

# Satelitski sustavi za pozicioniranje i ponavljajuća točnost određivanja pozicije

---

Jakšić, Šimun Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:277447>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-20**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**ŠIMUN PETAR JAKŠIĆ**

**SATELITSKI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE I  
PONAVLJAJUĆA TOČNOST ODREĐIVANJA  
POZICIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**POMORSKI FAKULTET**

**POMORSKA NAUTIKA**

**SATELITSKI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE I  
PONAVLJAJUĆA TOČNOST ODREĐIVANJA  
POZICIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**STUDENT:**

**Prof .dr .sc. Josip KASUM**

**Šimun Petar JAKŠIĆ (MB: 0171270601)**

**SPLIT, 2019.**

## SADRŽAJ

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| UVOD.....                                    | 1  |
| 1. SATELITSKI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE..... | 2  |
| 1.1. PASIVNI SATELITI.....                   | 3  |
| 1.2. AKTIVNI SATELITI.....                   | 5  |
| 1.3. SATELITI ZA POZICIONIRANJE.....         | 7  |
| 1.4. REGIONALNI SATELITSKI SUSTAVI.....      | 20 |
| 2. TOČNOST ODREĐIVANJA POZICIJE.....         | 21 |
| 2.1. VRSTE TOČNOSTI.....                     | 21 |
| 2.2. TOČNOST NAVSTAR GPS-A.....              | 22 |
| 2.3. TOČNOST PRIJEMNIKA.....                 | 22 |
| 2.4. DIFERENCIJALNI GPS.....                 | 23 |
| 3. HIDROGRAFIJA.....                         | 25 |
| 3.1. HIDROGRAFSKA IZMJERA.....               | 25 |
| 3.2. REAMBULACIJA.....                       | 29 |
| 3.3. ODOBALNO INŽENJERSTVO.....              | 31 |
| ZAKLJUČAK.....                               | 32 |
| LITERATURA.....                              | 35 |
| POPIS SLIKA.....                             | 38 |
| POPIS TABLICA.....                           | 38 |

## **SAŽETAK**

U ovom radu prikazuju se rezultati istraživanja tehničko tehnoloških sustava za satelitska pozicioniranja. Djelovanje suvremenog svjetskog pomorskog gospodarstva danas se smatra skoro pa nezamislivim bez primjene satelitskih tehnologija, a posebno tehnologija za pozicioniranja. Stoga se u ovom radu prikazuju suvremeni satelitski sustavi za pozicioniranja, te se ukazuje na neka specifična područja primjene u hidrografskom premjeru, reambulaciji i sl., čime se dodatno utječe na povećanje stupnja sigurnosti pomorske plovidbe.

***Ključne riječi:*** *satelit, pozicija, primjena*

## **ABSTRACT**

In this work research of stellite positioning technical systems are presented. The operation of the modern world maritime economy today is considered almost unimaginable without the use of satellite technologies, especially positioning technologies. Therefore, this paper presents a modern satellite positioning system, which would indicate some specific applications in hydrographic survey, reambulation, etc., being an additional factor in increasing the degree of Navigation Safety.

***Key words:*** *satellite, position, application*



## UVOD

U ovom radu obrađuju se satelitski sustavi za pozicioniranje. Povijesno analizirajući, u pomorstvu se uvijek smatralo važnim imati spoznaju o vlastitoj poziciji. U tom cilju su se koristile raznolike metode.

Danas, zahvaljujući razvoju i primjeni suvremenih tehničko tehnoloških rješenja mjerenje vlastite pozicije broda postaje sve jednostavnije. Posebno zahvaljujući razvoju elektroničkih tehnologija i njihovoj primjeni u satelitskim sustavima različitih namjena kao npr. satelitskih sustava traganja i spašavanja, satelitskih komunikacijskih sustava, satelitski sustavi za pozicioniranje u pomorstvu zauzimaju posebno mjesto.

Ovaj rad podijeljen je na nekoliko poglavlja.

U prvom poglavlju se sustavno analiziraju satelitski sustavi za pozicioniranje s primjenom u pomorstvu. Prikazati će se podjela satelita na pasivne i aktivne uz prikaz temeljnih tehničko tehnoloških značajki. Posebano se obrađuju satelitski sustavi za pozicioniranje.

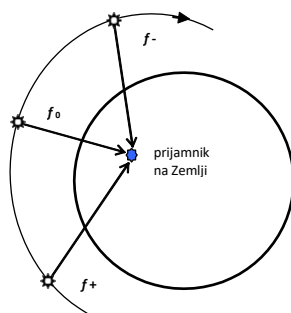
U drugom poglavlju provesti će se analiza povezana s točnošću mjerenja pozicije primjenom satelitskih tehnologija. Zato će se proučiti vrste točnosti, točnost sustava Navstar, točnost prijemnika s različitim primjenama uz proučavanje temeljnih značajki diferencijalnog sustava satelitskog pozicioniranja.

Treće poglavlje donosi rezultate istraživanja primjene satelitskih sustava za pozicioniranja u hidrografiji, hidrografskoj izmjeri, reambulaciji i odobalnom inženjerstvu.

## 1. SATELITSKI SUSTAVI ZA POZICIONIRANJE

Satelitski navigacijski sustavi omogućuju da se odrede položaj, brzina i druge veličine objekata na temelju radio valova primljenih sa satelita. Uobičajeno je da se navigacijski sateliti postavljaju u orbite na visinama od 800 do 36.000 km kako bi se pokrila što veća površina na Zemlji. Tako npr. satelit na visini od 1.000 km pokriva 1 - 2 % Zemljine površine, dok na visini od 36.000 km pokriva približno 45 % njezine površine. Osnovna prednost satelitskih navigacijskih sustava u usporedbi sa zemaljskim je u činjenici da se s relativno malim brojem odašiljača (satelita) može pokriti cijela zemlja.[2]

Za određivanje pozicije korisnika treba biti poznata točna pozicija satelita u svakom trenutku emitiranja navigacijskih signala, na slici 2. je prikazano emitiranje laserskog impulsa. Početkom 60-ih godina započeo je u Americi razvoj satelitskoga navigacijskog sustava za utvrđivanje pozicije, koji je trebao omogućiti globalno pokrivanje, kontinuirani rad u svim vremenskim uvjetima i visoku preciznost. Prvi satelitski navigacijski sustav nazvan Transit koristi se od 1964. godine. Kod Transitsustava mjerile su se promjene frekvencije odašlanog signala zbog Dopplerova efekta, unutar utvrđenih vremenskih intervala, do čega dolazi zbog promjene udaljenosti odašiljača (satelita) od prijamnika, što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Dopplerov efekt u transit sustavu .[2]

Sateliti Transit-sustava namjerno su postavljeni u niskim polarnim orbitama na visini od 1.000 km s vremenom ophoda od 1h 47min, kako bi Dopplerova promjena frekvencije bila što veća. Sateliti su odašiljali na dvije frekvencije: 150 i 400 MHz, kako bi se u prijamniku mogao izmjeriti i eliminirati utjecaj ionosferskog kašnjenja na

rasprostiranje signala (veličina kašnjenja signala u prolasku kroz ionosferske slojeve ovisna je o frekvenciji). S obzirom na orbitalnu visinu od 960 km, na tim je frekvencijama ukupna promjena prijamne frekvencije uzrokovane Dopplerovim efektom 3,7 ili 9,8 kHz. Sateliti su emitirali vremenske markere u intervalima od 2 minute, unutar kojih su se mjerile promjene prijamne Dopplerove frekvencije, na temelju čega se izračunavala udaljenost od satelita. S obzirom na konstelaciju i mali broj satelita u Transit-sustavu, dostupnost satelita nije bila velika jer je na njegovu pojavu iznad obzora, ovisno o geografskoj širini, trebalo čekati u prosjeku po 30 minuta. Na bilo kojoj poziciji satelit se mogao pratiti oko 16 minuta. Svako procesiranje signala kako bi se utvrdila pozicija trajalo je 10 do 15 minuta. Ova svojstva otežavala su korištenje sustavom za objekte koji se brzo kreću, pa se on uglavnom upotrebljavao u pomorstvu i za geodetska mjerenja. Sustav je napušten 1996. godine, nakon 32 godine neprekidnog rada [2].

