

Radarske smetnje, lažni odjeci i sjene

Breškić, Vanessa

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:225719>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-07**



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**

VANESSA BREŠKIĆ

RADARSKE SMETNJE, LAŽNI ODJECI I SJENE

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2020. godina.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**RADARSKE SMETNJE, LAŽNI ODJECI I SJENE
RADAR NOISE, FALSE ECHOES AND SHADOWS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Elektronička navigacija

Mentor: prof. dr. sc. Serđo Kos

Studentica: Vanessa Breškić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112071655

Rijeka, lipanj 2020.

Studentica: Vanessa Breškić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112071655

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom RADARSKE SMETNJE, LAŽNI ODJECI I SJENE izradila samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Serđa Kosa.

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

Suglasna sam s trajnom pohranom završnog rada u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci te Nacionalnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Za navedeni rad dozvoljavam sljedeće pravo i razinu pristupa mrežnog objavljivanja:
(*zaokružiti jedan ponuđeni odgovor*)

- a) rad u otvorenom pristupu
- b) pristup svim korisnicima sustava znanosti i visokog obrazovanja RH
- c) pristup korisnicima matične ustanove
- d) rad nije dostupan

Studentica

Vanessa Breškić

SAŽETAK

Rad opisuje radar (engl. *Radio Detection And Ranging*) i njegove lažne signale (engl. *unwanted echoes*). Ukratko se opisuju temeljna znanja o radaru potrebna za razumijevanje teme rada. Nadalje, rad se bavi lažnim radarskim signalima u koje se ubrajaju: radarske smetnje, lažni odjeci te radarske sjene i „slijepa“ područja. Razlika između prethodno navedenog leži u njihovom oslikavanju na radarskom ekranu, te su sukladno tome podijeljeni u gore navedene grupe. Svaka od tih grupa ima svoje podgrupe koje su opisane u samom radu. Uz svaku vrstu lažnog signala navode se njegov uzrok pojavljivanja, njegovo oslikavanje na radarskom ekranu te način njegova prigušivanja ili otklanjanja.

Ključne riječi: lažni odjeci, radar, radarske sjene, radarske smetnje, slijepa područja

SUMMARY

This paper describes the radar system and its unwanted echoes. Main knowledge about radar system is being described in order to understand the subject better. The main topic of this paper are unwanted echoes including radar noises, false echoes, shadows and blind sectors. Difference between above enumerate is their imaging on the radar display. In accordance with that, they are divided into above listed groups. Each of the groups has its subgroups which are described in this paper. Each unwanted echoe comes with its cause of occurrence, imaging on radar display and method of how to suppress it.

Keywords: false echoes, radar, shadows, radar noises, blind sectors

SADRŽAJ

SAŽETAK	I
SUMMARY	I
SADRŽAJ	II
1. UVOD	1
2. OPĆENITO O RADARU	3
3. RADARSKJE SMETNJE	8
3.1. SMETNJE UZROKOVANE ATMOSFERSKIM POJAVAMA	8
3.2.1. <i>Smetnje od padalina</i>	8
3.2.2. <i>Smetnje od valova</i>	11
3.2. ŠUM KOJI STVARAJU ELEKTRONIČKI ELEMENTI RADARA ILI GA RADAR PRIMI IZ PROSTORA	15
3.3. INTERFERENCIJA SA SIGNALIMA OSTALIH RADARA U OKOLINI BRODA	18
4. LAŽNI ODJECI	21
4.1. VIŠESTRUKJE JEKE	21
4.2. POSREDNE JEKE	23
4.3. LAŽNE JEKE SEKUNDARNIH LATICA	26
4.4. LAŽNE JEKE ENERGETSKIH KABLOVA.....	27
4.5. JEKE DRUGE VREMENSKE BAZE	28
5. RADARSKJE SJENE I „SLIJEPA“ PODRUČJA	32
6. ZAKLJUČAK	36
LITERATURA	38
POPIS SLIKA	40
POPIS TABLICA	40
POPIS SHEMA	40

1. UVOD

Navigacijski radar je uređaj koji emitiranjem elektromagnetskih valova mjeri udaljenost nekog objekta. Kao primarna svrha radara ističe se pretraživanje nekog prostora te utvrđivanje postoji li na tom prostoru neki objekt. Da bi nautičar mogao reći kako ima znanje rukovanja radarom, on mora moći iskoristiti sve mogućnosti radara na maksimalnoj razini te na što je moguće efikasniji način smanjiti ili otkloniti utjecaj nedostataka radara.

Pod nedostacima radara misli se na utjecaj padalina, bočnih lepeza, radara brodova u blizini, položaja antene samog radara na brodu, itd. Upravo ti nedostaci tema su ovoga rada te su u radu opisani. Da bi se što bolje razumjela tematika i shvatio princip stvaranja tih nedostataka, najprije se valja upoznati sa navigacijskim radarom i njegovim svojstvima.

U prvom, uvodnom dijelu rada, općenito je objašnjena svrha navigacijskog radara. Navedeni su i nedostaci koji se javljaju vezano uz sami navigacijski radar, a koji su tema ovoga rada.

U drugom poglavlju upoznaje se radarski sustav. Navode se i ukratko opisuju dijelovi samog radarskog sustava te princip njegova rada. Uz navedene propisane karakteristike radara, navedeni su i elementi radarskog prikaza koji su pobliže opisani.

Treći dio rada bavi se prvom vrstom nedostataka radara, a to su radarske smetnje. Navedena je raščlamba radarskih smetnji na tri vrste sa pripadajućim podvrstama, ako ih ima. Svakoj vrsti opisano je njezino oslikavanje na radarskom zaslonu te način njezina smanjivanja ili otklanjanja.

Četvrti dio govori o lažnim odjecima koji također spadaju pod nedostatke radarskog sustava. Lažni odjeci predstavljaju jeke objekata na pogrešnom mjestu te radarsku sliku čine nečitljivom. Pobliže se opisuju višestruke jeke, posredne jeke te jeke sekundarnih latica. U ovom dijelu osim objašnjenja stvaranja lažnih jeka govori se i o načinu njihova brisanja. Uz uobičajene lažne jeke navedena su i dva dodatna tipa lažnih jeka koji se mogu javiti, a to su: lažne jeke energetskih kablova i jeke druge vremenske baze.

U petom dijelu, rad se bavi posljednjim navedenim radarskim nedostacima, a to su radarske sjene i „slijepa“ područja. U ovom dijelu iznose se vrste radarskih sjena te metode njihove izmjere. Također se iznose podaci vezani uz „slijepa“ područja, njihove karakteristike te metode određivanja.

Posljednji dio rada iznosi zaključke donesene na temelju provedenog istraživanja vezanog uz nedostatke radara (radarske smetnje, lažne odjeke te radarske sjene i „slijepa“ područja).

U svrhu istraživanja i pripreme potrebnih materijala, korišten je navigacijski simulator Transas Bridge Master NTPRO 5000 koji se nalazi na Pomorskom fakultetu u Rijeci. Simulator je u skladu s pravilima koje propisuje Međunarodna konvencija o standardima izobrazbe, izdavanju svjedodžbi i držanju straže pomoraca, češće zvanom STCW konvencijom (engl. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping). U svrhu što bolje vizualizacije teme koja se obrađuje u radu, u nekoliko navrata na simulatoru su napravljene snimke radarskog zaslona.

Uz simulator na Pomorskom fakultetu u Rijeci, za bolje razumijevanje teme korišten je i Furuno priručnik za radarske uređaje.

2. OPĆENITO O RADARU

Riječ radar skraćenica je od naziva *Radio Detecting And Ranging*, što znači otkrivanje objekata i mjerenje njihove udaljenosti radiosignalom. U navigaciji se primjenjuje za dobivanje panoramske radarske slike unutar kruga morskog horizonta, uz istovremenu mogućnost mjerenja udaljenosti do odabranih objekata i određivanja njihovih pramčanih kutova, odnosno azimuta. Radar je pomoćno navigacijsko sredstvo koje služi za: vođenje broda, određivanje pozicije broda, izbjegavanje sudara na moru, otkrivanje vremenskih nepogoda te slično.¹

Radar je uređaj koji se sastoji od nekoliko dijelova, a oni najvažniji su: uređaj za napajanje, odašiljač, antena, prijammnik i pokazivač.

Pod uređajem za napajanje misli se na motor generator izmjenične struje koji je napajan pomoću brodske električne mreže. Karakterizira ga to što daje stabilizirane napone i frekvencije.

Odašiljač, drugog naziva predajnik radara, je oscilator koji generira elektromagnetske impulse. Impulsni generator stvara kratke impulse i sinkronizira njihovo odašiljanje s početkom kretanja vremenske baze na zaslonu ekrana. Glavni dijelovi su mu magnetron i modulator.

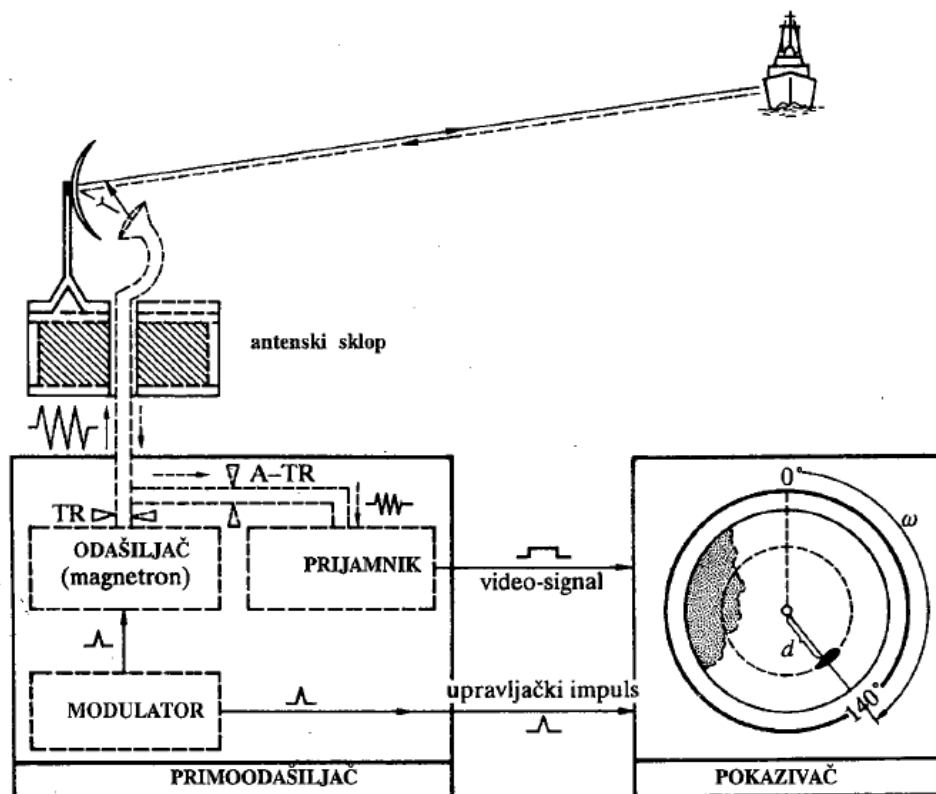
Glavni dio antenskog sustava je kao što i sam naziv govori, antena. Uz antenu ovaj sustav sastoji se još od valovoda i elektromotora koji rotira antenu. Zadaća antenskog sustava je odašiljanje impulsa visoke frekvencije u prostor te primanje reflektirane jeke od objekta.

Prijammnik je sklop čija je zadaća pojačavanje povratne (reflektirane) jeke i pretvaranje iste te jeke u vidne signale na pokazivaču radara. Sastoji se od: mješača frekvencija, međufrekvencijskog pojačala i videopojačala.

Pokazivač predstavlja dio radara koji prikazuje sliku horizonta dobivenu na osnovi primljenih povratnih jeka na radarskom ekranu. Njegova zadaća je i orijentiranje pramčanih

¹ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

kutova tako da kutovi na ekranu odgovaraju kutovima u prirodi. Pokazivač se sastoji od: katodne cijevi, generatora pilastog napona, rotirajuće vremenske baze te mjernog područja.²



Shema 1. Glavni dijelovi radara i njihova međusobna ovisnost

Izvor: Simović, A.T.: *Elektronička navigacija*, treće prerađeno izdanje, Element, Zagreb, 2000.

Vezano uz princip rada, pomorski radari su impulsni radari što znači da emitiraju elektromagnetske impulse koje kasnije prijemnik registrira kao jeku s objekata. Radar emitira impulse visoke frekvencije vrijednosti 1,500 – 11,000 MHz u vrlo kratkom vremenskom periodu, kraćem od 1 μ s. Ovi impulsi prostiru se horizontalnim snopom širine $2^\circ - 3^\circ$ te vertikalnim snopom širine $15^\circ - 30^\circ$ iz brodske antene prema horizontu. Elektromagnetski valovi šireći se prostorom, nailaze na prepreke te se od njih reflektiraju vraćajući se u radar koji ih evidentira kao odraz. Valja naglasiti da će odraz biti jači što je objekt bolji vodič električne struje. Na temelju dobivenog odraza (jeka, mrlje), objektu se može odrediti azimut, pramčani kut i udaljenost.

² Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

Azimut objekta određuje se na način da antena rotira određenom kutnom brzinom koja je jednaka brzini rotacije pokazivača na ekranu. Na taj način, antena i pokazivač uvijek su na istom pramčanom kutu te se u tom smjeru pokazuje i reflektirani odraz (jeka, mrlja). Pramčani kut je kut između pramčanice broda i odraza (jeka, mrlje). Udaljenost objekta od radara mjeri se s obzirom na vrijeme potrebno impulsu da se vrati natrag. To vrijeme izračunava se prema jednadžbi (1) :

$$t = \frac{2d}{c} = \frac{d'}{v} \quad (1)$$

gdje je:

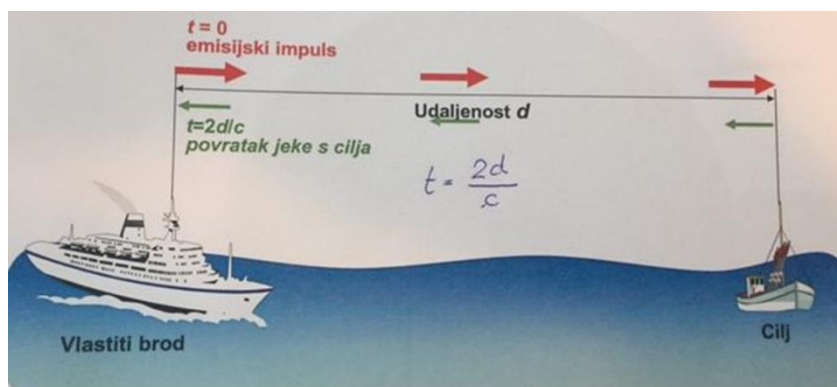
t = vrijeme potrebno da radarski signal pređe put od antene do cilja i natrag do antene,

$2d$ = put od antene do objekta i natrag,

$c = 299790 \text{ km/s}$

d' = prividna udaljenost objekta na zaslonu radara

v = brzina gibanja svijetle točke. ³



Slika 1. Određivanje udaljenosti pomoću radara

Izvor: Kos, S. : prezentacija EN radar, kolegij Elektronička navigacija, 2018./2019.

