

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Matej Rakitić

**Prepoznavanje djelovanja dva ometača (J3 i J4) GNSS  
signala na referentne stanice CROPOS sustava**

Diplomski rad

Zagreb, 2025.

Matej Rakitić ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2025.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Matej Rakitić

**Prepoznavanje djelovanja dva ometača (J3 i J4)  
GNSS signala na referentne stanice CROPOS  
sustava**

Diplomski rad

Zagreb, 2025.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

**IZJAVLJUJEM**

Ja, **Matej Rakitić**, (JMBAG: 0015239481), rođen/a dana 05.10.1999. u Novoj Gradišci, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana 27. lipnja 2025.

*Potpis studenta / studentice*

| <b>I. AUTOR</b>   |  |
|---|--|
| <b>Ime i prezime:</b>   | Matej Rakitić  |
| <b>Datum i mjesto rođenja:</b>                                  | 5. listopada 1999. Nova Gradiška,<br>Republika Hrvatska                                  |
| <b>II. DIPLOMSKI RAD</b>  |  |
| <b>Naslov:</b>  | Prepoznavanje djelovanja dva ometača (J3 i J4) GNSS signala na referentne CROPOS stanice |
| <b>Broj stranica:</b>   | 89   |
| <b>Broj tablica:</b>  | 38   |
| <b>Broj slika:</b>  | 114  |
| <b>Broj bibliografskih podataka:</b>                            | 12 + 26 URL  |
| <b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>                   | Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu   |
| <b>Mentor:</b>  | prof. dr. sc. Željko Bačić   |
| <b>Komentor:</b>  | /  |
| <b>Voditelj:</b>  | dr. sc. Zvonimir Nevistić  |
| <b>III. OCJENA I OBRANA</b>                                     |  |
| <b>Datum zadavanja teme:</b>                                    | 28.1.2025.   |
| <b>Datum obrane rada:</b>                                       | 7.7.2025.  |
| <b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b> | prof. dr. sc. Željko Bačić   |
|   | izv. prof. dr. sc. Danijel Šugar   |
|   | dr. sc. Zvonimir Nevistić  |

## **Zahvala**

*Prvotno se želim zahvaliti mentoru prof. dr. sc. Željku Bačiću, koji mi je predstavio tematiku ovog diplomskog rada te mi je uvelike pomogao svojom stručnošću.*

*Nadalje, htio bih se zahvaliti voditelju ovog diplomskog rada dr. sc. Zvonimiru Nevistiću koji mi je pomogao u terenskom djelu rada te koji je uložio puno vremena i truda kako bi odgovorio na svaki e-mail koji sam mu poslao i usmjerio me u kojem smjeru pisati rad. Također se želim zahvaliti i asistentu Petru Jeliću, mag. ing. geod. et. geoinf., što mi je pomogao u odrađivanju terenskog djela posla.*

*Zahvaljujem se Državnoj geodetskoj upravi uz čije smo dopuštenje odradili ovo testiranje.*

*Htio bih se zahvaliti svim profesorima koji su mi predavali u ovih 6 godina studiranja te svim kolegama koji su mi uljepšali studentske dane.*

*Na kraju bih se htio zahvaliti svojoj obitelji, svome ocu Stjepanu, sestri Martini, bratu Hrvoju i pokojnoj majci Snježani te zaručnici Luciji koji su mi bili najveći oslonac i podrška tijekom ovoga puta kojega zovemo studiranje.*

## ***Prepoznavanje djelovanja dva ometača (J3 i J4) GNSS signala na referentne stanice CROPOS sustava***

**Sažetak:** Današnji život ne možemo zamisliti bez globalnih satelitskih navigacijskih sustava (GNSS-a) pomoću kojih se navigiramo i pozicioniramo. Moderni GNSS sustavi uvelike olakšavaju naš svakodnevni život, iako možda nismo u potpunosti svjesni toga. Civilna primjena GNSS-a u današnjem dobu je uvelike nadmašila vojnu primjenu čemu se nitko nije nadao. Struktura signala GNSS-a javno je dostupna svima te zbog toga bilo tko tko se imalo razumije u ovu vrstu tehnologije može napraviti vlastiti prijammnik i primati GNSS signale. Temelj rada GNSS-a su upravo ti javno dostupni signali, i zbog toga oni mogu biti predmet namjernog i nenamjernog ometanja. Brzi razvoj tehnologije, a samim time i GNSS-a, doveo je do toga da su se razvile i tehnike ometanja GNSS signala, što za civilnu, što za vojnu primjenu. Današnji ometači (jammeri) mogu se kupiti na internetu za relativno niske cijene, a vojske svijeta posjeduju i velike ometače snage nekoliko MegaWatta. Zbog svega navedenoga, korisnici GNSS-a, ne bi trebali podatke koje dobivaju uzeti „zdravo za gotovo“ nego trebaju uzeti u obzir moguće opasnosti ometanja GNSS signala, bile one namjerne ili nenamjerne. Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati utjecaj dvaju ometača na dvije CROPOS stanice simultano te utjecaj tih ometača na GNSS prijammnike, od kojih jedan radi u mrežnom rješenju, a drugi u singlebased rješenju. Podaci koji su prikupljeni su obrađeni u softverskom programu RTKLIB te Microsoft Excelu. Na temelju prikupljenih opažanja doneseni su zaključci o utjecaju dvaju ometača na CROPOS stanice i GNSS prijammnike te zaključci o tome koliko je zapravo ranjiv GNSS sustav.

**Ključne riječi:** CROPOS, GNSS, GNSS prijammnici, ometanja, primjena GNSS-a

### ***Identification of the Effects of Two GNSS Signal Jammers (J3 and J4) on CROPOS System Reference Stations***

**Abstract:** We cannot imagine today's life without global navigation satellite systems (GNSS) which we use for navigation and positioning. Modern GNSS systems facilitate our everyday lives, even though we might not be fully aware of it. Civil use of GNSS in today's day and age has greatly surpassed military use which no one expected. The structure of GNSS signals is publicly available and because of that anyone with a bit of knowledge in this kind of technology can develop their own receiver and receive GNSS signals. The work basis of GNSS are these publicly available GNSS signals, and because of that they can be intentionally or unintentionally interfered. Rapid development of technology, including GNSS, has led to development of GNSS signal jamming techniques, both for civilian and military purposes. Today's jammers can be bought on the Internet for relatively low prices, meanwhile military forces around the world possess powerful jammers with strengths of several megawatts. Because of all this, users of GNSS should not take the data they receive for granted but should consider the potential dangers of GNSS signal jamming, whether intentional or unintentional. The aim of this master's thesis was to examine the impact of two jammers on two CROPOS stations simultaneously and the impact of those jammers on GNSS receivers – one operating in network-based solution and the other in a singlebased solution. The collected data was processed using RTKLIB software and Microsoft Excel. Based on the collected observations, conclusions were drawn on the impact of two jammers on the CROPOS stations and GNSS receivers, as well as insights into how vulnerable the GNSS system actually is.

**Keywords:** CROPOS, GNSS, GNSS receivers, jammings, usage of GNSS.

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....                                 | 1  |
| 2. OMETANJE GNSS SIGNALA .....               | 2  |
| 2.1. JAMMING.....                            | 3  |
| 2.2. SPOOFING .....                          | 5  |
| 2.3. MEACONING .....                         | 7  |
| 2.4. ZAŠTITA OD OMETANJA.....                | 8  |
| 3. PERMANENTNE GNSS MREŽE.....               | 10 |
| 4. PROVEDENA TESTIRANJA .....                | 13 |
| 4.1. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA .....            | 16 |
| 4.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA.....              | 17 |
| 4.3. KORŠITENI INSTRUMENTARIJ .....          | 24 |
| 4.4. SOFTVER I PODACI.....                   | 27 |
| 4.4.1 RTKLIB.....                            | 28 |
| 5. REZULTATI .....                           | 30 |
| 5.1. REZULTATI OMETANJA CROPOS STANICA ..... | 30 |
| 5.1.1 Vukovar.....                           | 30 |
| 5.1.2 Županja.....                           | 39 |
| 5.2. RTK OPAŽANJA MREŽNO RJEŠNJE .....       | 49 |
| 5.3. RTK OPAŽANJA SINGLE BASE RJEŠENJE ..... | 59 |
| 6. DISKUSIJA .....                           | 69 |
| 7. ZAKLJUČAK.....                            | 79 |
| POPIS LITERATURE .....                       | 80 |
| POPIS MREŽNIH ADRESA.....                    | 81 |
| POPIS SLIKA .....                            | 83 |
| POPIS TABLICA.....                           | 88 |
| ŽIVOTOPIS .....                              | 90 |

# 1. UVOD

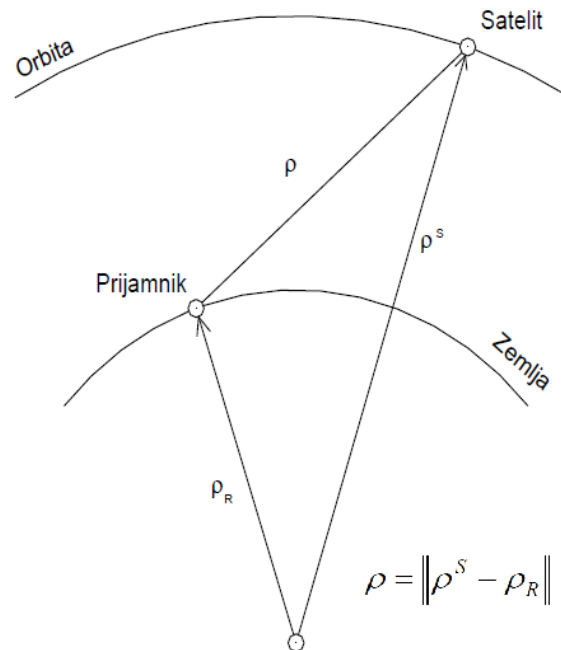
Globalni navigacijski satelitski sustavi (engl. *Global Navigation Satellite System*) su geodetska prostorno satelitsko-svemirska mjerna tehnika kod koje se opažaju zemaljske mreže (stanice) na način da se pasivno primaju signali s umjetnih satelita (Pavasović, 2024.). Današnji satelitski navigacijski sustavi se mogu podijeliti na globalne u koje spada američki GPS, ruski GLONASS, kineski BeiDou i europski Galileo te na regionalne u koje pripadaju japanski QZSS i indijski NavIC. Osim regionalnih i globalnih navigacijskih sustava, postoje te se razvijaju i mnoge augmentacije (proširenja) satelitskih sustava koje se koriste za poboljšanje točnosti, pouzdanosti i integriteta postojećih navigacijskih satelitskih sustava.

GNSS sustavi rezultat su tehnološkog razvoja i danas oni imaju široku primjenu, kako u geodeziji, tako i u drugim znanostima, ali i u civilne svrhe. Gotovo je nemoguće zamisliti današnja putovanja bez korištenja različitih aplikacija za pozicioniranje i navigaciju u prostoru koje se temelje na prijemu pasivnih signala s GNSS-a, ali i drugih senzora. Njegova upotreba u civilne svrhe dovela je do toga da je sastav GNSS signala poznat te se na njega može utjecati (ometati) namjerno ili nenamjerno. Danas je civilna upotreba GNSS-a uvelike nadmašila vojnu upotrebu. Poznata struktura GNSS signala omogućuje korisnicima da izrade svoje prijammike te da se koriste njima kako žele. Širenje vojne primjene GNSS-a (GPS je obavezan za sve američke vojne sustave) potaknulo je razvoj tehnika GNSS ometanja, ali i tehnika zaštite od GNSS ometanja (Šugar, 2024.). Svjedoci smo sve učestalijeg korištenja različitih uređaja koji ometaju odašiljanje GNSS signala što je posebno aktualno u područjima zahvaćenima ratom. Veliki problemi se javljaju na području Baltika. Vodeći ljudi baltičkih zemalja vjeruju da Rusija ima postavljene jake ometače u blizini Kalinjingrada i Sankt Peterburga što uzrokuje probleme u civilnom zrakoplovstvu (URL 1). Ometanje GNSS signala zajedničkim imenom nazivamo interferencija, a dijeli se na prirodnu (npr. solarna radijacija) i umjetnu koja može biti namjerna i nenamjerna. Slabosti GNSS-a, poput slabe snage signala koji prijammnici prihvaćaju na zemlji, poznata civilna struktura signala i postojanje ometača, glavni su faktori postojanja tehnika ometanja odnosno interferencije. Najveći problem stvara namjerno ometanje (jamming, spoofing i meacoing) koje može stvoriti ozbiljne posljedice obzirom da se mnoge industrije danas oslanjaju na neometan rad GNSS-a.

Kako različita ometanja utječu na civilna korištenja GNSS sustava, tako utječu i na geodeziju i precizno pozicioniranje. U sklopu izrade ovog diplomskog rada ispitan je utjecaj dva različita ometača (jammera) na CROPOS stanice i GNSS uređaje koji koriste VPPS CROPOS servis u blizini ometanih stanica, a sve u svrhu povećanja svijesti o utjecaju različitih ometanja na geodetska mjerenja, ali i u svrhu bolje zaštite od samih ometanja.

## 2. OMETANJE GNSS SIGNALA

Osnovni princip pozicioniranja pomoću globalnih navigacijskih satelitskih sustava temelji se na mjerenju udaljenosti između satelita koji orbitiraju oko Zemlje te prijamnika koji se nalazi na Zemljinoj površini. Udaljenost se određuje na temelju vremena koje je potrebno da signal stigne od satelita do prijamnika. Udaljenost između Zemljinog geocentra i satelita je poznata ( $\rho^S$ ), dok je udaljenost između geocentra i prijamnika mjerena ( $\rho_R$ ). Na osnovi tih dvaju udaljenosti može se odrediti udaljenost između prijamnika i satelita  $\rho$  (Slika 2.1).



Slika 2.1 Osnovna jednadžba GNSS pozicioniranja (Bačić, 2021.)

Kako bi se pozicionirali uz pomoću GNSS sustava potrebno je primati signale s najmanje četiri satelita. Tri satelita se koriste za određivanje pozicije prijamnika, odnosno za određivanje koordinate E (engl. *easting*), N (engl. *northing*) i h (engl. *height*). Četvrti satelit je potreban da se eliminira pogreška sinkronizacije satova satelita i prijamnika jer se u prijamnicima koriste kvarcni oscilatori koji su naspram atomskih satova u satelitima male točnosti.

Oscilatori, odnosno satovi koji se nalaze u satelitima, generiraju fundamentalnu frekvenciju signala koja iznosi 10,23 MHz. Na te noseće signale modulirani su kodovi koji omogućuju očitavanje sata satelita u prijamnicima (PRN-kodovi) i prijenos informacija (kod podataka). S obzirom na to, razlikujemo pseudoslučajni šumni kod (engl. *Pseudo Random Noise Code – PRN*) i kod podataka (engl. *Data Code – D code*). GPS sateliti se razlikuju preko PRN koda (PRN broja) te oni ne nose podatke, a da bi se to naglasilo dijelovi PRN koda nazivaju se *chips* (Bačić, 2021.). Razlikuju se tri vrste PRN kodova:

- C/A-kod (engl. *Coarse/Acquisition Code*), kod grube točnosti, moduliran na L1 nosaču
- P-kod (engl. *Precise Code*), precizni kod, moduliran na L1 i L2 nosaču

- Y-kod (engl. *Y-Code*) koji nastaje kao rezultat kombinacije P-koda i šifrirajućeg W-koda.

Signal odaslan sa satelita sadrži tri komponente: nosač L1 + C/A kod + navigacijska poruka, nosač L1 + Y-kod + navigacijska poruka, nosač L2 + Y-kod + navigacijska poruka. Signal C/A-koda na L1 nosaču dvostruko je snažniji od P-koda, kao što je P-kod dvostruko snažniji na L2 nosaču od C/A koda (Bačić, 2021.). Sve navedeno dovodi do toga da je struktura GNSS signala poznata te da se njome može lako manipulirati. Uz to, GNSS signal koji putuje od satelita do prijemnika na zemlji je male snage zbog velike udaljenosti između satelita i prijemnika, ali i zbog prolaska signala kroz različite slojeve atmosfere (npr. zračenje žarulje od  $100 \text{ W } 10^{18}$  puta je veće od primljenog GNSS signala na prijamniku). Danas većina prijamnika ima slabo razvijenu zaštitu od ometanja te su uz to tehnike ometanja javno dostupne na internetu i jednostavno ih je nabaviti. Vojske svijeta posjeduju ometače velikih snaga (MWatt) te njima žele onemogućiti navigaciju protivnicima i stvoriti konfuziju. Civilna ometanja većinom su financijski motivirana, ali mogu biti i teroristički motivirana.

GNSS se temelji na radio signalima koji mogu biti ometani, slučajno ili namjerno. GNSS interferencija predstavlja pojavu gdje se drugi radio signali koriste za ometanje GNSS signala što za posljedicu ima smanjenu točnost pozicioniranja ili nemogućnost pozicioniranja. Radio signali koji dolaze od satelita do Zemlje su jako male snage jer dolaze sa udaljenosti od oko 20 000 kilometara što je jedan od glavnih uzroka koji dovodi do ometanja toga signala. Uz to, sama struktura signala je poznata jer se GNSS danas najviše koristi u civilne svrhe. Mala snaga i poznata struktura su dobitna kombinacija za laku interferenciju GNSS signala što može dovesti do gubitaka novaca, ali i do ljudskih žrtvi. Ometanja GNSS signala dijelimo na namjerna i nenamjerna. Namjerna ometanja uključuju blokiranje (engl. *jamming*), zavaravanje (engl. *spoofing*) i presretanje signala (engl. *meaconing*). U većini zemalja, korištenje uređaja koji uzrokuju gubitak GNSS signala, je zakonski kažnjivo. Osim namjernog ometanja, postoji i nenamjerno ometanje u koje spada radio frekvencijsko ometanje, utjecaj Sunca (ionosfere), multipath, itd. Zbog utjecaja kao što je multipath, treba birati lokacije za mjerenja na kojima je horizont čist te izbjegavati krošnje drveća, visoke zgrade, i slično. Utjecaj ionosfere je veći kada je veća aktivnost Sunca. Trenutno se nalazimo u 25. sunčevom ciklusu koji se ponavlja svakih 11 godina te u njemu broj sunčevih pjega dostiže svoj maksimum i to uvelike utječe na GNSS mjerenja jer u nekim slučajevima dolazi do onemogućavanja GNSS pozicioniranja, odnosno ne može se dobiti fiksno rješenje.

