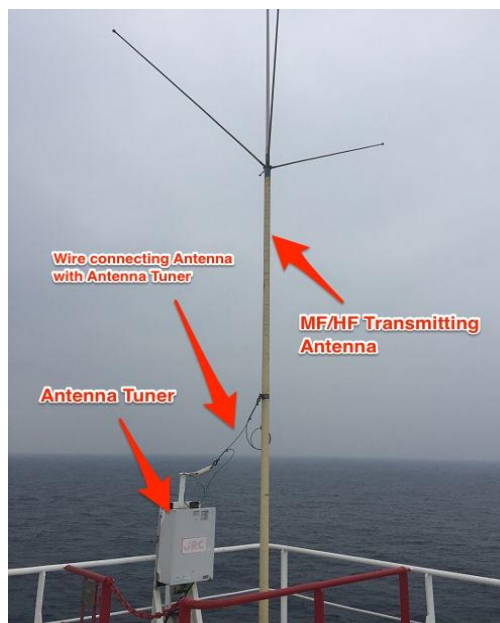
## 4.2 VHF (Very High Frequency)

VHF (*Very High Frequency*) je frekvencijski raspon kratkog dometa . Komunikacija se odvija na frekvencijskom pojasu od 30 do 300 MHz, a frekvencijski raspon koji se koristi u pomorskoj industriji je od 156 do 174 MHz. Značajka VHF komunikacije jest njezin relativno kratak domet, obično između 20 i 30 nautičkih milja. VHF valovi putuju



**Slika 8. MF/HF radio**

Izvor: <https://gmdsstesters.com>



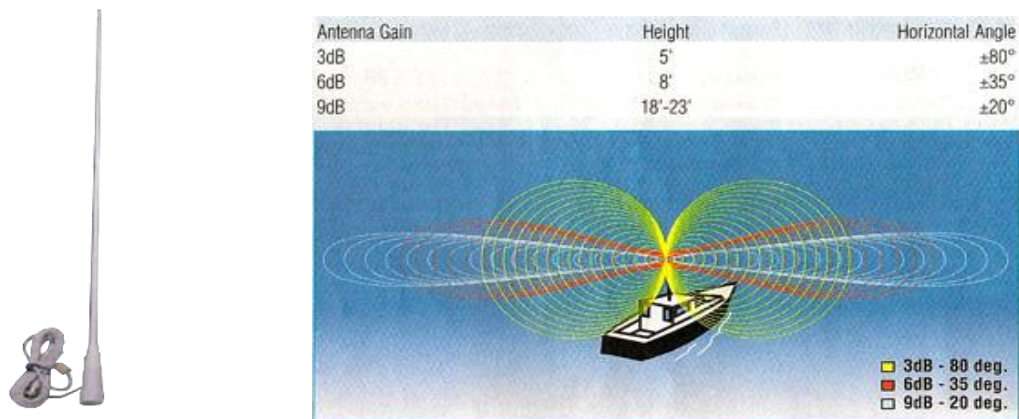
**Slika 9. MF/HF antenna**

Izvor: <https://myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2016/05/MF-HF-Antenna.jpg>

u direktnoj liniji između antene odašiljača i antene prijemnika. VHF antene su dio VHF radiokomunikacijskog sustava na brodu. Razumijevanje kako funkcioniraju i kako odabrati odgovarajuću antenu može značajno poboljšati sposobnost komunikacije s drugim



brodovima i obalnim stanicama. Antene također moraju biti smještene u zaštićenom kućištu od vremenskih uvjeta (ili biti izrađene od metala i plastike otpornih na koroziju) i moraju izdržati značajne sile koje generira brod koji se ljulja na valovima. Pojačanje se mjeri u decibelima (dB) i općenito govoreći, što je pojačanje veće, to je i doseg veći. VHF antene na brodovima ne zrače energiju jednako u svim smjerovima - signalni "snop" je koncentriran u horizontalnoj ravnini, paralelnoj s površinom vode. Pojačanje se može smatrati mjerom "fokusa" ovog snopa i dostupne energije. Ako je fokus uzak(visok dB), poput svjetionika, elektromagnetski valovi putuje dalje. Međutim, uski signalni snop može se podizati iznad ili padati ispod ciljane antene u teškom moru, što može rezultirati gubitkom ili slabljenjem signala. Za veći dobitak antene i antena mora biti duža. Jadrilice i mali lagani motorni brodovi, koje se previše njišu u teškom moru, obično ne koriste duge antene s dobitkom iznad 6dB. Što je platforma plovila stabilnija, to je veće pojačanje koje se može učinkovito koristiti.