SOLAS konvencijom propisana je opremljenost broda s dva međusobno neovisna radara od kojih jedan pripada u X pojas, a drugi u S pojas (engl. *dual system*).⁴ Radar koji radi na X pojasu je radar koji radi na frekvenciji od 9 GHz odašiljući impulse valne duljine 3 cm. Prednosti ove vrste radara su: radarska slika s više detalja te radarska antena manjih

³ Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁴ Bole, E., Wall, A., Norris, A.: *Radar and ARPA manual*, treće izdanje, Elsevier, Liverpool, 2013.

dimenzija. Zbog kraćih impulsa ovaj radar koristi se za manje domete te u dobrim vremenskim uvjetima. S druge strane, S radar radi na frekvenciji od 3 GHz te odašilje impulse valne duljine 10 cm. Ovaj radar pogodniji je za veće domete te se pokazao kao bolji u lošim vremenskim uvjetima naspram X radara. Nedostatak ovog radara je radarska slika s malo detalja te problem pri razdvajanju objekata po udaljenosti.

Svaki radar, pa tako i gore navedeni imaju svoje karakteristike: maksimalni domet, minimalni domet, točnost mjerenja udaljenosti, točnost mjerenja kuta, razdvajanje objekata po udaljenosti te razdvajanje objekata prema kutu. Minimalne i maksimalne vrijednosti svake od gore navedenih karakteristika radara propisane su IMO rezolucijom.⁵

Maksimalni domet radara ovisi o nizu čimbenika od kojih će samo neki ovdje biti nabrojani: broj impulsa odaslanih u jedinici vremena, vrsta i veličina antene, valna duljina te značajke samog cilja (objekta).

Minimalni domet radara definiran je kao najkraća udaljenost na kojoj radar može otkriti objekte. Minimalni domet definiran je područjem u kojem radar ne može detektirati objekte, tj. „mrtvim sektorom“. Ovo područje ovisi o visini radarske antene te o poluširini radarskog snopa u vertikalnoj ravnini.⁶ Na ovu karakteristiku radara znatan utjecaj imaju smetnje od valova, no više o tome u poglavlju 3.2.2. Smetnje od valova.

Na točnost mjerenja udaljenosti utječu razni čimbenici od kojih su neki: stalna pogreška koja se javlja kada se impuls primi direktno pri emitiranju, pogreška u oscilatorovoj frekvenciji te subjektivna pogreška pri procjeni udaljenosti dviju kružnica. Ova karakteristika ponajviše ovisi o linearnosti vremenske baze. Točnost mjerenja bit će to bolje što se VRM (variable range marker) postavi bliže prednjem bridu objekta.

Točnost mjerenja kutova (azimuta) ovisi o: brzini kretanja objekta, veličini objekta, orijentaciji radarske slike te položaju objekta na ekranu radara. Što je sam objekt udaljeniji od središta radarskog ekrana, to će mjerenja azimuta biti točnije.

⁵ Međunarodna pomorska organizacija, *Adoption of the revised performance standards for radar equipment*, Resolution MSC.192 (79), 2004., online: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MS.192\(79\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MS.192(79).pdf) (05.02.2020.)

⁶ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

Razdvajanje objekata po udaljenosti je sposobnost radara da dva bliska objekta koja se nalaze na istom azimutu prikaže odvojeno, tj. kao dva objekta što i jesu.⁷

Razlikovanje objekata po kutu, tj. azimutu je sposobnost radara da dva bliska objekta koja se nalaze na istoj udaljenosti prikaže kao dva odvojena odraza.⁸

Što se radarske slike tiče, ona je definirana sa više elemenata: orijentacijom, stabilizacijom te vrstom kretanja.

Orijentacija radarske slike govori o smještaju pramčanice broda, a može biti: *North Up*, *Head Up* i *Course Up*. *North Up* orijentacija radarsku sliku orijentira na sjever, a pramčanica broda pokazuje kurs broda. U slučaju korištenja *Head Up* orijentacije, pramčanica broda postavlja se u nulu azimutalne skale. *Course Up* orijentacija pramčanicu usmjerava prema sjeveru, a azimutalna skala se okreće sukladno promjeni kursa broda.

Dvije su vrste stabilizacije radarske slike. Stabilizacija preko dna (engl. *Ground Stabilisation*) dobiva se pomoću GPS senzora koji daje podatke o brzini i kursu preko dna. Stabilizacija kroz vodu (engl. *Sea Stabilisation*) postiže se uz pomoć žirokompasa i Dopplerovog brzinomjera koji daju podatke o brzini i kursu kroz vodu.⁹

Radarska slika se prema vrsti kretanja dijeli na pravo (engl. *True Motion*) i relativno kretanje (engl. *Relative Motion*). Razlike ove dvije vrste kretanja je ta što kod pravog kretanja točka na zaslonu prikazuje vlastiti brod kojemu pramčanica pokazuje pravi kursa a brzina na zaslonu odgovara brzini u stvarnosti.

Vrlo je važno upoznati se s osnovama radara kako bi se shvatio princip njegova rada te usavršilo njegovim rukovanjem. Radarska slika pomaže pomorcima pri vođenju navigacije, ona prikazuje položaj i odnos vlastitog broda i drugih brodova ili objekata u okolini. Radar prima reflektirane signale od tih objekata i oni predstavljaju korisne signale. Iako se ovdje govori o uređaju koji sam računa podatke koje prikazuje, on nije savršeni uređaj. Ne može detektirati i odvojiti različite smetnje i lažne odjeke te zbog toga osoba koja se koristi samim radarom mora biti upoznata sa tim smetnjama, njihovom prezentacijom na radarskoj slici te njihovim otklanjanjem ili prigušivanjem.

⁷ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁸ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

⁹ Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

3. RADARSKE SMETNJE

Radarske smetnje (engl. *Radar Noise, Clutter*) definirane su kao smetnje na pokazivaču radara izazvane odjekom radarskog zaslona.¹⁰ Kako i sam naziv govori, radarske smetnje predstavljaju neželjene odraze (jeke, mrlje) na radarskom ekranu koji nisu nastali na navigacijskim ciljevima te kao takvi predstavljaju opasnost pri tumačenju radarske slike i odlukama o djelovanju njoj sukladno. Radarske smetnje dijele se u tri skupine:

- smetnje uzrokovane atmosferskim pojavama (engl. *Rain and Sea Clutter*),
- šum koji stvaraju elektronički elementi radara ili ga radar primi iz prostora,
- interferencije sa signalima ostalih radara u okolini broda.¹¹

3.1. SMETNJE UZROKOVANE ATMOSFERSKIM POJAVAMA

Smetnje uzrokovane atmosferskim pojavama dijele se na smetnje od padalina i smetnje od valova. Obje vrste smetnji utječu na tok elektromagnetskih valova koje radar šalje, a najjača ometanja javljaju se kad je vrijeme olujno. Najvažniji utjecaj atmosferskih pojava na kvalitetu i pouzdanost same radarske slike ogleda se prvenstveno u gušenju signala i smanjivanju dometa radara.

Magla je također atmosferska pojava, no ona ne daje odraze na radarskom ekranu već samo smanjuje domet radara. Tropski cikloni daju na radarskoj slici odraze koji su im karakteristični te pomažu navigatoru pri njihovom izbjegavanju.¹²

3.2.1. Smetnje od padalina

U smetnje od padalina ubrajaju se: kiša, snijeg i tuča. Padaline mogu na tri načina kompromitirati radarsku sliku, ovisno o položaju padalina u odnosu na vlastiti brod i objekt koji se promatra:

- padaline se nalaze između vlastitog broda i promatranog objekta
- promatrani objekt se nalazi u području padalina
- vlastiti brod se nalazi u području padalina¹³

¹⁰Hrvatsko Strukovno nazivlje, online:<http://struna.ihji.hr/searchdo/?q=radarske+smetnje#container> (11.04.2020)

¹¹ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

¹² Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

¹³ Sušanjan, J.: *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

Kada se radi o situaciji u kojoj se padalina nalaze između broda i objekta, prolazeći kroz to područje dolazi do gušenja elektromagnetskih valova. U ovom slučaju, objekt neće biti vidljiv već će se nalaziti u takozvanoj radarskoj sjeni.

Ako je prisutna situacija u kojoj se unutar područja padalina nalazi objekt koji se posmatra, tada je njegova jeka slabija za 80% od jeka u normalnim vremenskim uvjetima. Uz oslabljenu jeku valja napomenuti da će slika objekta biti zamučena zbog padalina oko promatranog objekta-

Treći scenarij je kada se unutar područja padalina nalazi vlastiti brod. U ovom scenariju smetnje se javljaju na sredini ekrana, dok su jeka objekata koji se nalaze izvan područja padalina oslabljene. Razlog tome je prolazak elektromagnetskih valova kroz područje samih padalina i njihovo gušenje.¹⁴

Umjerena ili slaba kiša neće se primjećivati na radarskom zaslonu, no veće izljeve kiše navigator će vidjeti kao odraze (jeka, mrlje). Snijeg će oslabiti signal radara približno oslabljenju radarskog signala uzrokovanog kišom tek u omjeru 1:10, tj. ako umjesto jednog centimetra kiše po satu i metru kvadratnom padne deset centimetara snijega.¹⁵ U suprotnom neće izazivati smetnje. Valja napomenuti da na radarima velikih valnih duljina, kao na primjer S radaru, neće doći do slabljenja signala izazvanog snijegom. Kod njih se opasnost javlja tek kada snijeg u debljem sloju promijeni oblik obale na koji je napadao. U tom slučaju, jeka s takve obale neće biti kompatibilna sa istom tom obalom bez snijega.

Kad se brod nađe u području oluje ili guste kiše može doći do smanjenja radarske vidljivosti na minimum. Vrlo su rijetki slučajevi u kojima je vidljivost toliko smanjena da je radar neupotrebljiv, no i takvi slučajevi postoje.

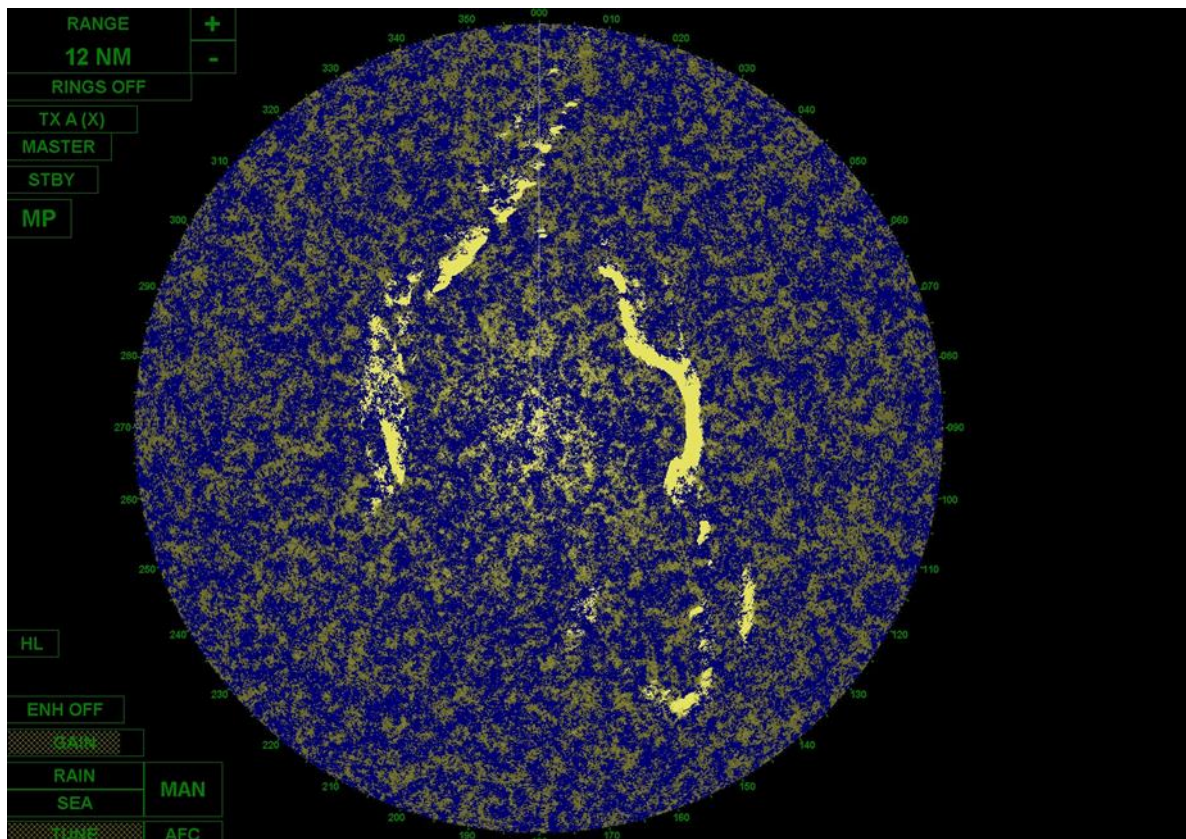
Dva su načina na koja možemo otkloniti smetnje od padalina, upotrebom kružne polarizacije ili funkcije *Anti Rain Clutter*.

Kod kružne polarizacije dolazi do rotacije vektora električne komponente. Kružno polarizirani elektromagnetski val mijenja svoju polarizaciju odbijajući se od kapljica kiše. Radarska antena gotovo da i ne prima takve elektromagnetske valove te iz tog razloga odraz kiše bude potisnut, tj. ne bude prikazan na radarskom zaslonu.