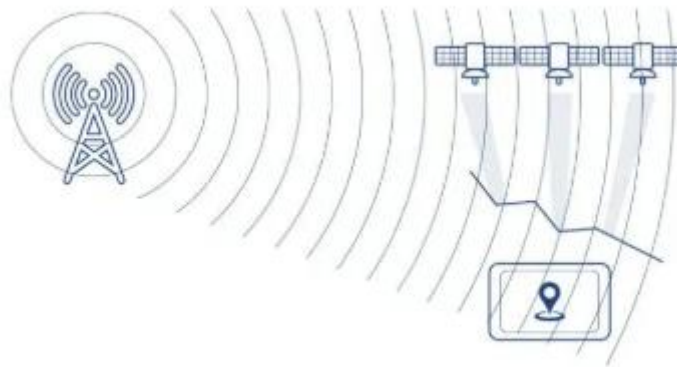
## 2.1. JAMMING

Jamming, odnosno elektroničko ometanje, predstavlja pojavu kada se koriste uređaji koji emitiraju signale iste frekvencije kao GNSS te se tako „pregaze“ GNSS signali i onemogućuje se navigacija (Slika 2.2). Uz to što emitiraju signale iste ili slične frekvencije kao GNSS, povećavaju i razinu šuma što dovodi do lošijih podataka pozicioniranja. Danas jamming više nije strani pojam jer se uređaji za ometanje mogu kupiti preko interneta za relativno niske cijene. Različiti oblici radiofrekvencijskih ometanja mogu uzrokovati pogreške u izračunavanju brzine, vremena i pozicije što dovodi do neadekvatnih prostornih podataka i netočne navigacije (URL 2). Jamming može biti namjerno i nenamjerno. Radari ili komunikacijski odašiljači, iako rade na drugačijim frekvencijama, mogu propustiti male količine energije u GNSS pojaseve što može dovesti do toga da prijamnici registriraju tu energiju jer je ona snažnija od energije

odaslane sa GNSS satelita (URL 3). Postoje četiri osnovna RNSS (engl. *Radio Navigation Satellite Service*) spektra unutar kojih su GNSS konstelacija operativne:

- L1/E1/G1 1559 – 1650 MHz
- L2/G2 1215 – 1254 MHz
- L5/E5/G3 1164 – 1214 MHz
- E6 1260 – 1300 MHz

od kojih većina komercijalnih uređaja radi isključivo na L1 frekvenciji, dok se L2 pojas koristi za GPS i GLONASS vojne primjene (URL 3). Danas se sve više razvijaju multi-frekventni prijammnici što znači da se današnji ometači razvijaju na način da mogu ometati i takve prijammnike (URL 3).

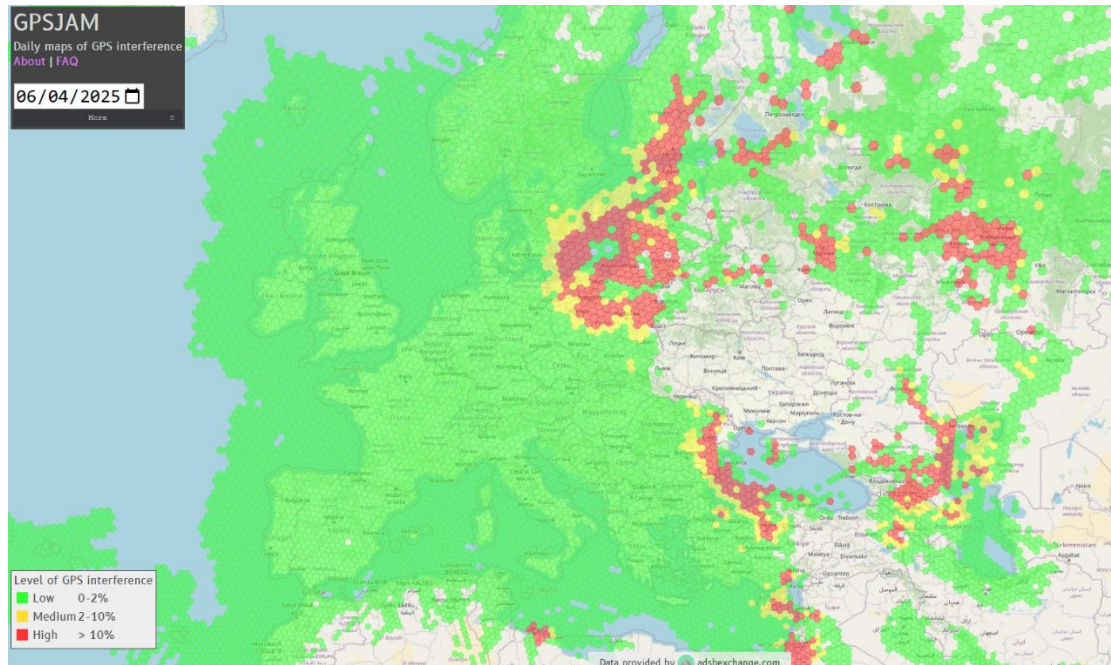


Slika 2.2 Princip rada GNSS jammera (URL 3)

S obzirom na širinu raspona frekvencija koje ometač koristi, razlikuje se ometanje kontinuiranim valom (engl. *continuous wave jamming*), uskopojasno ometanje (engl. *narrowband jamming*) i širokopojasno ometanje (engl. *wideband jamming*) (Vidulin i dr., 2013). Ometanje kontinuiranim valom i uskopojasno ometanje imaju veću učinkovitost u ometanju GNSS signala od širokopojasnog ometanja te veću spektralnu gustoću snaga. Takva ometanja je lakše detektirati te ih se lakše filtrira, odnosno uklanja iz GNSS signala s različitim tehnikama. U drugu ruku, širokopojasno ometanje je male spektralne gustoće snage, ali ometa signale koji zauzimaju frekvencijski raspon od +/- 10,23 MHz oko L1 ili L2 frekvencijskog pojasa (engl. *band*) što je donedavno bilo nemoguće filtrirati iz GNSS signala (Šugar, 2024).

Danas se ometači (engl. *jammers*) najviše koriste u vojne svrhe u ratu zahvaćenim područjima. Slika 2.3 prikazuje moguće ometanje GPS/GNSS signala na temelju podataka koje šalju zrakoplovi putem ADS-B sustava. Prikupljeni podaci analiziraju se i agregiraju svakih 24 sata, a na karti se bojom označavaju područja s različitim postotkom zrakoplova koji prijavljuju lošu navigacijsku preciznost. Podaci koji se prikazuju nisu direktno mjerenja ometanja, već se koristi GPS točnost koju zrakoplovi prijavljuju kako bi se vizualizirali sumnjive regije. Osim u vojne svrhe, koriste se i u civilne svrhe, a najviše kod vozača kamiona, brodova ili aviona koji ne žele biti praćeni. U Tajvanu na jednoj međunarodnoj zračnoj luci je u jednom danu prijavljeno čak 117 slučajeva GNSS interferencije (URL 5). Neke od „popularnih“ metoda ometanja GNSS signala su GPS uređaji za ometanje koji se mogu kupiti na internetu te se utiču u 12V utičnicu

vozila. Osim njih postoje i metalni pokrovi koji predstavljaju jeftiniju opciju jer ne zahtijevaju napajanje (npr. alu folija). Uz GPS uređaje za ometanje i metalne pokrove postoje i naprave za zavaravanje GPS-a koji odašilju lažne radio signale te prijammnicima daju informaciju o lažnoj lokaciji te ometači mobilnih telefona koji u potpunosti ometaju upotrebu mobilnih telefona uz nemogućnost pozicioniranja (Šugar, 2024.).

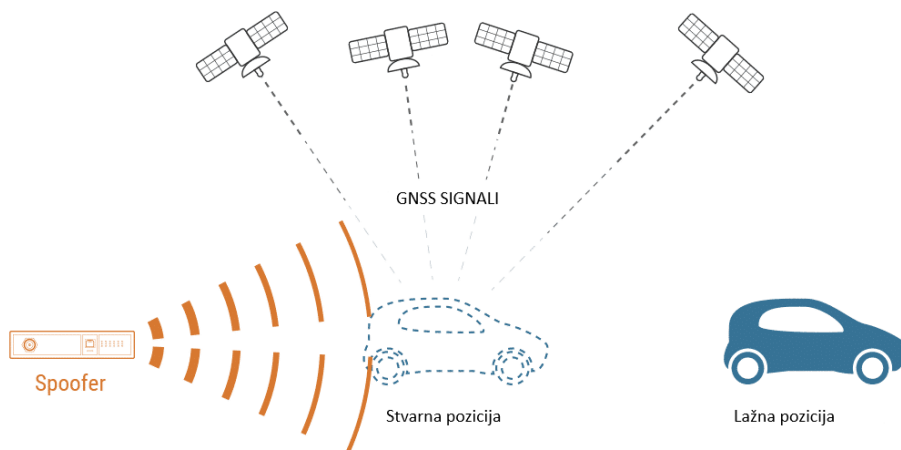


Slika 2.3 Mapa GNSS interferencije dana 6.4.2025. (URL 4)

Jedan od primjera GNSS jamminga je incident koji se dogodio 2007. godine u San Diegu u Kaliforniji gdje su korištena dva broda američke mornarice od kojih je jedan na sebi imao ometač, a drugi je bio ometan. Cilj je bio ispitati ometanje komunikacije te nije bilo u planu ometati L pojas frekvencije GPS-a, ali se to slučajno dogodilo te su različite američke agencije dobile dojave o nedostupnosti GNSS signala u San Diegu u lučnim predjelima (URL 6).

## 2.2. SPOOFING

Zavaravanje (engl. *spoofing*) uključuje emitiranje lažnih GNSS signala zbog čega dolazi do izračuna pogrešnih lokacija pomoću GNSS uređaja. Uređaji koji se koriste za zavaravanje se nazivaju *spooferi*. *Spooferi* su poprilično učinkoviti jer odašilju lažne GNSS signale koji se nalaze puno bliže GNSS uređaju nego GNSS sateliti te zato ti lažni GNSS signali lako mogu nadjačati signale sa GNSS satelita (Slika 2.4).



Slika 2.4 Princip rada GNSS spoofera (URL 7)

Današnji GNSS signali se mogu razlikovati u dva tipa: jedan tip čine P(Y) (engl. *precise*) kodovi, a drugi čine C/A (engl. *coarse acquisition*) kodovi. P kod je vojni kod što znači da mu struktura nije javno poznata, za razliku od C/A koda. Zbog javno dostupne strukture C/A koda, dolazi do toga da se GNSS signal lako može zavarati. Zlonamjerna osoba može sama stvoriti uređaj koji će emitirati lažne GNSS signale s ciljem zavaravanja GNSS uređaja. Ukoliko taj GNSS uređaj nema sposobnost raspoznavanja pravog signala sa satelita i lažnog signala, krivo će izračunati svoju poziciju. S obzirom na to da je P kod vojni kod, struktura mu nije poznata te je otporan na zavaravanje (URL 8).

Neki od načina kako se može obraniti od zavaravanja GNSS signala je da se isključivo koristi P kodni signal, ali to nije moguće za većinu ljudi koji koriste GNSS za civilnu upotrebu. Osim toga, mogu se koristiti prijammnici koji primaju signale sa različitih konstelacija GNSS satelita. Zavaravanje signala različitih konstelacija GNSS satelita je puno kompleksniji proces i teže ga je izvesti nego zavaravanje jednog satelita (URL 8).

Jedan od poznatih primjera zavaravanja GNSS signala se dogodio 2011. godine kada su iranski stručnjaci zavarali američki ratni dron (Slika 2.5). Proučavanjem već srušenih bespilotnih letjelica zaključili su da je slaba točka tih bespilotnih letjelica upravo njegov GPS. Odašiljanjem velike količine lažnih signala, prebacili su bespilotnu letjelicu u „autopilot“ te su je natjerali da sleti gdje su oni htjeli, a to je bilo u iransku bazu (URL 9).

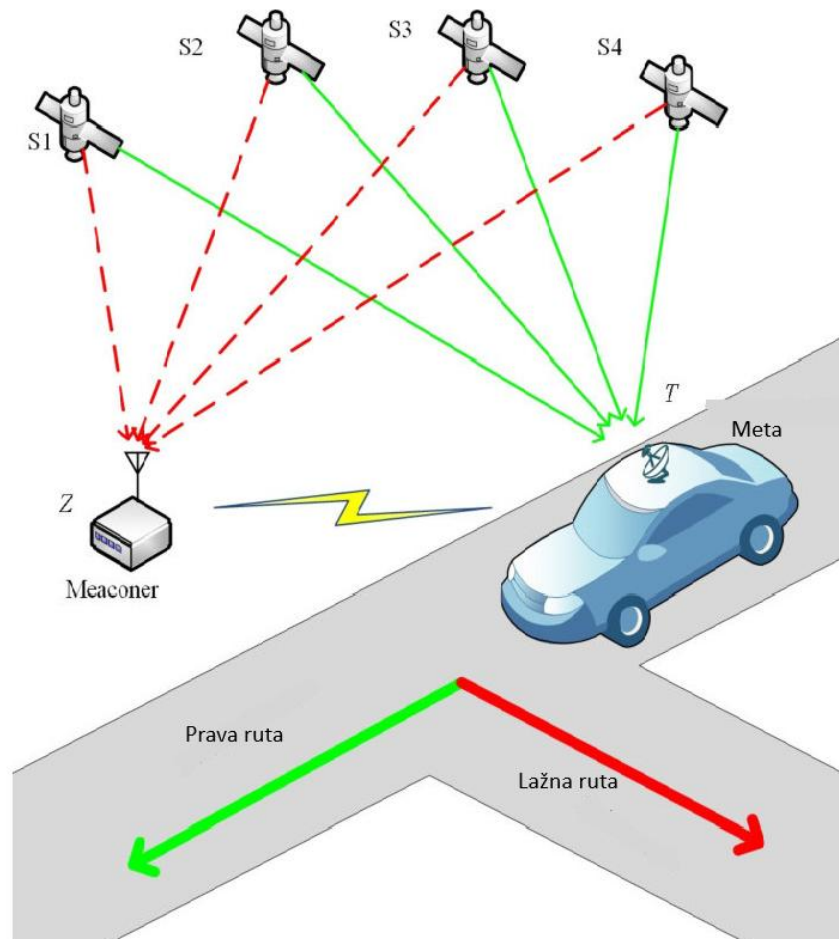


Slika 2.5 RQ-170 bespilotna letjelica (URL 9)

Razlika između jamminga i spoofinga je ta da se kod jamminga emitiraju signali iste frekvencije kao GNSS što znači da GNSS signali budu pregaženi i u potpunosti se onemogućuje navigacija dok se kod spoofinga emitiraju lažni GNSS signali koji dovode do pogrešne lokacije. Spoofing je opasniji od jamminga jer je bolje ne dobiti nikakvu lokaciju nego dobiti pogrešnu lokaciju. Spoofing je također kompliciraniji za izvesti te su spooferi skuplji i sofisticiraniji od jammera.

### 2.3. MEACONING

Meaconing (hrv. *presretanje signala*) je postupak presretanja GNSS signala i njihovo ponovno emitiranje u cilju zavaravanja prijamnika, odnosno onoga koji se koristi tim prijamnikom (Slika 2.6). Pojam meaconinga je usko povezan sa spoofingom, ali imaju jednu glavnu različitost, a to je da se u postupku spoofinga koriste lažni GNSS signali, dok se kod meaconinga presreću pravi GNSS signali i ponovno emitiraju. Velika prednost meaconinga u odnosu na spoofing je ta što nije potrebno poznavati detaljne informacije o navigacijskim signalima, kao što je metoda koja je korištena za generiranje PN (engl. *Pseudo-Noise*) koda ili struktura navigacijske poruke te se stoga meaconing može koristiti i na civilne i na vojne signale, dok se spoofing može koristiti samo na civilne signale (Zhang i dr., 2019).



Slika 2.6 Princip rada GNSS meaconera (Zhang i dr., 2019)

S obzirom na to kako presretnič signala (engl. *meaconer*) obrađuju primljene signale, meaconing se može podijeliti u dvije skupine. Prvu skupine čine meaconeri koji direktno ponavljaju signal,

dok drugu skupine čine presretači koji ponavljaju signal nakon njihove separacije. Prvi tip prima signale sa različitih satelita te ih sve odjednom reemitira što znači da može zavarati prijamnik samo s obzirom na lokaciju meaconera. Ako meaconer može razdvojiti različite satelitske signale te ih zatim dodatno usporiti, prijamnik može biti zavaran s obzirom na bilo koju lokaciju i tada govorimo o drugom tipu meaconera (Zhang i dr., 2019).

Još jedan izvor meaconinga mogu biti GNSS repetitori (engl. *repeaters*) (Slika 2.7). GNSS repetitori se mogu pronaći na mjestima kao što su hangari na aerodromima kako bi se GNSS signali mogli primati u zatvorenom prostoru. Kada se snaga glavnog repetitora pojača, namjerno ili nenamjerno, može doći do krive pozicije (URL 11).



Slika 2.7 GNSS repeater (URL 10)

Prema istraživanjima Hussonga i dr. iz 2024. godine, meaconing je uvelike umanjio preciznost pozicije zrakoplova čija pozicija se određivala. Što se više zrakoplov približavao lokaciji meaconera, vjerojatnost nedostupnosti pozicije se povećavala. Integracijom augmentacijskih sustava unutar GNSS sustava zrakoplova, ometanje je bilo znatno slabije i neučinkovitije.

## 2.4. ZAŠTITA OD OMETANJA

Ometanje može dovesti do nemogućnosti praćenja robe, nemogućnosti nadzora kriminalaca, ugroženog rada sigurnosnih i spasilačkih službi, gubitka novaca, ali i do smrtnih posljedica. Kako bi se to što više spriječilo, počele su se razvijati mjere sprječavanja ometanja (engl. *Anti-Jam*) koja uključuju različita rješenja podijeljena na:

- Sustavna proširenja (nadogradnje):
  - Razvoj mreža za detekciju i uklanjanje ometača (SENTINEL, UK)
  - Kombinacija komplementarnih senzora otpornih na različite ometače
  - Integracija navigacijskih i nadzornih sustava
- Nadogradnja sustava tehnološkim rješenjima:
  - Dizajn GNSS antena s povećanom sposobnošću detekcije i uklanjanja lažnih GNSS signala
  - Zaštita signala poslanih sa satelita
  - Digitalno filtriranje

Primjerice, SENTINEL mrežu čine senzori za detekciju ometača GPS signala. Koristi se algoritmom *QuickThresh* koji uspostavlja omjer signala i šuma za svaki satelit u vidnom polju te koristi definiranje SNR maske i kontinuirano uspoređuje izmjerene SNR vrijednosti s vrijednostima maske. Nakon što SNR vrijednosti opadne ispod definirane razine dulje od određenog vremenskog perioda, smatra se da se dogodilo ometanje (Curry, 2014.).

Jedna od mreža za zaštitu od ometanja je i LORAN (engl. *Long Range Navigation*) je zemaljski radio navigacijski sustav koji veliki domet postiže zbog korištenja niskih frekvencija i dugih valnih dužina, a najčešće se primjenjuje u zrakoplovstvu i pomorstvu (Šugar, 2024.). Prednost ovog sustava kao anti-jamming sustav je upravo ta niska frekvencija kojom se koristi.

U svrhu sprječavanja ometanja dolazi i do uporabe komplementarnih senzora, odnosno kombinacije senzora čime se želi postići konzistentnost rezultata. Kombiniraju se GNSS sustavi i drugi navigacijski senzori kao što su WiFi, RF otisak, eLoran, itd. (Šugar, 2024.).

Danas jedna od najraširenijih mjera za sprječavanje ometanja je GAJT (engl. *GPS Anti-Jam Technology*) (Slika 2.8). GAJT se najviše koristi na vozilima na koje se stavi u cilju anuliranja ometača. GAJT funkcionira na način da prepozna smjer iz kojeg dolazi signal ometača te da blokira anteni prijem signala iz tog smjera tako što stvara „područje nule.“ Uz GAJT koriste se i antene kontroliranog obrasca zračenja (engl. *Controlled Radiation Pattern Antenna – CRPA*) koja koristi najbolje predkorelacijske tehnike zaštite jer svaka antena ima posebno odvojeno frekvencijsko područje te je u nju ugrađen set od tri različita filtera za frekvenciju signala (Šugar, 2024.).



