

# Razvoj i rad brodskih brzinomjera

---

**Raguž, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:664553>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**

**IVAN RAGUŽ**

**RAZVOJ I RAD BRODSKIH BRZINOMJERA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Dubrovnik, svibanj 2019.**

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**STUDIJ NAUTIKA**

**RAZVOJ I RAD BRODSKIH BRZINOMJERA**  
**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

**Kap. Miloš Brajović dipl.ing.**

**Pristupnik:**

**Ivan Raguž**

**Dubrovnik, svibanj 2019.**

Republika Hrvatska

## **SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**

### **POMORSKI ODJEL**

Preddiplomski sveučilišni studij Nautika

Ur. broj:

Dubrovnik, svibanj 2019.

Kolegij: Elektronička navigacija

Mentor: Kap.Miloš Brajović dipl.ing.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Pristupnik: **Ivan Raguž**, apsolvent ak. 2018./2019. god. Zadatak:

#### **RAZVOJ I RAD BRODSKIH BRZINOMJERA**

Zadatak treba sadržavati:

1. Opis brodskih brzinomjera
2. Opis rada brzinomjera

Osnovna literatura:

1. A.Simović, Elektronička navigacija 1 i 2, šk. knjiga, Zagreb, 1992.
2. Laurie Tetley & David Calcutt, Electronic Navigation Systems, 2001.

Mentor:

Pročelnik Pomorskog odjela:

**Kap.Miloš Brajović dipl.ing.**

**doc. dr. sc. ŽARKO KOBOEVIĆ dipl.ing.**

# **RAZVOJ I RAD BRODSKIH BRZINOMJERA**

## **DEVELOPMENT AND WORK METHOD OF SPEED LOGS**

### **SAŽETAK**

U ovom završnom radu ću se osvrnuti na karakteristike brodskih brzinomjera, općenito o brodskoj brzini i mjerenju brodske brzine, slučajevima kvarova brzinomjera, te navesti i opisati vrste brodskih brzinomjera.

### **SUMMARY**

In this final paper, I will discuss about the characteristics of marine speed logs, reviewing the general information about ship speed and measuring of ship speed, instances of instrument failures, and describe the various types of speed logs.

### **Ključne riječi;**

Brodski brzinomjer, metode mjerenja brodske brzine

### **Key words;**

Marine speed log, methods of measuring ships speed

# SADRŽAJ

I. UVOD.....	1
1. BRZINOMJERI .....	2
1.1. BRZINA KROZ VODU I BRZINA PREKO DNA .....	2
1.2. PODJELA BRZINOMJERA .....	2
2. ROTIRAJUĆI BRZINOMJER .....	4
2.1. OPĆENITO.....	4
2.2. KARAKTERISTIKE ROTIRAJUĆEG BRZINOMJERA .....	5
3. HIDRODINAMIČKI BRZINOMJER .....	7
3.1. OPĆENITO O HIDRODINAMIČKOM BRZINOMJERU.....	7
3.2. KARAKTERISTIKE HIDRODINAMIČKOG BRZINOMJERA .....	7
4. ELEKTROMAGNETSKI BRZINOMJER.....	10
4.1. OPĆENITO O ELEKTROMAGNETSKOM BRZINOMJERU .....	10
4.2. KARAKTERISTIKE (EM) BRZINOMJERA.....	10
4.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI (EM) BRZINOMJERA .....	13
5. DOPPLEROV BRZINOMJER.....	14
5.1. OPĆENITO O DOPPLEROVOM BRZINOMJERU .....	14
5.2. KARAKTERISTIKE DOPPLEROVOG BRZINOMJERA .....	15
5.3. GREŠKE I KVAROVI DOPPLEROVOG BRZINOMJERA .....	19
5.4. JANUS KONFIGURACIJA .....	19
6. BOČNI ILI HOLANDSKI BRZINOMJER.....	22
6.1. OPĆENITO O HOLANDSKOM BRZINOMJERU.....	22
6.2. KARAKTERISTIKE HOLANDSKOG BRZINOMJERA.....	23
7. ZAKLJUČAK.....	25
8.LITERATURA .....	26

# I. UVOD

Brzinomjer je, kao što samo ime nalaže, uređaj za mjerenje brzine. U cestovnim i željezničkim vozilima brzina se mjeri na osnovu mjerenja brzine vrtnje osovine tahometrom.

Brodski brzinomjer (engl. *speed log*, prema engleskom nazivu za komad drva koji bi se bacio u vodu, te se brzina broda određivala na osnovi vremena potrebnoga da drvo prevali udaljenost od pramca do krme) različite je konstrukcije, od jednostavne do one kontrstrukcije što brzinu mjeri mjernim vijkom uronjenim u vodu, koji okretanjem registrira prijeđeni put u određeno vrijeme ili radi na principu induciranja električnog napona, zatim na temelju razlike hidrodinamičkog i hidrostatičkog tlaka te Dopplerova efekta.

Brzina zrakoplova određuje se iz razlike zaustavnog (Pitotova cijev) i statičkog tlaka zraka mjerena s pomoću Prandtlove cijevi, koji se iste koriste za mjerenje brzine broda.

U sljedećim poglavljima proučit ćemo vrste brzinomjera, njihove prednosti i nedostatke, te razlike između korištenja brzine preko dna i brzine kroz vodu tokom navigacije. Dalje ćemo istaknuti karakteristike elektromagnetskih i posebice Dopplerovih brzinomjera, razloge njihovog šireg korištenja na brodovima i objasniti Janusovu konfiguraciju. Zadnje ćemo se osvrnuti na moguće greške i kvarove brzinomjera.

# **1. BRZINOMJERI**

## **1.1. BRZINA KROZ VODU I BRZINA PREKO DNA**

Brzina broda se direktno mjeri brzinomjerima, u ovisnosti od izmjerene brzine oni se mogu podijeliti na:

- Apsolutne koji mjere brzinu preko dna
- Relativne koji mjere brzinu kroz vodu

Brzina preko dna je brzina broda u odnosu na tlo ili bilo koji drugi fiksni objekt, kao što je fiksna plutača ili otok dok je brzina kroz vodu brzina broda u odnosu na vodu, kao što je sve što pluta na vodi.

Treba istaknuti da brzina kroz vodu i brzina preko dna su dva različita alata te jedan od tih alata ne može zamijeniti drugi. Navigator bi trebao u potpunosti koristiti te brzine u odgovarajućim situacijama.

Ukratko, navigator bi trebao koristiti brzinu kroz vodu za izbjegavanje sudara dok za navigaciju treba koristiti brzinu preko dna.