¹⁴ Sušanjan, J.: *Radar i radarsko osmatranje*, Četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

¹⁵ Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

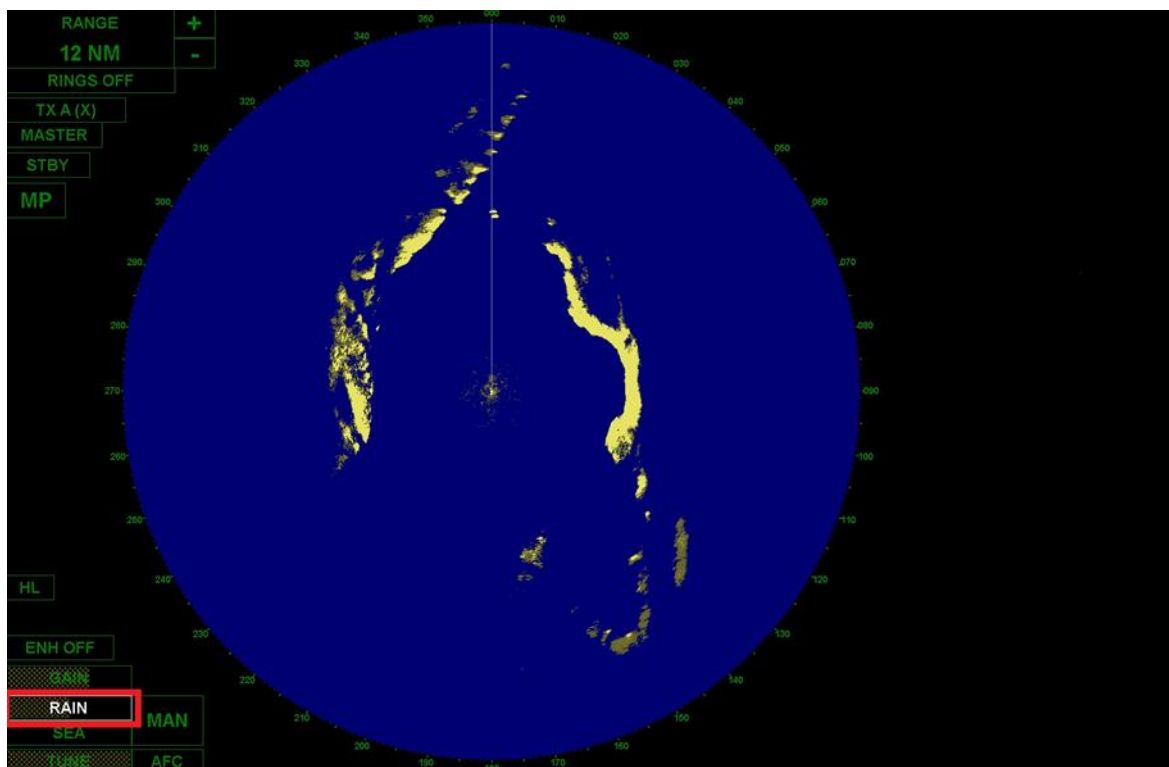
Upotrebom *Anti Rain Clutter*-a, radar više neće prikazivati cijeli objekt već samo njegov prvi brid. Prednost je ta što se padaline razbijaju na impulse između kojih se otkriva cilj koji je prekriven tim padalinama, a nedostatak što radarska slika postaje zrnata. Ova funkcija može se podesiti ručno ili automatski. Radar mora imati mogućnost gašenja automatskog podešavanja i prelaska na ručno podešavanje.¹⁶ Kod ručnog podešavanja ove funkcije važno je ne otkloniti smetnje u potpunosti kako ne bi došlo do gubitka odraza okolnih objekata.



Slika 2. Smetnje od kiše

Izvor: Zaslon radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

¹⁶ Međunarodna pomorska organizacija, *Adoption of the new and amended performance standards*, Resolution MSC.64(67), 1996.
online:[http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.64\(67\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.64(67).pdf) (11.04.2020.)



Slika 3. Smetnje od kiše prigušene funkcijom *Anti Rain Clutter*

Izvor: Zaslom radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

3.2.2. Smetnje od valova

Smetnje s valova označavaju odbijanje energije emitiranog elektromagnetskog vala od površine valovitog mora. Količina odbijene energije prema anteni ovisit će o nekoliko čimbenika: kutu upada signala, valnoj duljini signala, vrsti polarizacije signala te o stanju mora i vjetra.¹⁷

Efektivna radarska površina, koja predstavlja omjer snage odbijenog elektromagnetskog vala u odnosu na prostorni kut i snagu elektromagnetskog vala na mjestu cilja, ovisi o nizu čimbenika: upadnom kutu elektromagnetskih valova na valove more, polarizaciji i frekvenciji istih tih valova, stanju mora te smjeru i jačini vjetra.

Polarizacija elektromagnetskog vala ima znatan utjecaj na jačinu smetnji koje se u ovom slučaju javljaju. Za mirnog mora kod S i X radara, smetnje vertikalno polariziranog vala jače su od odraza horizontalno polariziranog vala. Kako more postaje sve nemirnije

¹⁷ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

tako se i ove razlike između vertikalno i horizontalno polariziranih valova smanjuju. Razlika u potpunosti nestaje kod valova visine 1 do 1,5 m.¹⁸

Ovdje je vrlo važno osvrnuti se na smjer vjetra jer će odraz od valova biti veći iz smjera u kojem vjetar puše. Ova pojava objašnjava se činjenicom da je strmiji dio vala okrenut brodu iz smjera puhanja. Upravo taj strmiji dio vala daje jači odraz zbog svog položaja u odnosu na radarsku antenu.

Danas postoje tri modela refleksije elektromagnetskih valova od površine mora koji se temelje na međuosobnim jačinama odraza, stanja mora te karakteristika elektromagnetskih valova, a to su:

- na valovima kao neravnoj reflektirajućoj površini nastaju smetajući odrazi,
- na kapljicama mora raspršenih vjetrom nastaju smetajući odrazi,
- na malim površinama različitih nagiba nastaju smetajući odrazi.¹⁹

Nedostatak prvog modela je što ne opisuje razlike u jačini vertikalno polariziranih i horizontalno polariziranih elektromagnetskih valova. Radi se o velikom nedostatku jer vertikalno polarizirani valovi u nekim slučajevima mogu biti veći od horizontalno polariziranih (postoje situacije gdje se radi i o nekoliko tisuća puta).

Drugi model objašnjava utjecaj polarizacije na jačinu odraza, no ne bavi se ovisnošću jačine odraza i frekvencije elektromagnetskog vala.

Model koji na morsku površinu gleda kao na niz malih površina različitog nagiba, bavi se i opisuje utjecaj same polarizacije elektromagnetskog vala kao i ovisnosti frekvencije elektromagnetskog vala i jačine odraza. Nedostatak ovog modela je izostanak utjecaja vjetra na refleksiju elektromagnetskih valova.

Nažalost, nijedan od gore navedena tri modela refleksije elektromagnetskih valova o morsku površinu ne pokriva sve čimbenike koji na refleksiju utječu stoga nijedan točno ne odgovara na pitanje same refleksije elektromagnetskih valova. Objedinjavanjem sva tri modela, mogao bi se postići model koji ju točno objašnjava.

Odrzi od valova mogu napraviti radarsku sliku nejasnom, a posebno centar slike. Ova situacija ne predstavlja opasnost pri plovidbi otvorenim morem, ali predstavlja značajnu

¹⁸ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

¹⁹ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

opasnost pri plovidbi u luci i uskim kanalima jer može doći do zasjenjenja manjih objekata ispred pramca. Koliko široko na ekranu će biti odrazi od valova ovisi o: visini valova i antene.²⁰

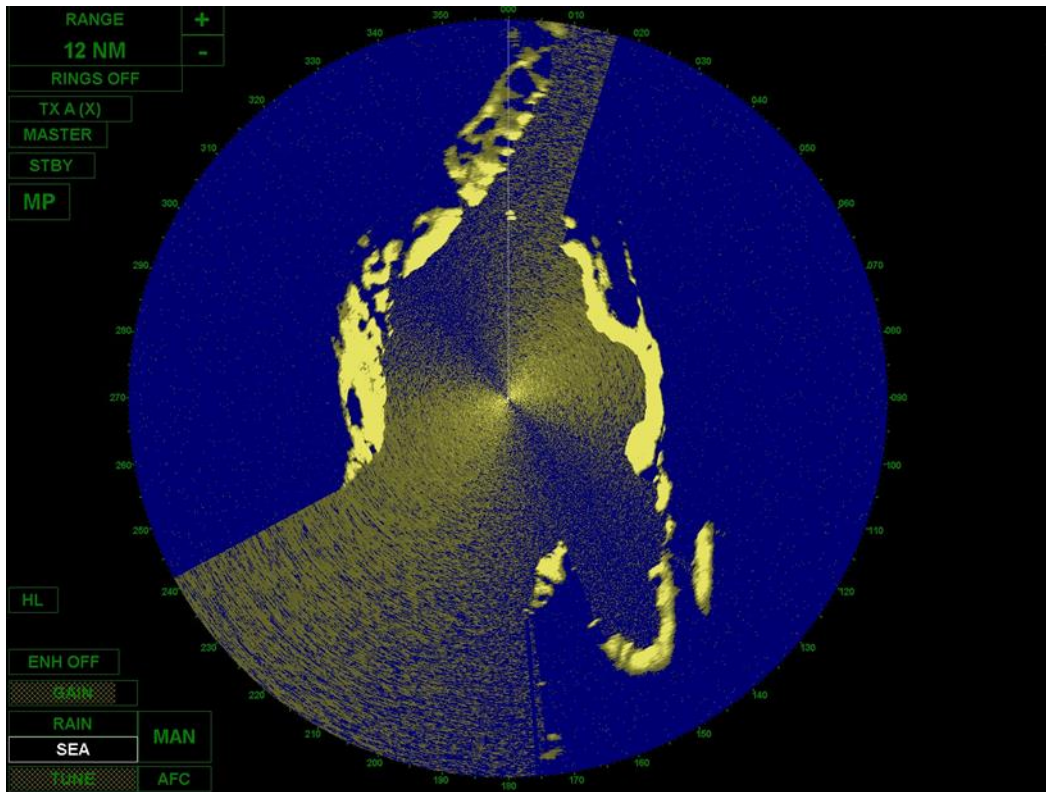
Smetnje od valova smanjuju se korištenjem funkcije *Anti Clutter Sea*. Ova funkcija djeluje tako što smanjuje pojačanje prijemnika. Funkcija *Anti Clutter Sea* također ima mogućnost automatskog i ručnog postavljanja. Nikako se ne preporuča potpuno brisanje smetnji kada se funkcijom upravlja ručno. Kao i kod *Anti Rain Clutter*-a treba obratiti pažnju da se ne pretjera sa korištenjem ove funkcije kako ne bi došlo do nestanka odraza nekog objekta u blizini vlastitog broda, prvenstveno govoreći o objektima ispred pramca vlastitog broda. Ovom funkcijom željeni efekt se postiže samo na manjim udaljenostima, te je također poželjno povremeno mijenjati nivo prigušenja.

Valja naglasiti da se posebna pažnja treba posvetiti kada se istodobno koriste i *Anti Clutter Sea* i *Anti Rain Clutter*, jer je tada veća mogućnost za gubljenje korisnih signala, tj. odraza s okolnih objekata.²¹

Osim smetnji uzrokovanih valovima, tj. refleksijom elektromagnetskih valova o morske valove, jedna od specifičnih situacija javlja se pri visokim valovima. U ovoj situaciji postoji mogućnost da radar uopće ne detektira brod ako se on nalazi u doli vala u trenutku kada antena radi svoj obrtni usmjereni krug.

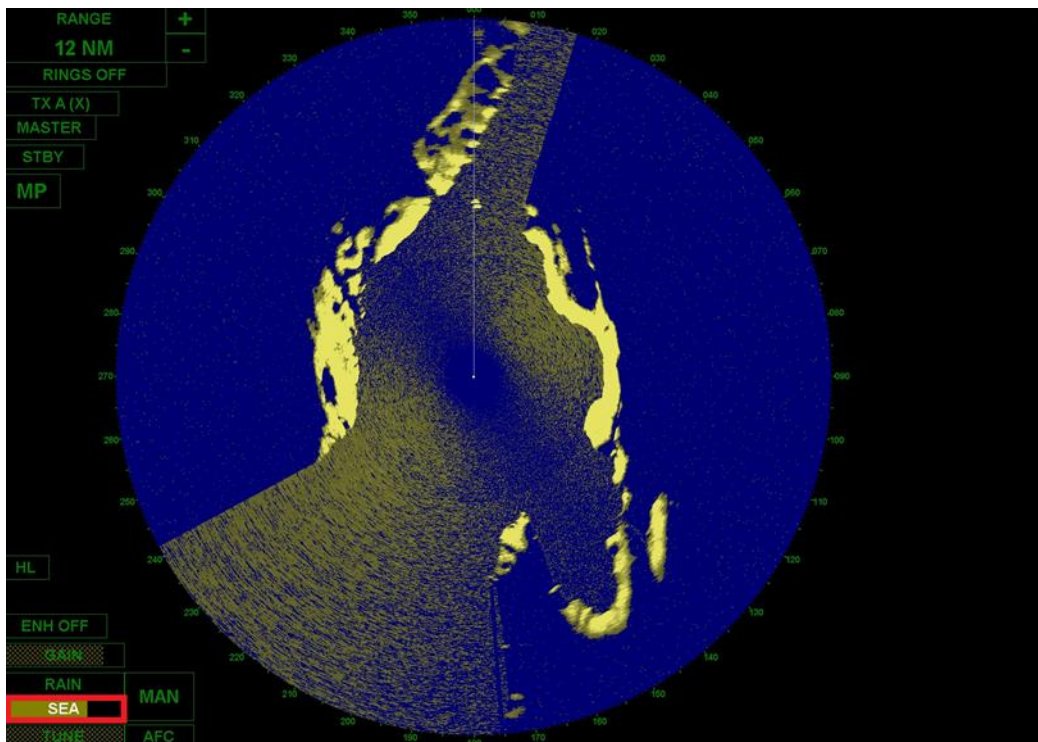
²⁰ Furuno Electric Co. Ltd., *Operator's Manual for Chart Radar FAR-3000 series*, 2014., online: http://brimrun.is/wp-content/uploads/2017/07/FAR3000_Operators_Manual.pdf (11.04.2020.)

²¹ Furuno Electric Co. Ltd., *Operator's Manual for Chart Radar FAR-3000 series*, 2014., online: http://brimrun.is/wp-content/uploads/2017/07/FAR3000_Operators_Manual.pdf (11.04.2020.)