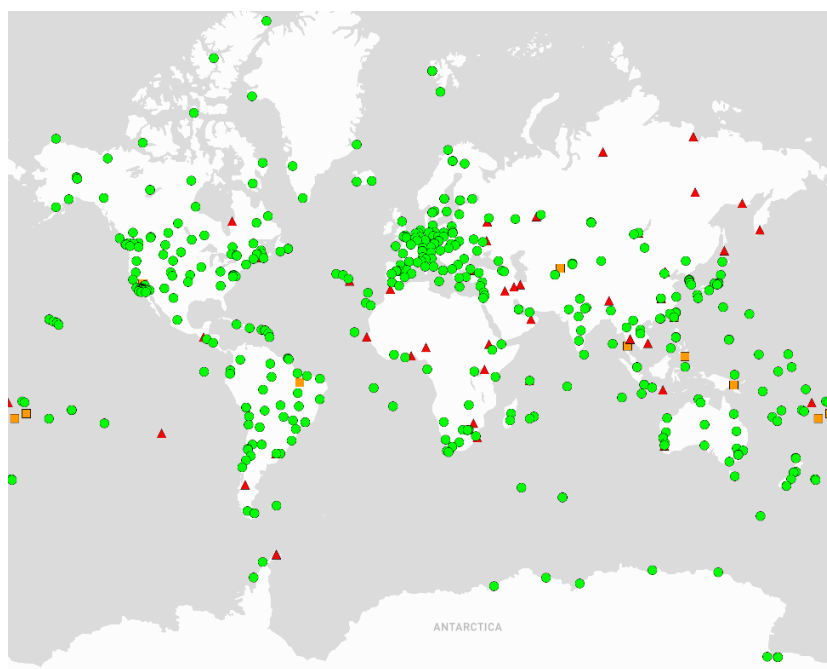
Slika 2.8 Primjer GAJT anti-jam antene (URL 12)

### 3. PERMANENTNE GNSS MREŽE

Permanentne GNSS mreže predstavljaju mreže stalnih GNSS prijavnika koje konstantno prate satelite kako bi pružili korisnicima mogućnost preciznog pozicioniranja, navigacije i vremena. Stalni GNSS prijavnici se stavljaju na stabilne lokacije. Podaci koji se prikupe na stalnim lokacijama, šalju se u različite centre za obradu podataka. GNSS servisi pomoću GNSS permanentnih mreža, omogućuju korisnicima precizne efemeride, izvješća o zdravlju satelita, informacije o stanju troposfere i ionosfere, status GNSS sustava, itd. (Bačić, 2021.).

Neke od najpoznatijih GNSS permanentnih mreža su IGS (engl. *International GNSS service*) i EPN (engl. *EUREF Permanent Network*).

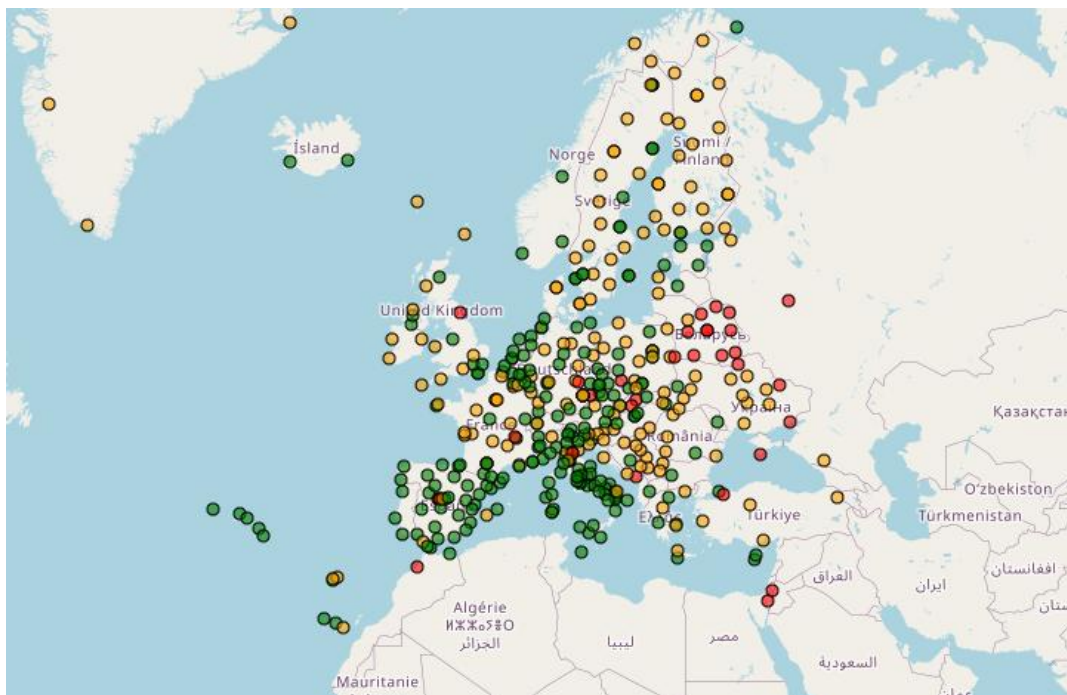
IGS od 1994. godine omogućuje korisnicima GNSS podatke visoke kvalitete. Ti proizvodi omogućuju korisnicima pristup globalnom referentnom okviru za znanstvene, obrazovne i komercijalne upotrebe. IGS je dobrovoljna organizacija od preko 200 agencija, sveučilišta i istraživačkih institucija u preko 100 zemalja koje rade zajedno kako bi pružili najpreciznije GPS satelitske orbite. Danas se IGS sastoji od 512 stanica u 118 zemalja/regija i 350 organizacija (Slika 3.1). IGS kao komponenta Globalnog geodetskog opažачkog sustava (engl. *Global Geodetic Observing System – GGOS*) upravlja globalnom mrežom GNSS zemaljskih stanica, podatkovnim centrima i centrima za obradu podataka kako bi pružili podatke koji služe za istraživanje Zemlje, pozicioniranje, navigaciju i vrijeme. Osim toga, IGS produkti uključuju efemeride GNSS satelita, Zemljine rotacijske parametre, koordinate i brzine globalnih stanica za praćenje, informacije satova satelita i stanica za praćenje, globalne ionosferske mape koji služe za poboljšanje i proširenje Međunarodnog terestričkog referentnog okvira (engl. *International terrestrial reference frame – ITRF*), praćenje deformacije Zemlje, praćenje rotacije Zemlje, praćenje troposfere i ionosfere, određivanje orbita satelita, itd. (URL 14).



Slika 3.1 IGS mreža (URL 13)

EPN je mreža permanentnih europskih GNSS stanica čija je primarna zadaća pružanje pristupa Europskom terestričkom referentnom sustavu 1989 (engl. *European Terrestrial Reference*

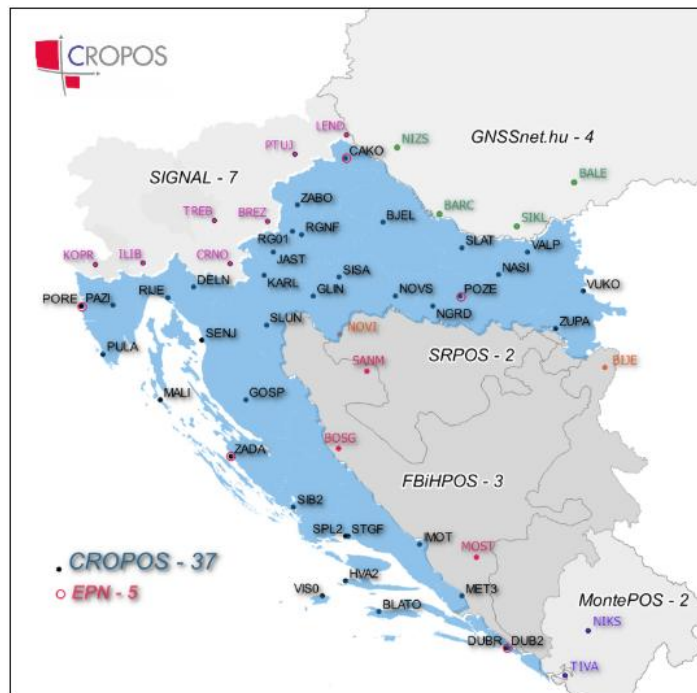
*System 1989 – ETRS89*) koji predstavlja standardni GNSS koordinatni sustav u Europi. EPN je održavana od strane Europske organizacije za referentne okvire (engl. *European Reference Frame – EUREF*) koja je dio Međunarodnog udruženja za geodeziju (engl. *International Association of Geodesy – IAG*). EUREF permanentna GNSS mreža se sastoji od mreže stalno operativnih GNSS referentnih stanica, produktivnih centara koji pružaju pristup podacima o stanicama, centara za analizu podataka i glavnog centra koji je odgovoran za stalno praćenje EPN-a (Slika 3.2). EPN je, kao i IGS, dobrovoljna organizacija od preko 100 agencija, sveučilišta i istraživačkih institucija u više od 30 europskih zemalja. Surađuju u cilju održavanja ETRS89-a. EPN pruža podatke o poziciji i brzinama EPN stanica i to na dnevnoj bazi za monitoring stanica, tjednoj bazi za trenutnu realizaciju ETRS89-a i na dugoročnoj bazi za službenu realizaciju ETRS89-a. Osim toga, EPN pruža procjene zenitnog troposferskog kašnjenja i ETRS89 orbite satelita i korekcije satova. Produkti koje pruža EPN se koriste za praćenje zemljine troposfere i poboljšanje i improvizaciju ETRS89-a (URL 16).



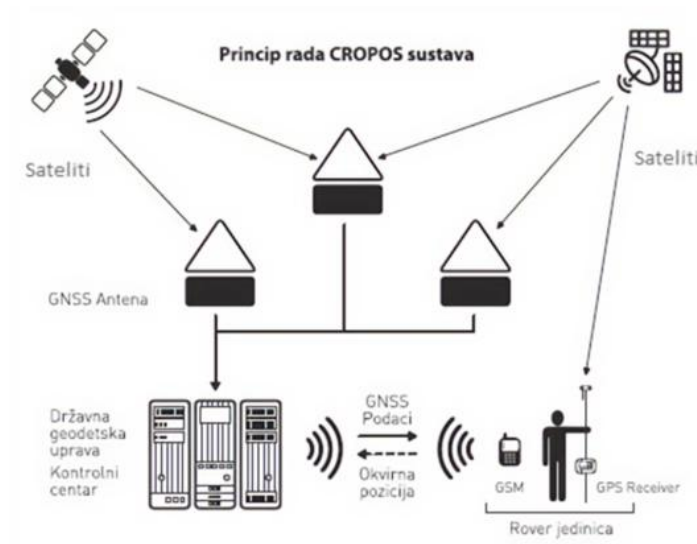
Slika 3.2 EPN mreža (URL 15)

Za pružanje informacija o poziciji GNSS prijarnika mogu se koristiti dva rješnje: singlebased rješenje i mrežno rješenje koristeći virtualnu referentnu stanicu (engl. *Virtual Reference Station – VRS*). Singlebased rješenje funkcionira na način da je potrebno dva prijarnika. Jedan prijarnik je bazni prijarnik, s poznatom pozicijom, i on je fiksna. Drugi prijarnik rover, odnosno pokretni prijarnik, koji služi za računanje nepoznatih koordinata točaka u realnom vremenu. Bazni prijarnik roveru šalje korekcije pomoću radio valova. Glavno ograničenje singlebased rješenja je udaljenost između baze i rovera. Na velikim udaljenostima baza roveru ne šalje dobre korekcije i rover ne računa dobre koordinate. Zbog toga se razvilo mrežno rješenje. Cilj mrežnog rješenja je da izračuna mrežne korekcije iz opažanja nekoliko referentnih stanica i tako ih šalje korisniku, odnosno rover prijarniku. Ako mreža tih referentnih stanica nije dovoljno gusta, može se uspostaviti virtualna referentna stanica koja će služiti za računanje korekcija (Aykut Onur i dr., 2015.).

Razvojem potreba za stalnim pružanjem navigacija, razvijaju se i regionalne permanentne GNSS mreže. U Hrvatskoj je razvijen Hrvatski pozicijski sustav (engl. *Croatian Positioning System – CROPOS*) koji je službeno pušten u rad 8. prosinca 2008. godine. CROPOS sustav čine 37 referentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti od 70 km (Slika 3.3). CROPOS je i dio EPN-a jer je od 16. lipnja 2013. u EPN uključeno pet permanentnih GNSS stanica na području Hrvatske (CAKO – Čakovec, PORE – Poreč, DUB2 – Dubrovnik, POZE – Požega i ZADA – Zadar) (URL 17). Slika 3.4 prikazuje princip rada CROPOS-a.



Slika 3.3 CROPOS mreža (URL 17)

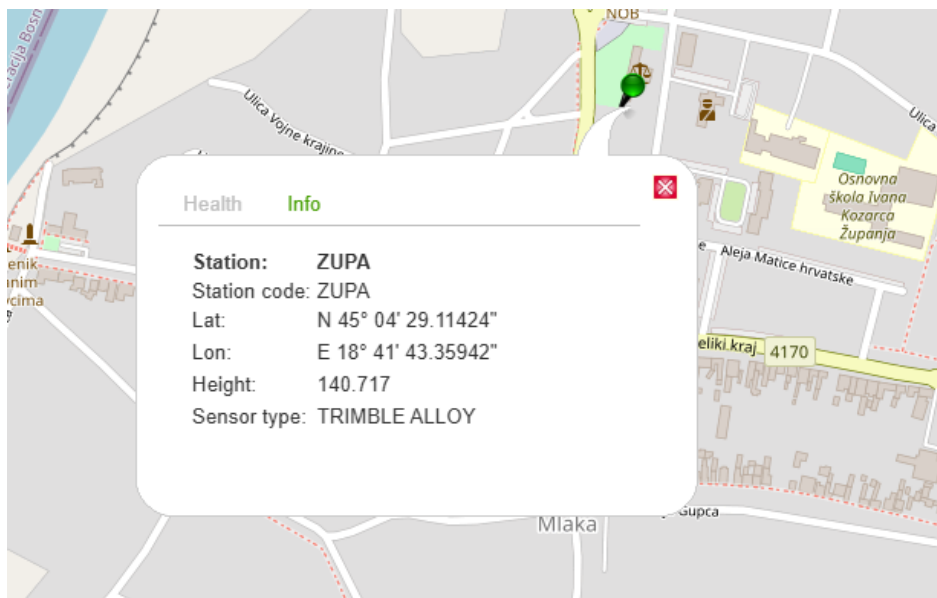


Slika 3.4 Princip rada CROPOS-a (URL 18)

## 4. PROVEDENA TESTIRANJA

Tematika ovog diplomskog rada je utjecaj ometača na GNSS signal, odnosno na dvije CROPOS stanice. Uz dva ometača koji su korišteni na dvjema CROPOS stanicama, korištena su i dva Topcon Hiper SR GNSS uređaja. Jedan GNSS uređaj je radio u singlebased, a drugi u mrežnom rješenju. Promatralo se što će se događati s CROPOS stanicama i GNSS uređajima uključivanjem ometača na različitim udaljenostima i različitim elevacijama od CROPOS stanica. Podaci su prikupljeni u svibnju 2025. godine te su obrađeni i prikazani na temelju čega su doneseni zaključci o utjecaju ometača. Uz ometače i GNSS uređaje korištene se u i mjerne vrpce, stativi i sl.

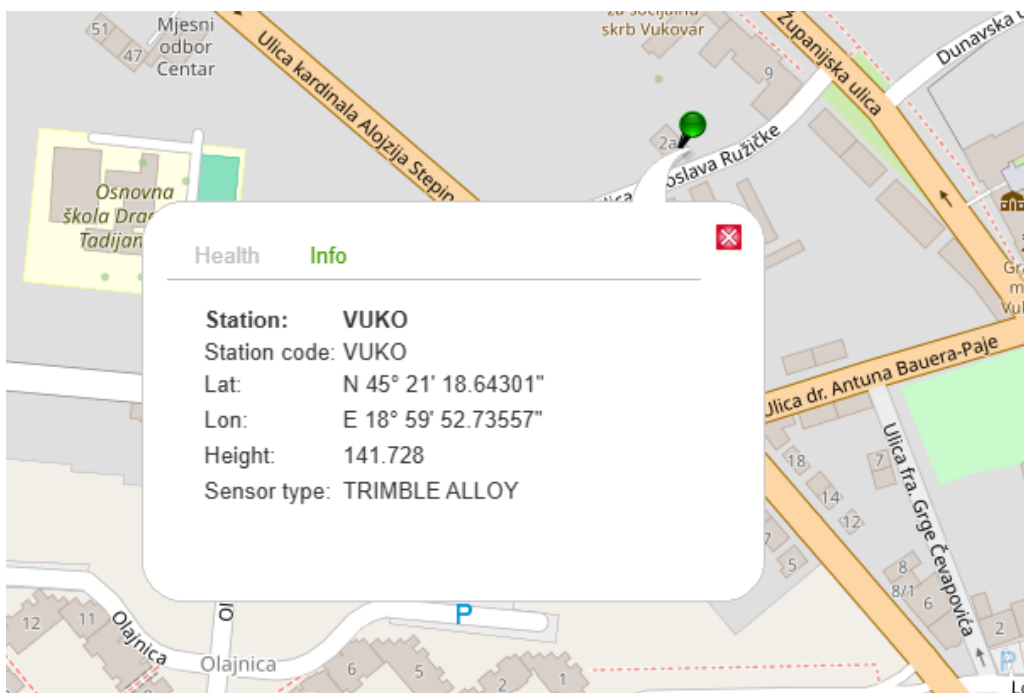
CROPOS stanice koje su se ometale se nalaze u Županji (Slika 4.1 i 4.2) i Vukovaru (Slika 4.3 i 4.4). Ometanje se radilo u tri sesije po deset minuta sa razmacima između sesija ometanja po petnaest minuta. Prva sesija ometanja radila se u horizontu CROPOS stanice na udaljenosti do 20 metara. U Županji je udaljenost bila 17 metara, a u Vukovaru 6,5 metara. Nakon toga provedeno je ometanje na udaljenosti od oko 80 metara od obje stanice, ali iznad horizonta CROPOS stanica. Završna sesija se također radila na 80 metara udaljenosti od CROPOS stanica, ali ispod horizonta stanica.