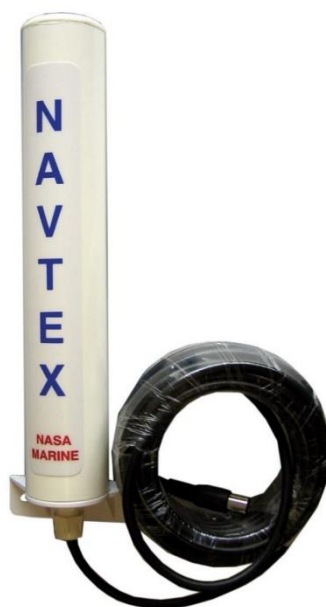


**Slika 10. VHF antena i slikovni prikaz zračenja VHF antene ovisno o dobitku antene**

Izvor: [www.westmarine.com/west-advisor/Selecting-a-VHF-Antenna.html](http://www.westmarine.com/west-advisor/Selecting-a-VHF-Antenna.html)

### 4.3 Navtex

Navtex (*Navigational Telex*) sustav je vitalan za pomorsku sigurnost i informiranost. Ovaj sustav pruža navigacijske i meteorološke podatke brodovima diljem svijeta. Ovaj sustav koristi posebnu vrstu telegrafije poznate kao NBDP telegrafija, što označava "*Narrow-Band Direct-Printing telegraphy*". Međunarodna frekvencija koja se koristi za NAVTEX je 518 kHz, a nacionalne frekvencije koje se koriste su 490 kHz i 4209.5 kHz. Sustav koristi 5-bitni ITA no.2 kod za prijenos informacija. Zbog međunarodnog karaktera ovog sustava, službeni jezik koji se koristi za poruke je engleski. Bitno je napomenuti kako područje pokrivanja NAVTEX sustava ovisi o međusobnoj udaljenosti stanica. Udaljenost pokrivanja može doseći do 400 M.



**Slika 11. Primjer Navtex antene**

Izvor: [www.nasamarine.com/product/518khz-navtex-antenna/](http://www.nasamarine.com/product/518khz-navtex-antenna/)

### 4.4 AIS(*Automatic Identification System*)

Automatski identifikacijski sustav (Automatic Identification System) ili AIS je sustav za obalno kratkodometno praćenje brodova i pomorskog prometa. Njime brodovi

međusobno razmjenjuju podatke (zastava broda, vrsta, status, brzina, smjer, dužina i širina broda, gaz, destinacija, vrijeme). Također, brodovi i s lukama razmjenjuju ovakve podatke.



**Slika 12. AIS primopredajnik**

Izvor: [www.globalsolochallenge.com/ais/](http://www.globalsolochallenge.com/ais/)

AIS sustav sastoji se od sljedećih komponenti:

1. VHF antena
2. Prijemnik i odašiljač
3. Procesor
4. Ekran za prikaz informacija

Ovaj sustav omogućuje praćenje brodova i razmjenu navigacijskih informacija radi povećanja sigurnosti na moru. Prijemnik i odašiljač omogućuju komunikaciju s drugim brodovima i obalnim vlastima, dok procesor obrađuje te informacije. Rezultati se prikazuju na ekranu kako bi ih posada mogla vidjeti i reagirati prema potrebi. Svaki AIS primopredajnik odašilje i prima preko dva radijska kanala kako bi se izbjegli problemi s interferencijom. Frekvencijski pojas za VHF radio prijenos kreće se od 130 MHz do 174 MHz, dok je raspon rezerviran za brodove označen kao MARINE i radi na oko 156 MHz. Bilo koja standardna VHF antena može se koristiti za primanje AIS podataka. Prilikom postavljanja antene, važno je osigurati da je udaljena barem 3 metra od VHF antene radija kako bi se spriječila interferencija.