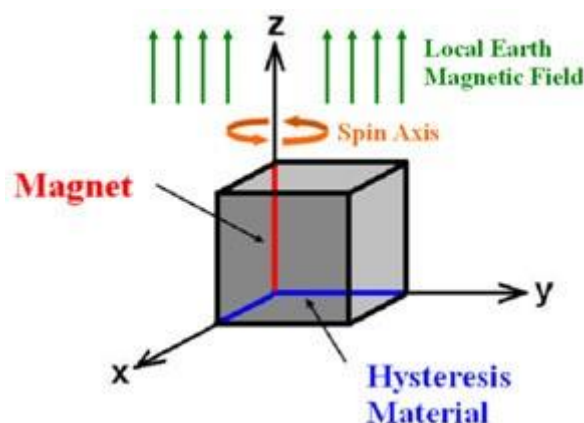
### 1.1. PASIVNI SATELITI

*Pasivni sateliti nemaju posebnih mjernih instrumenata, već je njihovo opažanje omogućeno reflektirajućim površinama obasjanima sunčevom svjetlošću ili laserskim impulsom odaslanim sa Zemlje. [8]*

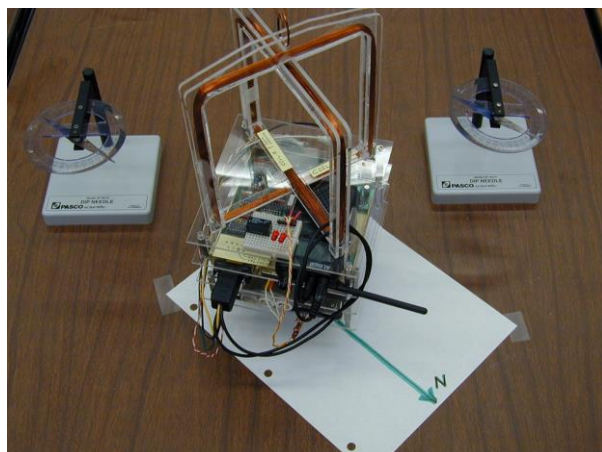


Slika 2. Laserski impuls odaslan sa Zemlje prema pasivnom satelitu  
Izvor: [8]

Pasivni satelit stabiliziramo tako da ga postavimo u neki željeni smjer, pasivna stabilizacija je takva u kojoj zbog utjecaja okoline satelit mijenja svoj položaj, što je prikazano na slikama 1. (magnetski sateliti) i 2.(sateliti s elektromagnetskim zavojnicama) [1]. Postoje dvije metode, jedna je u kojoj djeluje zemljino gravitacijsko polje, a druga je u kojoj djeluje zemljino magnetsko polje. Jednostavnija je metoda uporaba zemljinog magnetskog polja, ili upotreba magneta u satelitu, ako je satelit u pravilnom položaju, koji nato sljedi zemljine magnetske sile, i tu se obično dodaju materijali s izraženim histerezama i istovremeno satelit bude bolje stabiliziran. Koristeći gravitacijsko polje, mijenjamo centar gravitacije satelita ili dodamo štap koji se gravitacijska sila vuče sebi i okreće satelit u smjeru središta Zemlje. Radiometrijska stabilizacija se rijetko koristi, s različitim obojenim tijelima, bijelim i crnim. Pri tome se apsorbiraju različite energetske vrijednosti, jer sunce doprinosi većem pritisku na bijele dijelove nego na crne, te tako stvara mali ali konstantni zakretni moment [2]. Na slici 5. su srikazani izolacijski slojevi kod primjene pasivne stabilizacije satelita.

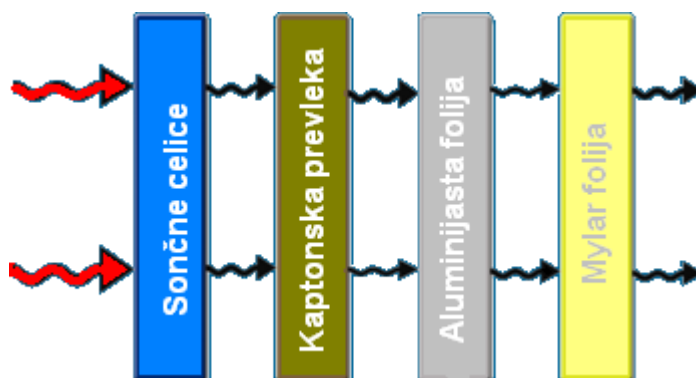


**Slika 3.** Stabilizacija pasivnih magnetskih satelita  
Izvor :[1]



**Slika 4.** Izvedba stabilizacije satelita s elektromagnetskim zavojnicama u laboratorijskim uvjetima

Izvor: [2]

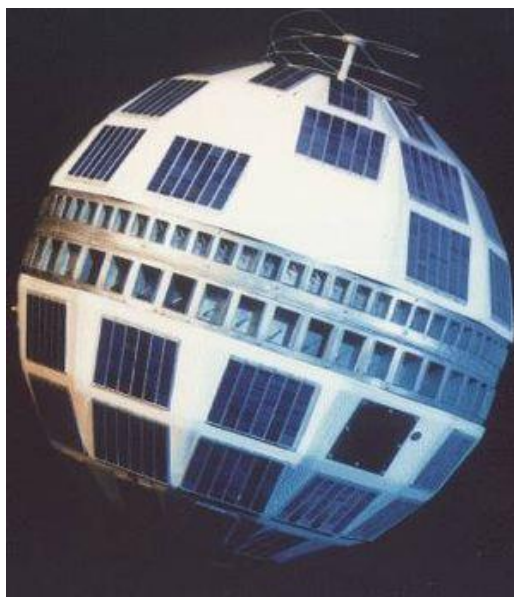


**Slika 5.** Izolacijski slojevi u primjeni kod satelita

Izvor: [1]

## 1.2. AKTIVNI SATELITI

Aktivni geodetski sateliti nose snažan izvor svjetlosti ili drugih elektromagnetskih valova, što omogućuje vrlo precizno mjerenje njihova položaja. Prvi aktivni satelit je Telstar, koji je prikazan na slici 6. Oni primaju analogne ili digitalne signale s bazne postaje na Zemlji, pojačavaju ih i odašilju prema određenom području na Zemlji [8]. U novije su doba geodetski sateliti opremljeni i uređajima koji autonomno provode mjerenja, kao što su laserski ili radarski daljinomjeri, gravimetri i tako dalje. Tako se na primjer mjerna oprema satelita Geo-IK sastoji od Dopplerova uređaja (točnost izmjere do 3 centimetra), odašiljača radiovalova i radarskoga visinomjera (točnost do 5 metara), laserskih reflektora te izvora svjetlosti [8] .

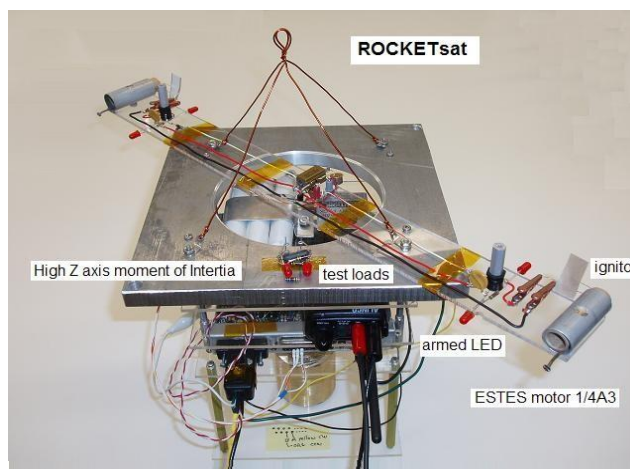


**Slika 6.** Prvi aktivni telekomunikacijski satelit naziva Telstar  
Izvor: [16]

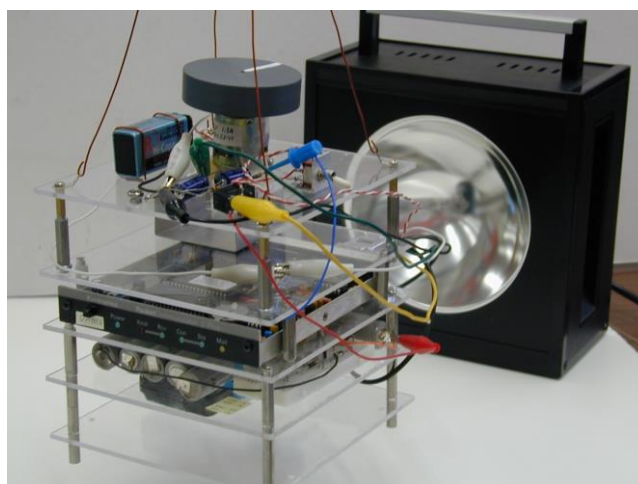
*Aktivna stabilizacija je način na koji satelit aktivno mjeri i mijenja svoju orijentaciju. To se postiže prikupljanjem podataka sa senzora i korištenjem određenih mehanizama za promjenu orijentacije. Senzori su sljedeći: magnetometri koji mjere smjer relativnog magnetskog polja, akcelerometri koji mjere smjer akceleratora satelita; senzor za sunce koji određuje relativni položaj sunca u odnosu na satelit i žiroskop koji mjeri rotaciju satelita i smjer koji je u odnosu na izvornik. [1]*

Veliki sateliti često također koriste zvijezde za izračunavanje položaja satelita kada se doda sat stvarnog vremena. Da bi se generirao moment, obično se koriste mikropotipi (Thruster) koji sadrže tekućinu ili plinove, gdje se emitira mala količina materijala da bi se stvorila sila koja zatim rotira satelit u suprotnom smjeru od djelovanja sile, Elektromagneti, koji se sastoje od namota, gdje magnetsko polje rezultira strujanjem struje kroz namot; okretni momenti koji rotiraju unutar satelita, dok rotacijsko gibanje uzrokuje promjenu smjera vrtnje satelita [2] .

Na slikama 7. i 8. suprikazane aktivna stabilizacija s motorima (7.), te aktivna stabilizacija s rotirajućim kotačima (8.).



**Slika 7.** Aktivna stabilizacija s motorima  
Izvor: [1]



**Slika 8.** Stabilizacija satelita s rotirajućim kotačima  
Izvor: [1]

*Kada se pokaže da kod postojećih pasivnih kontrola nije moguće osigurati temperaturnu ravnotežu, primjenjuje se aktivna kontrola. Aktivna kontrola koristi grijače, toplinske cijevi, radijatore, hladnjake itd. Uobičajeno, samo mali grijači s termostatima koriste se na malim satelitima u slučaju preniske temperature. [1]*

### 1.3. SATELITI ZA POZICIONIRANJE

Sateliti za pozicioniranje se koriste za određivanje položaja objekta u prostoru. Pozicioniranje ovisi od svjetske pokrivenosti s mjernom do pokrivenosti radnog prostora s točnošću od milimetara. Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS),

pružaju autonomno geoprostorno pozicioniranje s globalnom pokrivenošću. GNSS omogućuje malim elektroničkim prijamnicima determinaciju njihove lokacije s odstupanjem od samo nekoliko metara koristeći vremenske signale koje duž linije vida odašilja radio sa satelita. Prijamnici računaju precizno vrijeme i poziciju koji se mogu koristiti u znanstvenim eksperimentima [18] . Vrste globalnih navigacijskih sustava su:

- Svjetski sustav za pozicioniranja (*Global Navigation Satellite System-GPS*),
- GLONASS.....,
- GALILEO..... i
- COMPASS.....