Slika 4.1 Opis CROPOS stanice u Županji (URL 19)



*Slika 4.2 CROPOS stanica u Županji*

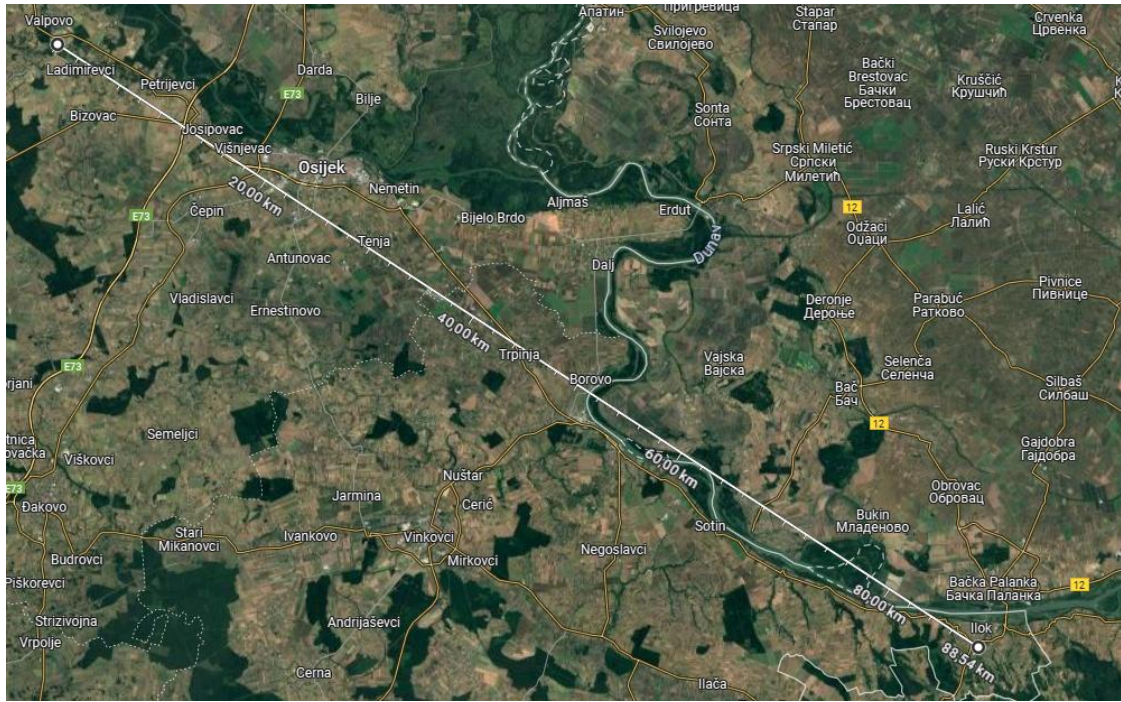


*Slika 4.3 Opis CROPOS stanice u Vukovaru (URL 19)*



*Slika 4.4 CROPOS stanica u Vukovaru*

Za mjesto postavljanja GNSS uređaja odabran je Ilok. Ilok je odabran jer su CROPOS stanice u Vukovaru i Županji „izolirane“ od ostatka mreže. Najbliža bliska stanica je u ovom slučaju u Bijeljini u Republici Srpskoj (Slika 3.3). Cilj je bio testirati funkcioniranje sustava u situaciji kada su obje stanice napadnute, jer najbliža stanica u Republici Hrvatskoj od Iloka je u ovom slučaju Valpovo koje je udaljeno 90-ak kilometara (Slika 4.5).



Slika 4.5 Udaljenost Iloka od Valpova (URL 20)

#### 4.1. PRETHODNA ISTRAŽIVANJA

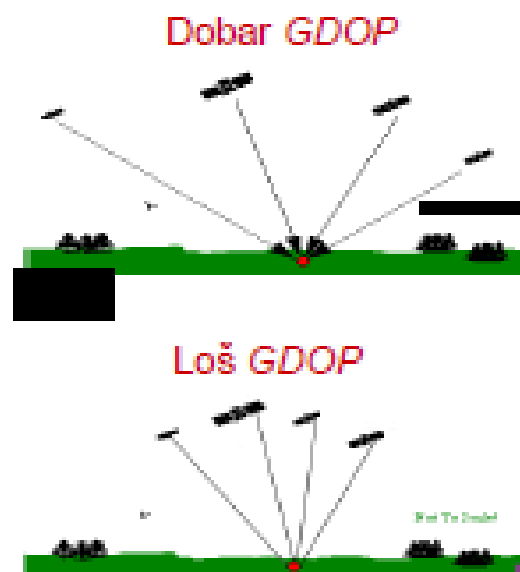
U pripremi izrade ovog diplomskog rada korištena su saznanja iz prethodnih diplomskih radova te znanstvenih članaka. Dora Hulina napisala je diplomski rad 2018. godine pod nazivom Ispitivanje utjecaja GNSS ometača gdje je ispitivan utjecaj dva ometača pojedinačno na mjerenja. Testirala se takozvana *black out* zona, odnosno na kojoj maksimalnoj udaljenosti pojedini ometač ima utjecaj na mjerenja te je zaključeno da manji ometač ima utjecaj na udaljenosti čak 300 metara od GNSS uređaja, dok veći ometač ima utjecaj na maksimalno 30 metara. Uz diplomski rad Huline, korišten je i diplomski rad Mije Gudelj (2023.) pod nazivom Testiranje rješenja za smanjenje utjecaja na prijem GNSS signala. Gudelj je testirala utjecaj dvaju ometača na GNSS uređaj Trimble R8 simultano. GNSS uređaj je bio statičan te su se dva ometača pomicala na različite udaljenosti i različite azimute, od GNSS uređaja. Zaključeno je da se domet ometanja većeg ometača povećava kada se simultano ometa s malim i velikim ometačem. Temeljem znanstvenog istraživanja Pavlovič-Prešeren i dr. (2021) znamo kako ometači imaju veći utjecaj na GNSS uređaj kada se nalaze iznad GNSS uređaja, odnosno na višim elevacijama, nego ispod GNSS uređaja te se stoga u sklopu ovog diplomskog rada ispitivao i utjecaj ometača na različitim elevacijama.

Iz prethodnih ispitivanja koja su provedena u prosincu 2024. u sklopu kolegija Satelitsko pozicioniranje – projekt, znamo da jamming utječe na SNR vrijednosti, DOP, vidljivost satelita i dr.

Omjer signala i šuma (engl. *Signal-to-Noise Ratio* – *SNR*) je omjer željene informacije ili snage signala i neželjenog signala, odnosno pozadinskog šuma. Uobičajeno se SNR vrijednosti izražavaju pomoću decibela (dB). Što je veća SNR vrijednost, signal je bolji, odnosno manje je

opterećen šumom (URL 21). Iz prethodnih istraživanja došli smo do saznanja da uključivanjem ometača SNR vrijednosti opadaju na GNSS prijemnicima, odnosno signal postaje opterećeniji šumom.

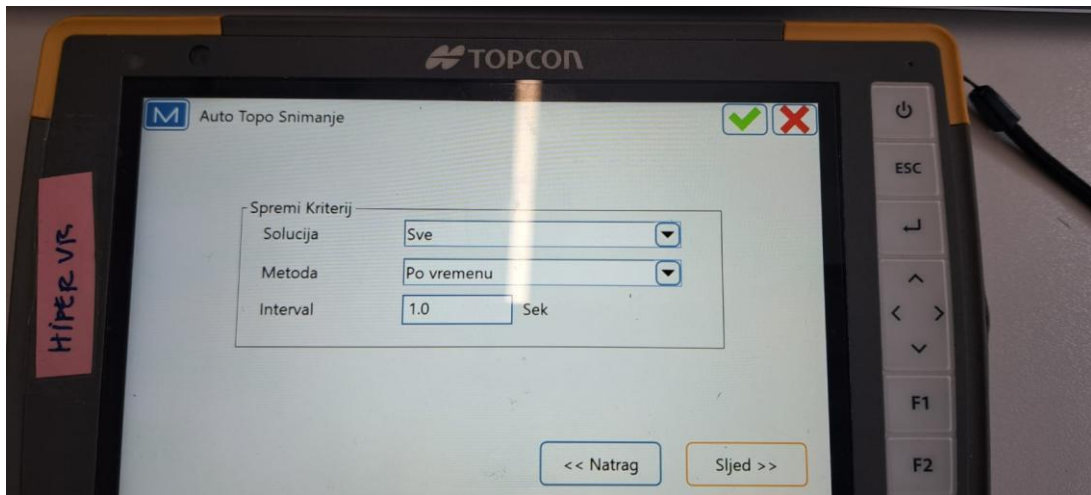
DOP (engl. *Dilution of Precision*) je skalarna veličina i pokazatelj kvalitete dobivenog rezultat koji je vezan uz geometriju satelita (Marendić, 2024.). Manja vrijednost DOP-a generalno predstavlja veću preciznost rezultata. Razlikuju se HDOP (horiozontalni DOP), VDOP (vertikalni DOP), TDOP (vremenski DOP, pogreška sata prijamnika), PDOP (prostorni DOP, 3D koordinate) i GDOP (geometrijski DOP). GDOP se koristi ako se traži procjena četiri parametra (3D koordinate i pogreške sata prijamnika), a on je obrnuto proporcionalan volumenu tetraedra kojeg čine jedinični vektori između antene prijemnika i opažanih satelita (Marendić, 2024.). Općenito je prihvaćeno da je geometrija povoljna ako je GDOP ispod 6. Što su sateliti više udaljeni jedni od drugih, odnosno „raštrkani“, GDOP je bolji (Slika 4.6).



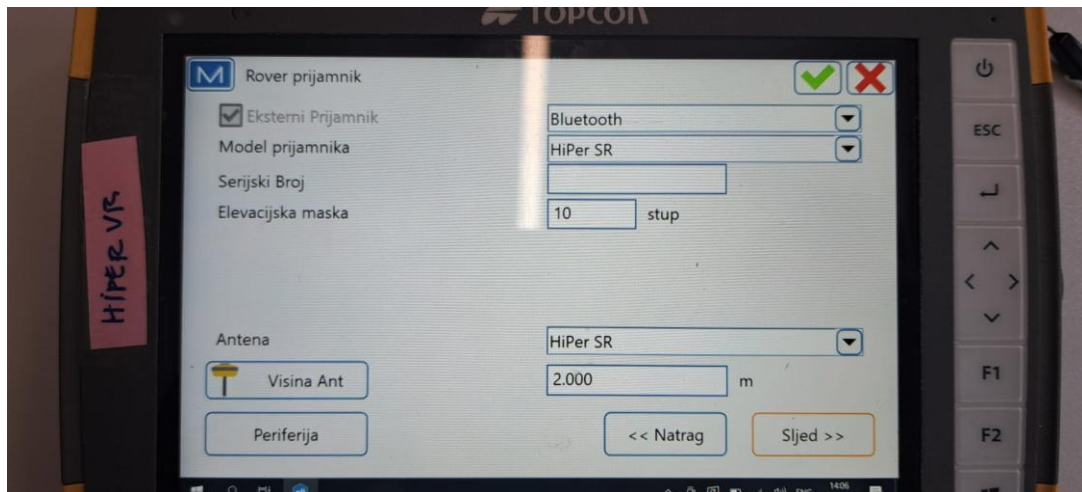
Slika 4.6 Primjer dobrog i lošeg GDOP-a (Marendić, 2024.)

## 4.2. PRIKUPLJANJE PODATAKA

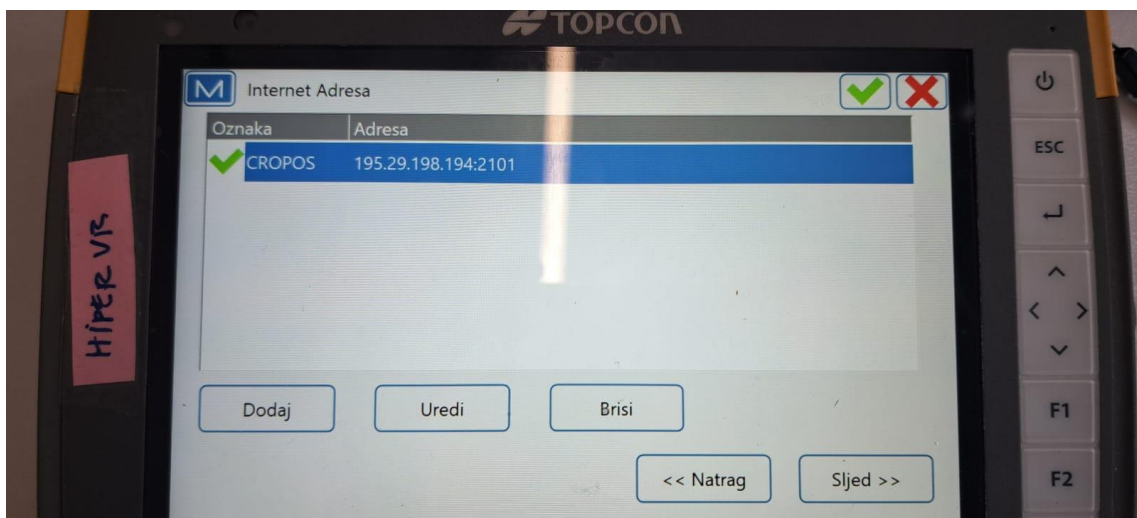
Podaci su prikupljeni na način da su korištena dva GNSS uređaja Topcon Hiper SR te FC5000 kontroler. GNSS uređaji su bili postavljeni nedaleko hotela Dunav u Iloku te ja na taj način stvoren trokut s dvije CROPOS stanice i GNSS uređajima (Slika 4.6). Korištena je RTK metoda s kontinuiranim topom kao tipom mjerenja. Unutar FC5000 kontrolera postavljen je interval pohrane od 1 sekunde (Slika 4.7). Visina antene postavljena je na 2 metra, a elevacijska maska na 10° (Slika 4.8). Za mrežno rješenje korištena je IP adresa 195.29.198.194:2101 gdje znamenka 2101 označava port (Slika 4.9), dok je za singlebased rješenje korištena IP adresa 195.29.198.184:2103 gdje znamenka 2103 također označava port. U mrežnom rješenju format podataka je RTCM 2.3 i RTCM 3.1, dok je u singlebased rješenju format RTCM 2.3 (URL 22). U singlebased rješenju GNSS prijemnik se spajao na CROPOS stanicu u Vukovaru.



Slika 4.7 Interval pohrane

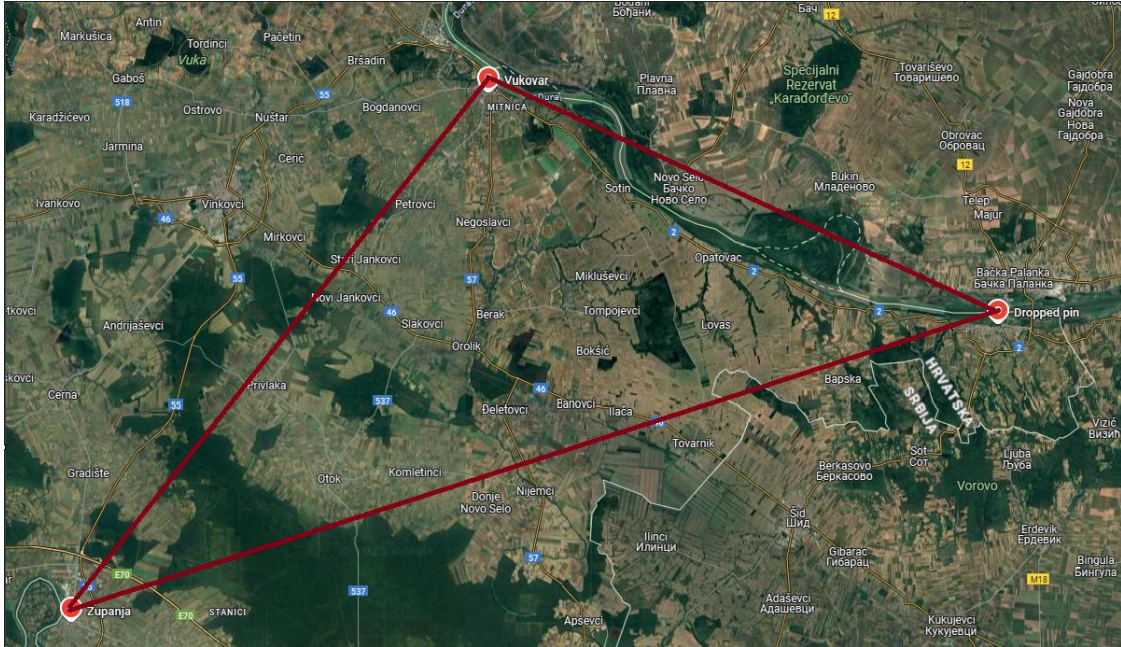


Slika 4.8 Visina antene i elevacijska maska



Slika 4.9 Mrežno rješenje IP adresa

Mjerenje je ukupno trajala dva sata i 30 minuta (Tablica 4.1). U tom periodu bilo je tri sesije ometanja po deset minuta. Svaka sesija ometanja se radila na različitim udaljenostima ometača od CROPOS stanica te na različitim elevacijama. Podaci s CROPOS stanica dobiveni su u .t02 formatu, a sa GNSS uređaja u .tps formatu koji su se kasnije konvertirali u RINEX format.



Slika 4.10 Trokut CROPOS stanica i GNSS uređaja (URL 20)

Tablica 4.1 Plan opažanja 20.5.2025.

| SESIJA | LOKALNO VRIJEME | OMETANJE   | UDALJENOST        |
|--------|-----------------|------------|-------------------|
| 1.     | 17:00 – 18:00   | NO JAMMING | -                 |
| 2.     | 18:00 – 18:10   | JAMMING    | do 20 m           |
| 3.     | 18:10 – 18:25   | NO JAMMING | -                 |
| 4.     | 18:25 – 18:35   | JAMMING    | do 100 m (visoko) |
| 5.     | 18:35 – 18:50   | NO JAMMING | -                 |
| 6.     | 18:50 – 19:00   | JAMMING    | do 100 m (nisko)  |
| 7.     | 19:00 – 19:30   | NO JAMMING | -                 |

Prva sesija ometanja radila se u Županji na udaljenosti od 17 metara od CROPOS stanice (Slika 4.11), a u Vukovaru na udaljenosti od 6,5 metara.



*Slika 4.11 Prva sesija ometanja u Županji*

Druga sesija ometanja radila se na udaljenostima od oko 80 metara (Slika 4.12 i 4.13) gdje su ometači bili iznad horizonta CROPOS stanica.



*Slika 4.12 Druga sesija ometanja u Županji*



*Slika 4.13 Druga sesija ometanja u Vukovaru, za ometačem asistent Petar Jelić*

Posljednja sesija ometanja radila se također na udaljenostima oko 80 metara od CROPOS stanica, ali su ometači bili ispod horizonta CROPOS stanica (Slika 4.14 i 4.15).



*Slika 4.14 Treća sesija ometanja u Županji*



*Slika 4.15 Treća sesija ometanja u Vukovaru*

### 4.3. KORŠITENI INSTRUMENTARIJ

Uz dva različita ometača korištena su i dva Topcon Hiper SR uređaja (Slika 4.16 i Tablica 4.2) te FC5000 kontroler.



*Slika 4.16 Topcon Hiper SR uređaji u Iloku*

*Tablica 4.2 Specifikacije Topcon Hiper SR uređaja (URL 23)*

|             |       |
|-------------|-------|
| Broj kanala | 226   |
| Memorija    | 2 GB  |
| Težina      | 850 g |

|                     |  |
|---------------------|--|
| Preciznost statike  | Hz: 3 mm + 0,4 ppm,<br>V: 5 mm + 0,6 ppm   |
| Preciznost RTK      | Hz: 10 mm + 0,8 ppm,<br>V: 15 mm + 1,0 ppm |
| Dimenzije           | 150 x 150 x 64 mm                          |
| Vrijeme rada        | do 20 sati                                 |
| Načini komunikacije | BLUETOOTH, Serial, USB                     |

Za potrebe ometanja korištena su dva različita ometača. Ometač koji je korišten u Županji sastoji se od pet antena (Slika 4.17). S dometom od 2 do 30 metara te dimenzijama 177,5 x 76,5 x 37,5 mm svrstava se u SMA vrstu ometača jer ima ugrađenu bateriju za napajanje. Osim što ometa GPS, GLONASS i WiFi signal, ometa i LoJack signal koji koristi policija za praćenje vozila. Tablica 4.3 prikazuje ostale karakteristike ovog ometača.