## 4.6 Antena brodskog radara

Antene brodskog radara konstruirane su za rad u visokofrekventnom X-bandu ili S-bandu. Frekvencijski raspon na kojima ove antene rade optimalno je prilagođen za brzo otkrivanje i precizno praćenje objekata u blizini broda. Ovisno o modelu i proizvođaču, može varirati veličina antene i snaga zračenja, ali svi radari su osmišljeni kako bi pružili što preciznije informacije o objektima na moru. Konstrukcija antene je posebno dizajnirana za izdržljivost i otpornost na morsku sredinu. Osim toga, antene su dizajnirane s preciznošću kako bi omogućile brzo i točno otkrivanje objekata. Njihova usmjeravanja i sustavi za rotaciju omogućuju brodu da skenira okolinu 360 stupnjeva, čime se osigurava potpuna pokrivenost okoline. Brzina rotacije i preciznost praćenja igraju ključnu ulogu u otkrivanju potencijalnih opasnosti i objekata na moru. Brodski radar funkcionira emitiranjem radiovalova prema cilju, a zatim detektira reflektirane signale. Antena prima ove reflektirane signale kako bi se stvorila slika okoline na radarskom zaslonu na brodu. To omogućuje posadi broda da identificira druge brodove, obale, prepreke i čak vremenske pojave u stvarnom vremenu.

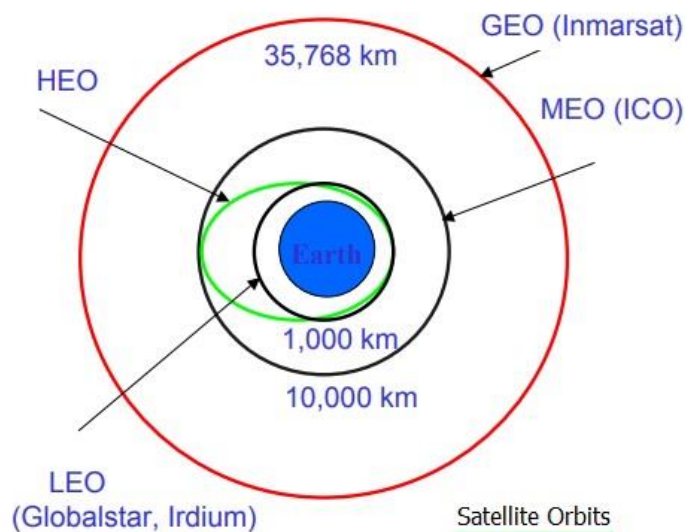


**Slika 13. Primjer antene brodskog radara**

Izvor: [www.burzanautike.com/hr/koliko\\_radar\\_zraci/6627/38](http://www.burzanautike.com/hr/koliko_radar_zraci/6627/38)

## 4.7 Satelitska antena

Satelit je uređaj u orbiti iznad Zemlje koji omogućuje prijenos podataka brodu ili primanje podataka s broda bez obzira na različite položaje na površini Zemlje. Druga strana može biti obalni ured ili drugi brod. Svi sateliti koriste snop koji je obrazac elektromagnetskih valova primljenih ili poslanih od strane satelita. Prijenos s satelita ima definiran uzorak, a snop može biti širok ili uski, pokrivajući veliko ili malo područje na Zemlji. Koristeći sustav promjenjivih frekvencija i poravnanja antena na satelitu, svaki satelit može imati nekoliko snopova unutar kojih je koncentrirana većina ili sva snaga satelita. Antene na brodu rijetko su nepomične zbog stalnog kretanja plovila kada je u pokretu i stoga zahtijevaju tanjur koji je pokretan u svim dimenzijama. Sam tanjur je skriven od pogleda pokrovom, ali gledani izbliza, sofisticirani su uređaji s motorima i prijenosima koji omogućuju tanjuru da održi vezu sa satelitom u gotovo svim uvjetima. Većina sustava za satelitsku komunikaciju organizirana je tako da brodovi moraju dijeliti kanale s drugima, što je u redu za jednostavne potrebe komunikacije brodova, ali vrlo neefikasno kada se suočavate s velikim količinama podataka koje neki operateri generiraju. To se može prevladati korištenjem *very small aperture terminal (VSAT) service*. Nisu svi satelitski sustavi identični, postoji tri glavna tipa: LEO (low earth orbit) MEO (medium earth orbit) and GEO (Geosynchronous equatorial orbit). Svaki od ovih tipova sustava ima svoje