Slika 4. Smetnje od valova

Izvor: Zaslone radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru



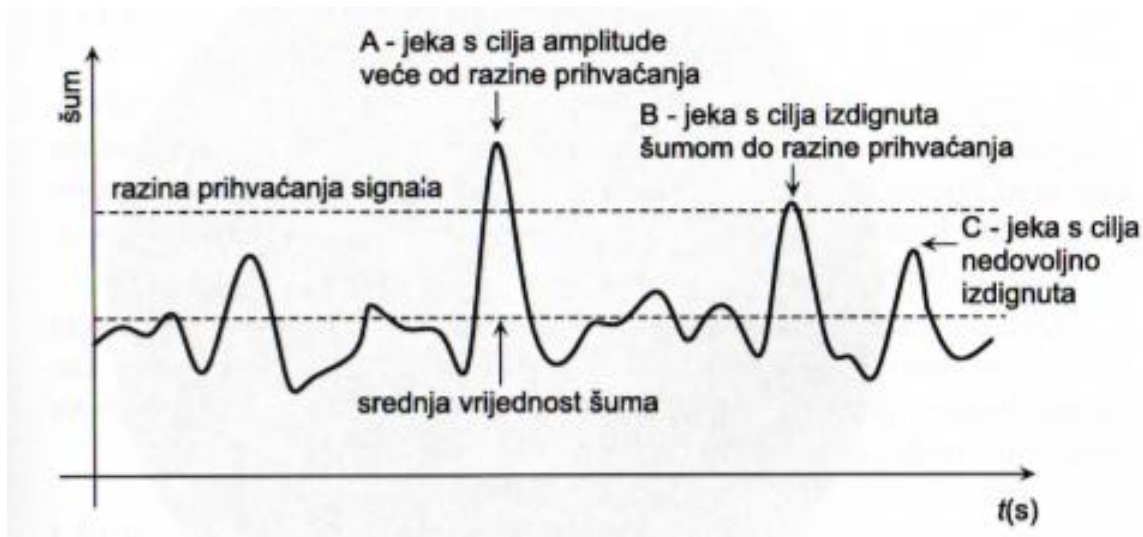
Slika 5. Smetnje od valova prigušene funkcijom *Anti Sea Clutter*

Izvor: Zaslone radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

3.2. ŠUM KOJI STVARAJU ELEKTRONIČKI ELEMENTI RADARA ILI GA RADAR PRIMI IZ PROSTORA

Šum, još poznat kao i najmanji detektibilni signal (engl. *MSD, Minimum detectable Signal*), predstavlja najslabiji signal kojeg prijamnik može izdvojiti. Kao što je već rečeno, prijamnik je sklop sa zadaćom pojačavanja reflektirane jeke i pretvaranja iste te jeke u signale vidljive na radarskom zaslonu. Osnovno svojstvo ovog sklopa je sposobnost izdvajanja korisnog signala koji je maskiran šumom koji se javlja u istom spektru frekvencija. Sam šum određuje se postavljajući razinu detekcije prijamnika, tj. razinu prihvaćanja signala.²²

Na radarskom zaslonu biti će prikazane korisne jeke, a u ovom slučaju to će biti naponski dijelovi sastavljeni od korisnog signala i šuma koji su prešli postavljenu razinu prihvaćanja signala (točka A, slika 6.). Iako se ovdje govori o šumu kao jednoj od radarskih smetnji, šum ponekad može biti od pomoći i to u pogledu otkrivanja ciljeva kojima je jeka slaba. Na primjer, točka B na slici 6. ne bi prešla postavljenu razinu prihvaćanja signala i bila prikazana na radarskom zaslonu da sama njezina jeka nije izdignuta šumom do razine detekcije signala. S druge strane, točka C primjer je jeke koja nije izdignuta šumom te samim tim ne bi bila ni prikazana na radarskom ekranu.²³



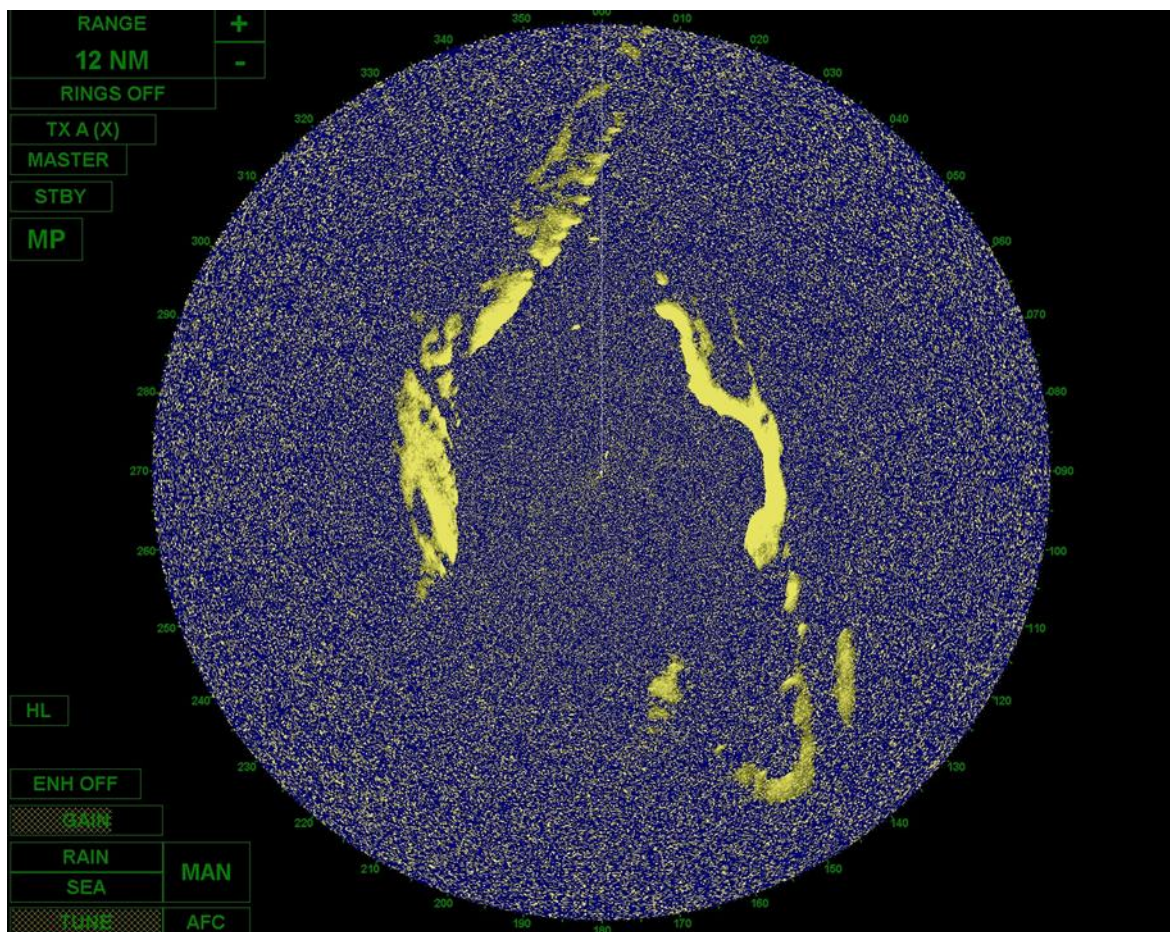
Slika 6. Šum u prijamniku

Izvor: Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

²² Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

²³ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Razinu prihvaćanja signala postavlja navigator koristeći funkciju *Gain* kojom se regulira osjetljivost prijammnika. Pri definiranju razine navigator mora imati na umu činjenicu da postavljanjem razine detekcije signala na nisku vrijednost (tj. prevelikim pojačanjem osjetljivosti prijammnika) direktno utječe na kvalitetu radarske slike koja se smanjuje te se na slici javlja takozvani snijeg.



Slika 7. Šum na radarskom ekranu

Izvor: Zaslom radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

Postoje dvije vrste šuma, jedna se javlja van prijammnika a druga unutar samog prijammnika. Kao vanjski izvori šuma mogu se navesti šumovi iz svemira kao npr. sa Sunca, Mliječne staze, itd. Veličina vanjskog šuma ovisi o dva parametra, frekvenciji i položaju antene u odnosu na nebesko tijelo. Jedan od vanjskih šumova je i šum apsorpcije atmosfere. Ova vrsta šuma javlja se na temelju ponašanja crnog tijela.²⁴ Crno tijelo predstavlja zamišljeno tijelo koje potpuno apsorbira cjelokupno upadno elektromagnetsko zračenje.²⁵

²⁴ Sušanj, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

²⁵ Hrvatsko Strukovno nazivlje, online: <http://struna.ihjj.hr/naziv/idealno-crno-tijelo/9357/#naziv> (07.05.2020.)

Atmosfera u ovom slučaju apsorbiranu energiju reemitira kao atmosferski šum. Osim njega u atmosferi se još javljaju i druge smetnje vezane uz munje i druga električna pražnjenja atmosfere.²⁶

Unutarnji šum, često znan i kao elektronički šum, karakterističan je i javlja se u svim elektroničkim elementima. Postoji više vrsta elektroničkih šumova, no najznačajniji je termički šum koji se javlja u elektroničkim otpornicima i poluvodičima. Ovaj šum javlja se kao posljedica stohastičkog gibanja nosioca naboja.²⁷ Termički šum naziva se još i bijeli šum jer njegov napon ne ovisi o frekvenciji.

Radarska pojačala su pojačala s više stupnjeva te kod njih, najveći utjecaj ima šum prvo stupnja. Ako se šumni brojevi pojedinih stupnjeva pojačala označe s F_1, F_2, \dots, F_n , a njihova pojačanja sa G_1, G_2, \dots, G_n , tada će šumni broj cijelog pojačala biti izračunat prema formuli:

$$F_0 = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots \quad (2)$$

Iz gore navedene formule, može se izvući zaključak kako će svi ostali stupnjevi biti umanjeni za umnožak pojačanja prethodnih stupnjeva te će posljedično tome, manje utjecati na ukupan šumni broj. Prvi stupanj radarskog prijavnika čini poluvodička dioda za miješanje, znana još i kao *Mixer*, na kojoj se javljaju izraženiji termički šumovi. Posljedica njihova djelovanja je da su jeke manje od sume spomenutih šumova maskirane tim šumom.²⁸

Kako bi se otklonile ove smetnje, danas se koriste posebne vrste prijavnika čija je zadaća ispunjavanje dva temeljna zahtjeva: minimalni unutarnji šum te mogućnost prepoznavanja signala u slučaju kada je slabiji od šuma. Ove vrste prijavnika koriste se računalnom obradom signala koja je izuzetno korisna u slučaju izdvajanja malih signala koji su zahvaćeni jakim šumom. Osnovne i najčešće korištene vrste posebnih prijavnika su korelacijski prijavnik i prijavnik s optimalnim filtrom.

²⁶ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

²⁷ Sušan, J. : *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

²⁸ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Korelacijski prijamnika uz pomoć korelacijske metode koja zapravo predstavlja višestruko uspoređivanje sadržaja primljenog signala, odvaja signal od šuma i u slučaju kada je šum jači od signala.²⁹

Prijamnik s optimalnim filtrom predstavlja elektroničku filtersku mrežu koja postiže najveći omjer korisnog signala i aritmetičke vrijednosti šuma.³⁰

3.3. INTERFERENCIJA SA SIGNALIMA OSTALIH RADARA U OKOLINI BRODA

Interferencija označava pojavu prijema radarskog signala drugog radarskog uređaja u blizini broda i njegovu interferenciju s lokalnim oscilatorom vlastitog radara.³¹ Oscilator je, kao što je spomenuto na početku rada, impulsni generator kojemu je zadaća stvaranje i sinkronizirano odašiljanje kratkih impulsa. Interferencija se javlja u slučaju kada vlastiti radar svojim glavnim i bočnim lepezama primi elektromagnetski val drugog radara koji je bio usmjeren direktno u njega.

U prošlosti interferencija nije stvarala tolike probleme kao u suvremeno doba jer je bilo manje brodova, a samim tim i manje radara koji su se upotrebljavali. Suvremenim razvojem pomorstva ova pojava je sve više dolazila do izražaja povećanjem broja brodova. Danas ona ne predstavlja problem u navigaciji otvorenim morem, ali se može pojaviti i stvarati probleme u obalnoj navigaciji. Iz ovog razloga frekvencijski spektri navigacijskih radara su napravljeni nešto širi kako bi se mogao koristiti širi spektar frekvencija. Kod S radara međunarodno dogovoreni raspon frekvencija je 2.9 – 3.1. GHz, dok je kod X radara on 9.2 – 9.5. GHz.³² Proširivanjem frekvencijskog spektra nije u potpunosti uklonjeno stvaranje interferencije, ali je ono smanjeno na minimum.

Do pojavljivanja interferencije doći će ako se u blizini vlastitog radara nalazi radar koji radi na istom ili gotovo istom frekvencijskom spektru. Ove smetnje su uočljivije kada su postavke radara stavljene na veći domet. Razlog tomu je sporije kretanje vremenske baze na većem domete te jače osvjetljavanje zaslona smetnjom.

²⁹ Sušan, J. : *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001

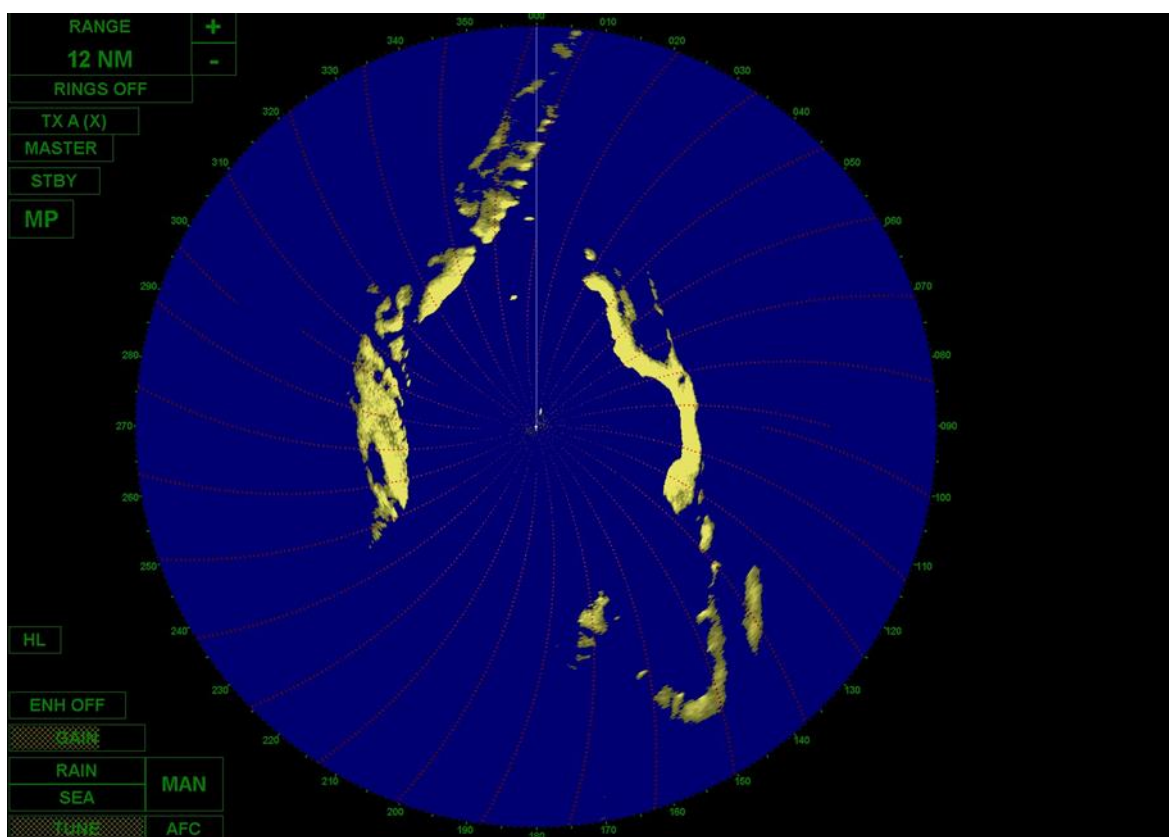
³⁰ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

³¹ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

³² Bole, E., Wall, A., Norris, A.: *Radar and ARPA manual*, treće izdanje, Elsevier, Liverpool, 2013.