*Slika 4.17 Ometač korišten u Županji*

Tablica 4.3 Specifikacije ometača korištenog u Županji (Hulina, 2018.)

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Ukupna izlazna snaga | do 4,2 W               |
| Napajanje            | AC 100-240 V i DC 12 V |
| Dimenzije            | 177,5 x 76,5 x 37,5    |
| Masa                 | 1,2 kg                 |
| Tip priključka       | SMA                    |
| Snaga baterije       | 8000 mAh               |
| Radna temperatura    | -20°C - +50°C          |
| Radijus ometanja     | 2 – 30 m               |
| Antene               | 5x2,5 dbm              |
| Radne frekvencije    |                        |
| LoJack               | 173 MHz                |
| GLONASS, GPS L2      | 1220 – 1260 MHz        |
| GPS L3 i L4          | 1370-1380 MHz          |
| GLONASS, GPS L1      | 1570 – 1620 MHz        |
| GPS L5               | 1170 – 1180 MHz        |
| WIFI                 | 2400 – 2500 MHz        |

Ometač koji je korišten u Vukovaru (Slika 4.18) je nešto noviji od ometača korištenog u Županji te ima čak deset antena koje se na njega mogu postaviti. Radijus je nešto manji od prethodnog ometača, ali sa većom snagom antena. Kao i prethodni ometač, može se koristiti i s punjačem za automobil. Također ima i DIP prekidač pomoću kojega može upaliti ili ugasi bilo koji pojas signala, a da ne utječe na ostale pojase. Ostale karakteristike ovog ometača prikazane se u Tablici 4.4.



Slika 4.18 Ometač korišten u Vukovaru (URL 24)

Tablica 4.4 Specifikacije ometača korištenog u Vukovaru (URL 24)

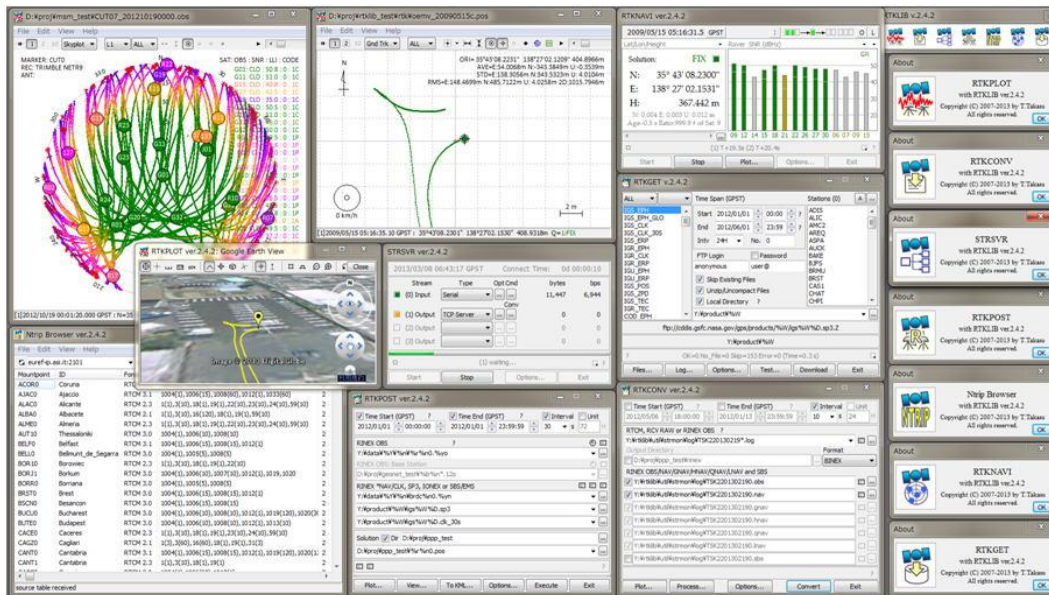
|                        |  |
|------------------------|--|
| Vrste signala ometanja | 2G/3G/4G + WiFi, GPS, LoJack                         |
| Radijus ometanja       | 2 – 20 m   |
| Dimenzije              | 160 x 83 x 46 mm                                     |
| Sustav rashlađivanja   | Ugrađeni ventilator, radijator od aluminijske legure |
| Antene                 | 10 (7 W snage, 75dBm)                                |
| Snaga baterije         | 7 V / 8000 mAh                                       |

#### 4.4. SOFTVER I PODACI

Podaci koji su prikupljeni se dobivaju u dva formata: .tps formatu kod TOPCON Hiper SR GNSS uređaja te .t02 formatu koji se dobiva sa ometanih CROPOS stanica.

Topconov .tps format koristi se isključivo u Topconovim GNSS uređajima za pohranjivanje sirovih podataka opažanja. Kako bi se ti podaci mogli koristiti u drugim softverima konvertiraju se u RINEX format (engl. *Receiver Independent Exchange Format*). Konverzija se može raditi pomoću tps2rin konvertera čije usluge pruža sam Topcon (URL 25). Osim .tps datoteka, GNSS uređaji daju i .txt datoteke koje su sadržavale podatke kao što su datum, vrijeme, N, E i h koordinate, sve vrste DOP-ova, HRMS, VRMS, broj vidljivih satelita i ostalo (Slika 4.19).





Slika 4.20 RTKLIB (URL 26)

## 5. REZULTATI

### 5.1. REZULTATI OMETANJA CROPOS STANICA

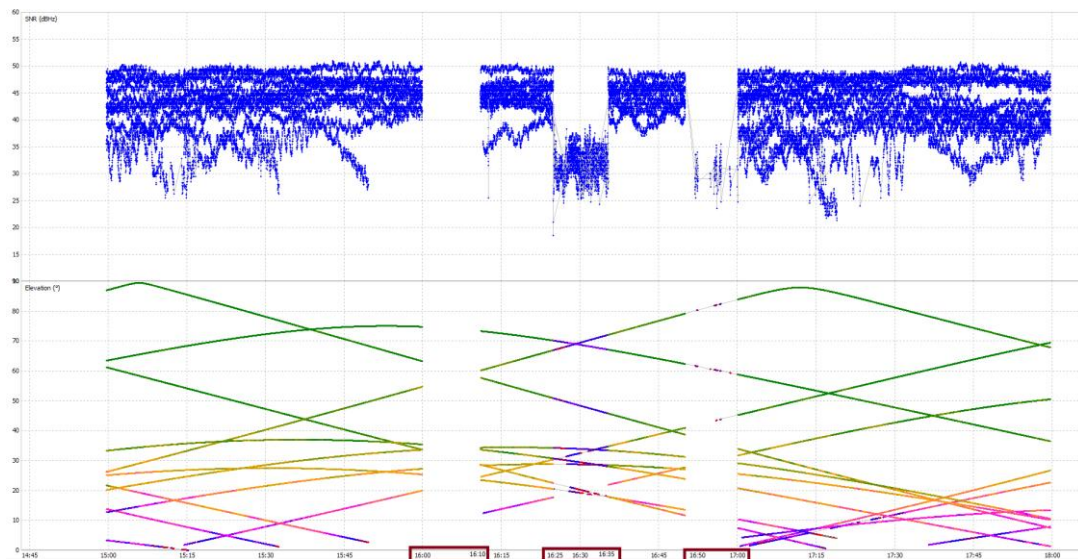
#### 5.1.1 Vukovar

Na slikama 5.1, 5.2 i 5.3 vidljivo je kako su GPS sateliti na L1 i L2 frekvencijama u potpunosti bili nedostupni prilikom ometanja na kratkoj udaljenosti od 6,5 m, dok su na L5 frekvenciji bili vidljivi samo sateliti s najvišim elevacijama. Prilikom ometanja SNR vrijednosti su znatno opale što se može bolje vidjeti na slici 5.3 gdje su vidljiva tri satelita prilikom ometanja na 6,5 metara, ali su im SNR vrijednosti spale sa 60-ak dB na 30-ak dB. Broj vidljivih satelita u prvoj sesiji ometanja prikazan je također na slici 5.4.

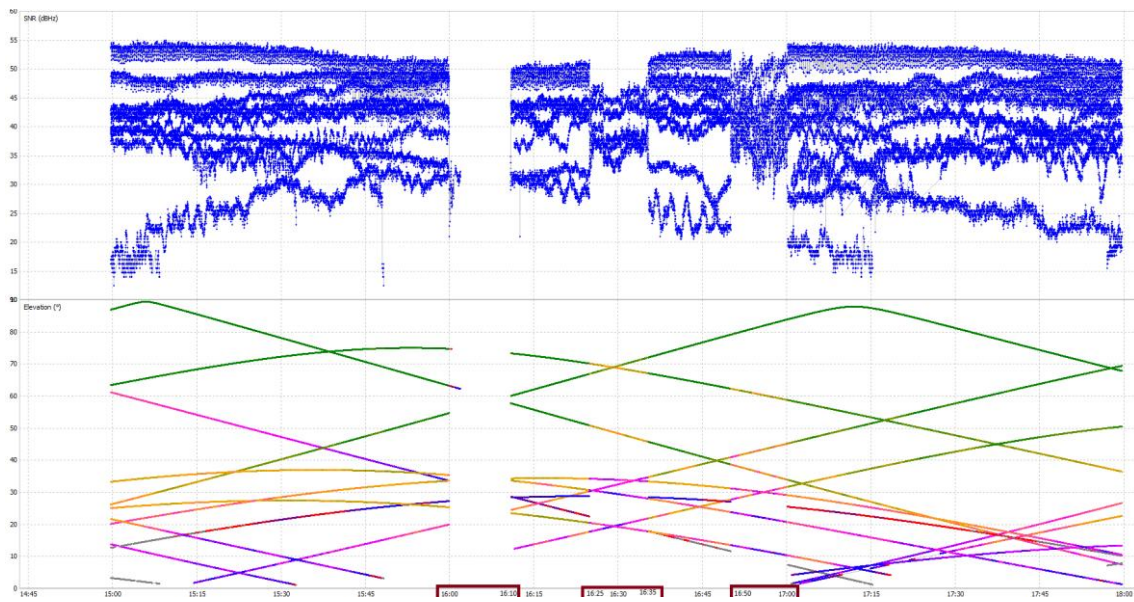
Na sva tri nosača prilikom ometanja na visokoj točki na 80 metara udaljenosti broj vidljivih satelita nije značajno opao, ali su SNR vrijednosti značajno opale na L1 i L2 nosaču, dok na L5 nosaču SNR vrijednosti nisu značajno opale (Slika 5.1, 5.2, 5.3 i 5.5).

Prilikom ometanja na niskoj točki na 80 metara udaljenosti na L1 nosaču ostali su vidljivi samo sateliti s najvišim elevacijama te su SNR vrijednosti s prethodnih 50-ak dBHz pale na 30-ak dBHz. Šum na L2 i L5 nosačima se povećao što se vidi u malim varijacijama SNR vrijednosti, ali broj vidljivih satelita nije značajno opao kao kod L1 nosača (Slika 5.1, 5.2, 5.3 i 5.6). Zanimljivo je primijetiti sa slike 5.3 kako su se SNR vrijednosti oporavile tek 30 minuta nakon ometanja na niskoj točki na 80 metara. Očekivali smo da će CROPOS stanica na niskoj udaljenoj točki bolje reagirati na ometanje od visoke udaljene točke jer se ometač nalazio ispod horizonta CROPOS stanice, ali se to nije dogodilo jer je CROPOS stanica slično reagirala u ta dva slučaja.

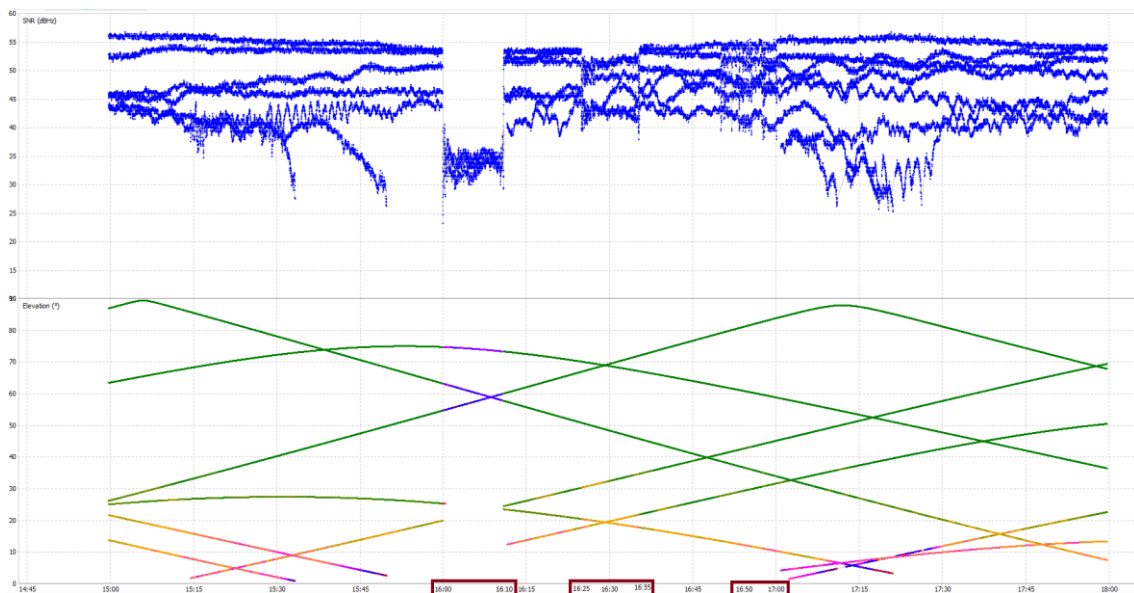
L2 i L5 nosači GPS signala su bolje reagirali na ometanje od L1 nosača. L5 nosač je noviji signal za civilnu upotrebu koji je otporniji na ometanja od L1 nosača koji se također koristi za civilnu upotrebu. L2 nosač koriste uglavnom vojske pa je zato on i zaštićeniji.



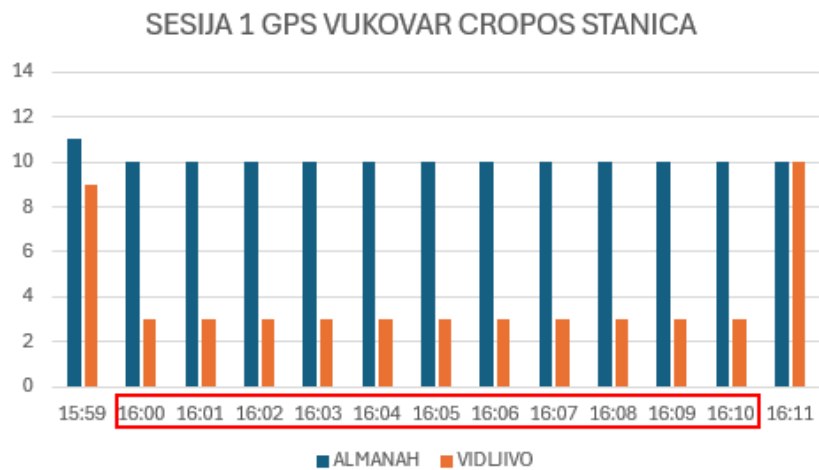
Slika 5.1 SNR i elevacije satelita za L1/L1C GPS signal u Vukovaru



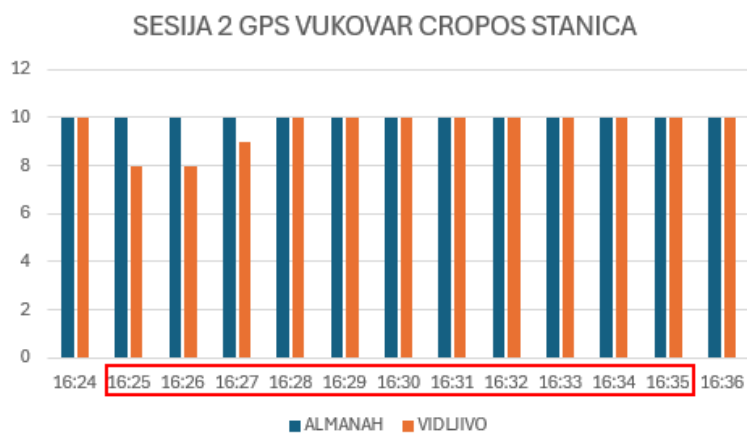
*Slika 5.2 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Vukovaru*



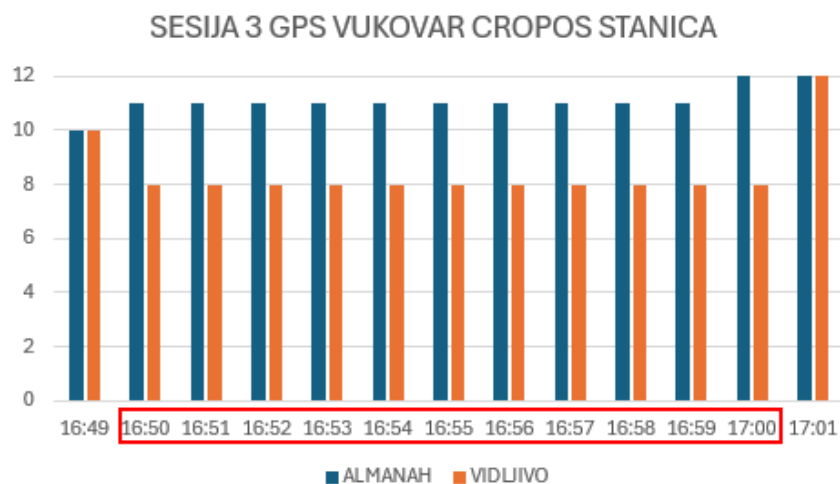
*Slika 5.3 SNR i elevacije satelita za L5 GPS signal u Vukovaru*



Slika 5.4 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja



Slika 5.5 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja



Slika 5.6 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja

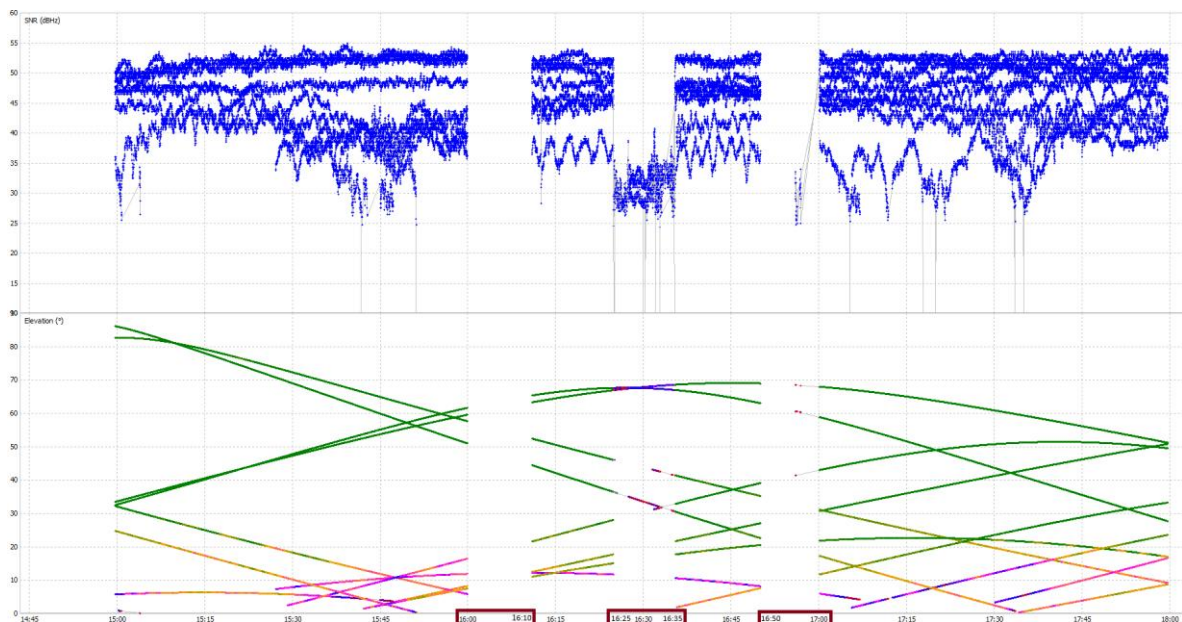
Usporedbom kako su reagirali GPS i GLONASS u Vukovaru tijekom ometanja, možemo vidjeti da su GLONASS sateliti bili manje otporni na ometanje.