U tablici 1. su prikazane karakteristike raznih GNSS satelitskih sustava.

Regionalni navigacijski sustavi su:

- Beigou - kineski satelitski navigacijski sustav,
- DORIS - Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite  
Francuski satelitski sustav
- IRNSS - Indian Regional Navigation Satellite System  
Indijski regionalni navigacijski sustav
- QZSS - Quasi-Zenith Satellite System  
Japanski regionalni sustav

Svjetski pozicijski satelitski sustav

*GPS satelitski radionavigacijski sustav, logo prikazan na slici 9., za određivanje položaja na Zemlji ili u njezinoj blizini. Sustav omogućuje korisniku određivanje sve tri koordinate njegova trenutačnog položaja u jedinstvenom svjetskom (globalnom) koordinatnom sustavu. [9]*



**Slika 9.** Logo sustava Navstar GPS  
Izvor: [9]

NAVSTAR GPS (*NAVigation System With Time And Ranging Global Positioning System*) je satelitski radio navigacijski sustav koji globalno opskrbljuje milijune korisnika, koji su opremljeni prijemnicima za obradu podataka odaslanih sa satelita. Razvijen je iz ujedinenih projekata TIMTION (projekt Američke mornarice), i PROGRAM 612B (projekt zrakoplovstva, pod kontrolim ministarstva obrane). Sustav je 1993. postao potpuno primjenjiv i raspoloživ na svjetskoj razini. Na slici 10. je prikazan satelit NAVSTAR GPS-a u orbiti Zemlje. GPS se globalno koristi i u pomorskoj primjeni, te je na slici 11. prikazan radioprijemnik koji se koristi u pomorstvu.



**Slika 10.** Satelit u putanji Zemlje  
Izvor: [9]

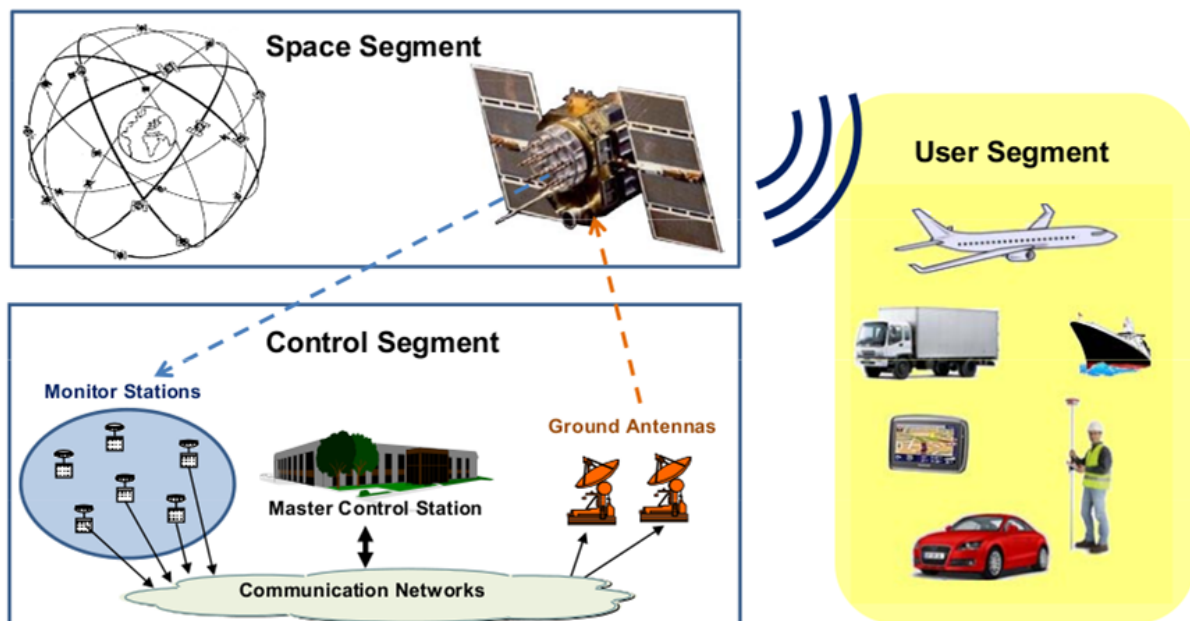


**Slika 11.** Pokretni GPS radioprijamnik u pomorskoj primjeni  
Izvor: [9]

GPS sustav sastoji se od tri temeljna segmenta:

- svemirski,
- kontrolni i
- korisnički.

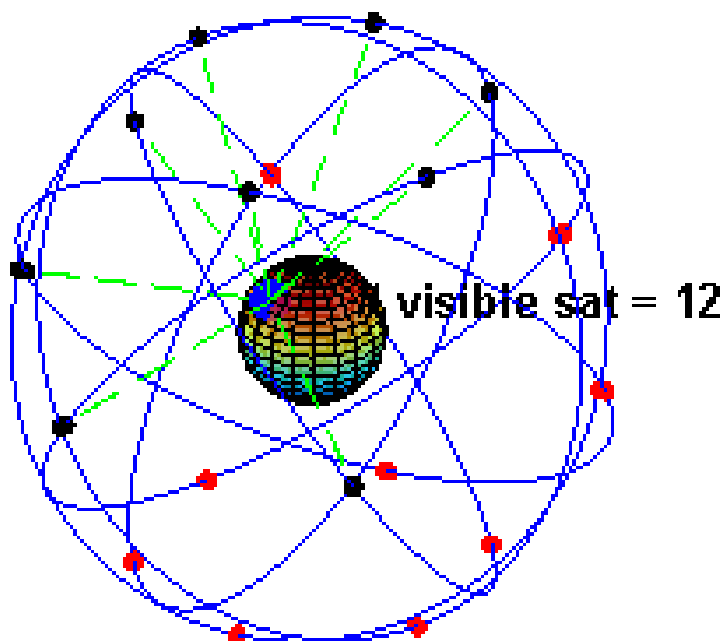
Na slici 12. vidimo vezu između sva tri segmenta GPS-a.



**Slika 12.** Podjela GPS sustava na segmente  
Izvor: [9]

Svemirski segment organiziran je kao konfiguracija od 24 NAVSTAR satelita (21 aktivan i 3 pričuvna), i kruže na visini od oko 20190 km, s periodom obilaska oko Zemlje od 12 sati. Sateliti su raspoređeni u 6 putanja čije su ravnine međusobno pomaknute pod kutom od  $60^\circ$  i nagnute prema ekvatoru pod kutom od  $35^\circ$ . Na slici 13. vidimo položaj GPS satelita u svemiru u odnosu na zemlju. Glavni dijelovi GPS satelita su:

- sustav za kontrolu položaja satelita,
- sustav za opskrbu satelita električnom energijom,
- telemetrijski sustav i
- sustav za praćenje i vođenje.



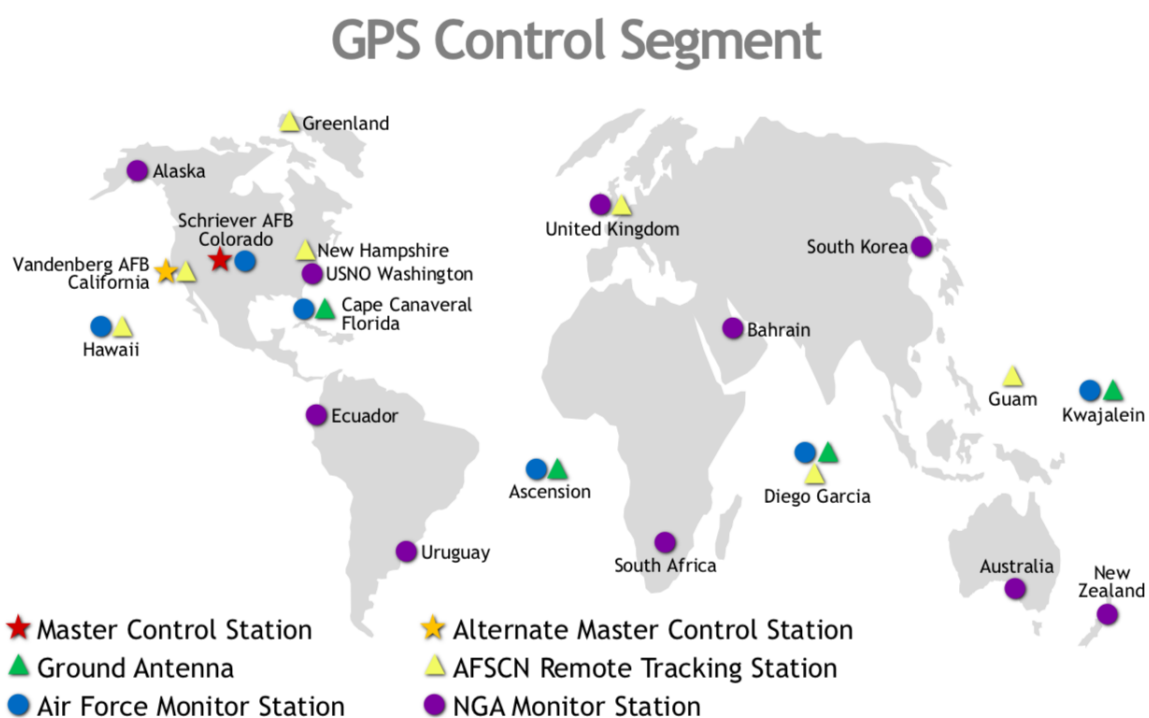
**Slika 13.** Prikaz položaja satelita u odnosu na Zemlju  
Izvor: [8,9]