Koristeći brzinu kroz vodu, navigator može sigurnije procijeniti navigacijske situacije. Korištenje brzine preko dna može prikazati rane znakove opasnosti kojim se brod približava.

## **1.2. PODJELA BRZINOMJERA**

Po principu rada brzinomjere dijelimo na:

- Rotirajuće kod kojih se broj okretaja turbine (propelera) u jedinici vremena pretvara u brzinu



- Hidrodinamičke koji mjere brzinu na osnovi razlike statičkog i dinamičkog pritiska vode stvorenog kretanjem broda
- Elektromagnetske (indukcijske) koji koriste promjenjivu elektromagnetsku silu induciranu djelovanjem mekog magnetskog polja
- Dopplerove čiji se rad temelji na mjerenju razlike frekvencije signala odbijenih od morskog dna pri kretanju broda.
- Bočni ili holandski brzinomjer

Prema broju izmjerenih parametara brzinomjeri se dijele na:

- Jednokomponentne koji mjere brzinu samo u smjeru kretanja broda
- Dvokomponentne koji mjere brzinu broda u uzdužnoj i poprečnoj osi broda

## 2. ROTIRAJUĆI BRZINOMJER

### 2.1. OPĆENITO

Princip rada ovih brzinomjera se zasniva na mjerenju prijeđenog puta u horizontalnoj ravnini za određen broj okretaja nekog propelera ili turbine koji nije pogonski. Za poznati korak propelera ( $h$ ) i određen broj okretaja ( $N$ ) prijeđeni put je:

$$D = h * N$$

Kutna brzina propelera je jednaka:  $\omega = \frac{dN}{dt}$

Ako se gornji izraz diferencira po vremenu dobije se brzina okretaja propelera:

$$v_N = \frac{dD}{dt} = h * \frac{dN}{dt} = h * \omega$$

Na osnovi broja okretaja propelera moguće je odrediti prijeđeni put rješavajući gornji izraz, a brzina kroz vodu se određuje mjerenjem kutne brzine propelera ili računski iz prijeđenog puta i vremena.



Slika 1. Rotirajući brzinomjer

Postoje mehanički brzinomjeri kod kojih se brzina određuje računski na osnovu prijeđenog puta i vremena, električni rotacijski brzinomjeri koji daju brzine i prijeđeni put na osnovi okretaja propelera ili turbine smještenih u sablji ispod kobilice broda.

## **2.2. KARAKTERISTIKE ROTIRAJUĆEG BRZINOMJERA**

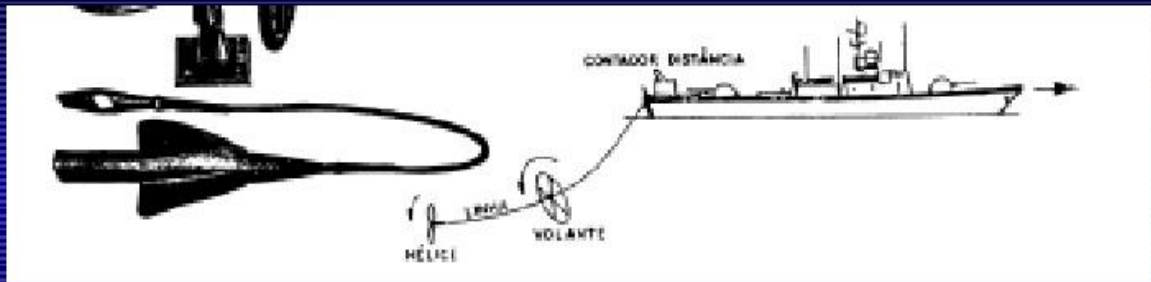
Rotirajući brzinomjer je mali propeler ugrađen u cijev koji se izbacuje izvan trupa broda ispod dna broda. Princip rada:

- Kretanje trupa posvuda kroz vodu uzrokuje rotaciju rotora
- Rotacija impelera proizvodi električni impuls koji je proporcionalan brojevima ili poništenjima impelera i pretvara se u udaljenost i brzinu
- Problem s ovim zapisnikom je da se projekcija ispod broda može oštetiti guranjem opreme i krhotinama koje plutaju u vodi
- Ovakav brzinomjer se koristi u malim brodovima, uključujući i ribarskim brodovima

Tipični brzinomjer sadrži sljedeće komponente:

- Sklop senzora
- Pojačalo (*amplifier*)
- Indikator brzine i udaljenosti

# Measurement of Speed Impeller Log



Slika 2. Princip rada rotirajućeg brzinomjera

## **3. HIDRODINAMIČKI BRZINOMJER**

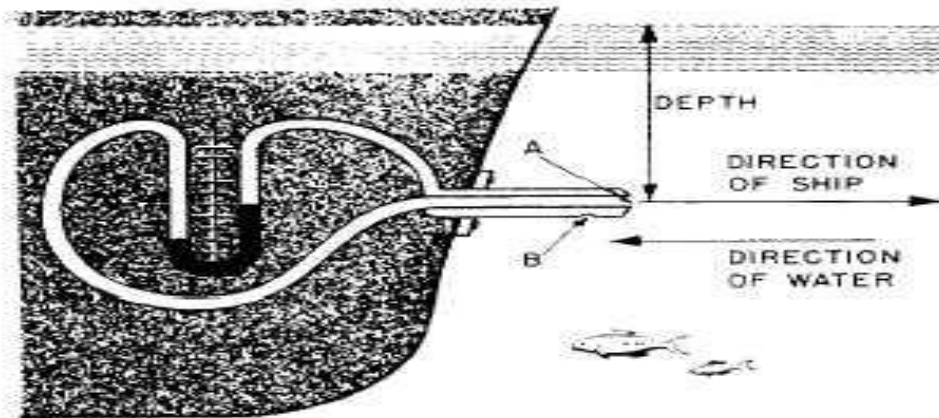
### **3.1. OPĆENITO O HIDRODINAMIČKOM BRZINOMJERU**

Ova vrsta brzinomjera mjeri hidrodinamički pritisak koji se javlja prilikom kretanja broda kroz vodu. Na osnovu razlike hidrostatskog i hidrodinamičkog pritiska određuje se brzina broda ili prijeđeni put. Ta razlika izražena je u visini stupca vode u dva odvojena kanala pitot cijevi (*pitot tube*, nazvana po francuskom fizičaru Henriju Pitotu, 1695.–1771.).

Hidrodinamički brzinomjeri su bili u velikoj mjeri korišteni za vrijeme II svjetskog rata, osobito u ratnim brodovima. Bili su izravno integrirani u brodski navigacijski sustav koji je također pomogao brodskom sustavu naoružanja da automatski prati ratne mete.