Kao i kod GPS-a, na kratkoj udaljenosti ometač je u potpunosti onеспособio dotada vidljive satelite na oba nosača (Slika 5.7, 5.8 i 5.9). Može se primijetiti kako su i na L1 i na L2 nosaču SNR vrijednosti uvelike varirale i prije samog ometanja jer su se protezale od 25 do 55 dBHz.

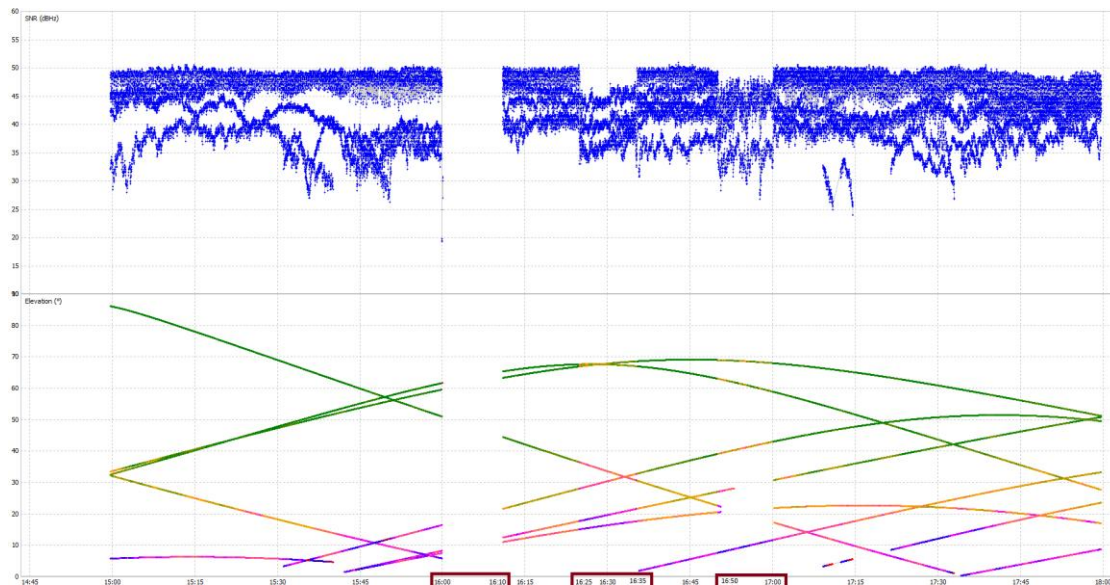
Na visokoj točki na udaljenosti od 80 metara na L1 nosaču ostali su vidljivi samo sateliti visokih elevacija te su njihove SNR vrijednosti opale sa iznad 45 na ispod 35 dBHz (Slika 5.7). L2 nosač je bolje reagirao na ometanje u ovom slučaju jer broj vidljivih satelita nije značajno opao te SNR vrijednosti nisu toliko varirale kao kod L1 nosača (Slika 5.8 i 5.10).

U trećoj sesiji ometanja, na niskoj točki na udaljenosti oko 80 metara, na L1 nosaču bili su kratko vidljiva samo tri satelita s najvišim elevacijama čije su SNR vrijednosti opale na svega 25 dBHz (Slika 5.7). L2 nosač je ponovno bolje reagirao od L1 nosača jer je broj vidljivih satelita manje opao te su SNR vrijednosti varirale od 30 do 50 dBHz (Slika 5.8 i 5.11).

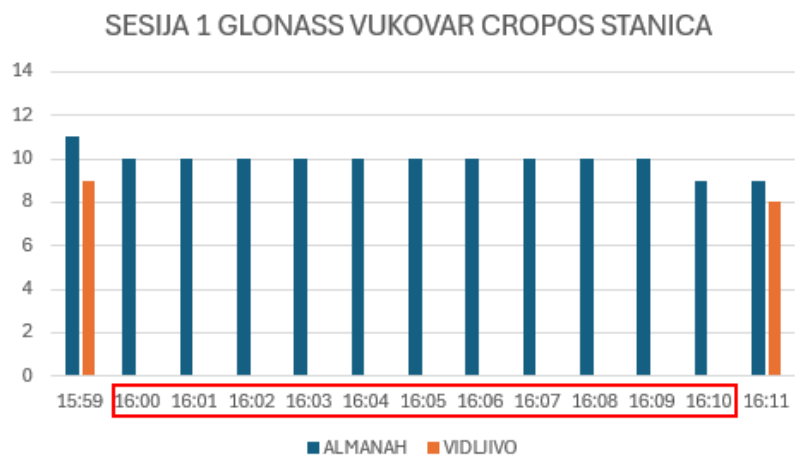
Kao i kod GPS L5 nosača na L1 GLONASS nosaču SNR vrijednosti su se počele oporavljati tek 45 minuta nakon posljednje sesije ometanja (Slika 5.7).



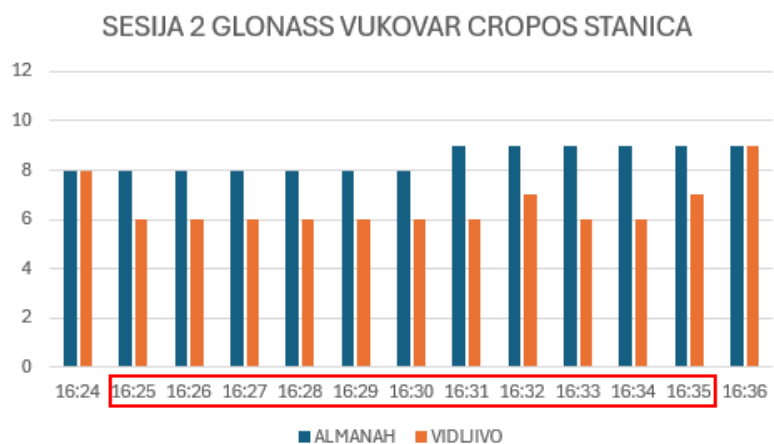
Slika 5.7 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Vukovaru



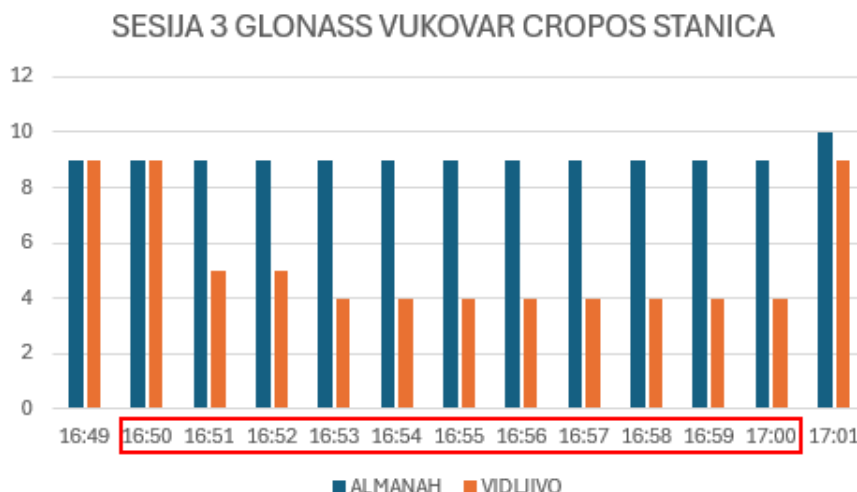
Slika 5.8 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Vukovaru



Slika 5.9 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja



Slika 5.10 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja



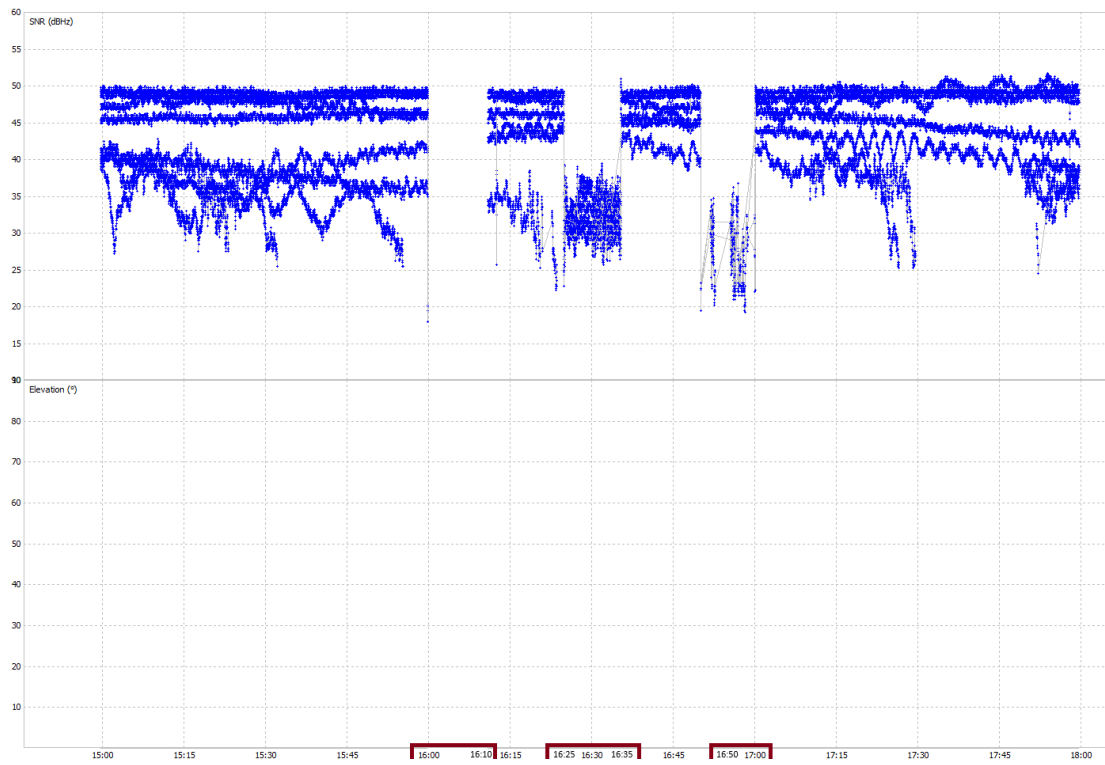
*Slika 5.11 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja*

Unutar RTKLIB-a nisu se prikazivale elevacije GALILEO satelita, ali su bile vidljive SNR vrijednosti što nam je bitan pokazatelj kako su reagirali GALILEO sateliti na ometanje.

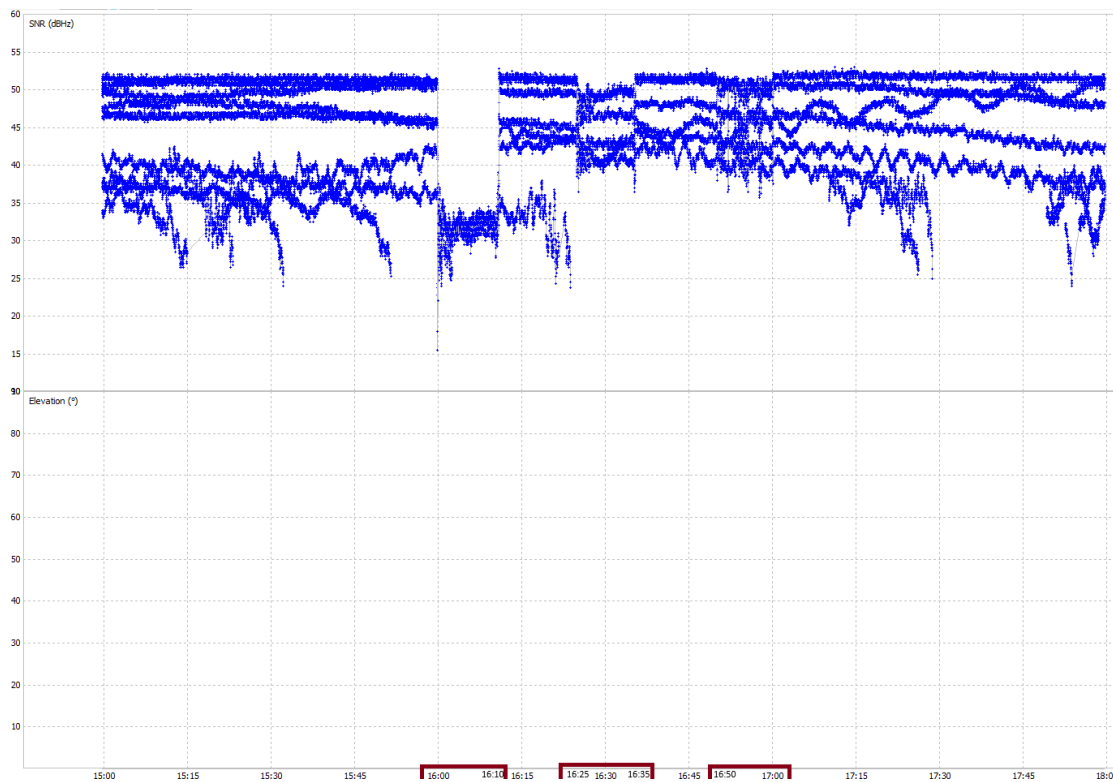
U prvoj sesiji ometanja na L1 GALILEO nosaču nije bio vidljivi niti jedan satelit, dok je na L5 nosaču bilo vidljivo nekoliko satelita ali su im SNR vrijednosti opadale sa 50-ak do čak 15 dBHz (Slika 5.12, 5.13 i 5.14). Vrijedi napomenuti kako su neki GALILEO sateliti imali niske SNR vrijednosti i prije ometanja kao i GLONASS sateliti.

U drugoj sesiji ometanja kao i kod GPS-a L5 nosač je bolje reagirao od L1 nosača. Na L1 nosaču su SNR vrijednosti opadale za i više od 10 dBHz, dok su na L5 nosaču SNR vrijednosti prilikom ometanja bile bolje čak i od sesije koja je prethodila drugom ometanju (Slika 5.12 i 5.13). Broj vidljivih satelita bio je veći nego kod prve sesije ometanja (Slika 5.15).

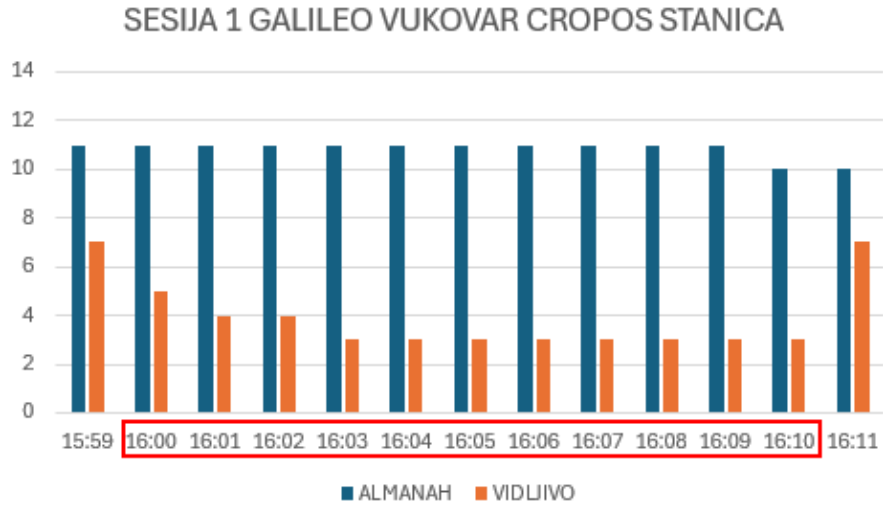
Prilikom treće sesije ometanja sateliti na L1 nosaču su reagirali još gore nego u drugoj sesiji ometanja te su SNR vrijednosti opadale čak i ispod 20 dBHz. SNR vrijednosti na L5 nosaču u ovom slučaju nisu uvelike pogođene, odnosno L5 nosač je najbolje reagirao na ometanje na niskoj udaljenoj točki (Slika 5.12 i 5.13). Broj vidljivih satelita se nije uvelike razlikovao od druge sesije ometanja (Slika 5.16).