Kontrolni segment ima *svrhu praćenja GPS satelite*. Kontrolni segment ih *opskrbljuje trenutnim podacima ispravljajući njihove efemeride (parametri koji definiraju orbite nebeskog tijela ili umjetnih satelita) i clock-bias greške (nastaju zbog razlika pokazivanja vremena atomskog sata na satelitu i univerzalnog vremena cijelog sustava)* [5]. Globalno raspoređene monitorne stanice primaju signale svakog navstar satelita posebno, izvrše mjerenja pseudoudaljenosti i šalju te podatke glavnoj kontrolnoj stanici. Tamo se ti podaci kompjutorski obrađuju da bi se utvrdili korekcijski faktori satelitskih satova, i njihovi trenutni orbitalni elementi. Ti se parametri zatim

odašilju svakom satelitu barem jednom dnevno s četiri zemaljske antene. Postoji pet kontrolnih stanica, a glavna je locirana u zračnoj bazi Falco, u Colorado Springsu, Colorado [5]. Do 2007. se koristila zemljana stanica koja je prikazana na slici 14. Na slici 15. su prikazane kontrolne stanice širom zemlje.



**Slika 14.** Zemljani monitor, stanica koja se koristila od 1984 do 2007, u muzeju  
Izvor: [9]



**Slika 15.** Raspodjela kontrolnog segmenta GPS sustava  
Izvor: [9]

Korisnički segment sastoji se od stotina tisuća američkih i savezničkih vojnih korisnika sigurne usluge preciznog pozicioniranja GPS-a i desetke milijuna civilnih, komercijalnih i znanstvenih korisnika usluge standardnog pozicioniranja. Prijamnik se često opisuje po broju njegovih kanala: to znači koliko satelita prijamnik može

simultano nadzirati. U početku je broj kanala bio ograničen na četiri ili pet, no tijekom godina on se progresivno povećavao tako da su 2007. godine prijamnici tipično imali između 12 i 20 kanala. *Svrha korisničkog segmenta je da prihvati i proslijedi podatke o mjerenju i poziciji dobivenih od četiri ili više satelita (simultano ili postupno), da bi zatim na osnovu njih mogli obaviti mjerenja potrebnih za dobivanje točnih podataka o svojoj poziciji, brzini i vremenu* [5].

Na slikama 16. i 17. vidimo GPS prijamnike u raznim oblicima.

NAVSTAR prijemnik može se podijeliti u tri komponente:

- antena sa pripadajućom elektronikom koja prima odaslani navigacijski signal,
- mikroprocesor koji signale dobivenih sa satelita preko prijemne antene pretvara u navigacijsku poruku i
- pokazatelj (*Display*) ili jedinica koja omogućuje praktično prikazivanje informacija i predstavlja prikladano međupovezivanje između korisnika i NAVSTAR sustava.

Svi sateliti emitiraju signale sa iste dvije frekvencije u L frekvencijskom pojasu koje sa stajališta promatrača iznose:

- L1= 1575,42 MHz i
- L2= 1227,60 MHz.

Sadržaj navigacijske poruke i način na koji je moduliran prijenosni signal omogućuje prijamniku razlikovanje emisije svakog pojedinog satelita i obavljanje mjerenja za izračunavanje vlastite pozicije. Tako da su signal modulirane frekvencije L modulirana dva pseudo slučajna koda:

- C/A kod - namijenjen je javnoj primjeni, s manjom razinom točnosti i
- P kod – namijenjen je za vojnu upotrebu i ima veću razinu točnosti.



**Slika 16.** GPS prijamnici dolaze u raznim oblicima od uređaja integriranih u automobile, telefone i satove do posebnih uređaja poput ovih prikazanih ovdje čiji su proizvođači Trimble, Garmin i Leica  
Izvor: [9]



**Slika 17.** GPS prijamnik integriran u mobilnom telefonu  
Izvor: [9]

## Globalni navigacijski satelitski sustav

*Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema (globalni navigacijski satelitski sustav), logo prikazan na slici 18.* je svemirski satelitski navigacijski sustav koji djeluje kao dio radionavigacijske satelitske službe. On pruža alternativu GPS-u i drugi je navigacijski sustav koji radi s globalnom pokrivenošću i usporedive preciznosti. Program je započet još '80-ih, u sovjetsko doba, ali zbog izrazito lošeg gospodarskog stanja te na koncu raspada SSSR-a, program je zastao s razvojem. Radi se o sustavu geostacionarnih satelita koji vrteći se oko matičnog planeta metodom trigonometrije definiraju ciljeve na površini Zemlje te prijamniku šalju podatke o njegovoj poziciji.



**Slika 18.** Logo GLONASS-a  
Izvor: [10]

*GLONASS omogućuje određivanje položaja i brzine u realnom vremenu za vojne i civilne korisnike. Sateliti su smješteni u srednjoj kružnoj orbiti na 19.100 km, visina s nagibom od  $64.8^\circ$  i razdobljem od 11 sati i 15 minuta. GLONASS-ova orbita čini je posebno pogodnom za upotrebu u visokim geografskim širinama (sjever ili jug), gdje dobivanje GPS signala može biti problematično. Konstelacija djeluje u tri orbitalne ravnine, s osam ravnomjerno raspoređenih satelita na svakoj. Potpuno operativna konstelacija sa globalnom pokrivenošću sastoji se od 24 satelita, dok je 18 satelita neophodno za pokrivanje teritorija Rusije, na slici 20. su prikazane kontrolne stanice GLONASSA, a na slici 19. je prikazan jedan od modela GLONASS satelita. Da biste dobili položaj, prijemnik mora biti u rasponu od najmanje četiri satelita [10].*



**Slika 19.** Model GLONASS-K satelita  
Izvor: [10]

GLONASS sateliti prenose dvije vrste signala:

- signal otvorene standardne preciznosti L1OF / L2OF i
- zamagljeni signal visoke preciznosti L1SF / L2SF.

Kod maksimalne učinkovitosti, standardna preciznost signala nudi horizontalnu točnost pozicioniranja unutar 5-10 metara, vertikalno pozicioniranje unutar 15 metara, vektor brzine koji se mjeri unutar 10 centimetara u sekundi (3,9 in / s), i vrijeme unutar 200 ns, sve na temelju mjerenja od četiri satelita prve generacije istovremeno; noviji sateliti poput GLONASS-M poboljšavaju točnost [10]. Na slikama 21. i 22. su prikazani kombinirani GLONASS/GPS prijemnici,



**Slika 20.** Prikaz kontrolnih stanica GLONASS-a  
Izvor: [10]



**Slika 21.** Vojni ruski kombinirani GPS/GLONASS prijemnik  
Izvor: [10]



**Slika 22.** Kombinirani GLONASS/GPS  
Izvor: [10]

### Europski satelitski sustav

Galileo, logo je na slici 23. je globalni satelitski navigacijski sustav (GNSS) kojeg je stvorila Europska unija (EU) putem Europske agencije sa sjedištem u Pragu u Češkoj Republici, s dva zemaljska operativna centra, Oberpfaffenhofen u blizini Münchena u Njemačkoj i Fucino u Italiji. Projekt vrijedan 10 milijardi eura nazvan je po talijanskom astronomu Galileu Galileiju. Jedan od ciljeva Galilea je osigurati neovisni visoko precizni sustav pozicioniranja kako se europske zemlje ne bi morale oslanjati na američki GPS, ili ruski GLONASS sustav, koji bi mogli biti onemogućeni ili degradirani od strane njihovih operatera u bilo kojem trenutku. Korištenje osnovnih (manje preciznih) usluga Galilea je besplatno i otvoreno za sve. Mogućnost veće preciznosti dostupna je za plaćanje komercijalnih korisnika. Galileo je namijenjen za mjerenje horizontalne i vertikalne pozicije u preciznosti od 1 metra i bolje pozicioniranje na višim geografskim širinama od ostalih sustava za pozicioniranje. Galileo će također pružiti novu globalnu funkciju traženja i spašavanja (SAR) kao dio sustava MEOSAR.