### **3.2. KARAKTERISTIKE HIDRODINAMIČKOG BRZINOMJERA**

Slika 3. prikazuje shematski crtež pitot cijevi hidrodinamičkog brzinomjera. Kao što je spomenuto sastoji se od cijevi s dvostrukom stijenkom koja se pruža naprijed od trupa broda u vodu koju ne ometa kretanje broda. U vrhu cijevi je otvor (A), na koji kada se brod kreće, djeluju dvije sile ili pritisci: (1) hidrostatski tlak uzrokovan dubinom vode iznad otvora i (2) pritisak uzrokovan guranjem broda kroz vodu.



Slika 3. Pitot cijevi

Ukupni tlak iz tih dviju sila prenosi se kroz središnju cijev do lijevog kraka manometra. Otvor B prolazi kroz vanjsku površinu ili zid cijevi s dvostrukom stijenkom, ali ne kroz unutarnju površinu. Samo tlak koji utječe na otvor B je hidrostatički tlak.

Ovaj tlak se prenosi kroz vanjsku cijev (osjenčanu na crtežu) na desni krak mjerila. Kada se brod ne kreće, tlak kroz oba otvora A i B je isti, a živa u svakom kraku manometra stoji na istoj razini. Međutim, čim se brod počne kretati, pri otvoru A se razvija dodatni pritisak, a živa se gura prema dolje u lijevi krak i gore u desni krak cijevi.

Što se brod brže kreće, veći je taj dodatni pritisak i veća je razlika između razine žive u dva kraka manometra. Brzinu broda možete očitati izravno s kalibrirane skale na manometru prikazanom na Slici 2. Budući da je zrak također tekućina, brzina zrakoplova može se pronaći sličnim uređajem.



Slika 4. Manometar (hidrodinamički brzinomjer)

Određivanje prijednog puta; Pitot cijev registrira hidrodinamički i hidrostatski pritisak nastao kretanjem broda kroz vodu u ovisnosti o gazu broda. Stvoreni pritisak se cjevovodom vodi na tlačni dio koji razliku između tih pritisaka pretvara u mehaničku silu. Mehanička sila se u mjernom dijelu uređaja pretvara u brzinu. Prijedni put se dobije rješenjem integrala:

$$D = \int_0^t v dt$$

, a dobiveni put u M se prenosi na ponavljače

Pogreška u pokazivanju brzine je  $\pm 0,5\%v$  , a prijednog puta  $\pm 0,1M$  .

## 4. ELEKTROMAGNETSKI BRZINOMJER

### 4.1. OPĆENITO O ELEKTROMAGNETSKOM BRZINOMJERU

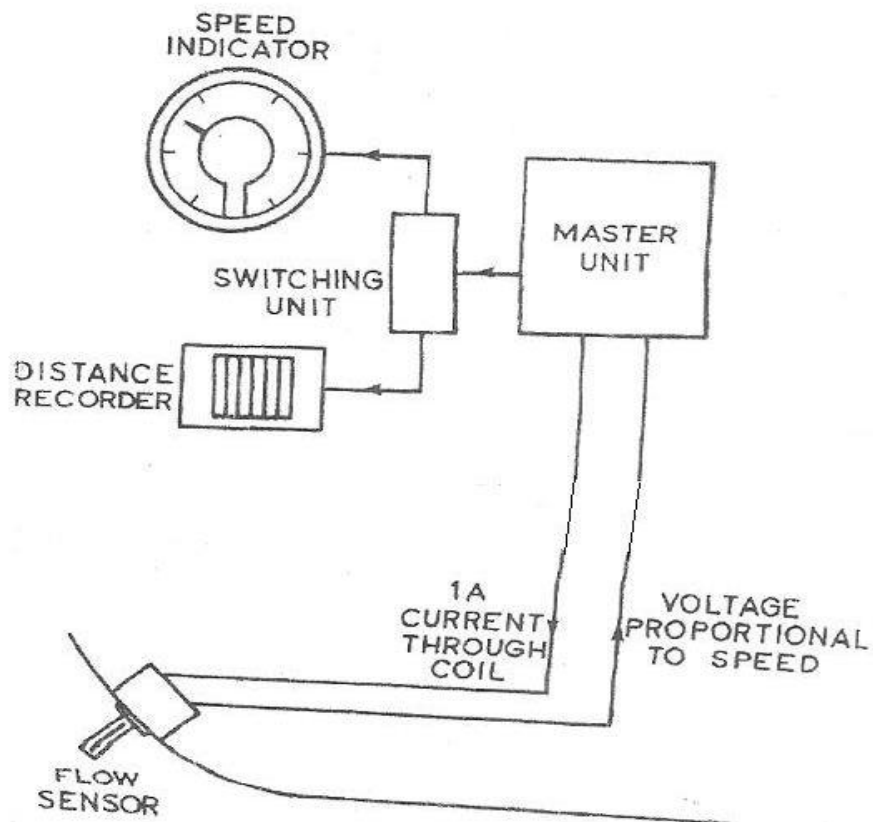
Elektromagnetski brzinomjer koji se naziva i induksijski brzinomjer ili *EM log* mjeri elektromagnetičku indukciju generiranu u morskoj vodi pokretom broda u odnosu na magnetsko polje elektroda koje se nalaze u trupu broda. Morska voda djeluje kao konduktor i stvara *emf* (elektromagnetsko polje). Elektromagnetski brzinomjer je vrlo precizan u pokazivanju brzine kroz vodu, čak i pri malim brzinama.

### 4.2. KARAKTERISTIKE (EM) BRZINOMJERA

Princip rada elektromagnetskih ili induksijskih brzinomjera temelji se na zakonu da je elektromotorna sila ( $E$ ) indukcije u vodiču po vrijednosti jednaka ali suprotnog smjera od promjene magnetskog toka ( $\Phi$ ). Elektromagnetska indukcija se javlja i u moru pri kretanju nekog magnetskog polja.