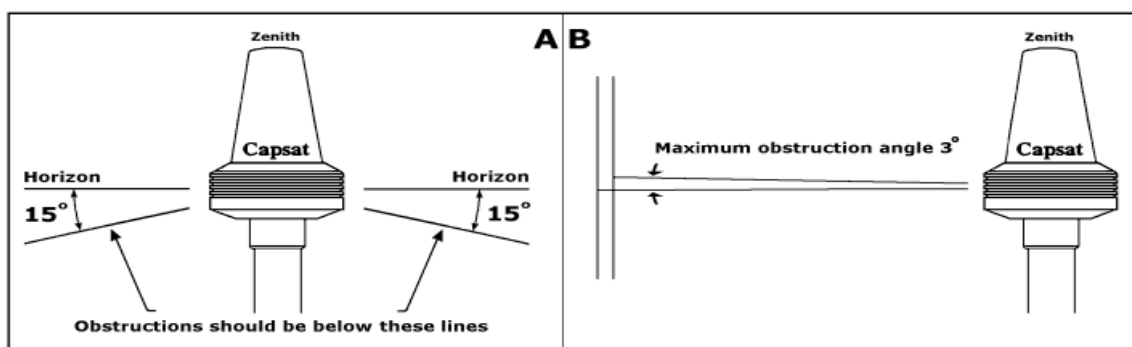


**Slika 14. Vrste satelitskih sustava**

Izvor: [www.javatpoint.com/types-of-satellite-systems](http://www.javatpoint.com/types-of-satellite-systems)

prednosti i nedostatke, pa će neki operateri brodova sklopiti usluge na različitim sustavima.

GEO sateliti su najjači tip satelita i nalaze se na orbiti od 35,768 kilometara iznad Zemljine površine, na točki iznad ekvatora. Budući da im brzina i smjer odgovaraju rotaciji Zemlje, uvijek su fiksni, što znači geostacionarni. Inmarsat je prvotno radio s tri satelita raspoređena oko ekvatora, pri čemu je svaki satelit pokrivaio otprilike trećinu površine svijeta, ali ne proširujući se na polarne regije iznad 70 stupnjeva. Od 1990-ih ima najmanje četiri satelita u službi. Inmarsat trenutno koristi svoju 5. generaciju satelita – svi sateliti prve četiri generacije bili su ograničeni na L-band, dok posljednja generacija radi na Ka-bandu. U 2021., dva satelita treće generacije pružaju isključivo sigurnosne usluge u pomorstvu, a četvrta (4 L-band satelita) i peta generacija (5 Ka-band satelita) također pružaju sigurnosne usluge i potpuno komercijalnu komunikaciju na brodovima. Rastuća potražnja za VSAT i poboljšana povezanost 5G za komercijalnu i osobnu upotrebu na moru potiče rast u ovom području. U lipnju 2021. Inmarsat je najavio svoju novu uslugu Orkestar koja će koristiti