Postoje neki posebni slučajevi gdje se javlja interferencija iako se govori o dva različita radara. Primjer jednog od njih je treći harmonik impulsa S radara koji radi blizu frekvencije X radara te će zbog toga izazvati pojavu interferencije.³³

Interferencija se na radarskom zaslonu prikazuje kao niz točkica obično poredanih u obliku spirale koje se šire iz centra prema rubovima radarskog ekrana. Spirale mogu biti fiksirane na ekranu ili se mogu polagano kretati unutra i van. Rijetki su slučajevi u kojima je interferencija toliko jaka da je radar neupotrebljiv.



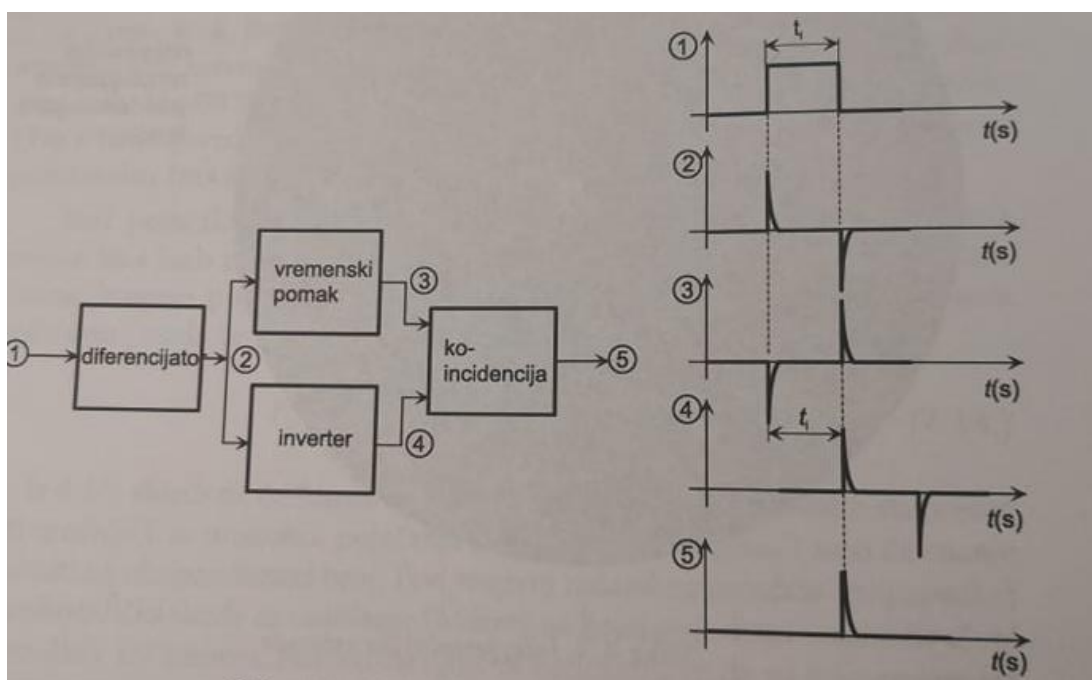
Slika 8. Interferencija na radarskom ekranu

Izvor: Zaslon radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

Radar je moguće zaštititi od interferencije i to koristeći elektrostatički oklop radarskog prijammnika. Unutar prijammnika se nalaze posebni sklopovi koji služe za zaštitu radara od interferencijskih smetnji. Ti sklopovi imaju mogućnost prepoznavanja razlika u frekvenciji, vremenu i kutu pojavljivanja te obliku ometajućeg i korisnog signala..

³³ Sušanj, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Prvi sklop omogućuje prepoznavanje duljine jeka te prihvaćanje one jeka čija duljina odgovara duljini emitiranog impulsa. Jeka se na ulazu u sklop prvo diferencira, a zatim dijeli na dva kanala. U gornjem kanalu jeka se pomiče za određeno vremensko kašnjenje, dok se u donjem kanalu invertira. U koincidentnom sklop se uspoređuju izlazi gornjeg i donjeg kanala. Na izlazu sklopa će se javiti impuls kada se prednji brid vremenski pomaknutog impulsa podudara sa zadnjim bridom invertiranog impulsa. Jedina situacija u kojoj je to moguće je kada su širina jeka i širina emisijskog impulsa jednake. Impulsi drugačijih širina biti će protumačeni kao interferencijske smetnje te potisnute.³⁴



Shema 2. Diskriminator duljine impulsa

Izvor: Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Druga vrsta sklopa je video integrator s vremenskim kašnjenjem. Njegova zadaća je također potiskivanje smetnji uzrokovanih interferencijom. Pri recipročnoj vrijednosti PRF-a (*Pulse repetition frequency*) koja odgovara vremenskom kašnjenju sklopa, njegov odziv ima maksimalni izlazni napon. Ova činjenica govori da će sklop djelotvorno potiskivati sve smetnje uzrokovane interferencijom čiji PRF nije jednak PRF-u vlastitog radara.³⁵

³⁴ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

³⁵ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

4. LAŽNI ODJECI

Za razliku od radarskih smetnji opisanih u prethodnom poglavlju, lažni odjeci su jeke sa postojećih ciljeva na dijelu radarskog ekrana koji nije adekvatan njihovom smještaju u prostoru. Oni kao i radarske smetnje preopterećuju radarsku sliku i čine je nečitljivom. Lažne odjeke moguće je podijeliti s obzirom na način njihova nastajanja, i to su:

1. višestruke jeke,
2. posredne jeke,
3. lažne jeke sekundarnih latica,
4. lažne jeke energetskih kablova,
5. jeke druge vremenske baze.

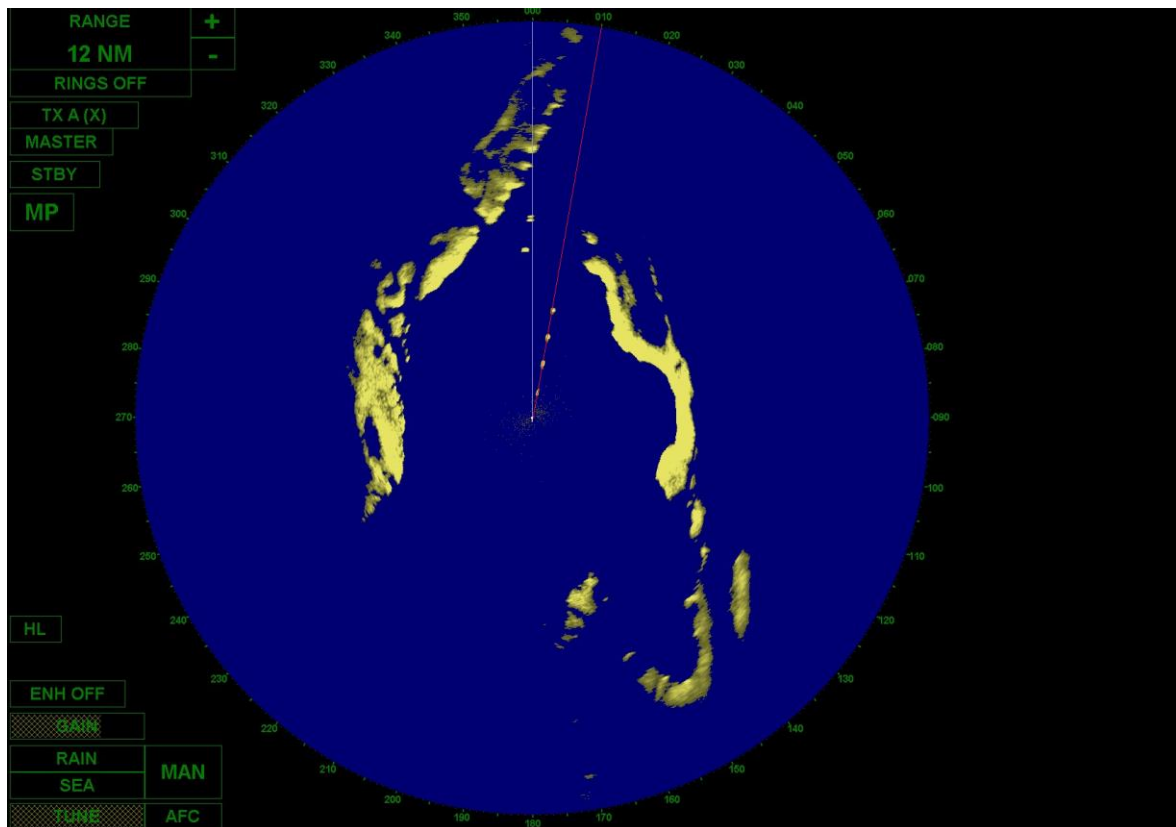
4.1. VIŠESTRUKJE JEKE

Višestruke jeke javljaju se ako se subočice u blizini vlastitog broda nalazi objekt s visokim koeficijentom refleksije. Koeficijentom refleksije označava se odnos amplitude upadnog vala i reflektiranog vala koji nastaje na granici dvaju sredstava pri nailasku vala.³⁶ Prva jeka koja se vraća sa objekta na radarskom zaslonu biti će prikazana na pravom mjestu. Nakon toga dolazi do stvaranja lažnih višestrukih jeka. Jedan dio prve jeke biti će detektiran u radaru, no drugi dio će se odbiti od vlastitog broda. Odbijeni dio jeke odlazi ponovno do objekta te se od njega odbija i vraća natrag u vlastiti radar. Iz prethodno opisanog može se zaključiti da samo jednim emitiranim radarskim impulsom može doći do stvaranja niza jeka objekta u blizini.

Ovu vrstu lažnih odjeka vrlo je lako prepoznati jer su međusobno udaljene za vrijednost jednaku udaljenosti vlastitog broda i prave jeke, tj. vlastitog broda i prve povratne jeke. Između ostalog, višestruke jeke nalaze se na istom azimutu. Još jedna od bitnih karakteristika koja ih opisuje je ta, što je svaka naredna višestruka jeka manjih dimenzija i slabijeg intenziteta od jeke prije nje.

Zahvaljujući ovim karakteristikama, grupe ovih odraza lako se razlikuju od ostalih odraza na radarskom ekranu, a isto tako, lako je odrediti pravu jeku koja je prva gledajući od središta zaslona, najvećih dimenzija i na najmanjoj udaljenosti od vlastitog broda.

³⁶ Hrvatsko strukovno nazivlje, online: <http://struna.ihjj.hr/naziv/koeficijent-refleksije/7995/#naziv> (08.05.2020.)



Slika 9. Višestruke jeka na radarskom ekranu

Izvor: Zaslom radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

Najčešći slučaj je da se na radarskom ekranu prikazuje prva (prava) jeka objekta i uz nju dvije lažne jeka. Rijetki su, ali ne i nemogući slučajevi da se prikaže treća lažna jeka. Vjerojatnost za to je mala jer je pri trećem vraćanju impulsa njegova energija znatno smanjena te je nema dovoljno kako bi jeka bila prikazala na radarskom ekranu.³⁷

Isto kao i kod interferencije, ova pojava puno će češća biti u navigaciji u blizini obale ili na prilazima sidrištu gdje je povećana koncentracija brodova.

Višestruke jeka ne mogu se u potpunosti ukloniti sa radarskog ekrana, ali se djelomično mogu izbrisati smanjivanjem funkcije *Gain* kojom će se smanjiti i osjetljivost radarskoj prijammnika. Drugi način njihova djelomična brisanja je povećanje funkcije *Anti Clutter*.

³⁷ Kuzmanić, A., Matušić, P. : *Navigacijski radar i radarska navigacija*, Mornarički glasnik, 1963.

4.2. POSREDNE JEKE

Da bi došlo do pojave posrednih jeka trebaju biti ispunjeni neki uvjeti:

1. postojanje objekta od kojeg će se signal odbiti,
2. odbijeni signal mora pasti na onaj objekt čija je jeka prikazana na radarskom ekranu,
3. objekt od kojeg se signal odbija mora imati dobre karakteristike potrebne za refleksiju signala.³⁸

Posredne jeku su lažni odjeci koji mogu nastati na tri načina:

1. odbijanjem signala od brodske konstrukcije (jarbol, dimnjak),
2. odbijanjem signala od većih objekata na obali,
3. odbijanjem signala od brodova u neposrednoj okolini.³⁹

Prvi slučaj koji će se opisivati je slučaj nastajanja posrednih jeka odbijanjem signala od brodske konstrukcije. Slika 11. prikazuje navedenu situaciju. Radar trenutno emitira radarski signal pod pramčanim kutom od približno 200°. Dio emitiranog signala odbija se od broskog dimnjaka, vraća na objekt pod kutom od 130°, istovremeno stvarajući jeku koja se prima obrnutim smjerom (cilj – dimnjak - antena).⁴⁰ Pojednostavljeno govoreći, radarski impulsi reflektirali su se od dimnjaka na način da su pali na objekt, a zatim se vratili u obliku jeku. Ista stvar događa se i pri refleksiji impulsa od broskog jarbola. Primljena jeka se pojačava i prikazuje na radarskom ekranu u smjeru trenutnog isijavanja kao lažna jeka objekta. Lažna jeka se nalazi na jednakoj udaljenosti od vlastitog broda kao i prava jeka. Prava jeka objekta biti će prikazana kada antena bude pozicionirana prema samom objektu.

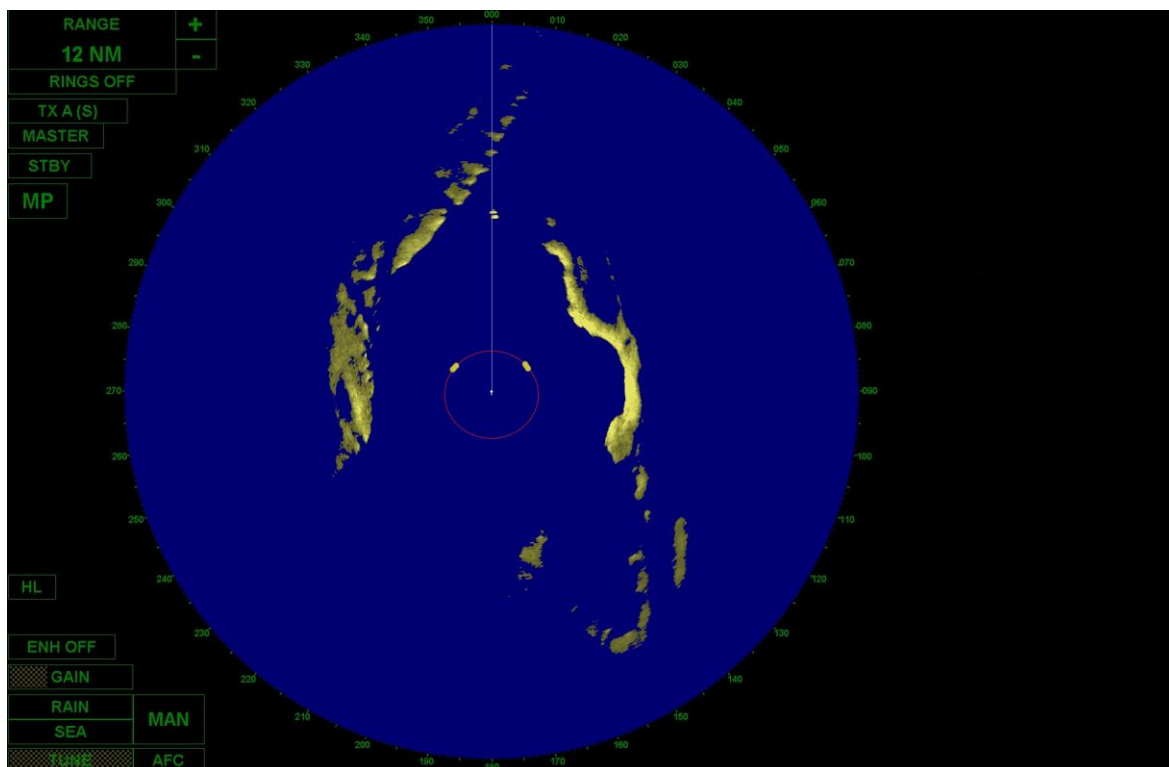
Ako se antena radara nalazi na sredini broda pozicionirana tako da je iza nje dimnjak, sa sigurnošću se može očekivati da se lažne posredne jeku jave u pramčanom sektoru radarskog ekrana. Zbog zaobljenosti broskog dimnjaka, jeka će biti izobličena što nam pomaže pri razlučivanju prave i lažne jeku.⁴¹

³⁸ Kuzmanić, A., Matušić, P. : *Navigacijski radar i radarska navigacija*, Mornarički glasnik, 1963.