$$E = -\frac{d\Phi}{dt}$$

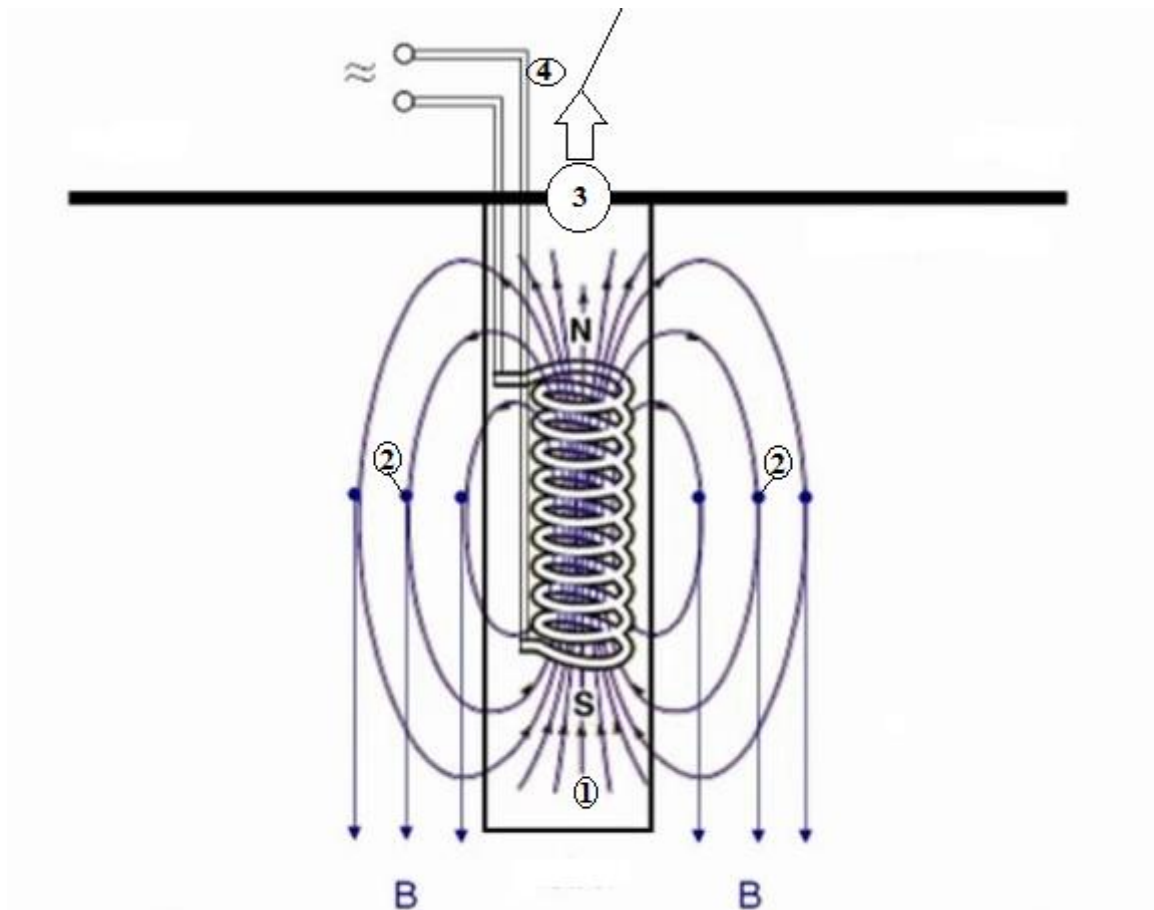




Slika 5. Sustav elektromagnetskog brzinomjera

Senzor elektromagnetskog brzinomjera, prikazan na slici 6., je smješten u moru ispod kobilice broda. Elektromagnet (1) stvara magnetsko polje koje je usmjereno vertikalno u odnosu na kretanje broda. Ioni u moru se kreću relativno u odnosu na stvoreno magnetsko polje, pa se na elektrodama senzora (2) inducira elektromotorna sila koja je proporcionalna brzini kretanja broda.

Ostvareni napon se mjeri voltmetrom (3), a njegova veličina ovisi o jačini magnetskog polja, razmaku između elektroda, otporu morske vode, površini elektroda i otporu električnog sloja koji se stvara pri polarizaciji elektroda.



Slika 6. Senzor elektromagnetskog brzinomjera

Budući da je elektromagnet spojen na izmjeničnu struju onda je i polarizacija mala, a mijenja se sa poluperiodom frekvencije napajanja s tim da izaziva pomak korisnog signala na elektrodama po fazi.

U vodiču senzora se također inducira napon (4) zbog promjena magnetskog toka (on ne zavisi o brzini broda) i on predstavlja kvadrantalnu pogrešku mjerenja brzine koja se voltmetrom registrira zajedno s korisnim signalom s elektroda. Ovisnost korisnog signala o brzini broda se u idealnom slučaju može aproksimirati oblikom pravca, no zbog sporednog kretanja vode oko senzora, skliza broda i kavitacije ta ovisnost nije linearna. Veličina odstupanja od pravca se ispituje na poligonu.

Budući da se voltmetrom izmjereni napon zbog korisnog signala, kvadrantalne pogreške, nelinearnosti korisnog signala i drugih pogrešaka, potrebno je odvojiti korisni signal od svih ostalih pogrešaka što se čini uporabom korektora. Pogreška mjerenja brzine se kreće u rasponu od  $\pm 0,02$  do  $0,5 \text{ \textcircled{v}}$ , a pređenog puta od  $0,5$  do  $2 \%$ .

### **4.3. PREDNOSTI I NEDOSTACI (EM) BRZINOMJERA**

Prednosti EM brzinomjera;

- Nema pokretnih dijelova
- Manji je utjecaj porasta mora u usporedbi s drugim brzinomjerima
- Moderni senzorski uređaji ne projiciraju na dnu broda
- Moderni EM brzinomjeri su manjih dimenzija

Nedostaci EM brzinomjera;

- Salinitet vode i temperatura vode utječu na kalibraciju EM brzinomjera i dovode do nepravilnog mjerenja. Kako bi se to izbjeglo, potrebno je redovito kalibriranje
- On izračunava brzinu broda u odnosu na vodu, a ne na dno
- Na mjerenja utječe granični sloj. To je zbog usporavanja brzine vode vrlo blizu trupa kao rezultat trenja.

## 5. DOPPLEROV BRZINOMJER

### 5.1. OPĆENITO O DOPPLEROVOM BRZINOMJERU

Po SOLAS poglavlju V, svi brodovi od 300 BRT i više i svi putnički brodovi bez obzira na veličinu moraju biti opremljeni uređajem za mjerenje brzine i udaljenosti kroz vodu. Doppler brzinomjer je taj spomenuti uređaj koji mjeri brzinu i udaljenost kroz vodu.



Slika 7. Dopplerov brzinomjer

Doppler brzinomjer je instrument koji se koristi na brodovima za mjerenje relativne brzine broda s vodom (u kojoj putuje) uporabom Dopplerovog efekta na prenesene / reflektirane zvučne valove. EM brzinomjer je drugi uređaj koji mjeri brzinu i udaljenost kroz vodu, ali Doppler brzinomjer

je preferiran uređaj. Dopplerov efekt (ili Dopplerov pomak) je promjena frekvencije ili valne duljine vala za promatrača koji se kreće u odnosu na izvor vala.