**Slika 15. Sigurna udaljenost prepreka od Inmarsat-C antene**

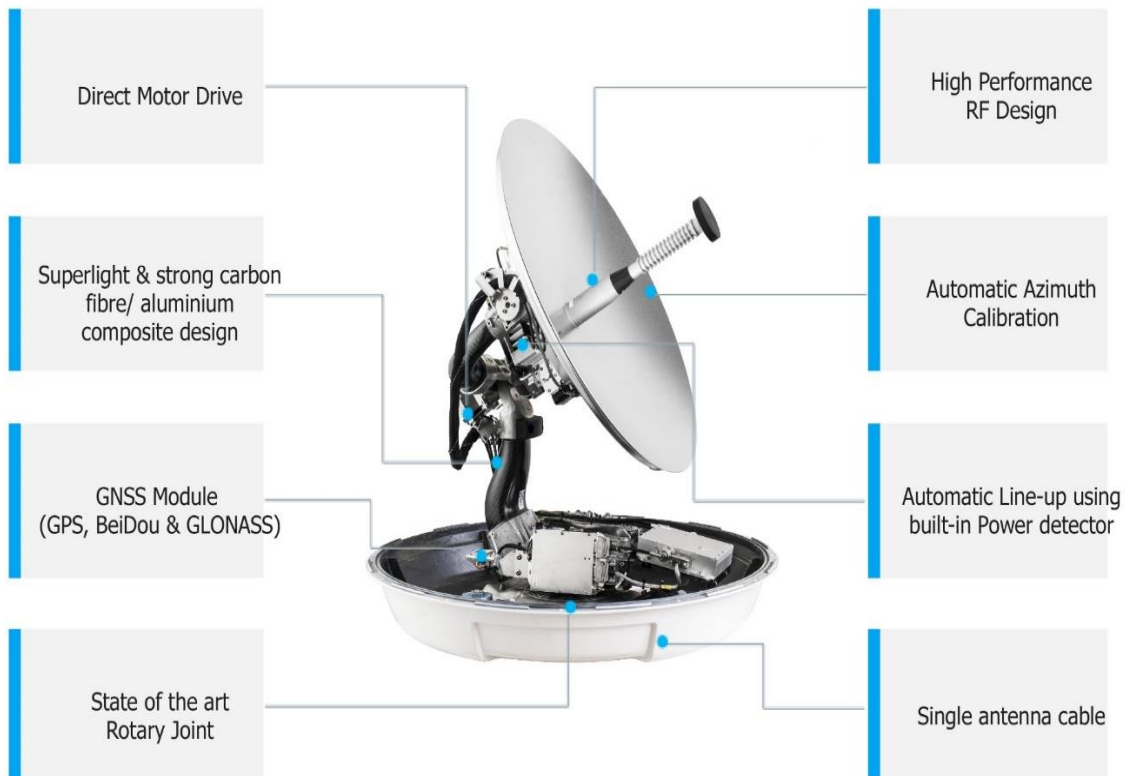
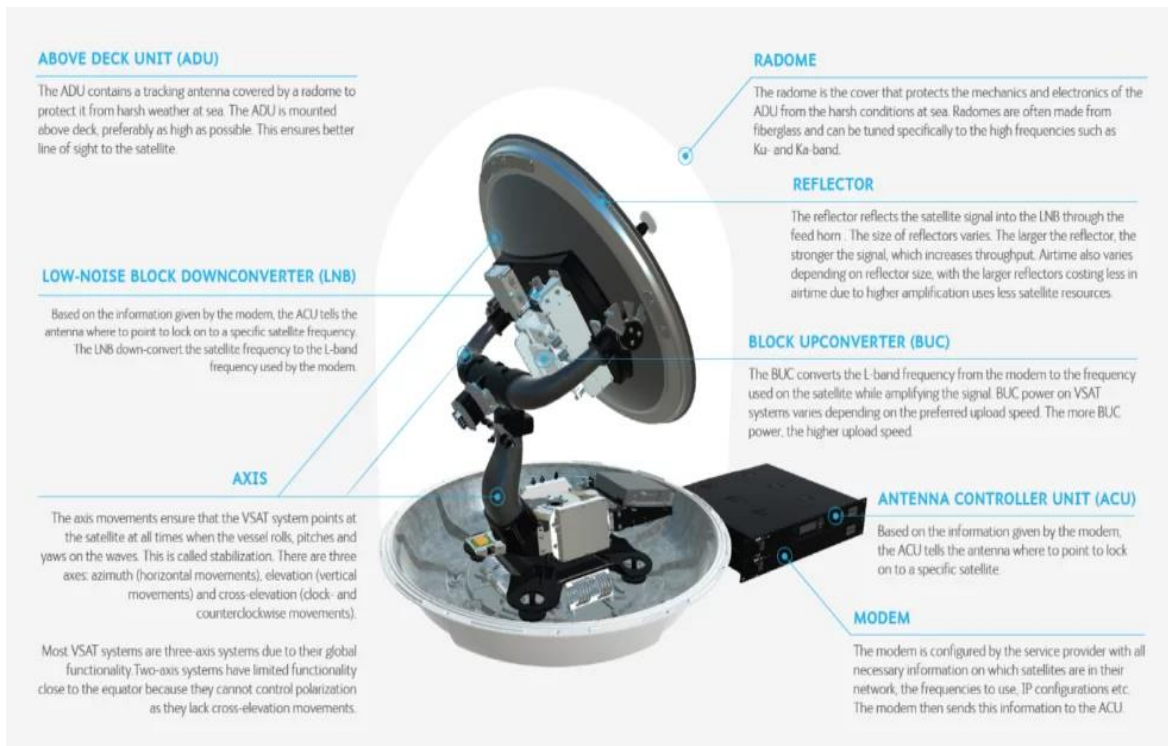
Izvor: [www.transnav.eu/files/Shipborne\\_Satellite\\_Antenna\\_Mount\\_and\\_Tracking\\_Systems,347.pdf](http://www.transnav.eu/files/Shipborne_Satellite_Antenna_Mount_and_Tracking_Systems,347.pdf)

konfiguraciju svojih L-band i Ka-band mreža s kopnenom 5G, ciljanom LEO kapacitetu i dinamičkim mrežnim tehnologijama.