**Slika 23.** Logo Galilea  
Izvor: [11]

*Prvi testni satelit Galileo, GIOVE-A, lansiran je 28. prosinca 2005. godine, a prvi satelit koji je dio operativnog sustava lansiran je 21. listopada 2011, na slici 24. je prikazano lansiranje Soyuz rakete 2011. godine. Od srpnja 2018., 26 od planiranih 30 aktivnih satelita je u orbiti. Galileo je 15. prosinca 2016. počeo nuditi ranu operativnu sposobnost (EOC), pružajući početne usluge sa slabim signalom, te se očekuje da će ostvariti punu operativnu sposobnost (FOC) u 2019. Cjelokupni sustav Galileo 30 satelita (24 operativna i 6 aktivnih rezervnih dijelova) očekuje se do 2020. Očekuje se da će sljedeća generacija satelita početi s radom do 2025. kako bi zamijenila stariju opremu. Stariji sustavi se tada mogu koristiti za mogućnosti sigurnosnog kopiranja.*

[11]



**Slika 24.** Lansiranje Soyuz rakete 2011.  
Izvor: [11]

## BeiDou

BeiDou je kineski satelitski navigacijski sustav, logo prikazan na slici 25. Sastoji se od dvije odvojene konstelacije satelita. Prvi BeiDou sustav, zvanično nazvan BeiDou satelitski navigacijski sustav i poznat kao BeiDou-1, sastoji se od tri satelita koji od 2000. godine nude ograničenu pokrivenost i navigacijske usluge, uglavnom za korisnike u Kini i susjednim regijama. BeiDou-1 je stavljen izvan pogona krajem 2012. godine. *Druga generacija sustava, zvanično nazvana BeiDou navigacijski satelitski sustav (BDS) i poznata i kao COMPASS ili BeiDou-2, počela je s radom u Kini u prosincu 2011. s djelomičnom konstelacijom od 10 satelita u orbiti. Od prosinca 2012. nudi usluge klijentima u azijsko-pacifičkoj regiji.* [11]



**Slika 25.** Logo BeiDou-a Izvor: [16]

**Tablica 1.** Usporedba karakteristika raznih satelitskih sustava

Izvor: [12]

## GNSS System Comparison

|                                   | GPS (US)       | GALILEO (Europe)                                           | GLONASS (Russia)                                                                         | COMPASS (China)                                                       |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| First launch                      | 1978           | 2011                                                       | 1982                                                                                     | 2007                                                                  |
| Full Operational Capability (FOC) | 1995           | 2018                                                       | 2011                                                                                     | 2020                                                                  |
| Number of satellites              | 32             | 30                                                         | 31                                                                                       | 35                                                                    |
| Orbital planes                    | 6              | 3                                                          | 3                                                                                        | 3                                                                     |
| Access Scheme                     | CDMA           | CDMA                                                       | FDMA/CDMA                                                                                | CDMA                                                                  |
| Current Status                    | 32 operational | 4 IOV satellites,<br>22 operational<br>satellites budgeted | 24 operational,<br>1 in preparation,<br>2 on maintenance,<br>3 reserved and<br>1 on test | 14 operational satellites,<br>full coverage on Asia<br>pacific region |

### 1.4. REGIONALNI SATELITSKI SUSTAVI

- BeiDou - Kinesko pacifička regija, razvio se u globalni BeiDou-2 (Compass),
- NAVIC - NAVigation with Indian Constellation Indijski regionalni satelitski sustav
- QZSC - The Quasi-Zenith Satellite System Japanski satelitski sustav.
- DORIS - Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite Francuski precizni navigacijski sustav

## 2.TOČNOST SATELITSKIH SUSTAVA

Točnost određivanja pozicije je razlika između određene pozicije i stvarne pozicije nekog objekta.

### 2.1. VRSTE TOČNOSTI

Točnost se može promatrati kao:

- apsolutna točnost,
- relativna točnost i
- ponavljajuća točnost.

*Pod apsolutnim pozicioniranjem se podrazumijeva određivanje koordinata pojedine točke koristeći jedan prijamnik koji mjeri pseudo udaljenosti do satelita. Metoda apsolutnog pozicioniranja kojom se postižu veće točnosti je diferencijalni GPS. Apsolutna točnost jako ovisi o točnosti kojom je referentni prijamnik odredio lokaciju tijekom instalacije diferencijalnog GPS-a. [13] Apsolutnu točnost je nemoguće postići.*

*Relativno pozicioniranje se može realizirati korištenjem najmanje dva prijemnika, koji opažaju iste satelite simultano, pri tome se kombiniranjem mjerenja dva prijemnika mjeri prostorni vektor između dva prijemnika. Koordinate nepoznate točke određuju se relativno u odnosu na poznatu – referentnu točku na kojoj, se nalazi drugi prijamnik. [13] Relativna točnost je često zahtijevana u aplikacijama koje uključuju GPS i u ovom slučaju referentna lokacija ne treba biti potpuno točna u nekom koordinatnom sustavu.*

Ponavljajuća točnost je ona točnost kod koje se koordinate poklapaju nakon više mjerenja, ili su unutar dozvoljenog odstupanja. Ukoliko sa GPS-om na istoj lokaciji određujemo poziciju, i GPS pokaže drugačije rezultate znači da postoji greška GPS-a.

## 2.2. TOČNOST NAVSTAR GPS SUSTAVA

Konačna točnost koju nam omogućuje GPS sustav prilikom pozicioniranja naše trenutne lokacije određena je zbrojem svih pogrešaka kojima je taj sustav podložen. Doprinosi svakog pojedinog izvora pogreške može varirati ovisno o atmosferskim uvjetima i uvjetima raspoložive opreme koju imamo na raspolaganju za korištenje. *GPS točnost se može dodatno degradirati ukoliko DoD upotrijebi operacijski modalitet S/A koji je razvijen da bi neprijateljskoj vojnoj sili moglo uskratiti prednost GPS pozicioniranja. Kada se upotrijebi S/A modalitet on predstavlja najveću komponentu ukupne pogreške u GPS pozicioniranju.* [5]

Postoji nekoliko izvora pogrešaka:

- pogreška uslijed nepreciznosti atomskih satelitskih satova, atomski satovi detektiraju smetnje, i ako su neprecizni tada ne mogu otkloniti smetnje i GPS daje pogrešnu poziciju
- efemeričke pogreške,
- prijamnikova pogreška  
pogreške prijamnika se mogu dogoditi zbog pogreške putanje satelita, te zbog kašnjenja signala odaslanog sa satelita
- atmosferske i ionosferske pogreške  
ovise o vrsti signala one se ispravljaju tako da se dva signala svode na aritmetičku sredinu
- pogreška refleksije  
nastaju zbog prolaska signalakroz različite slojeve atmosfere
- namjerna S/A pogreška,  
S/A modulator se koristi u vojnoj primjeni, pa zbog toga namjerno odašilju pogrešan signal

## 2.3. TOČNOST PRIJEMNIKA

GPS prijemnici nisu idealni, oni unose vlastite greške koje proizlaze iz unutarnjeg sata ili šuma.

Pogreška kojom se određuje pozicija tijekom pozicioniranja ima statistički karakter; tako deklarirana točnost sustava (pokativanje na displayu samog prijemnika) ima smisao radijalnog iznosa (polumjer kugle) u kojeg ulazi 95% mjernih podataka, što je *za GPS u širokoj primjeni već spomenutih 100 metara.*

*Točnost pozicije često se iskazuje i radijalnim iznosom što bi odgovaralo polumjeru kružnice koji obuhvaća 50% mjernih podataka uz statistički velik broj mjerenja (CEP-CERULAR ERROR PROBABILITY). Bolju točnost prilikom pozicioniranja moguće je postići diferencijskom metodom DGPS u realnom vremenu ili sa naknadnom obradom podataka. [14]*

Većina DGPS tehnika rabi GPS prijamnik na poznatom geodetskom mjestu (trigonometar) čija je pozicija poznata. Prijemnik sakuplja podatke o postojanoj točki i izračunava čvrstu postojanu točku koja se zatim uspoređuje s poznatim koordinatama. Razlika između poznate postojane točke i otkrivene postojane točke na poznatom mjestu je pogreška pozicioniranja.

Budući da drugi GPS prijamnici u istom području vjerojatno rade u istim uvjetima moguće je pretpostaviti da je čvrsta postojana točka otkrivena od nekog prijemnika u tom području.

## **2.4. DIFERENCIJALNI GPS**

*Ovaj sustav čine dva ili više GPS prijemnika od kojih je jedan obavezno postavljen na točki čij položaj pomoću tog sustava treba odrediti[5]. U takvom sustavu kad se rabi stacionarno, uz dovoljno raspoloživog vremena, redovito se bavi izračunavanje položaja nakon određenog broja mjerenja pomoću računala (računalo može biti ugrađeno u računalo, ili može biti zaseban uređaj). Da bi se položaj mogao odrediti u zadovoljavajućoj točnosti oba prijemnika moraju mjerne podatke prikupljati istodobno, i moraju ostaviti vezu sa istim satelitima i to što većim brojem njih.*

Većina DGPS tehnika rabi GPS prijamnik na poznatom geodetskom mjestu (trigonometar) čija je pozicija poznata. Prijemnik sakuplja podatke o postojanoj točki i izračunava čvrstu postojanu točku koja se zatim uspoređuje s poznatim koordinatama. *Navedena je i naglašena smanjena točnost očitavanja položaja pomoću prijemnika koji su dobavljeni na otvorenom tržištu. Također navedeno je da je u nekim uvjetima točnost očitavanja moguće povećati i naveden je temeljni način s kojim se postiže a to je*

*diferencijalna navigacija. Prema zahtjevnim točnostima očitavanja sustavi koji se grade pomoću GPS prijemnika mogu se podijeliti na sustave koji mjere u geodetskoj točnosti i sustave koji mjere u navigacijskoj točnosti. U svojim ponudama proizvođači prijemnih sustava (Magelan) navode kao sustave geodetske točnosti one koje ostvaruju točnost od 1 m sferno, a sustave s točnosti većom od 1 m sferno stavljaju u skupinu navigacijske ili GPS točnosti. [5]*

### 3. HIDROGRAFIJA

*Hidrografija je znanost o prirodnim obilježjima voda i rubnog kopna uz njih. U općenitom smislu "hidrografija" se odnosi na mjerenje i opis bilo kojih voda. Tako shvaćana hidrografija se dijeli na oceanografiju i limnologiju. U stručnom smislu se termin primjenjuje samo na mjerenje i opise voda sigurnih za plovidbu. Uspješna politika nacionalne hidrografije neće zadovoljiti samo potrebe pomoraca, nego će osigurati i dodatne, često i veće koristi morskom okolišu.. Stručni naziv je sada uobičajeniji u primjeni, jer su dijelovi hidrografije postali glavna područja znanosti. [14]*

Međunarodna hidrografska organizacija (IHO – International Hydrographic Organization) okuplja nacionalne hidrografske institucije iz 73 države. Jedna od zadaća je ujednačavati nacionalne standarde. U tu svrhu izdaje cijeli niz publikacija – preporuka po kojoj se u svom radu ravnaju nacionalne hidrografije. U većini zemalja hidrografske službe obavljaju specijalizirani hidrografski uredi. Pri tome je međunarodna koordinacija hidrografskih potpora smještena u djelatnost međunarodne hidrografske organizacije. U Republici Hrvatskoj je za izradu službenih karata Jadranskog mora zadužen Hrvatski hidrografski institut [14].