Brzina kroz vodu potrebna je za rad na radaru i brzina kroz vodu je ono što trebamo koristiti za izbjegavanje sudara. Ukratko, to je zbog toga što brzinom kroz vodu vidimo aspekte drugog plovila i možemo ispravno procijeniti koje bi se pravilo odnosilo na situaciju izbjegavanja sudara na moru.

## 5.2. KARAKTERISTIKE DOPPLEROVOG BRZINOMJERA

Kao što je prikazano na grafu Dopplerovog efekta (Graf 1.) kada su promatrač i izvor frekvencije (primjerice zvuk sirene) stacionarni ( $S_0$ ), frekvencija primljena kod promatrača bit će ista kao i stvarna frekvencija ( $f_0$ ). Kada se izvor frekvencije kreće prema (ili daleko od) promatrača, primljena frekvencija na promatraču će se promijeniti (pri brzini  $S_1$ , frekvencija je  $F_1$  i tako dalje). Christian Doppler dao je formulu za izračun tog pomaka frekvencije;

$$f_{pr} = \frac{c + v_{pi}}{c - v_{pi}} * f_0 = \frac{1 + \frac{v}{c} \cos \gamma_i}{1 - \frac{v}{c} \cos \gamma_i} * f_0$$

$f_{pr}$  – frekvencija primljenog signala

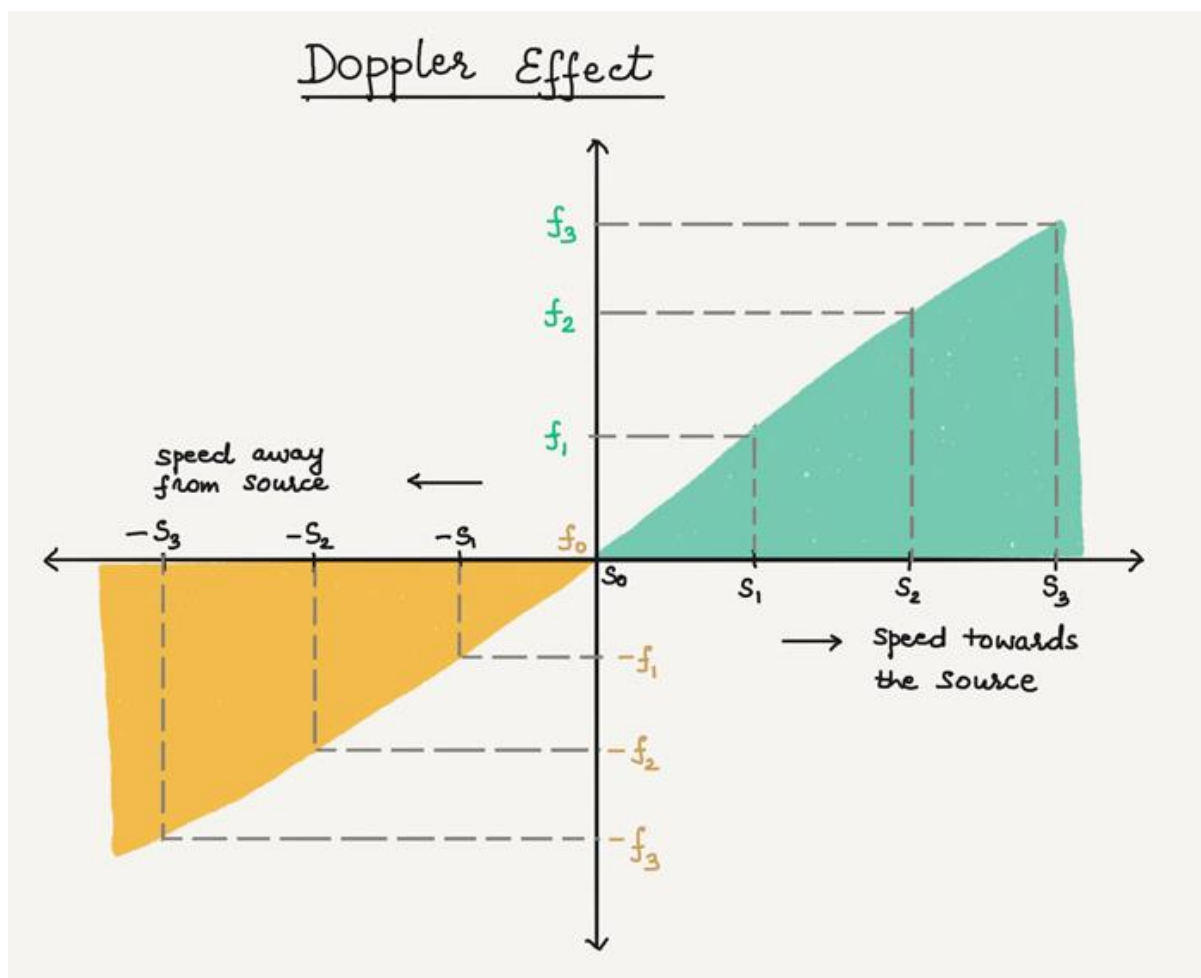
$f_0$  – frekvencija emitiranog radio signala

$c$  – brzina elektromagnetskih valova

$v_{pi} = v * \cos \gamma_i$  – projekcija brzine broda na pravac elementarne čestice i od koje se signal odbija