Najbliže Zemlji su konstelacije u niskoj orbiti (LEO), koje obično čine mnogo malih satelita koji kruže Zemljom na visini između 800 km i 1,600 km iznad površine, pri brzinama koje ih čine da završe orbitu obično za manje od dva sata. Idealni su za komunikacije vrlo visoke brzine i niske latencije, često s kašnjenjem od samo 0.05 sekundi. Njihova mala veličina i ograničenje pokrivenosti svakog satelita znače da je potrebna konstelacija s desecima ili stotinama satelita, ali to također pruža mogućnost potpune pokrivenosti površine Zemlje, uključujući polarne regije gdje GEO sustavi ne mogu djelovati. Od 2017., Iridium je razvio i lansirao potpuno novu konstelaciju koja se sastoji od 66 aktivnih satelita, s još devet rezervnih satelita u orbiti i šest rezervnih satelita na zemlji. Novi sateliti u NEXT

generaciji imaju veći kapacitet podataka i bili su ključni za to da Iridium dobije priznanje kao jedini pružatelj GMDSS usluga osim Inmarsata. MEO sateliti orbitiraju na nižoj visini od GEO-a, obično zauzimajući prostor između 5.000 i 12.000 km. Relativna blizina Zemlji znači da postižu puno manju latenciju od GEO jedinica, što ih čini pogodnim za signale telefona visoke brzine. Radijske komunikacije na niskoj frekvenciji (LF), srednjoj frekvenciji (MF), visokoj frekvenciji (HF), vrlo visokoj frekvenciji (VHF) i ultra visokoj frekvenciji (UHF) nalaze se na frekvencijama ispod 1 GHz, što je najniža točka spektra dodijeljena satelitskim komunikacijama i radaru na brodu.

Kada je riječ o komunikacijskoj opremi na brodu, VSAT uglavnom zahtijeva odabir između sustava koji rade na C-band ili Ku-band frekvenciji. Brodovi s umjerenim prometom trebali bi odabrati Ku-band, koji zahtijeva manje snage i manje antene. Veće antene i veća snaga potrebni su za veći opseg i bolju kvalitetu C-band sustava. Prednost VSAT-a je u tome što se oprema obično isporučuje kao dio zakupa s fiksnom mjesečnom naknadom, što omogućuje veću kontrolu nad troškovima komunikacije. Gotovo sve usluge Inmarsata i sve usluge Iridiuma djeluju u dijelu radiofrekvencija označenom kao L-band (1-2 GHz), koji je vrlo uzak i zagušen. Budući da je relativno niska frekvencija, L-band je lakše obraditi, zahtijevajući manje sofisticirane i manje skupe RF opreme, a zbog šire širine snopa, preciznost usmjeravanja antene ne mora biti tako točna kao kod viših pojaseva. Samo mali dio (1,3-1,7 GHz) L-Banda dodijeljen je satelitskoj komunikaciji broda na Inmarsatu za Fleet Broadband, Inmarsat-B i C usluge. L-Band se također koristi za satelite niskog zemljinog orbita, vojne satelite i kopnene bežične veze poput GSM mobilnih telefona. S-band(2-4 GHz) koristi se za radarske sustave na moru. C-band (4-8 GHz) se obično koristi za velike brodove, posebno za kruzere koji zahtijevaju neprekidnu i uvijek dostupnu povezanost dok se kreću s područja na područje. Operatori brodova obično zakupljuju segment satelitske propusnosti koji se brodovima pruža stalno, omogućujući povezivanje s internetom, javnim telefonskim mrežama i prijenosom podataka na kopno.



**Slika 16. Satelitska antena**

Izvor: [https://www.bluesat.com/media/wysiwyg/infortis/web-images/products/407060C-00500/SAILOR\\_600\\_VSAT\\_KU\\_8.jpg](https://www.bluesat.com/media/wysiwyg/infortis/web-images/products/407060C-00500/SAILOR_600_VSAT_KU_8.jpg)