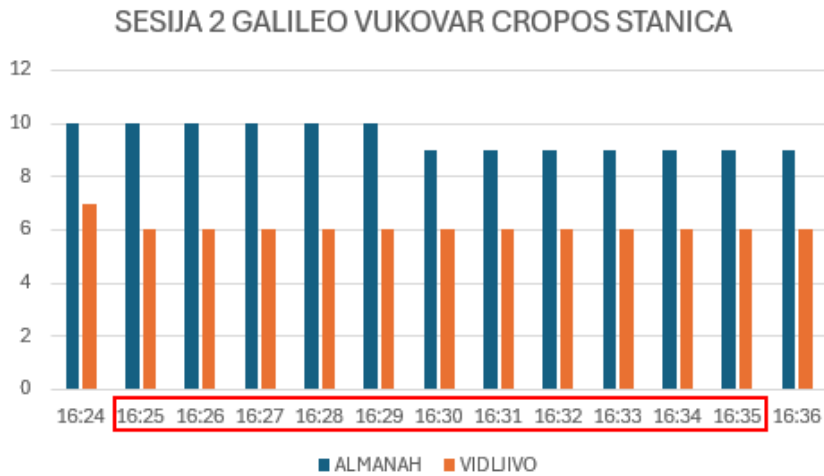
*Slika 5.12 SNR vrijednosti za L1 GALILEO signal u Vukovaru*



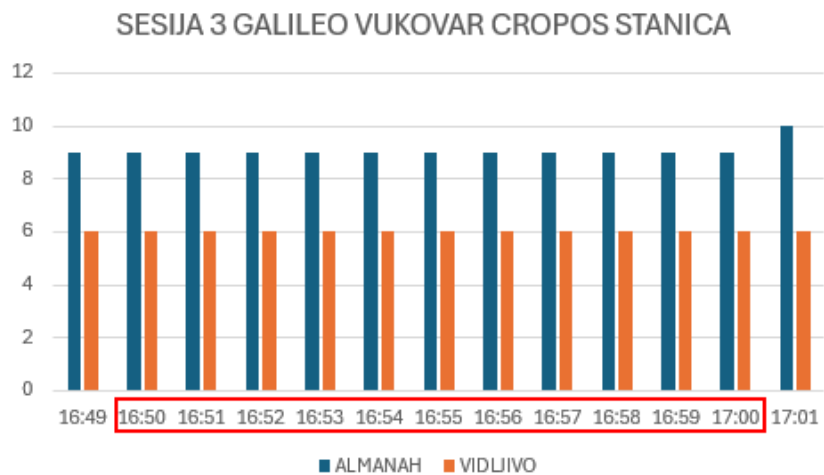
*Slika 5.13 SNR vrijednosti za L5 GALILEO signal u Vukovaru*



Slika 5.14 Broj vidljivih GALILEO satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja

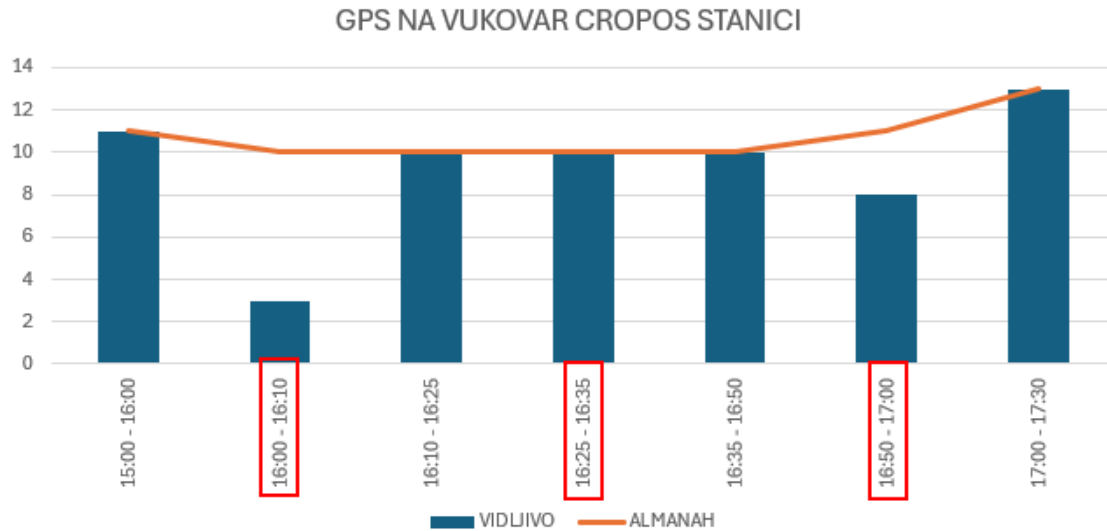


Slika 5.15 Broj vidljivih GALILEO satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja

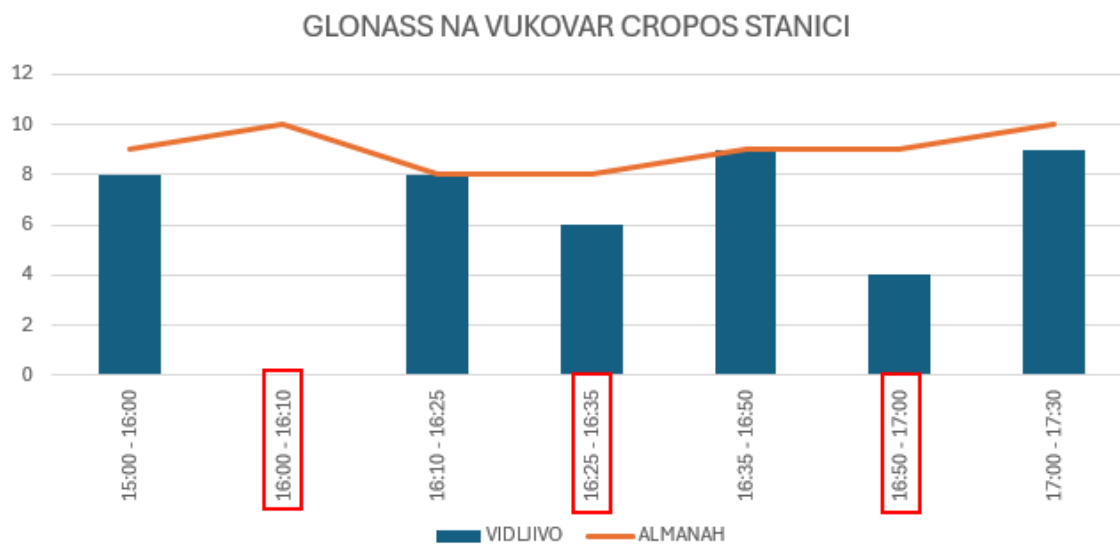


Slika 5.16 Broj vidljivih GALILEO satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja

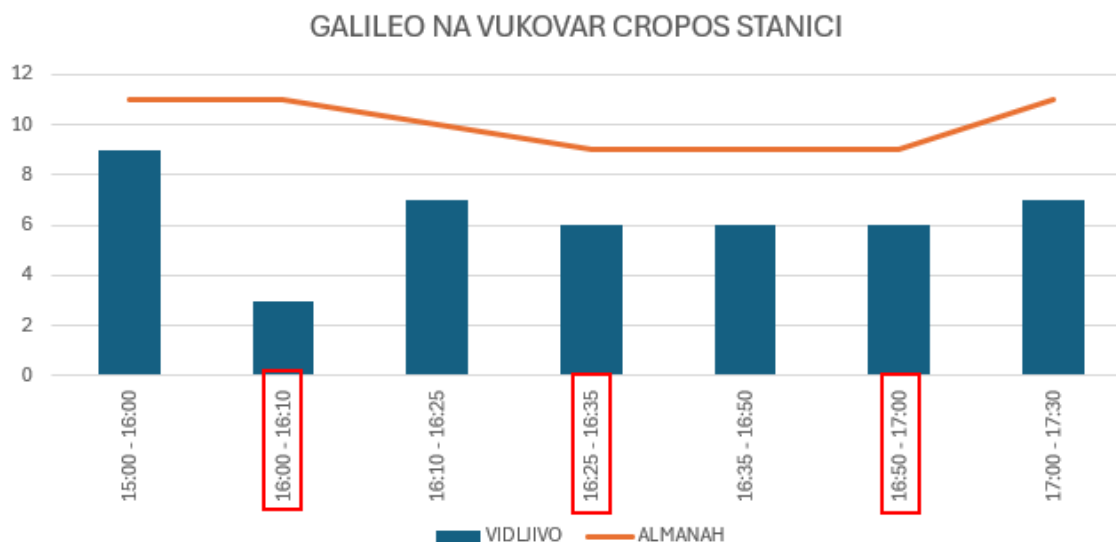
U većini slučajeva broj vidljivih satelita prilikom ometanja bio je manji nego broj satelita po almanahu. Može se primijetiti da je između GPS-a, GLONASS-a i GALILEO-a, na ometanja najbolje reagirao GALILEO što se tiče broj satelita jer broj vidljivih satelita nije značajno opao prilikom ometanja na većim udaljenostima s obzirom na sesije prije gdje nije bilo ometanja (Slika 5.17, 5.18 i 5.19).



Slika 5.17 Usporedba broja vidljivih GPS satelita i almanaha u Vukovaru



Slika 5.18 Usporedba broja vidljivih GLONASS satelita i almanaha u Vukovaru



Slika 5.19 Usporedba broja vidljivih GALILEO satelita i almanaha u Vukovaru

Prilikom ometanja u Vukovaru su se pojavile poneke anomalije s obzirom na saznanja iz prethodnih istraživanja. Primjećuje se kako se ometanje na niskoj udaljenoj točki nije uvelike razlikovalo od ometanja na visokoj udaljenoj točki, odnosno CROPOS stanica je slično reagirala na ova dva ometanja, iako smo u istraživanje išli s pretpostavkom da će ometač imati manji utjecaj ispod horizonta CROPOS antene.

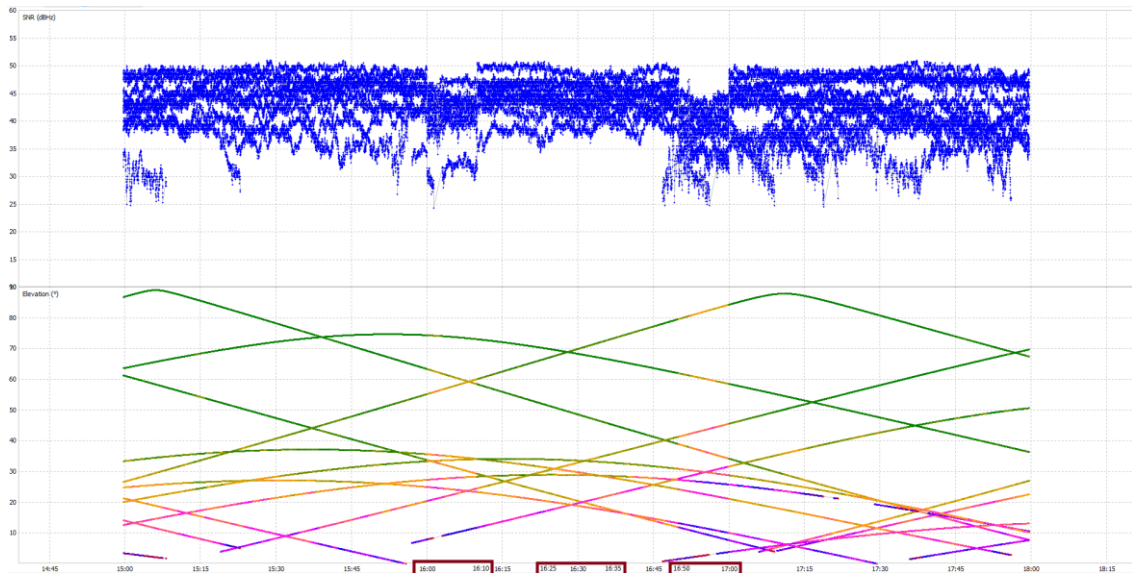
### 5.1.2 Županja

U Županji je korišten nešto slabiji ometač nego u Vukovaru što je rezultiralo većom otpornošću CROPOS stanice na ometanja. Kao i u Vukovaru, na nekim nosačima SNR vrijednosti bile su niske i prije samog ometanja.

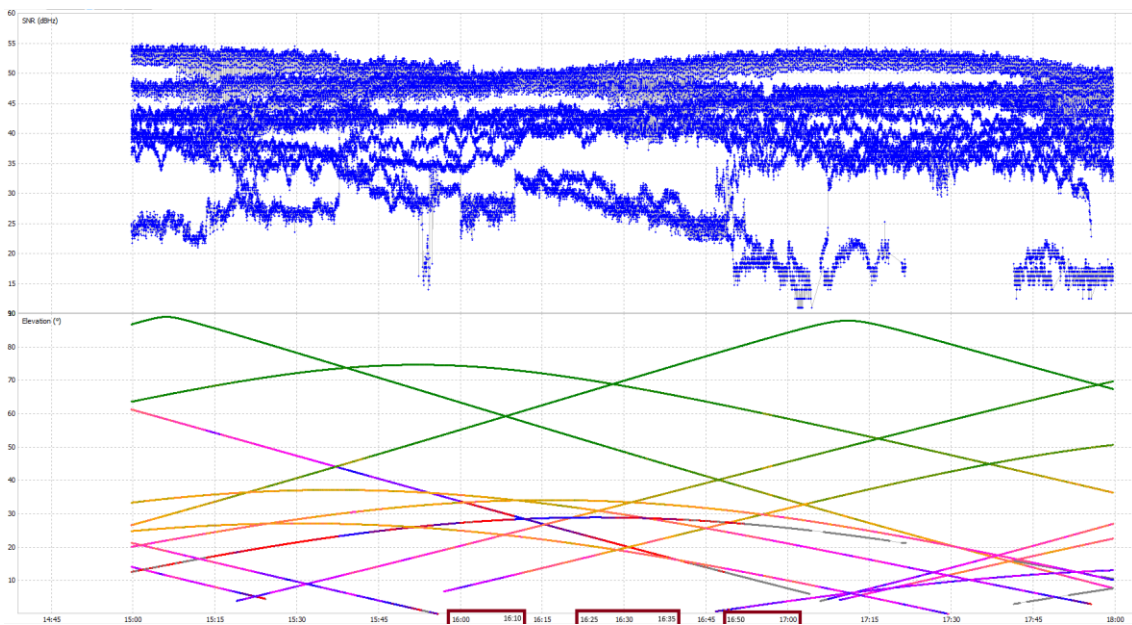
Prilikom ometanja na kratkoj udaljenosti na GPS L1 i L2 nosaču došlo je do nešto manjih variranja SNR vrijednosti, dok su kod L5 nosača SNR vrijednosti visokih satelita opadale sa 60-ak na 40-ak dBHz (Slika 5.20, 5.21 i 5.22). Broj vidljivih satelita nije uopće opadao s obzirom na almanah (Slika 5.23).

Tijekom druge sesije ometanja L1 i L5 nosači su u potpunosti bili otporni na ometanje te im SNR vrijednosti nisu varirale s obzirom na prethodnu sesiju u kojoj nije bilo ometanja (Slika 5.20 i 5.22). L2 nosač je nešto lošije reagirao sa većim varijacijama u SNR vrijednostima, ali samo kod satelita niskih elevacija (Slika 5.21). Broj vidljivih satelita, kao i kod prve sesije, nije opadao s obzirom na almanah (Slika 5.24).

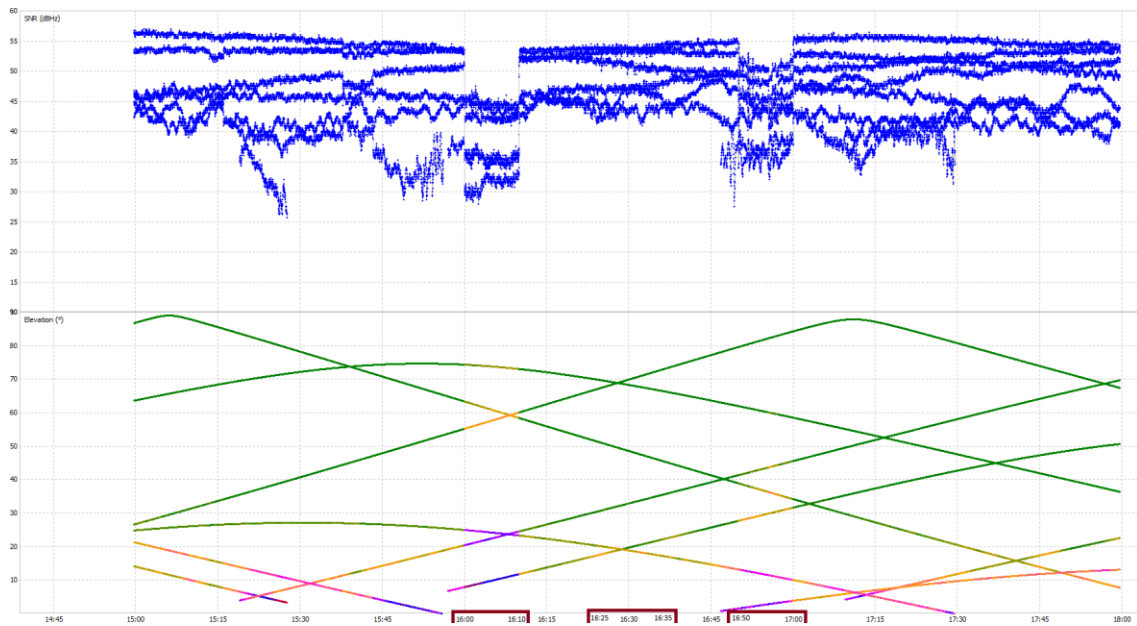
U posljednjoj sesiji ometanja SNR vrijednosti kod L1 i L5 nosača su varirale kao i u prvoj sesiji ometanja (Slika 5.20 i 5.22). Najviše je opet bio pogođen nosač L2 jer su u trećoj sesiji ometanja SNR vrijednosti niskih satelita dosegle vrijednosti čak ispod 15 dBHz (Slika 5.21). Zanimljivo je za primijetiti kako su SNR vrijednosti na L2 nosaču počele opet opadati oko 17 sati i 45 minuta po UTC vremenu kada nije bilo ometanja. Na L5 nosaču je ponovno bilo potrebno nekakvih 30-ak minuta da se SNR vrijednosti unormale kao i u Vukovaru. Broj vidljivih satelita, kao i u dvije prethodne sesije ometanja, nije opadao s obzirom na almanah (Slika 5.25).