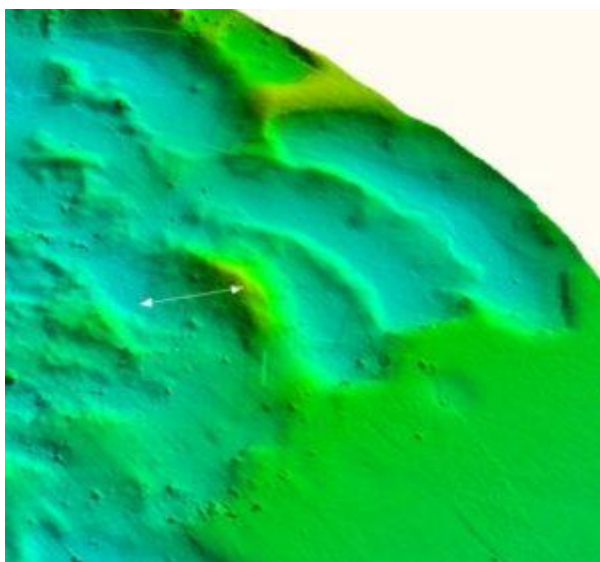
#### 3.1. HIDROGRAFSKA IZMJERA

*Hidrografska mjerenja uključuju informacije fizičke oceanografije, tj. plimu i oseku, morske struje i valove. Oni uključuju i mjerenje dna, ali s posebnom važnošću na morska geološka obilježja kao što su stijene, plićine, grebeni itd. koji predstavljaju rizik za plovidbu te sprječavaju prolazak brodova. Za razliku od oceanografije, hidrografija uključuje obilježja obale, prirodna i ljudska, koja pomažu u plovidbi. Hidrografsko istraživanje stoga uključuje pouzdane položaje i prikaze brda, planina, svjetala i tornjeva koji pomažu u određivanju položaja broda jednako kao i izgled mora te morskog dna. [14]*

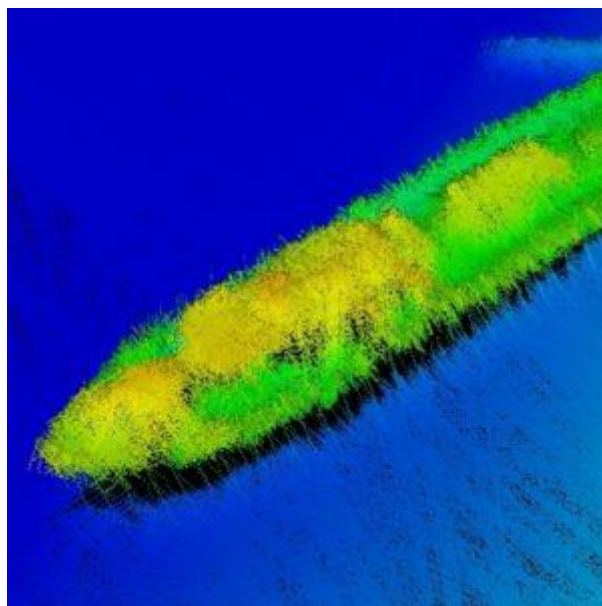
Hidrografska batimetrijska izmjera podmorja neizostavni je dio u procesu planiranja, projektiranja i izvođenja građevinskih radova na pomorskim građevinama kao što su novi lukobrani, obalni zidovi (rive), luke nautičkog turizma i svi tipovi podmorskih instalacija (cjevovodi podmorskih ispusta kanalizacije, naftovodi,

plinovodi, vodovodi, električni i optički kabeli i sl.). Kod izgradnje novih luka, pristaništa ili operativnih obala obavljali smo kontrolna mjerenja stanja morskog dna tijekom i nakon obavljenih iskopa s preciznim računanjima volumena iskopanog materijala zahvaljujući gustoći i pouzdanosti mjerenih podataka.

Hidrografski snimci neophodni su koncesionarima na pomorskom dobru zbog zakonske obveze izrade periodičnih izvješća o stanju dubina na akvatoriju koji je u koncesiji. To se prvenstveno odnosi na komercijalne marine, športske lučice, brodogradilišta, koncesije za marikulturu, na slikama 26. i 27. su prikazani model terena (26) i snimka olupine (27.) . Na ovom području izradili smo veliki broj elaborata u kojima smo detaljno i precizno prikazali morsko dno sa svim detaljima kao što su sidreni blokovi, podmorske instalacije, potonuli objekti i sl.

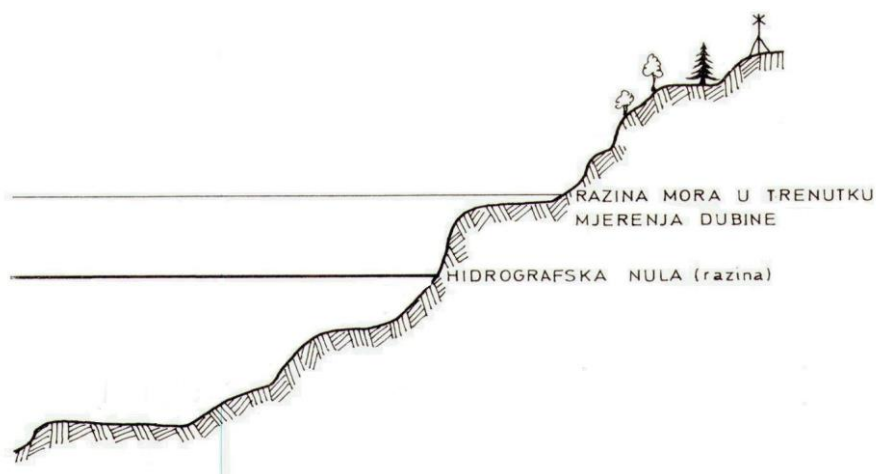


**Slika 26.** 3D model terena  
Izvor: [17]



**Slika 27.** Snimka olupine kod otoka Lastova  
Izvor:[17]

U hidrografiji se mjere za sigurnost plovidbe izuzetno značajni podaci o dubinama. *Dubina je promjenjiva veličina i ovisi o razini mora koja je ovisna o djelovanju mjeseca i sunca, poznatija pod imenom „plima i oseka“. Obzirom na promjenjivost visine morske razine potrebno je definirati razinu na koju će se reducirati sve mjerene dubine. Ta se razina zove hidrografska razina ili hidrografska nula i definirana je kao srednjak nižih niskih voda živih morskih mijena . Razlog za definiranjem ovakve hidrografske nule je proizašao iz sigurnosnih razloga za navigaciju: dubine prikazane na pomorskoj navigacijskoj karti su uvijek najmanje moguće i korisnik karte ne mora voditi računa o trenutnoj razini mora, hidrografska nula je prikazana na slici 28. [14]*



**Slika 28.**Razina mora i hidrografska nula

Mjerenje trenutne dubine mora je indirektno mjerenje. Za određivanje najvjerojatnije vrijednosti dubine mora potrebno je u rezultat izmjerene trenutne dubine mora unijeti popravke za nekoliko faktora. Na točnost određivanja najvjerojatnije vrijednosti dubina utječu tri grupe faktora:

- faktori koji su u vezi sa dubinomjerom kao instrumentom za mjerenje dubina,
- faktori koji su u vezi s masom morske vode kao medijem kroz koji se prostire ultrazvuk tijekom mjerenja dubina i
- faktori koji su u vezi s visinom razine mora, tj. s morskim dobima.

Prije mjerenja potrebno je dubinomjer kalibrirati, tj. provjeriti ispravnost uređaja. Kalibracija se izvodi unošenjem parametara za prostiranje brzine zvuka kroz morsku vodu (mjeri se brzina zvuka kroz morsku vodu ili slanost i temperatura) i testnim mjerenjima. Ovako izmjerenu dubinu treba popraviti i za veličinu uronjenosti sonde dubinomjera (primopredajnika) u more. Pogreška dubinomjera pri kalibriranju i pogreška uronjenosti sonde dubinomjera imaju karakter sistematske pogreške i moraju se svesti na najmanju moguću mjeru.