## 5. UTJECAJ OKOLINE NA ANTENE

Svaka antena, bez obzira na svoju svrhu, mora se nositi s okolinom u kojoj se nalazi. Okolina može značajno utjecati na performanse antene i sposobnost prijenosa ili prijema signala. Položaj antene ima velik utjecaj na njezinu učinkovitost. Na primjer, antena na vrhu visoke zgrade u urbanom okruženju suočava se s različitim izazovima od antene na brodu na otvorenom moru. Gradski pejzaž s visokim zgradama može stvarati efekte odraza signala, dok su refleksije na otvorenom moru manje problematične. Vremenski uvjeti, poput kiše, snijega i leda, mogu smanjiti učinkovitost antene. Vodene kapljice na anteni mogu apsorbirati ili reflektirati radiovalove, što dovodi do gubitka signala. Osim toga, jaki vjetrovi mogu fizički oštetiti antenu. Elektromagnetski šum u okolini, uzrokovan električnim uređajima, drugim antenama ili prirodnim izvorima, može smanjiti kvalitetu signala. Geološke značajke poput brda, planina i stijena mogu reflektirati ili blokirati signale. Klimatski uvjeti poput jakih vrućina ili ekstremnih hladnoća mogu utjecati na materijale od kojih je antena izrađena.

### 5.1 Atmosferski uvjeti i refrakcija

Atmosferski uvjeti imaju značajan utjecaj na ponašanje elektromagnetskih signala u komunikaciji. Refrakcija je pojava gdje se elektromagnetski valovi savijaju dok prolaze kroz slojeve atmosfere s različitim gustoćama. Refrakcija se događa kada je temperatura, tlak ili vlažnost zraka različita u različitim slojevima atmosfere. Refrakcija elektromagnetskih valova događaju se kada val pristigne na granicu između dvaju optičkih sredstava: val se jednim dijelom reflektira natrag u prvo sredstvo, a drugi se dio prelama i nastavlja širenje u drugome sredstvu.

Refrakcija može imati različite učinke na signale koje antene emitiraju ili primaju. To može uzrokovati skretanje signala prema tlu, povećati njihov doseg, ili ih, obratno, skratiti. Ovi učinci često ovise o frekvenciji signala i strukturi atmosfere u tom trenutku. Na primjer, VHF (Very High Frequency) signali često su osjetljiviji na refrakciju od UHF (Ultra High Frequency) signala.

## **5.2 Prepreke i elektromagnetski šum**

Rad antena često se suočava s izazovima koji proizlaze iz prisutnosti prepreka i elektromagnetskog šuma u okolini. Prepreke kao što su zgrade, planine, drveće na kopnu ili objekti na brodu mogu fizički blokirati ili ometati signale koji putuju između antene i cilja. Ovisno o frekvenciji, prepreke mogu uzrokovati odraze, difrakciju ili apsorpciju signala. U urbanim okruženjima, refleksije od visokih zgrada mogu stvarati ometanja i smanjiti kvalitetu signala. Elektromagnetski šum, koji može potjecati od električnih uređaja, drugih antena ili prirodnih izvora poput munja, može biti ozbiljan problem za kvalitetnu komunikaciju.

## 6. ZAKLJUČAK

Globalni sustav za komunikaciju u hitnim situacijama i sigurnost na moru (GMDSS) predstavlja ključni mehanizam za zaštitu brodova i posade, te pravilno projektirane i postavljene antene igraju ključnu ulogu u njegovom uspješnom funkcioniranju. Komunikacijski uređaji poput MF/HF i VHF radio uređaja, Navtex uređaja i AIS imaju ključnu ulogu u razmjeni informacija na moru. Ovi uređaji koriste antene koje primaju i odašilju elektromagnetske valove što omogućuje brodovima i obalnim stanicama brzu reakciju na hitne situacije, razmjenu meteoroloških informacija i održavanje operativne učinkovitosti. Uvođenje VHF radija otvorilo je put značajnoj promjeni u pomorskoj komunikaciji. To je omogućilo ostvarivanje komunikacije između brodova i poboljšalo sigurnost svih uključenih osoba. Upotrebom FM kanala u VHF radio pojasima, uređaji s dvosmjernom radio vezom na brodovima omogućuju glasovnu komunikaciju, ne samo između brodova, već i između broda i obale. Satelitska komunikacija nastavit će igrati ključnu ulogu u pomorskoj komunikaciji. Napredak u satelitskoj tehnologiji rezultirat će poboljšanjem propusnosti i pokrivenosti, omogućujući brže i pouzdanije komunikacijske usluge na moru. Ovo će podržati različite aplikacije, poput glasovne i podatkovne komunikacije, video prijenosa, daljinskog nadzora i stvaranja realnog vremena o situacijskoj svijesti. Pravilan odabir, instalacija i održavanje antena važni su faktori koji osiguravaju da se informacije o hitnim situacijama prenose učinkovito i pouzdano. Također je istaknuto da su antene neophodne za održavanje operativne učinkovitosti u svim aspektima pomorskog komuniciranja.