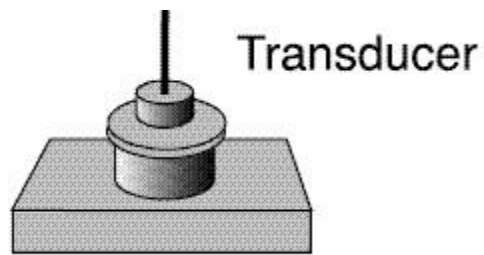
$v$  – brzina broda

$\gamma_i$  – kut između pravca kretanja broda i pravca spojnice antena

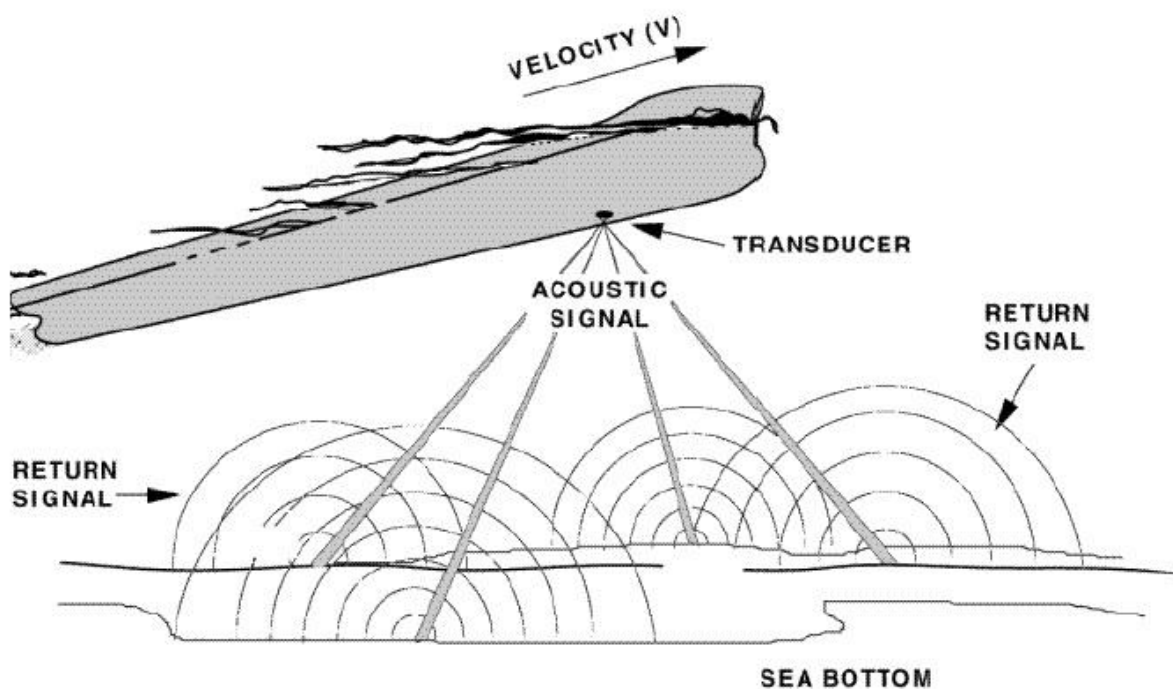


Graf 1. Dopplerov efekt

Transduktor (*transducer*) je postavljen na brodsku kobilicu koja prenosi snop zvučnog vala pod kutom obično  $60^\circ$  prema kobilici u smjeru prema naprijed (Slika 8.). Snop se odbija od morsko dno ili sloja vode i vraća se natrag na sondu. Kako je spomenuto, tako se mjeri se razlika u frekvenciji između odaslanih i primljenih signala i proporcionalna je brzini broda.



Slika 8. Transduktor



Slika 9. Princip rada Dopplerovog brzinomjera i Janus konfiguracije

Općenito, Doppler brzinomjer može primati odjeke od morskog dna samo do dubine od oko 200 metara. Međutim, izvan ovih dubina, slabiji je odjek dostupan iz sloja između 10 do 30 metara ispod kobilice. Brzina broda može se odrediti kao ranije, ali u ovom slučaju ona će se odnositi na taj sloj, a ne na tlo. Tu brzinu znamo kao brzinu kroz vodu.

U tom slučaju treba dopustiti djelovanje struje kako bi se postigla dobra brzina, ali refleksije iz dubljih slojeva eliminiraju učinak poremećaja uzrokovanih samim brodom i utjecaja površinskih struja uzrokovanih gibanjem vjetra i vala. Kada se signal odašiljača odbije od morskog dna, naznačena brzina bit će u odnosu na fiksno morsko dno i stoga će biti brzina preko dna.

Jedinstveno svojstvo Dopplerovog brzinomjera, tj. nekih brzinomjera, je mjerenje bočne brzine broda preko dna, što nije bilo moguće u prijašnjim brzinomjerima. Za mjerenje bočne brzine se koriste dodatni transduktori usmjereni prema bokovima broda. Transduktori ovakve vrste su poznati kao *dual axis speed logs*.



Slika 10. Dual axis brzinomjer

Uvođenje Dopplerovog brzinomjera dovelo je do ogromne promjene u navigaciji na moru. Sigurnost plovidbe može se znatno poboljšati ako su svi brodovi opremljeni operativnim dopler logom.



### **5.3. GREŠKE I KVAROVI DOPPLEROVOG BRZINOMJERA**

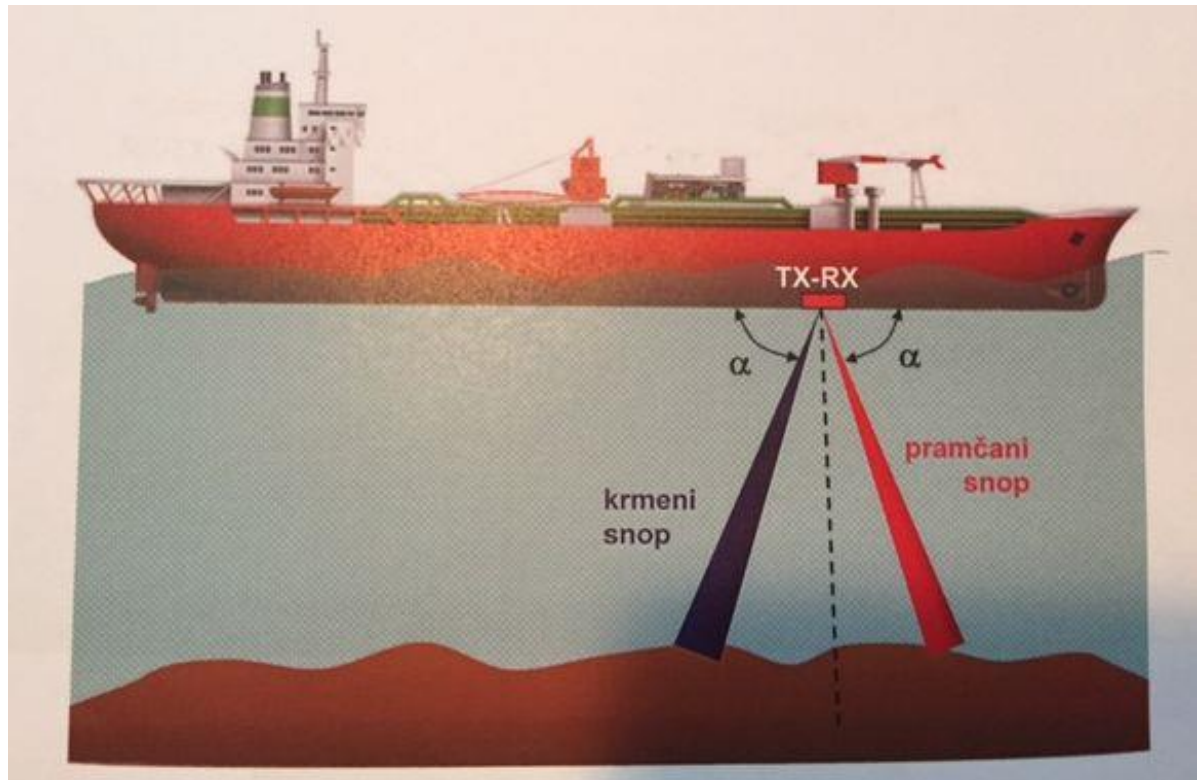
Pogreške Dopplerovog brzinomjera;