Brzina širenja ultrazvuka kroz morsku vodu ima najveći utjecaj na točnost mjerenja dubine, i ovisna je o svojstvima medija, posebno temperaturi i slanosti. Ovi parametri, temperatura i slanost mogu se današnjim suvremenim instrumentima odrediti vrlo precizno:

- temperatura sa  $\pm 0,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- slanost  $\pm 0,01 \text{ }_{\text{‰}}$

Zvuk se kreće od površine do dna i obrnuto, pa je potrebno izračunati srednju temperaturu i slanost. Srednju temperaturu može se odrediti s točnošću od  $\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , a slanost  $\pm 0,2 \text{ }_{\text{‰}}$ . Sumarni utjecaj na brzinu širenja zvuka zbog greške u određivanju srednje vrijednosti temperature i slanosti iznosi  $\pm 2 \text{ m/sec}$ .

Morske mijene utječu na određivanje dubine. Visina razine mora mijenja se u vremenu i prema mjestu, što otežava određivanje redukcija između trenutačno

izmjerene dubine i razine hidrografske nule. Smatra se da se obzirom na registraciju mareografa, točnost određivanja hidrografske nule na mareografu, može postići točnost u određivanju ove popravke od  $\pm 0,1$  m. Za ispravnu korekciju potrebno je znati kada je dubina izmjerena. Za ovu korekciju služi publikacija Tablice morskih mijena Jadransko more (istočna obala) koje izdaje za svaku predstojeću godinu Hrvatski hidrografski institut. Dakle točnost mjerenja visine morske razine u punom iznosu utječe na konačnu vrijednost izmjerene dubine mora. Visina morske razine mijenja se i u ovisnosti o atmosferskom tlaku. Akvatorij mjerenja može biti pod utjecajem drugačijeg tlaka atmosfere od onog kod mareografa, pa se i tu se mogu očekivati greške. Stoga je preporučljivo u području mjerenja postaviti hidrografsku letvu (pokretni mareograf) i periodički očitavati razinu mora i vrijeme očitavanja. Može se zaključiti da je određivanje dubine mora vrlo kompleksno i ovisi o mnogim faktorima od kojih su navedeni najvažniji. Prema iskustvu i istraživanjima na točnost mjerenja dubine utječu i razni drugi manje izraženi faktori: vegetacija na dnu mora, zoo faktori, i sl., što u sumarno iznosi i do  $\pm 0,2$  m. Na točnost prikazanih dubina utjecaj konstruiranja i sastavljanja sadržaja pomorskih navigacijskih katara također ima utjecaj. Mjerenje na terenu registrira se na računalo, tj. registrira se dubina i položaj dubine. Položaj se registrira kao koordinata, dakle nema mjerila, pa možemo kazati da je mjerilo snimanja 1:1. Nakon hidrografske obrade podatke preuzimaju kartografi koji konstruiraju pomorsku navigacijsku kartu. Bilo koja dubina da se odabere u procesu kartografske generalizacije, ona će uvijek ostati na položaju koji je određen na terenu. U tom procesu prijenosa podataka i konstruiranju pomorske navigacijske karte evidentno je da nema mogućnosti za pogrešku. Pomorske navigacijske karte, kao i sve karte, konstruiraju se i tiskaju u nekom mjerilu. Najkrupnije mjerilo je kod pomorskih planova i iznosi od 1:3.000 na maje, a sitnija mjerila dosežu i do 1:4.000.000 i sitnije. Ako je i postojala pogreška prijenosa od hidrografskog originala na plan ili kartu, ta se pogreška smanjila i nije relevantna [4]. U provedbi hidrografskih mjerenje koriste se odgovarajuće opremljena hidrografska plovila.

### **3.2. REAMBULACIJA**

*Reambulacijom se provjerava usuglašenost stvarnoga stanja sa stanjem koje se prikazuje na pomorskim kartama i u navigacijskim publikacijama. Stanje koje se*

prikazuje, temelji se na rezultatima hidrografske izmjere (uključujući i proces održavanja). Stoga je opravdan prijedlog za razvrstavanje reambulacije (sukladno razvrstavanju hidrografske izmjere, Tab. 1) na reambulaciju: za posebne namjene, te reambulaciju prve, druge i treće kategorije, koje su prikazane u tablici 2. Postupak reambulacije za posebne namjene odnosi se na područja, koja u pogledu dubine predstavljaju potencijalnu opasnost za plovidbu (luke, sidrišta i kanali). Prva kategorija reambulacije odnosi se na luke, prilazne kanale, plovidbene rute koje se preporučaju, kopnene kanale i obalne površine s gustim pomorskim prometom, gdje dubine nisu opasne za pomorsku plovidbu, a manje su od 100m. Druga kategorija reambulacije odnosi se na vodene površine s dubinama manjima od 200m, koje ne obuhvaća posebna reambulacija i prva kategorija u područjima u kojima je općeniti opis batimetrijskih podataka dostatan za sigurnu plovidbu. [3] Treća kategorija odnosi se na sve druge površine, koje ne obuhvaća reambulacija za posebne namjene, prva i druga kategorija, a obuhvaća dubine veće od 200m.

**Tablica 2.** Kategorije reambulacije [3]

| KATEGORIJA       | POSEBNA                                                             | PRVA                                                                                         | DRUGA                                                                          | TREĆA                                                                               |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipična područja | Luke, sidrišta, kritični kanali s minimalnom dubinom ispod Kobilice | luke, prilazni kanali, preporučene plovidbene rute i neka obalna područja s dubinama do 100m | Područja neobuhvaćena Posebnom Izmjerom i prvom kategorijom s dubinama do 200m | Područja otvorenog mora, neobuhvaćena posebnom izmjerom, prvom i drugom kategorijom |

Radi razlikovanja mjerenja u reambulaciji i u hidrografskoj izmjeri, valja koristiti odrednicu kontrolna mjerenja. Za sve kategorije reambulacije valja primijeniti jednake standarde točnosti kontrolnih mjerenja. Određuju se prema važećim standardima izmjere. Točnost kontrolnih mjerenja pozicija mora biti jednaka zahtjevima horizontalne točnosti posebne kategorije hidrografske izmjere. Točnost kontrolnih mjerenja dubina mora biti jednaka zahtjevima točnosti mjerenja reduciranih dubina s 95% pouzdanosti posebne kategorije hidrografske izmjere. U uskom priobalnom pojasu, hidrografija se nadopunjuje s topografskim podacima. Prikupljaju ih i njima raspolažu geodetske uprave i srodne službe. Stoga se ne nalaze zahtjevi za točnošću mjerenja visina u standardima izmjere. Točnost kontrolnih mjerenja visina u svezi podataka za održavanje, mora biti jednaka najvišem stupnju točnosti trenutačno raspoloživih tehnologija prijenosnih uređaja za mjerenje visina. Točnost kontrolnih mjerenja

udaljenosti između pozicija, za svaku poziciju mora biti jednaka zahtjevima horizontalne točnosti posebne kategorije hidrografske izmjere.

Odnos reambulacije i hidrografske izmjere

*Hidrografska izmjera provodi se prema važećim standardima (IHO, 1998.). Dobiveni rezultati (hidrografski podaci), unose se u nova izdanja pomorskih karata i navigacijskih publikacija. Također služe i za ispravljanje postojećih izdanja. Temeljem rezultata kontrolnih reambulacijskih mjerenja ne može se izdati novo izdanje pomorske karte i navigacijske publikacije (IHO, 1994.). Rezultati kontrolnih reambulacijskih mjerenja služe isključivo za prikupljanje podataka za održavanje 126 Hrvatski geografski glasnik 67/2 (2005.) pomorskih karata i navigacijskih publikacija i druge potrebe hidrografskih služba. Druge potrebe odnose se na djelatnosti koje se izravno ne povezuju s izdavanjem pomorskih karata i navigacijskih publikacija (npr. specifični zahtjevi vojnih vlasti i tržišta). Kontrolna mjerenja izvodi reambulator postupkom reambulacije. Reambulacija ne može zamijeniti hidrografsku izmjeru. U prvom redu odnosi se na provjeru točnosti i usuglašenosti podataka za održavanje pomorskih karata i navigacijskih publikacija, nakon obavljene hidrografske izmjere i drugih postupaka hidrografskih služba, kada je utjecaj nastalih promjena toliki da ju valja provesti. Rezultat reambulacije nije uvijek ispravljanje ili potvrda točnosti podataka, već može rezultirati i uočavanjem potrebe za novom hidrografskom izmjerom. Odnos hidrografske izmjere i reambulacije prikazuje se na slici 1. Teoretski se poljem točnosti u hidrografiji može smatrati površina ( $P_{pth}$ ). Jednaka je sumi konačnog broja pojedinačnih površina. [3]*

### **3.4.ODOBALNO INŽENJERSTVO**

*Odobalno inženjerstvo je inženjerska disciplina koja se bavi projektiranjem i izgradnjom objekata namijenjenih za rad u stacionarnom položaju u oceanu. Većina odobalnih struktura koristi se u industriji nafte i plina.[15]*

*Ti objekti mogu biti nepremjestivi (nepomični), postavljeni na jednom mjestu niz godina (20 do 30, katkada i 50), najčešće radi proizvodnje i skladištenja nafte i plina, te premjestivi (pomični) namijenjeni seizmičkim istraživanjima, izradbi ispitnih i proizvodnih bušotina kao i njihovoj reparaciji, manipulaciji teškim teretima i sl.*

*Ugljikovodici (nafta i plin) se iz podmorja dobivaju s pomoću platformi namijenjenih za pučinsko (engl. offshore) bušenje dna ispod vodenih površina. Prema načinu postavljanja i zadržavanja na radnome položaju razlikuju se poduprta platforma (samopodizna i uronjiva) i plutajuća platforma (barža, poluuronjiva platforma i brod za bušenje). Karakteristični tipovi proizvodnih platformi su nepomična (fiksna) čelična, nepomična gravitacijska, plutajuća sa zategnutim kracima te platforma fleksibilno pričvršćena za morsko dno. Osim platformi, druge skupine morske tehnike čine pomorske instalacije (protočni cjevovodi, razdjelnici, podmorski manipulatori, kontrolni sustavi), skladišta i prekrcajni uređaji (podmorska skladišta, plutače, uređaji za podmorsko bušenje, transportni cjevovodi, transportni brodovi), plovila namijenjena podršci (barže za polaganje cjevovoda, brodovi za podršku ronilačkim radovima, brodovi opskrbljivači, servisni brodovi opće namjene). [19]*

Prigodom osnivanja pomorskih objekata kao kriterij uzimaju se uvjeti okoliša i ocjena vjerojatnosti pojave ekstremnih slučajeva (vjetar, valovi, morske struje, snijeg i led, plima, oseka i dr.) te pravilan izbor materijala konstrukcije s obzirom na njenu funkciju, predviđeni vijek trajanja, ekonomičnost i sigurnost.