³⁹ Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁴⁰ Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁴¹ Kuzmanić, A., Matušić, P. : *Navigacijski radar i radarska navigacija*, Mornarički glasnik, 1963.

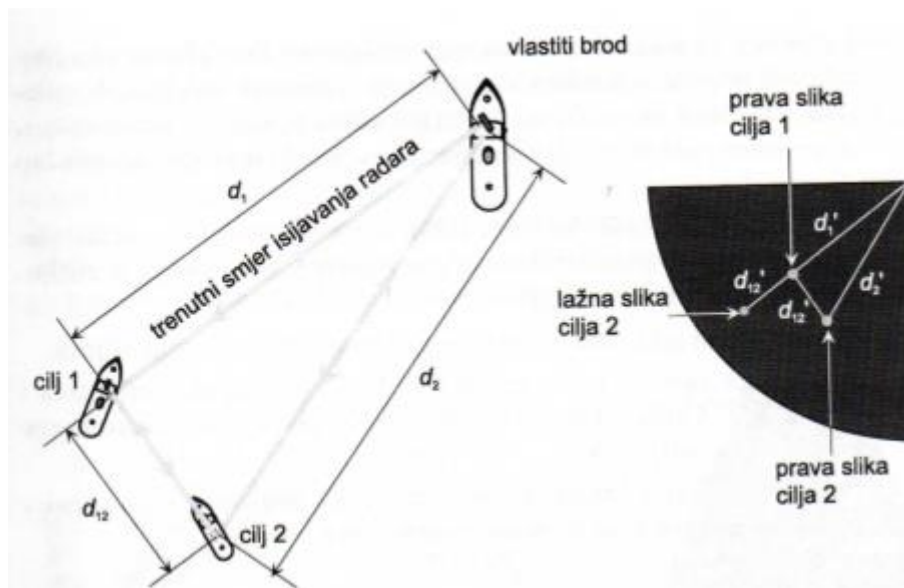


Slika 10. Posredne jeka nastale odbijanjem signala od brodskog dimnjaka

Izvor: Zaslom radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

Sljedeći slučaj je odbijanje signala od brodova u okolini vlastitog broda. Radar emitira signal prema objektu broj 1 te ocrta njegovu pravu jeku na pravom pramčanom kutu i pravoj udaljenosti. Paralelno s tim, signal koji se odbio od prvog objekta, pogađa objekt 2 te se stvorena jeka vraća u radar preko objekta 1. Lažna jeka drugog objekta biti će prikazana iza prave jeka prvog objekta, pomaknuta za određenu vrijednost (d_{12}). Prava jeka drugog objekta u trenutku kada antena bude okrenuta u pramčani kut objekta, biti će prikazana na pravom pramčanom kutu te na pravoj udaljenosti.⁴²

⁴² Sušanj, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.



Slika 11. Posredne jekke nastale odbijanjem signala od broda u blizini vlastitog broda

Izvor: Sušanj, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Kao i višestruke jekke, posredne jekke imaju svoje karakteristike kojima će ih se lakše raspoznati pored pravih jeka. Neke od tih karakteristika su:

- a) iz razloga što reflektirajuća površina stvara radarsku sjenu, jekke se u najvećem broju slučajeva javljaju u području manje osjetljivosti radara (prostor radarskih sjena ili „slijepog“ sektora),
- b) jeka se javlja na pramčanom kutu reflektirajuće površine neovisno o pramčanom kutu objekta,
- c) jeka će se pojaviti na obali na pramčanom kutu objekta ako vlastiti brod miruje; ako se vlastiti brod kreće, jeka će brzo nastajati i biti kratkotrajna,
- d) ako je lažna jeka nastala odbijanjem signala od brodske konstrukcije, ona će se nalaziti na jednakoj udaljenosti kao i prava jeka,
- e) ako je lažna jeka nastala odbijanjem signala od objekta na obali, udaljenost lažne jekke biti će jednaka udaljenosti antena – reflektor - objekt; isto vrijedi i za odbijanje signala od susjednih brodova,
- f) pomicanje lažnih jeka nije srazmjerno pomicanju objekata,
- g) promjenom kursa broda dolazi do nestajanja lažne jekke, ali i pojave nove⁴³

Ove pojave mogu se umanjiti ako se reflektirajuća površina prekrije metalnim pločama različitih nagiba ili pak hrapavim pločama vodljivog materijala. Korištenjem metalnih ploča

⁴³ Sušanj, J. : *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

različitih nagiba povratni signal se odbija na takav način da njegovo detektiranje radarom više nije moguće. Hrapave ploče omogućuju raspršivanje signala u svim smjerovima.⁴⁴ Ako dođe do stvaranja posrednih smetnji na radarskom zaslonu, one se brišu smanjivanjem funkcije *Gain* ili povećanjem *Anti Clutter*-a.

4.3. LAŽNE JEKE SEKUNDARNIH LATICA

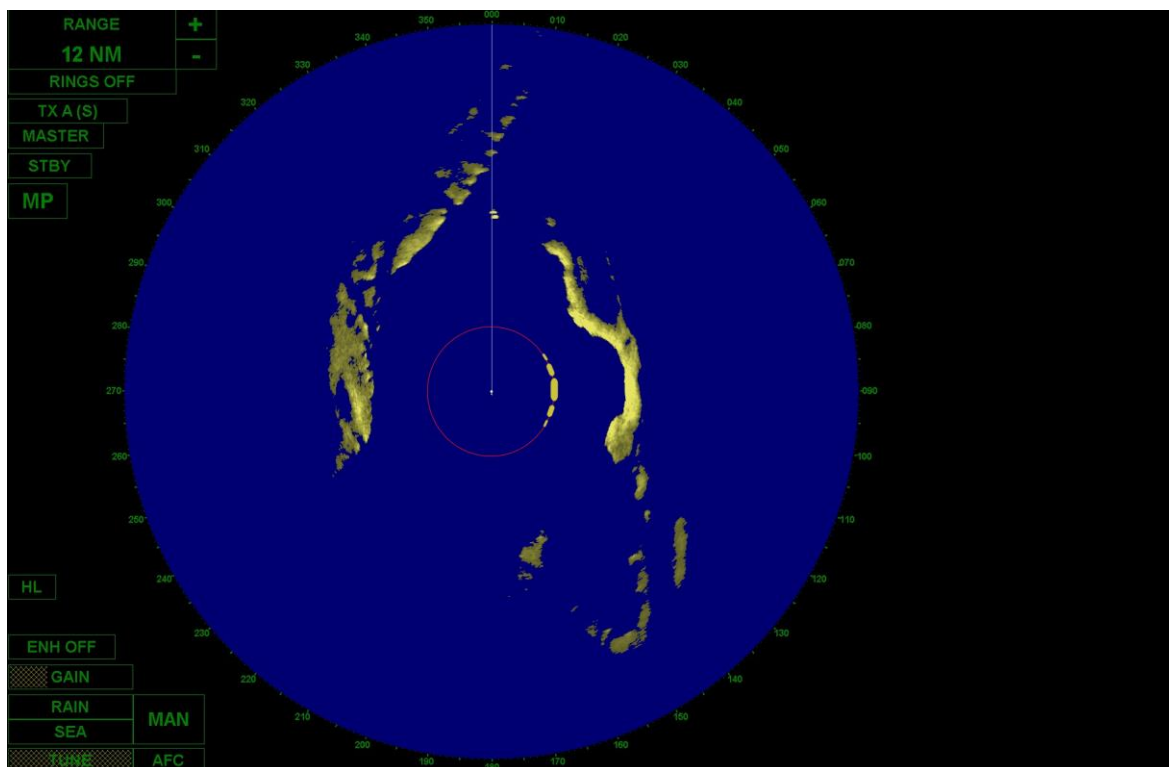
Lažne jeke sekundarnih latica nastaju odbijanjem energije sekundarnih latica radarske antene na objektu velike reflektirajuće površine u blizini vlastitog broda.⁴⁵ Ova vrsta lažnih odjeka posljedica je nesavršenosti antenskog sustava radara te je izraženija kod antena s paraboličnim reflektorom u usporedbi s antenama koje imaju prorezani valovod. Također će kod dužih dimenzija antene lažne jeke sekundarnih latica biti slabije.

Najveći dio energije usmjeren je unutar glavnog sklopa radara. Do refleksije bočnih latica doći će kada se u blizini vlastitog broda nalazi objekt velikih dimenzija, te će samim tim doći i do stvaranja lažnih jeka.

Radar će jeke stvorene bočnim laticama prikazati na pogrešnom pramčanom kutu. Lažne jeke sekundarnih latica najčešće će se javljati na radarskom zaslonu na malim dometima i s objektima većih dimenzija. Lažne jeke bit će raspoređene s obje strane prave jeke tvoreći luk. Luk je stanjen na završetcima, a podebljan na mjestu prave jeke objekta. Razlog tomu je što je snaga bočnih lepeza manja od snage glavne lepeze. Valja napomenuti da se luk može proširiti i preko „slijepog“ sektora.

⁴⁴ Sonnenberg, G.J. : *Radar and Electronic Navigation*, šesto izdanje, Butterworths, Cambridge, 1988.

⁴⁵ Sušan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.



Slika 12. Lažne jeke sekundarnih latica na radarskom ekranu

Izvor: Zaslون radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

Ova vrsta lažnih odjeka uklanja se pojačanjem funkcije *Gain*, tj. povećanjem osjetljivosti prijammnika ili smanjivanjem funkcije Anti-clutter.⁴⁶

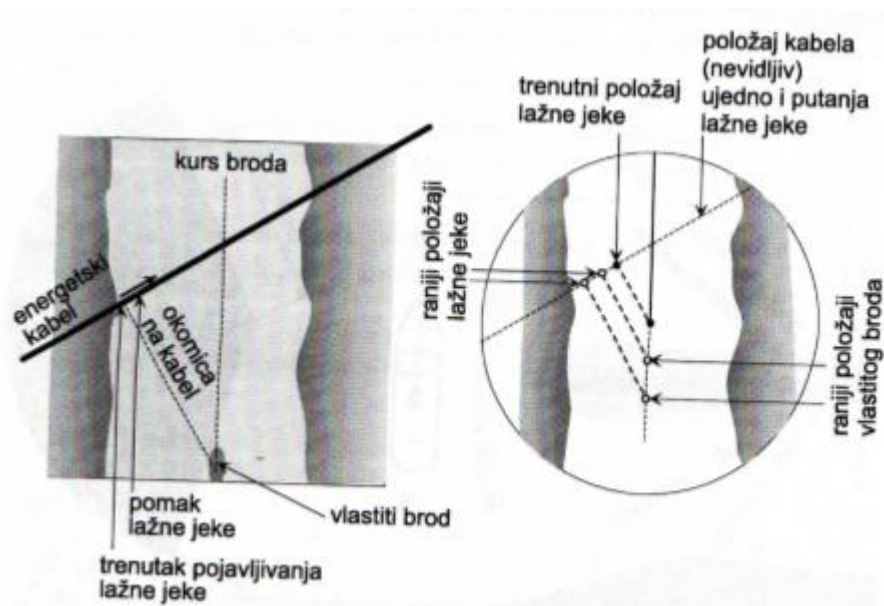
4.4. LAŽNE JEKE ENERGETSKIH KABLOVA

Ova pojava javlja se zbog interakcije broskog radara tj. njegovih signala sa metalima u metalnoj užadi ili dalekovodima. Lažna jeka bit će stvorena na sjecištu kabela i okomice povučene na kabel iz vlastitog broda. Jeka je stvorena od dijela kabela koji je okomit na smjer dolaska elektromagnetskog vala iz radara. Zbog neobičnog kretanja ove vrste jeke, jako ju je teško prepoznati kada se pojavi na radarskom zaslonu.⁴⁷

U navedenom primjeru, lažna jeka približavanjem kabele se javlja na sudarnom kursu broda. Neovisno o radnjama koje vlastiti brod poduzima glede izbjegavanja sudara, lažna jeka će usporavati ili ubrzavati ali će i dalje ostati na sudarnom kursu.

⁴⁶ Subramaniam, H. : *Shipborne Radar and ARPA*, Nutshell series, Vijaya Publications, Chembur, 2014.

⁴⁷ Sušanjan, J. : *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.