- Pogreška u usmjeravanju transduktora: trebaju imati savršeni kut od  $60^\circ$  u odnosu na kobilicu ili će navedena brzina biti netočna.
- Pogreške u frekvenciji oscilatora: Frekvencija koju generira oscilator mora biti točna i konstantna, a svako odstupanje frekvencije rezultirat će pogrešnom prikazanom brzinom.
- Pogreška brzine širenja akustičnog vala: Brzina akustičkog vala pri temperaturi od  $16^\circ\text{C}$  i saliniteta 3,4% iznosi  $1505\text{ m/s}$ , ali se općenito uzima za izračun od  $1500\text{ m/s}$ . Ta se brzina mijenja s temperaturom, slanošću ili tlakom.
- Pogreške zbog kretanja broda: tijekom intervala između prijensa i prijema, brod može neznatno skrenuti ili se pomaknuti, a time se može promijeniti kut prijensa i prijema, a za razliku od dva stupnja prijensa i prijema, neto učinak  $w_iH$  pogreška od 0,10% od naznačene brzine koja je marginalna i može se zanemariti.
- Pogreške uslijed učinka nagiba: Učinak nagiba će uzrokovati grešku u brzini prema naprijed, ali nema učinka na brzinu kretanja.
- Pogreške zbog netočnosti u mjerenju frekvencije usporedbe: Razlika u frekvencijama koje primaju pramčani i krmeni transduktori moraju se točno mjeriti, jer će se svaka pogreška u tome izravno odraziti na brzinu plovila.

### **5.4. JANUS KONFIGURACIJA**

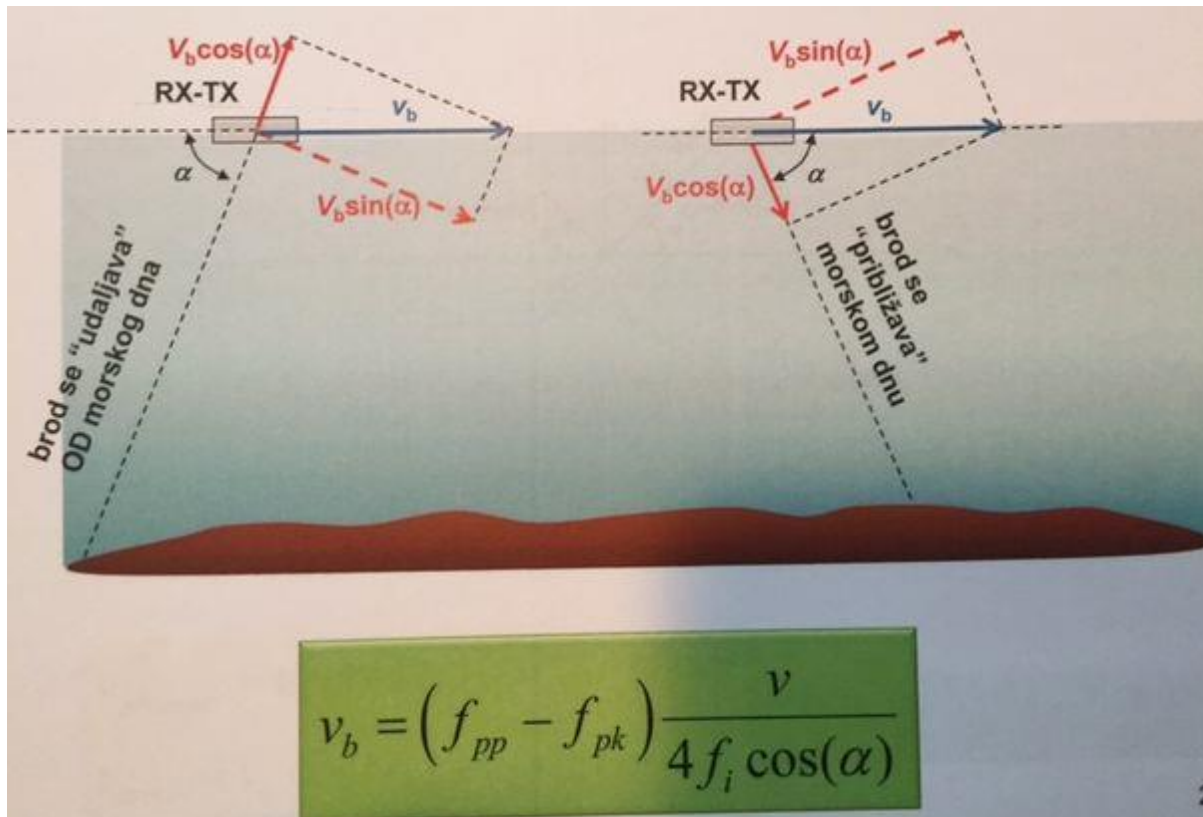
Većina dopler logova ima Janusovu konfiguraciju gdje se;

- Transduktori usmjereni prema pramcu koriste za mjerenje brzine
- Transduktor, usmjeren prema krmi, koristi za provjeru točnosti mjerenja
- Transduktori, usmjereni prema bočnim dijelovima broda, koriste za mjerenje brzine broda (dok pristaju).



Slika 11. Krmeni i pramčani snop Janus konfiguracije

Korištenje Doppler brzinomjera za mjerenje bočne brzine na brodu postalo je obvezno na velikim tankerima. Ljudske procjene brzine i udaljenosti nisu dovoljno točne da bi se sa sigurnošću na velikim tankerima, obavljale operacije veza ili odvezivanja ili 'krstarenja' malim brzinama.



Slika 12. Analiza Janus konfiguracije

Primjerice, kada se poveže tanker od 200.000 tona s preostalom brzinom od 0,2 čvora, gat, *dupin* (umjetna morska struktura koja se proteže iznad razine vode i nije povezana s obalom) ili brodska strana moraju apsorbirati energiju koja je  $= 0.5 mv^2 - 10.00.000$  džula. U ovom slučaju, točan Doppler brzinomjer može biti od velike pomoći. Trenutno, kombinacija Dopplera i EM brzinomjera pruža robustan, pouzdan sustav za mjerenje brzine broda preko dna i kroz vodu.