Primjena pučinskog inženjerstva u Hrvatskoj

Plinska polja sjevernoga Jadrana

*Hrvatska industrija počela je 1970-ih istraživati podmorje u hrvatskome dijelu gospodarskoga pojasa Jadrana površine 113 680 km<sup>2</sup>. Prva istražna bušotina Jadran-1 izbušena je 1970. francuskom platformom Neptune, a nakon kupnje samopodiznuće bušaće platforme Panon, sagrađene u Rotterdamu 1977., intenzivirali su se radovi istražnoga bušenja. Poluuronjiva platforma Zagreb 1dopremljena je 1981. iz brodogradilišta Dunquerque u Francuskoj, a 1985. dovršena je platforma Labin, u potpunosti proizvedena u Hrvatskoj. U razdoblju 1977–91. poduzeće INA-Naftaplin, koristeći se platformama Panon, Labin i Zagreb 1, izradilo je 99 podmorskih bušotina u ukupnoj duljini 195 000 m. Postignuti rezultati i vlastita oprema omogućili su tom poduzeću izlazak na svjetsko tržište. [19]*

Na slikama 29. i 30. su prikazani odobalna platforma Ivana A (29.) te te brod za polaganje cjevovoda Kommandor (30), oboje izgrađeni u brodogradilištu Viktor Lenac.



**Slika 29.** Odobalna platforma *Ivana A*, izgrađena za poduzeće INAgip u riječkom Brodogradilištu Viktor Lenac 1998. Izvor: [8]



**Slika 30.** Brod za polaganje cjevovoda *Kommandor 3000*, Brodogradilište Viktor Lenac, preinačen 1999. Izvor: [8]

## 1. ZAKLJUČAK

U ovom radu smo se upoznali sa satelitima, te satelitskim sustavima.

U prvom poglavlju smo opisali osnovne pojmove vezane uz satelite te pobliže opisali vrste satelita.

Najpoznatiji su sustavi američki GPS i ruski GLONASS.

U drugom poglavlju opisali smo točnost, relativnu i apsolutnu (koju je nemoguće postići). Satelitski sustavi daju svoj veliki doprinos u navigaciji kao i doprinos u traganju i spašavanju na moru, i bez satelitskih sustava navigacija je gotovo pa nemoguća.

Dalje smo opisali hidrografiju i osnovne pojmove vezne uz istu. Hidrografska izmjera je bitna zbog periodičkih izvjeća o stanju dubina te zbog izrade raznih objekata kao što su luke, brodogradilišta, plinovodi, naftovodi, lukobrani, itd, a reambulacijom provjeravamo usuglašenost karata i stvarnog stanja.

Na kraju smo opisali odobalno inženjerstvo, to je disciplina koja se bavi izgradnjom objekata na moru kao što su naftne platforme.

## LITERATURA

- [1] Medved, A., Modularna gradnja telekomunikacijskega satelita, 2010
- [2] Kos, T, Grgić, M i Krile, S, Hiperbolni i satelitski sustavi za navigaciju, 2004.
- [3] Kasum, J, Bićanić, Z., i Gržetić, Z., Prilog unapređenju postupaka za održavanje pomorskih karata i navigacijskih publikacija, 2003.
- [4] Solarić, R., Hidrogrfska izmjera i pomorska kartografija u teoriji i praksi 2017.
- [5] Tehničke značajke GPS-a Niki Nižetić 2001.
- [6] Simović, A. Elektronička navigacija 2000.

Web izvori:

- [7] <https://patents.google.com/patent/US6397147B1/en>
- [8] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Geodetski\\_satelit](https://hr.wikipedia.org/wiki/Geodetski_satelit)
- [9] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://hr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)
- [10] <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [11] [https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))
- [12] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Globalni\\_navigacijski\\_satelitski\\_sustavi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Globalni_navigacijski_satelitski_sustavi)
- [13] **A Satellite Selection Method and Accuracy for the Global Positioning System** [MASAHIKO KIHARA](#), [TSUYOSHI OKADA](#)
- [14] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidrografija>

[15] Offshore engineering Subrata Chakrabarti

[16] <https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou>

[17] <http://geomar.hr/hidrografska-izmjera/>

[18] Bošković, R. Primjena satelitske navigacije u sustavu za upravljanje voznim parkom, 2014.

[19] <http://tehnika.lzmk.hr/pucinsko-inzenjerstvo/>

## POPIS SLIKA

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Doplerov efekt u transit sustavu:[2].....                                                                                                                                                                    | 2  |
| Slika 2. Laserski impuls odaslan sa zemlje prema pasivnom satelitu:[8].....                                                                                                                                           | 3  |
| Slika 3. Slika 2. Stabilizacija pasivnih magnetskih satelita Izvor :[1] .....                                                                                                                                         | 4  |
| Slika 4. Izvedba stabilizacije satelita s elektromagnetskim zavojnicama u laboratorijskim uvjetima Izvor: [2].....                                                                                                    | 5  |
| Slika 5. Izolacijski slojevi u primjeni kod satelita Izvor: [1].....                                                                                                                                                  | 5  |
| Slika 6. Prvi aktivni telekomunikacijski satelit naziva Telstar Izvor: [16].....                                                                                                                                      | 6  |
| Slika 7. Aktivna stabilizacija s motorima Izvor: [1].....                                                                                                                                                             | 7  |
| Slika 8. . Stabilizacija satelita s rotirajućim kotačima Izvor: [1].....                                                                                                                                              | 7  |
| Slika 9. Logo sustava Navstar GPS Izvor: [9].....                                                                                                                                                                     | 9  |
| Slika 10. Satelit u putanji Zemlje Izvor: [9].....                                                                                                                                                                    | 9  |
| Slika 11. Pokretni GPS radioprijamnik u pomorskoj primjeni Izvor: [9].....                                                                                                                                            | 10 |
| Slika 12. Podjela GPS sustava na segmente Izvor: [9].....                                                                                                                                                             | 10 |
| Slika 13. Slika 12. Prikaz položaja satelita u odnosu na Zemlju Izvor: [8,9].....                                                                                                                                     | 11 |
| Slika 14. Zemljani monitor, stanica koja se koristila od 1984 do 2007, u muzeju Izvor: [9].....                                                                                                                       | 12 |
| Slika 15. Raspodjela kontrolnog segmenta GPS sustava Izvor:[9].....                                                                                                                                                   | 12 |
| Slika 16. GPS prijamnici dolaze u raznim oblicima od uređaja integriranih u automobile, telefone i satove do posebnih uređaja poput ovih prikazanih ovdje čiji su proizvođači Trimble, Garmin i Leica Izvor: [9]..... | 14 |
| Slika 17. GPS prijamnik integriran u mobilnom telefonu Izvor: [9].....                                                                                                                                                | 14 |
| Slika 18. Logo GLONASS-a Izvor: [10].....                                                                                                                                                                             | 15 |
| Slika 19. Model GLONASS-K satelita Izvor: [10].....                                                                                                                                                                   | 15 |
| Slika 20. Prikaz kontrolnih stanica GLONASS-a Izvor: [10].....                                                                                                                                                        | 16 |
| Slika 21. Vojni ruski kombinirani GPS/GLONASS prijamnik Izvor: [10].....                                                                                                                                              | 16 |
| Slika 22. Kombinirani GLONASS/GPS Izvor: [10].....                                                                                                                                                                    | 17 |
| Slika 23. Logo Galilea Izvor: [11].....                                                                                                                                                                               | 18 |
| Slika 24. Lansiranje Soyuz rakete 2011. Izvor: [11].....                                                                                                                                                              | 19 |
| Slika 25. Logo BeiDou-a Izvor: [16].....                                                                                                                                                                              | 29 |
| Slika 26. 3D model terena Izvor: [17].....                                                                                                                                                                            | 26 |
| Slika 27. Snimka olupine kod otoka Lastova Izvor:[17].....                                                                                                                                                            | 27 |
| Slika 28. Razina mora i hidrografska nula Izvor: [4].....                                                                                                                                                             | 27 |

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 29. Odobalna platforma <i>Ivana A</i> , izgrađena za poduzeće<br>INAgip u riječkom Brodogradilištu Viktor Lenac 1998 Izvor: [19] ..... | 33 |
| Slika 30. Brod za polaganje cjevovoda <i>Kommandor 3000</i> ,<br>Brodogradilište Viktor Lenac, preinačen 1999. Izvor: [19].....              | 33 |

## POPIS TABLICA

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Usporedba karakteristika raznih satelitskih sustava Izvor: [12]..... | 18 |
| Tablica 2. Kategorije reambulacije Izvor: [3].....                              | 27 |