Slika 13. Lažne jeke nastale međudjelovanjem radarskog signala i energetskog kabla

Izvor: Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

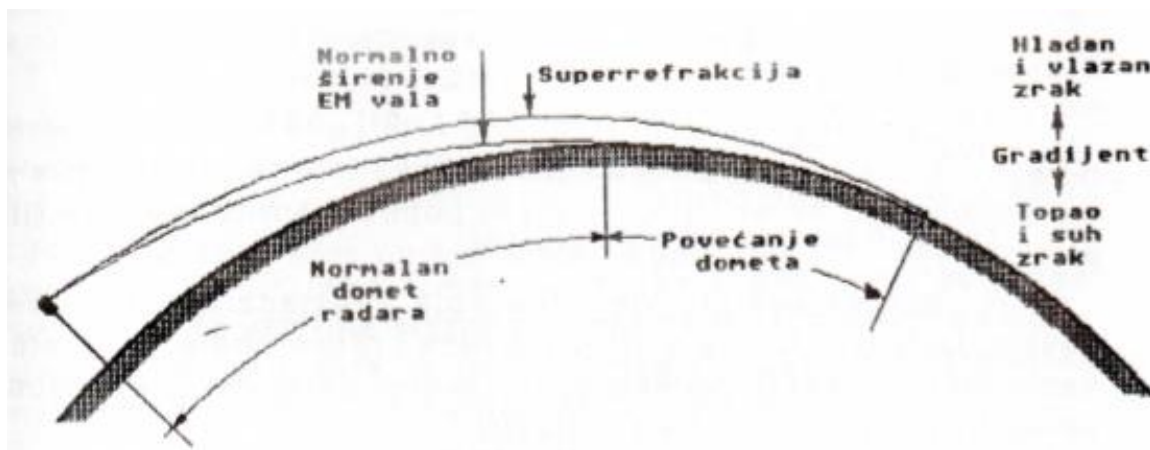
Posljedično teškom prepoznavanju i stvaranju problema nautičaru pri tumačenju radarske slike, energetski kabeli koji se nalaze na gustim plovnim putevima dodatno su opremljeni pasivnim radarskim reflektorima koji će biti vidljivi brodskom radaru te će omogućiti prepoznavanje lažne jeke.⁴⁸

4.5. JEKE DRUGE VREMENSKE BAZE

Iako jeke druge vremenske baze nisu striktno definirane kao lažni odjek, mogu se ovdje ubrojiti zbog svog oslikavanja na radarskom ekranu koji predstavlja lažnu jeku. Za bolje razumijevanje teme prvo treba definirati pojam superrefrakcije. Superrefrakcija je pojava koja se javlja kada dođe do smanjenja relativne vlažnosti zraka s visinom ili kada se sloj toplijeg zraka nalazi iznad sloja hladnijeg zraka. Karakteristika superrefrakcije je što ona povećava domet radara. Drugi naziv za jako izraženu superrefrakciju je vođenje signala kanalom poznatije kao *ducting*. Ove jeke javljaju se s objekata koji su izvan predviđenog dometa radara te se registriraju poslije idućeg odaslanog impulsa, a ne prije (superrefrakcija, *ducting* i veliki PRF – frekvencija ponavljanja impulsa).⁴⁹

⁴⁸ Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁴⁹ Simović, A. : *Elektronička navigacija*



Slika 14. Povećanje dometa uzrokovano superrefrakcijom

Izvor: Sušanj, J.: *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

Dva su najčešća razloga javljanja ove pojave. Prvi razlog vezan je uz ljetno vrijeme u vedrim noćima kada se tlo puno brže hladi od viših slojeva atmosfere. U toplijim dijelovima dana neće doći do pojave superrefrakcije. Drugi razlog je vjetar koji puše s kopna na more a po prirodi je topao i suh. Njegovim prelaskom preko mora on se naglo hladi što dovodi do javljanja toplinske invazije i gradijenta vlažnosti koji pogoduju stvaranju superrefrakcije. Postoje određena područja na svijetu (npr. Crveno more, Arapski zaljev, pojedini dijelovi Mediterana) gdje je vođenje signala kanalom praćeno pješčanom izmaglicom koja smanjuje vidljivost te samim tim i onemogućava usporedbu radarske slike za trenutnim stanjem vani.

50

U uvjetima vođenja signala kanalom pri $PRF = 2000$ impulsa/s (frekvencija ponavljanja impulsa, engl. *Pulse Repetition Frequency*), radarski signal prijeđe 81 NM što znači da se najudaljeniji objekt čiju jeku će primiti nalazi na 40,5 NM. Ako je domet radara postavljen na 12 NM, objekti koji se nalaze na više od 12 NM ne mogu biti registrirani radarom i prikazani na radarskom ekranu. Zbog pojave superrefrakcije na radarskom ekranu će se pojaviti jeka objekta koji se inače nalazi na udaljenosti od 45 NM.⁵¹ Zaključak je da će jako udaljeni objekti zbog pojave superrefrakcije biti prikazani unutar dometa vlastitog radara na pravom azimutu.

⁵⁰ Sušanj, J.: *Radar i radarsko osmatranje*, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

⁵¹ Sušanj, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Pravi položaj lažne jekke moguće je matematički izračunati, a najviše ovisi o PRF-u:

$$R_{nt} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot (n-1)}{PRF} + R_d$$

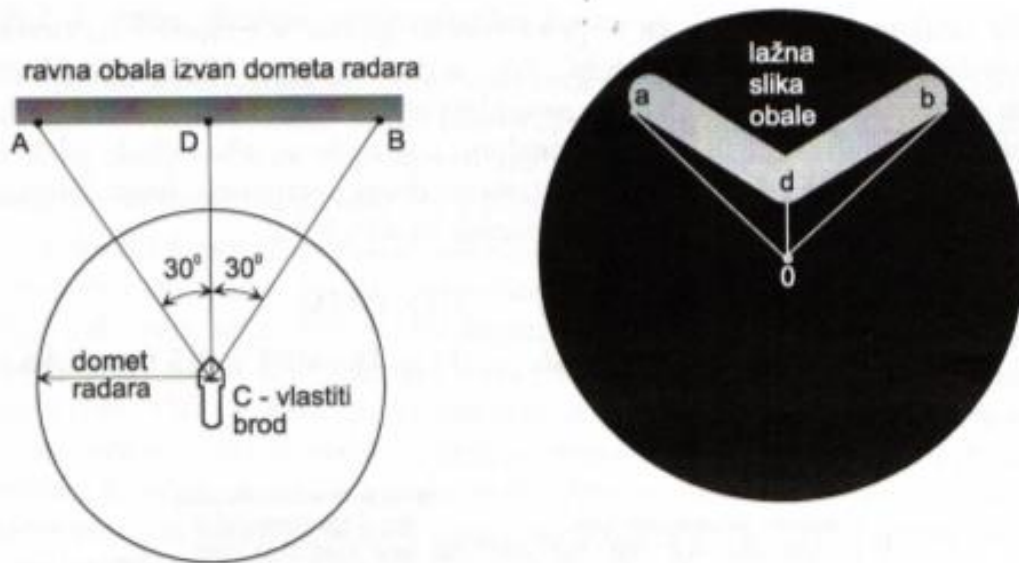
gdje je:

R_{nt} – udaljenost objekta prikazanog na n-toj vremenskoj bazi

R_d – udaljenost na kojoj se objekt prikazuje

PRF – frekvencija ponavljanja impulsa⁵²

Kao primjer radarske jekke nastale zbog superrefrakcije navodi se jeka obale. Obala koja se prikazuje kao objekt na radarskom zaslonu, prikazana je na pogrešnom mjestu i savijena je prema središtu radarskog zaslona. Promjenom radarskog dometa mijenja se i PRF čime se omogućuje prikazivanje raznih odnosa objekata prikazanih na radarskom zaslonu, a posljedično tome i prepoznavanje lažne jekke.



Slika 15. Izgled lažne jekke druge vremenske baze

Izvor: Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁵² Sušanjan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Radarski doimet (NM)	Jeke sekundarnih baza moguće između dometa
0.75	40 – 40.75
1.5	40 – 41.5
3	40 – 43.0

Tablica 1. Vjerojatnost jeke sekundarne baze pri PRF=2000

Izvor: Subramaniam, H. : *Shipborne Radar and ARPA*, Nutshell series, Vijaya Publications, Chembur, 2014.

Ove lažne jeke ne prepoznaju se odmah kao lažne jeke te zbog toga nautičaru posebno otežavaju navigaciju. Kao i sve vrste lažnih jeka, tako i ove imaju određene karakteristike po kojima se mogu lakše raspoznati od pravih jeka. Neke od njih su:

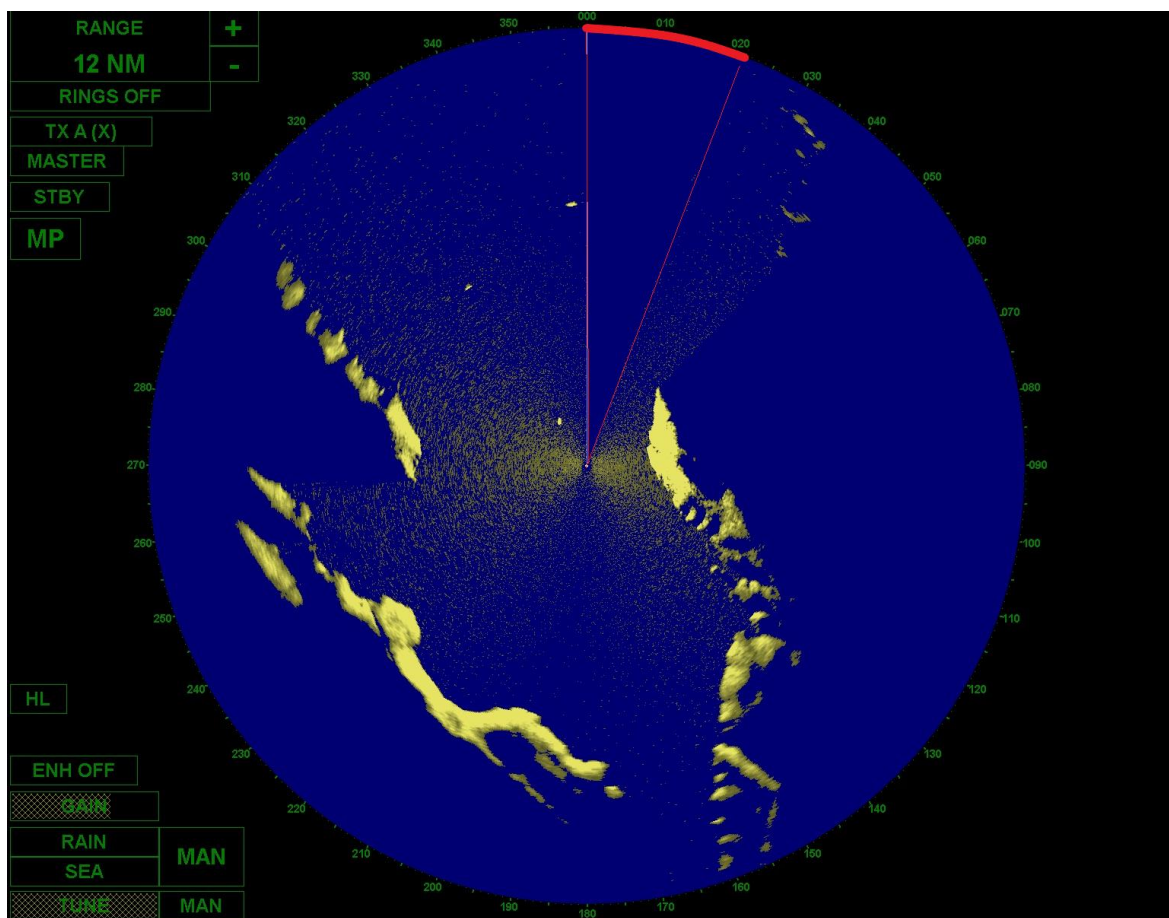
- a) izobličenje slike u smjeru središta radarskog zaslona,
- b) neuobičajeno pomicanje većom brzinom,
- c) mijenjanjem dometa radara, jeke naglo nestaju ili se naglo stvaraju.⁵³

⁵³ Sušan, J: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

5. RADARSKE SJENE I „SLIJEPA“ PODRUČJA

Radarske sjene definirane su kao područja oko vlastitog broda u kojima je radarski signal slabiji, dok su „slijepa“ područja definirana kao područja u kojima radarskog signala opće nema. Razlog nastajanja ovih područja leži u preprekama koje se mogu nalaziti na vlastitom brodu ili u njegovoj okolini.

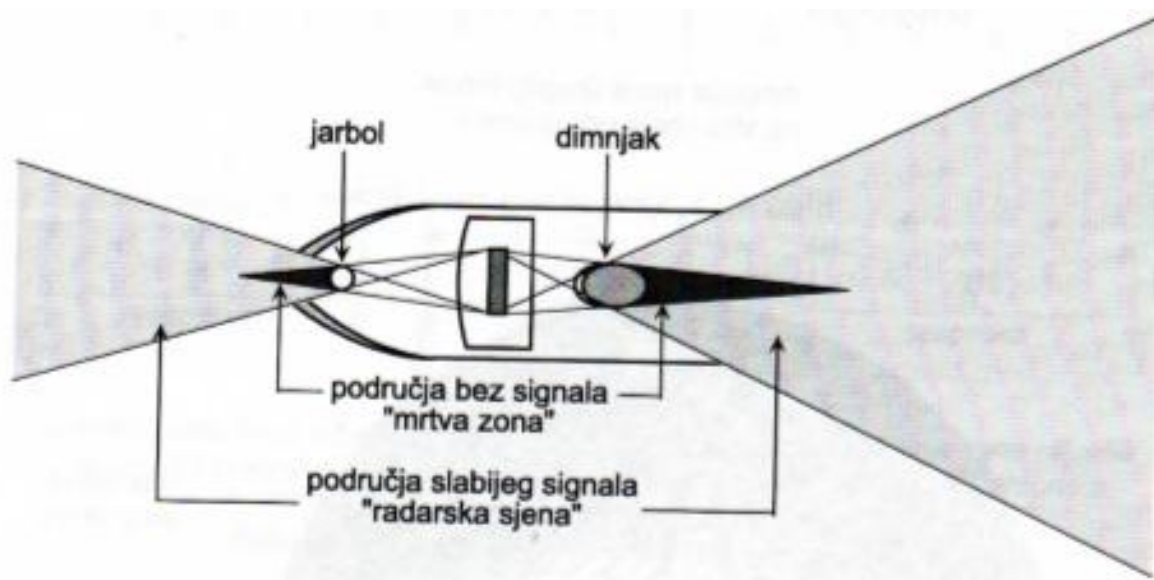
„Slijepa“ područja nazivaju se još i „mrtvi“ sektori te unutar tih područja nije moguća detekcija objekata. Takva područja javljaju se jer signal nije u mogućnosti u potpunosti zaobići brodsku konstrukciju tipa jarbol ili dimnjak, već se od nje odbija ili raspršuje. Otkrivanje ovih područja vrlo je lako. Potrebno je povećati funkciju *Gain*, te promatrati radarsku sliku i uočiti sektore u kojima smetnje od valova nisu vidljive. Kod današnjih suvremenih brodova ova pojava se uklanja tako što se antena postavlja iznad dijelova brodske konstrukcije koji mogu prouzročiti stvaranje „slijepih“ područja, ali pritom treba paziti da ne dođe do povećanja minimalnog dometa radara preko granica koje su propisane.