## 6. BOČNI ILI HOLANDSKI BRZINOMJER

### 6.1. OPĆENITO O HOLANDSKOM BRZINOMJERU

U nedostatku brzinomjera, približna brzina broda se može odrediti na osnovi dužine broda (bočni ili holandski brzinomjer). Ovaj izum pripisuje se portugalskom Bartolomeu Crescênciou koji ga je projektirao krajem 15. ili početkom 16. stoljeća.



Slika 13. Holandski brzinomjer

Holandski brzinomjer sastoji se od drvene ploče pričvršćene na konop (*log-line*). Taj konop ima određeni broj čvorova u jednakim intervalima, te je namotan na kolut sa rukohvatima sa strana.

## **6.2. KARAKTERISTIKE HOLANDSKOG BRZINOMJERA**

Izrada ovakvih brzinomjera je standardizirana kroz par godina njegovog izuma. Oblik je četvrtina kruga, ili kvadranta, a konop se veže za ploču sa uzde s tri linije koje se spajaju na vrh i na dva kraja luka kvadranta. Kako bi se osiguralo da se drvena ploča potopi i ispravno usmjerava u vodi, dno ploče ponderirano je olovom. To osigurava veću otpornost u vodi i točnije i ponovljivo čitanje brzine.

Naravno, uporaba ovog brzinomjera nije rezultirala dobivanjem točne brzine. Tokom korištenja mora se uzeti u obzir;

- Gustoća i količina mora koja slijedi
- Učinak struja
- Rastezanje linije konopa
- Netočnost u mjerenju vremena - zbog temperature okoline, vlažnosti i stanja mora

Česta mjerenja pomogla su u ublažavanju nekih od tih netočnosti usrednjavanjem pojedinačnih pogrešaka, a iskusni pomorci mogli su odrediti svoju brzinu kroz vodu s priličnom preciznošću. Budući da brzinomjer mjeri brzinu kroz vodu, neke pogreške - osobito učinak struja, kretanje same vode -

nisu se mogle ispraviti. Pomorci su se poslužili popravcima položaja kako bi ispravili te pogreške. Moderni navigacijski alati, kao što je GPS, izvješćuju o brzini nad tlom, i općenito ne daju isti rezultat.

Što se tiče principa rada, treba se mjeriti vrijeme potrebno da brod prijeđe put jednak svojoj dužini ( $l$ ) u metrima. Vrijeme ( $t$ ) u sekundama se mjeri na osnovu prolaza u more bačene ploče točno bočno od pramčane do krmene statve ili okomice ili neke druge točno određene dužine na brodu.

Formule koje se koriste za mjerenje;

$$v : l = 3600 : t \text{ (s)}$$

$$v \left( \frac{m}{s} \right) = \frac{l \text{ (m)}}{t \text{ (s)}} * 3600 \left( \frac{m}{s} \right), \quad \text{ili u čvorovima}$$

$$v \text{ (čv)} = \frac{l \text{ (m)}}{t \text{ (s)}} * \frac{3600}{1852} \approx \frac{2l \text{ (m)}}{t \text{ (s)}} \text{ (čv)}$$

Da bi se dobio točniji rezultat, obično se u račun uzima srednje vrijeme prolaza 3 do 5 bačenih ploča. Ako je brod usidren na ovaj način se može odrediti brzina struje.

## 7. ZAKLJUČAK

Brzinomjerova upotreba je od velikog značaja, bilo da se koristi u cestovnim vozilima, željezničkim vozilima, avionima i naravno brodovima. Isto tako je od jednake važnosti znanje i iskustvo korištenja jedinstvenih mjerenja brzina preko dna i kroz vodu. Što u situacijama izbjegavanja sudara ili opće navigacije, igra veliku ulogu u sigurnosti broda i najvažnije sigurnosti pomoraca.

Danas se u upotrebi najviše koriste Dopplerovi brzinomjeri kao i Elektromagnetski brzinomjeri, posebice na putničkim brodovima. Dopplerov brzinomjer je brzinomjer akustičke brzine temeljen na Dopplerovom efektu u kojem se valne duljine pokretnih objekata mijenjaju u odnosu na promatrača. Taj pomak može se pretvoriti u brzinu, čime se daje vrlo precizan rezultat, a njegovo jedinstveno svojstvo je mjerenje bočne brzine broda (*Dual Axis*).

Elektromagnetski brzinomjer funkcionira generiranjem male izmjenične struje u transduktoru koji proizvodi elektromagnetsko polje u susjednoj vodi. Kako se brod kreće kroz vodu, napon proporcionalan brzini generira se na 90 stupnjeva u odnosu na smjer kretanja. Ovaj signalni napon detektira se sondama i prenosi na glavnu elektroničku jedinicu gdje se pojačava i obrađuje digitalno prije nego što se proslijedi prikazu brzine i udaljenosti.

## 8.LITERATURA

- 1.A. Simović: Elektronička navigacija 1 i 2, šk. knjiga, Zagreb, 1992.;
2. Priručnik proizvođača brodskih sustava SAM Wartstill Electronics;
3. Laurie Tetley & David Calcutt, Electronic Navigation Systems Edition 3, Butterworth-Heinemann, 2001.

Internetske stranice:

- <http://www.regs4ships.com>
- <http://www.brodska-elektronika.hr>
- <https://www.wartsila.com>
- <https://www.myseatime.com>

Izvori slika:

- Slika 1. (A. Simović: Elektronička navigacija 1 i 2, šk. knjiga)
- Slika 2. (A. Simović: Elektronička navigacija 1 i 2, šk. knjiga)
- Slika 3. (A. Simović: Elektronička navigacija 1 i 2, šk. knjiga)
- Slika 4. (<http://www.brodska-elektronika.hr>)
- Slika 5. (<http://marinegyaan.com/>)
- Slika 6 (<http://marinegyaan.com/>)
- Slika 7. (<http://marinegyaan.com/>)
- Slika 8. (<https://www.wartsila.com>)
- Slika 9. (Navigation and seamanship knjiga)
- Slika 10. (<https://www.wartsila.com>)
- Slika 11. (<http://marinegyaan.com/>)
- Slika 12. (<http://www.brodska-elektronika.hr>)
- Slika 13. (<http://www.brodska-elektronika.hr>)
- Graf 1. (<https://www.myseatime.com>)