## LITERATURA

### Knjige:

[1.] Carr, J. J. "*Practical Antenna Handbook, Fourth Edition*", McGraw-Hill, New York, 2001.

### Časopisi:

[1.] S. D. Ilcev: *Shipborne Satellite Antenna Mount and Tracking Systems, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 6, 2, 2012. p.167-168.

### Izvori s interneta:

[1.] *International Mobile Satellite Organization*, 04.09.2023.,

[https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Mobile\\_Satellite\\_Organization](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Mobile_Satellite_Organization),  
(14.02.2024.)

[2.] *Inmarsat*, 07.02.2024., <https://en.wikipedia.org/wiki/Inmarsat>, (14.02.2024.)

[3.] *Automatski identifikacijski sustav*, 02.01.2022.,

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Automatski\\_identifikacijski\\_sustav](https://hr.wikipedia.org/wiki/Automatski_identifikacijski_sustav), (14.02.2024.)

[4.] *Brodski radiokomunikacijski uređaji I. dio*, Vlašić R., 2004.,

<https://dokumen.tips/documents/brodske-radio-komunikacije.html?page=1>,  
(14.02.2024.)

[5.] *Uloga globalnog pomorskog sistema sigurnosti u spašavanju na moru*, Vuković

E., 2015, <https://www.fms-tivat.me/download/spec-radovi/Erkam%20Vukovic.pdf>,  
(14.02.2024.)

[6.] *GMDSS- osnovne značajke sustava*, 2021.,

[https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4498624/mod\\_resource/content/2/03%20Osnove\\_GMDSS\\_a.pdf](https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4498624/mod_resource/content/2/03%20Osnove_GMDSS_a.pdf), (14.02.2024.)

[7.] *MF/HF radiotelefonski uređaj – tehničke karakteristike*, Zoran Mrak, 2021.,

[https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/5486072/mod\\_resource/content/1/8%20MF\\_HF%20uredjaj.pdf](https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/5486072/mod_resource/content/1/8%20MF_HF%20uredjaj.pdf), (14.02.2024.)

[8.] *Osnove radio tehnike za pomorske nautičare*, D. Kezić, siječanj, 2015.,

<https://www.scribd.com/doc/286431250/1957-Osnove-Radiotehnike-Za-Pomorske-Nauticare-2015>, (14.02.2024.)

[9.] *Satellite systems and networks explained*, 2024.,

<https://www.gtmaritime.com/resources/satellite-systems-and-networks-explained>,  
(14.02.2024.)

## **KAZALO KRATICA**

eng. - engleski

GMDSS - Global Maritime Distress and Safety System

EPIRB - Emergency Position Indicating Radio Beacon

VSWR - Voltage Standing Wave Ratio

SART - Search and Rescue Transponder

AIS - Automatic Identification System

VHF- Very high frequency

MF - Medium frequency

HF - High frequency

INMARSAT - International Marine/Maritime Satellite

COSPAS-SARSAT - Space System for the Search of Vessels in Distress - Search and Rescue Satellite-Aided Tracking

NAVTEX - Navigational telex

## POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz koncepta rada GMDSS sustava.....	2
Slika 2. Radiokomunikacijski uređaji na brodovima koji su opremljeni u skladu s GMDSS propisima.....	4
Slika 3. Primjer rada EPIRB uređaja.....	6
Slika 4. Primjer SART uređaja i prikaz SART uređaja na radaru.....	8
Slika 5. Područja plovidbe unutar GMDSS sustava.....	9
Slika 6. Polarni dijagram zračenja antene.....	16
Slika 7. Položaj antena na brodu.....	22
Slika 8. MF radioprijemnik.....	24
Slika 9. MF/HF antena.....	24
Slika 10. VHF antena i slikovni prikaz zračenja VHF antene ovisno o dobitku antene.....	25
Slika 11. Primjer Navtex antene.....	26
Slika 12. AIS primopredajnik.....	27
Slika 13. Primjer antene brodskog radara.....	28
Slika 14. Vrste satelitskih sustava.....	29
Slika 15. Sigurna udaljenost prepreka od Inmarsat-c antene.....	30
Slika 16. Satelitska antena.....	32