Slika 16. "Slijepi" sektor vidljiv na radarskom ekranu

Izvor: Zaslون radarskog uređaja Bridge Master na Transas NTPRO 5000 navigacijskom simulatoru

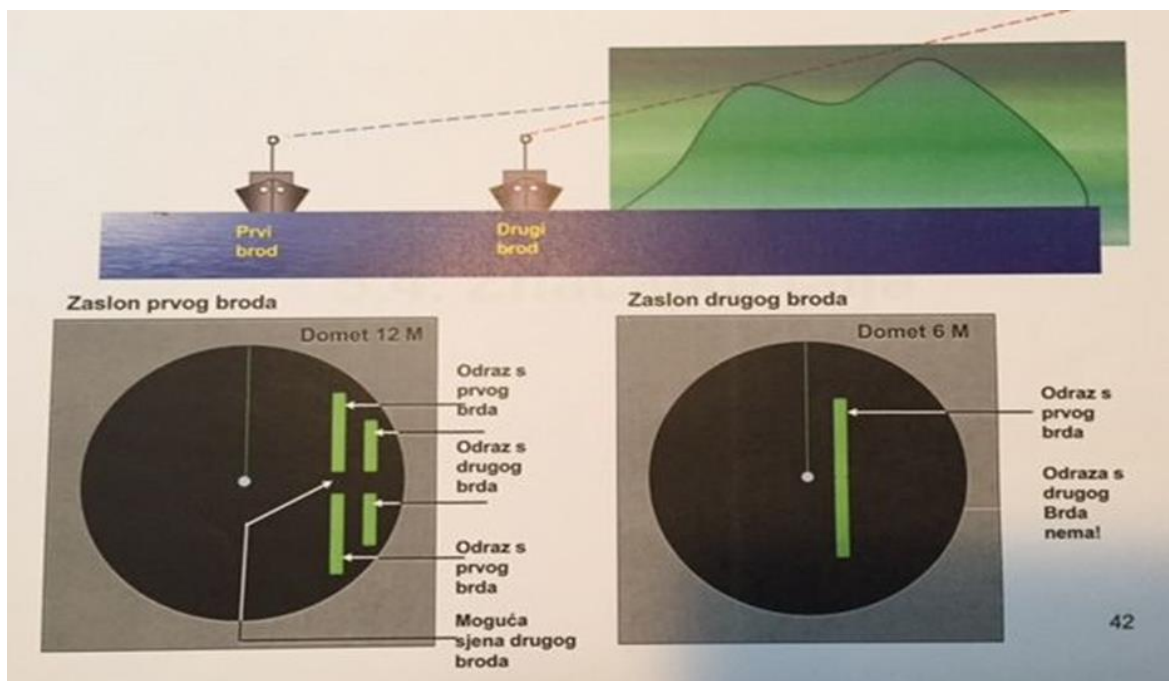
Radarske sjene dijele se ovisno o vremenu njihova trajanja na stalne i povremene. Do stvaranja stalnih radarskih sjena dolazi zbog metalnih konstrukcija na samome brodu koje sprječavaju širenje radarskog signala. Povremene radarske sjene neće se javiti kod svih vrsta brodova, već su one najčešće kod kontejnerskih brodova. Razlog tomu je promjena u rasporedu kontejnera na palubi broda.



Slika 17. Radarske sjene i "slijepa" područja

Izvor: Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Radarske sjene nisu uzrokovane samo nemogućnošću širenja signala zbog brodskih metalnih konstrukcija, one mogu biti uzrokovane i vanjskim objektima, tipa drugim brodovima ili obalom. Sjene nastale na ovaj način ovise o kursu vlastitog broda, veličini prepreke te udaljenosti vlastitog broda od iste te prepreke. Valja napomenuti da su te sjene ograničenog perioda trajanja. Naglasak se mora staviti na još jednu važnu činjenicu: radarsku sliku treba tumačiti kao sliku prednjih nezaklonjenih objekata. Tako na primjer u sljedećem slučaju, udaljeniji brod će biti u mogućnosti opaziti oba objekta tj. oba brda. Za razliku od njega drugi brod vidi samo prvo brdo jer se drugo brdo nalazi u njegovoj sjeni. Zbog ove pojave često dolazi do ne poklapanja radarske slike sa pogledom van. Preporuka za otklanjanje ovakvih pojava je nadopuna radarske slike elektroničkom kartom (uporaba *Radar Overlay-a*).



Slika 18. Radarske sjene izazvane objektima iz okoline vlastitog broda

Izvor: Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Bitna činjenica je da „slijepa“ područja ne predstavljaju opasnost pri navigaciji jer se ona nalaze u neposrednoj blizini prepreke, no posebnu pažnju treba posvetiti radarskim sjenama jer mogu znatno smanjiti maksimalnu udaljenost detekcije malog objekta. Smanjenje detekcije može biti sa 4 NM na svega 1 NM.⁵⁴

Zbog velikog značaja za navigaciju, potrebno je odrediti i poznavati položaj radarskih sjena. Njihov položaj moguće je izmjeriti trima metodama:

1. kada se jave smetnje od valova, potrebno je izmjeriti kutove sa slabije izraženim smetnjama jer oni predstavljaju područja radarskih sjena,
2. ako se vlastiti brod nalazi u blizini neke plutače i ima mogućnost okružiti oko nje, pri kruženju mora mjeriti pramčane kutove pojavljivanja i nestajanja jeke s plutače,
3. optički odrediti prekrivenost prostora određenom preprekom, mjereći s mjesta na kojem se nalazi brodska antena⁵⁵

⁵⁴ Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

⁵⁵ Sušan, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Najveća pozornost treba se posvetiti radarskim sjenama koje se javljaju točno po pramcu vlastitog broda. Radarske sjene na tom području naime vrlo su čest uzrok sudara brodova s objektima koji imaju mali koeficijent refleksije. Da bi se ti sudari izbjegli, potrebno je povremeno mijenjati kurs vlastitog broda ili brodom voziti cik-cak u svrhu proučavanja područja koje je u kursu vlastitog broda a koje se nalazi u zoni radarske sjene.

56

⁵⁶ Sušanj, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

6. ZAKLJUČAK

Radar je prvotno korišten od strane američke ratne mornarice te mu je zadaća bila otkriti objekt i izmjeriti njegovu udaljenost i sve to emitirajući i koristeći elektromagnetske valove. Nakon niza godina iskorištavanja radara u vojne svrhe, pronašao je svoju ulogu i u civilnom prometu.

Radar se tako danas koristi na moru, rijekama, zemlji i u zraku. Kada bi se vršila usporedba broja radara instaliranih na zrakoplovima i brodovima, daleko je veći broj radara instaliranih na brodovima.

Prvotno se radar koristio u svrhe otkrivanja objekata pri smanjenoj vidljivosti ili u slučaju lošeg vremena. S godinama je došlo do njegova unapređenja te se danas koristi za puno više funkcija, ne samo otkrivanje objekata pri smanjenoj vidljivosti.

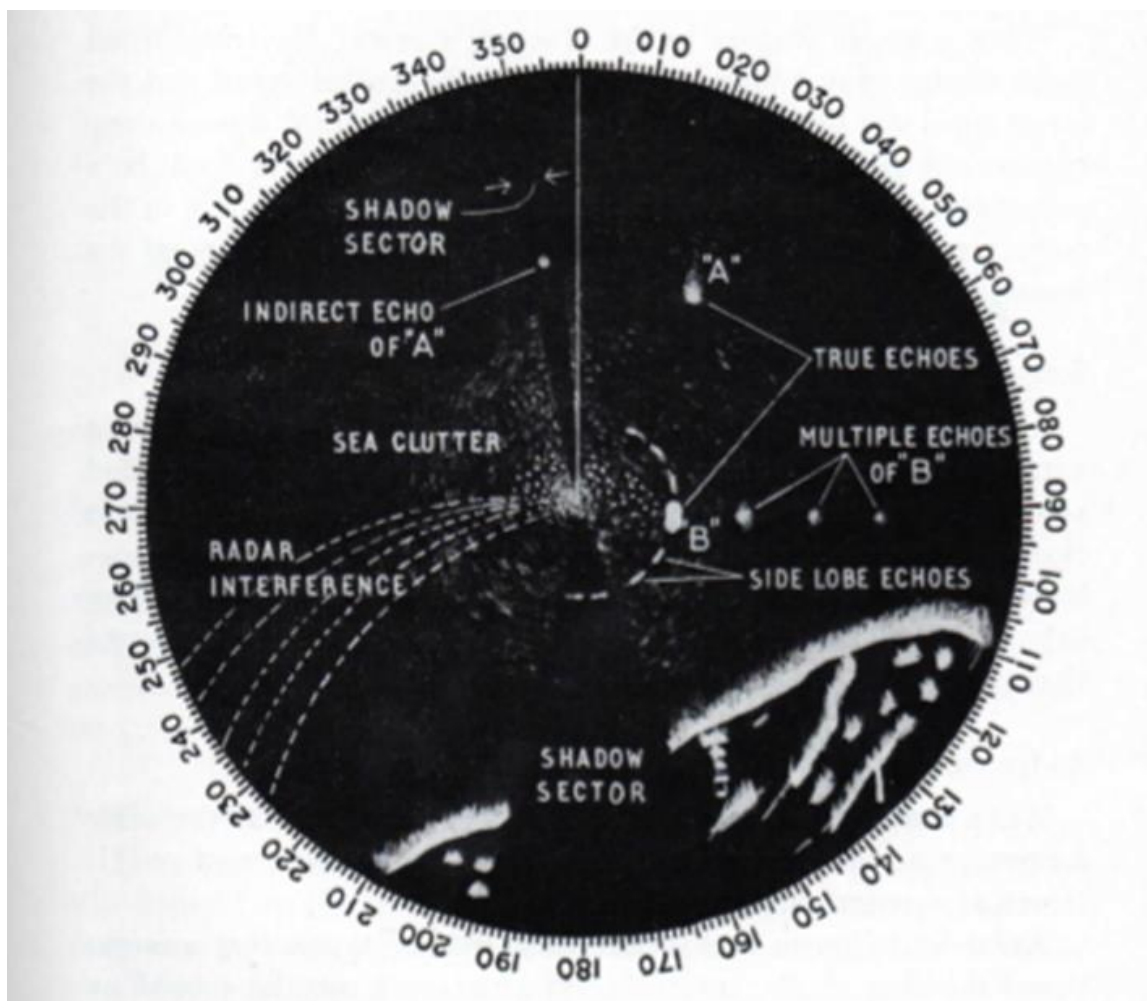
Danas je navigacija nezamisliva bez radarskog uređaja koji se u ARPA izvedbi koristi za izbjegavanje sudara na moru. Osim za izbjegavanje sudara, radar se koristi za niz funkcija: određivanje pozicije, praćenje meteoroloških uvjeta, praćenje okolnog prometa, itd.

Svaki nautičar koji se koristi radarom ima opciju podesiti radar na opcije koje njemu najviše odgovaraju, npr. podesiti orijentaciju samog radarskog zaslona. Iz tog razloga pri primopredaji straže, sljedeći časnik u straži mora biti poznat sa postavkama radara.

Radarski sustav je od velike pomoći nautičarima pri vođenju navigacije. Kako bi se pravilno rukovalo radarom i iskoristile sve njegove pozitivne performanse, potrebno je proći određenu edukaciju i praksu vezanu uz korištenje radara i tumačenje radarske slike.

Upravo tema ovog radara vezana je uz pravilno tumačenje radarske slike, točnije uz prepoznavanje korisnih odjeka te prigušivanje ili otklanjanje onih smetajućih.

Valja napomenuti kako se uz adekvatnu edukaciju i praksu smanjuje mogućnost nepravilnog rukovanja radarom te se povećava sposobnost navigatora da prepozna smetajuće odjeke i među njima prepozna one korisne jeke s objekata u okolini vlastitog broda.



Slika 19. Smetajući odrazi na radarskom ekranu

Izvor: Moss, W. D. : *Radar Watchkeeping*, drugo izdanje, The Maritime Press Limited, London, 1973.

(engl. *shadow sector* – radarska sjena; engl. *indirect echo* – posredna jeka; engl. *true echoes* – prave jeke; engl. *multiple echoes* – višestruke jeke; engl. *side lobe echoes* – jeke sekundarnih latica; engl. *radar interference* – radarska interferencija)

LITERATURA

KNJIGE:

Kos, S., Zorović, D., Vranić, D.: *Terestrička i elektronička navigacija*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.

Sušanj, J.: *Navigacijski radar*, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2006.

Simović, A.T.: *Elektronička navigacija*, treće prerađeno izdanje, Element, Zagreb, 2000.

Bole, A., Wall, A., Norris, A.: *Radar and ARPA manual*, treće izdanje, Elsevier, Liverpool, 2013.

Sonnenberg, G.J.: *Radar and Electronic Navigation*, šesto izdanje, Butterworths, Cambridge, 1988.

Sušanj, J.: *Radar i radarsko osmatranje*, četvrto izdanje, Visoka pomorska škola Rijeka, Rijeka, 2001.

Kuzmanić, A., Matušić, P.: *Navigacijski radar i radarska navigacija*, Pomorska biblioteka, Split, 1963.

Moss, W.D.: *Radar Watchkeeping*, drugo izdanje, The Maritime Press Limited, London, 1973.

Subramaniam, H.: *Shipborne Radar and ARPA*, Nutshell Series, Vijaya Publications, Mumbai, 2014.

ČLANCI U ČASOPISIMA:

Matušić, P.: *Smetnje i lažni odrazi na radarskom ekranu*, Naše More, p. 34-36, online: https://hrcak.srce.hr/search/?show=results&stype=1&c%5B0%5D=article_search&t%5B0%5D=smetnje+i+la%C5%BEEni+odrazi

Kuzmanić, A.: *Kako rukovati s radarom*, Naše More, p. 331-332, online: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=310696

INTERNET IZVORI:

Međunarodna pomorska organizacija, *Adoption Of The Revised Performance Standards For Radar Equipment*, Resolution MSC 192 (79), 2004.

online:[http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.192\(79\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.192(79).pdf)

Hrvatsko strukovno nazivlje, online: <http://struna.ihjj.hr/>

OSTALI IZVORI:

Furuno Electric Co. Ltd., Operator's Manual for Chart Radar FAR-3000 series, 2014., online:

http://brimrun.is/wp-content/uploads/2017/07/FAR3000_Operators_Manual.pdf

POPIS SLIKA

Slika 1. Određivanje udaljenosti pomoću radara.....	5
Slika 2. Smetnje od kiše.....	10
Slika 3. Smetnje od kiše prigušene funkcijom Anti Rain Clutter	11
Slika 4. Smetnje od valova	14
Slika 5. Smetnje od valova prigušene funkcijom Anti Sea Clutter	14
Slika 6. Šum u prijarniku	15
Slika 7. Šum na radarskom ekranu	16
Slika 8. Interferencija na radarskom ekranu	19
Slika 9. Višestruke jeke na radarskom ekranu	22
Slika 10. Posredne jeke nastale odbijanjem signala od brodskog dimnjaka	24
Slika 11. Posredne jeke nastale odbijanjem signala od broda u blizini vlastitog broda	25
Slika 12. Lažne jeke sekundarnih latica na radarskom ekranu.....	27
Slika 13. Lažne jeke nastale međudjelovanjem radarskog signala i energetskeg kabla	28
Slika 14. Povećanje dometa uzrokovano superrefrakcijom	29
Slika 15. Izgled lažne jeke druge vremenske baze	30
Slika 16. "Slijepi" sektor vidljiv na radarskom ekranu	32
Slika 17. Radarske sjene i "slijepa" područja	33
Slika 18. Radarske sjene izazvane objektima iz okoline vlastitog broda	34
Slika 19. Smetajući odrazi na radarskom ekranu	37

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vjerojatnost jeke sekundarne baze pri PRF=2000.....	31
--	----

POPIS SHEMA

Shema 1. Glavni dijelovi radara i njihova međusobna ovisnost	4
Shema 2. Diskriminator duljine impulsa.....	20