*Slika 5.20 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Županji*

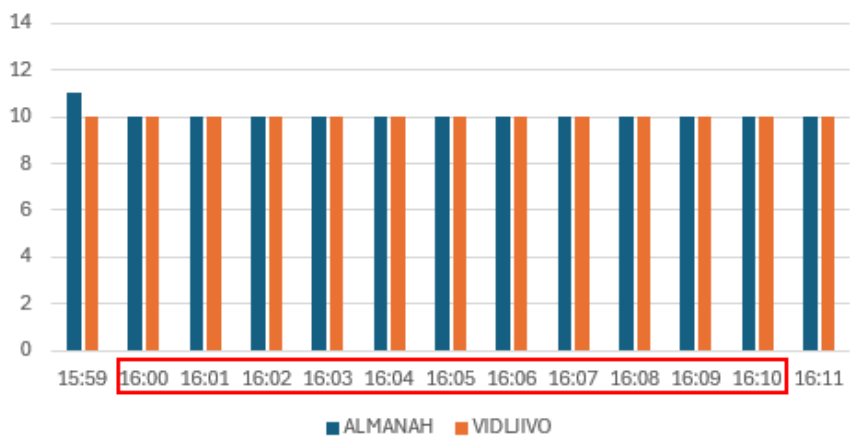


*Slika 5.21 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Županji*

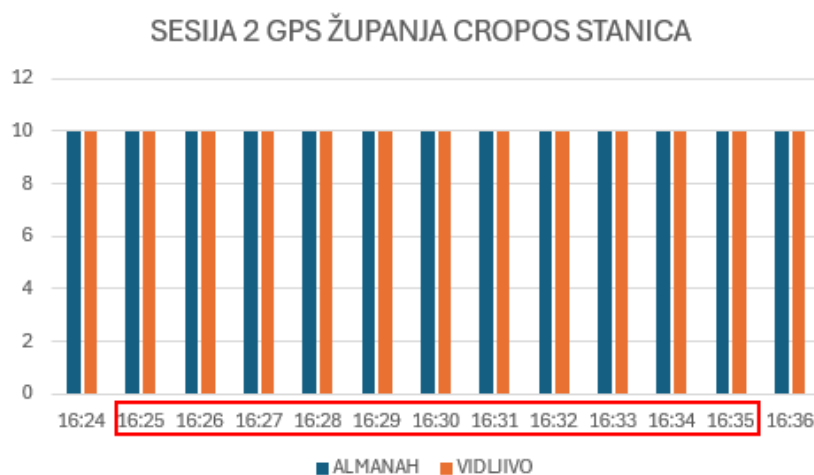


Slika 5.22 SNR i elevacije satelita za L5 GPS signal u Županji

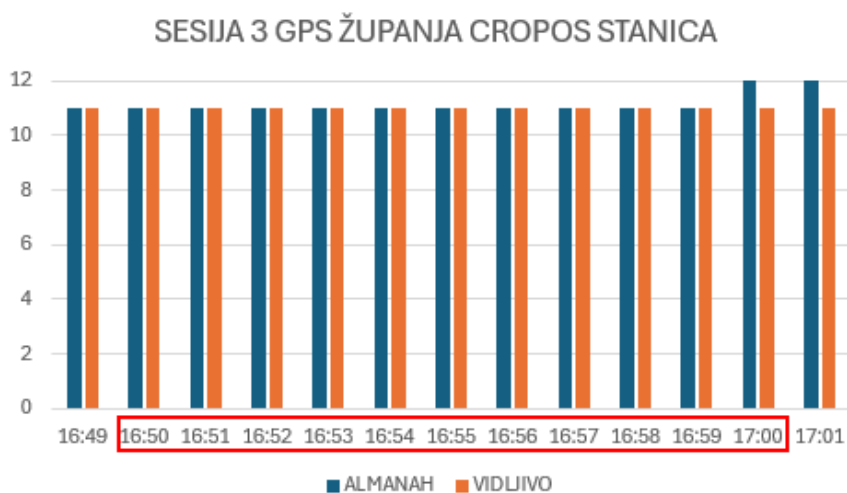
### SESIJA 1 GPS ŽUPANJA CROPOS STANICA



Slika 5.23 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja



Slika 5.24 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja



Slika 5.25 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja

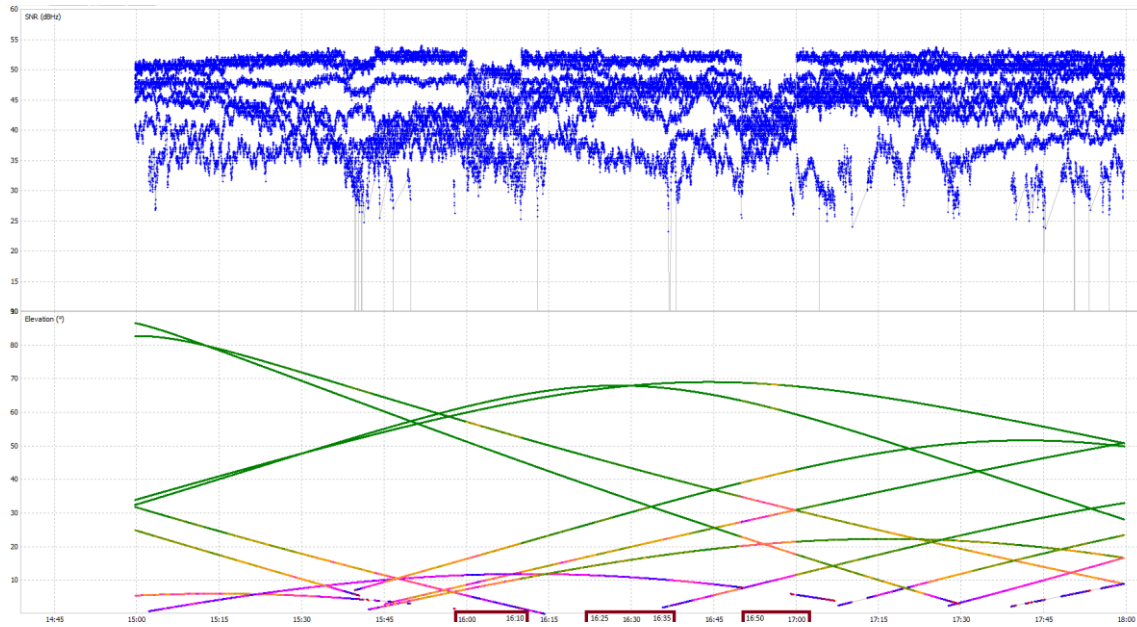
GLONASS je u ovom slučaju nešto bolje reagirao nego GPS jer SNR vrijednosti nisu toliko varirale kao kod GPS-a. Također je ovdje GLONASS bolje reagirao na ometanja nego u Vukovaru.

U prvoj sesiji ometanja, SNR vrijednosti nisu uvelike varirale na oba nosača s obzirom na sesiju prije ometanja te su se kretale između 55 i 25 dBHz s obzirom na elevacije satelita (Slika 5.26 i 5.27). Broj vidljivih satelita, kao i kod GPS-a, nije opadao u prvoj sesiji ometanja s obzirom na almanah (Slika 5.28).

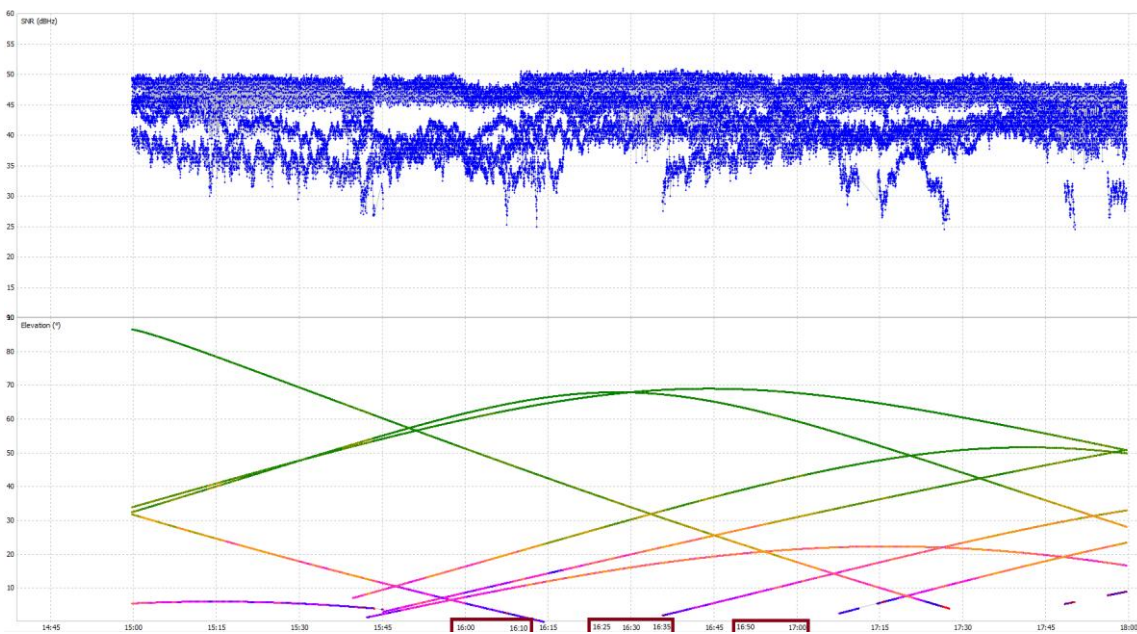
Tijekom druge sesije ometanja, L1 nosač je nešto lošije reagirao od L2 nosača. SNR vrijednosti na L1 nosaču su više varirale nego na L2 nosaču, ali se može primijetiti kako su SNR vrijednosti niskih satelita na oba nosača bile bolje od prethodne sesije u kojoj nije bilo ometanja (Slika 5.26 i 5.27). Broj vidljivih satelita ponovno je bio sličan broju vidljivih satelita po almanahu (Slika 5.29).

Naposljetku, u trećoj sesiji ometanja, SNR vrijednosti visokih satelita na L1 nosaču su opadale sa 55 dBHz na 45 dBHz, dok SNR vrijednosti niskih satelita nisu varirale s obzirom na sesiju

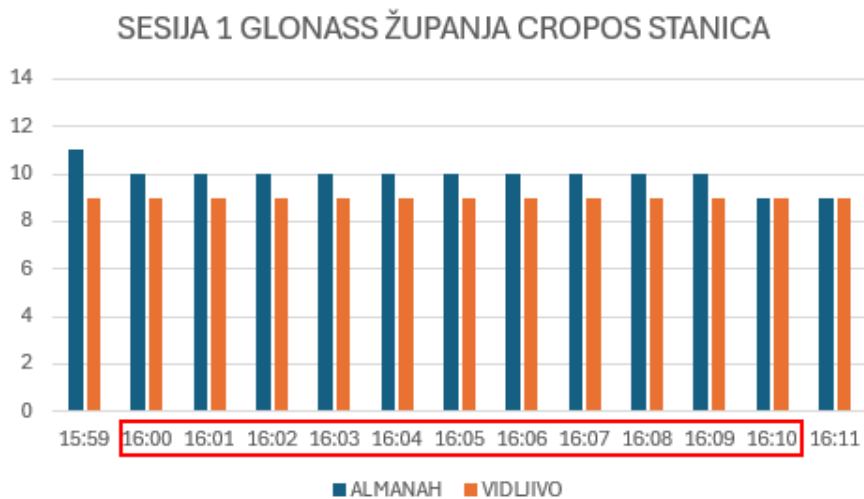
prije ometanja (Slika 5.26). L2 nosač je ponovno dobro reagirao te su mu SNR vrijednosti opet bile veće prilikom ometanja nego u sesiji prije gdje nije bilo ometanja, ali se može primijetiti kako su nakon ometanja SNR vrijednosti niskih satelita ponovno opale (Slika 5.27). Kao i u prve dvije sesije ometanja, broj vidljivih satelita nije značajno opao s obzirom na almanah (Slika 5.30).



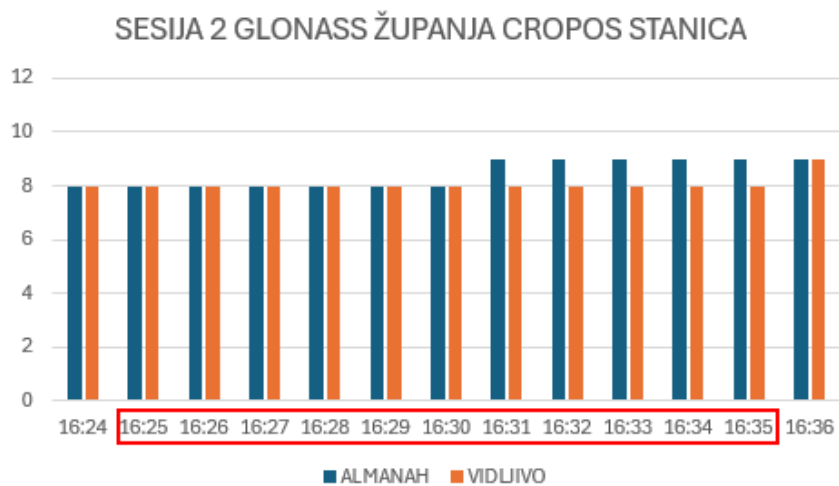
*Slika 5.26 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Županji*



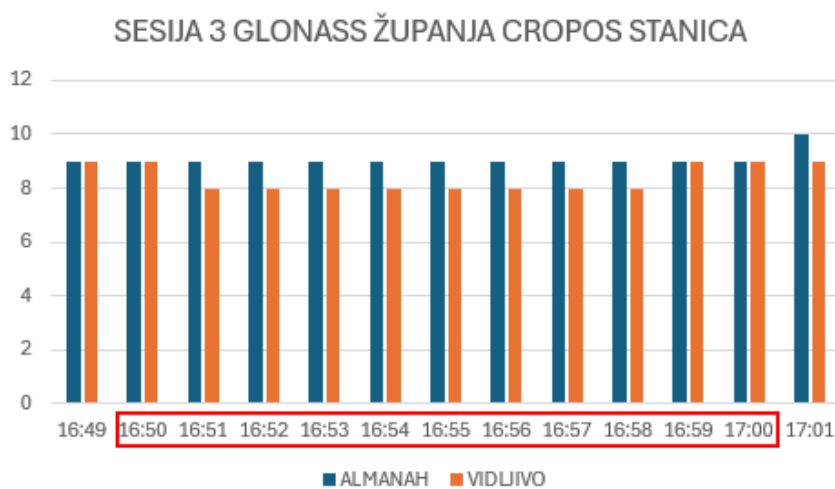
*Slika 5.27 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Županji*



Slika 5.28 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja



Slika 5.29 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja



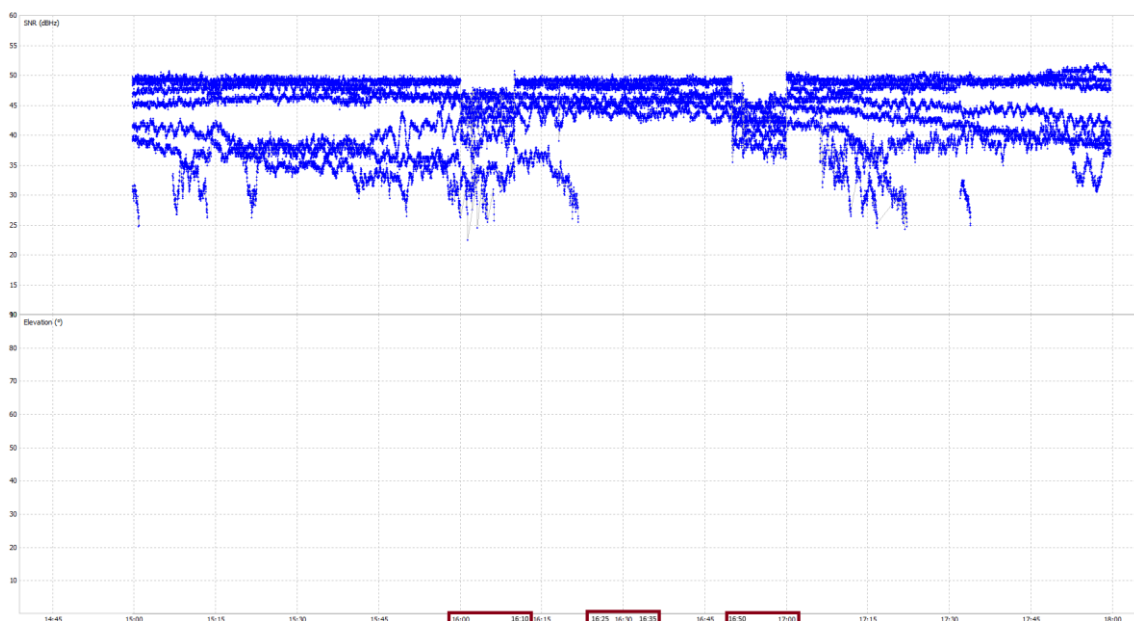
Slika 5.30 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja

Kao i na CROPOS stanici u Vukovaru, u Županji se također unutar RTKLIB-a nisu prikazivale elevacije vidljivih satelita, ali su bile vidljive SNR vrijednosti.

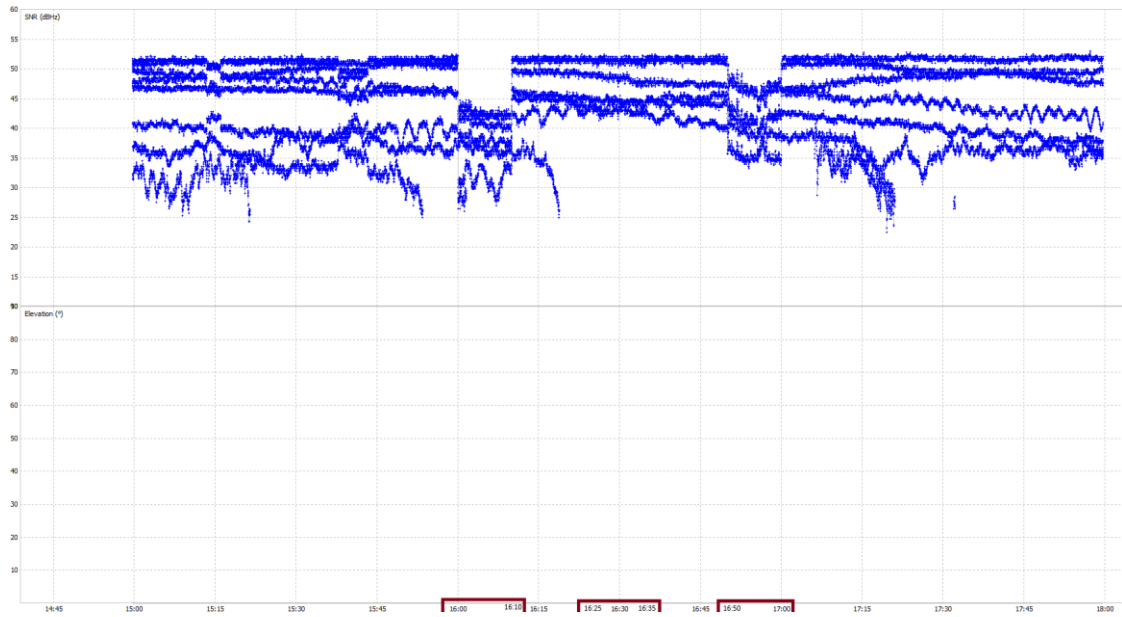
U prvoj sesiji ometanja, SNR vrijednosti na L1 nosaču nisu značajno opadale s obzirom na sesije prije ometanja (Slika 5.31), ali su SNR vrijednosti visokih satelita na L5 nosaču opale sa 50-ak na 40-ak dBHz (Slika 5.32). Broj vidljivih satelita je bio nešto manji od almanaha za razliku od GPS-a i GLONASS-a (Slika 5.33).

Tijekom ometanja na udaljenoj visokoj točki SNR vrijednosti na L1 i L5 nosaču nisu uopće opadale s obzirom na sesije prije ometanja iz čega bi netko zaključio da ometač uopće nije bio upaljen, što nije bio slučaj (Slika 5.31 i 5.32). Utjecaj ometača se može vidjeti iz slike 5.34 jer je broj vidljivih satelita opao za skoro pola s obzirom na almanah.

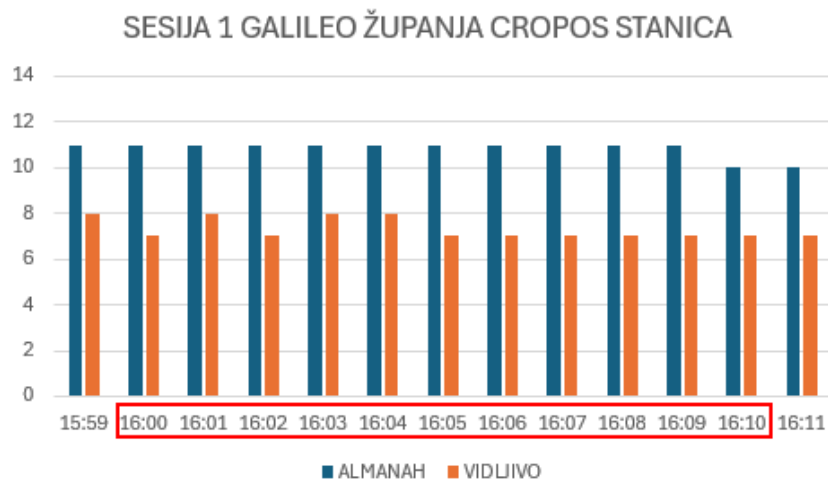
Naposljetku, tijekom posljednje sesije ometanja, SNR vrijednosti visokih satelita su opale za 10-ak dBHz na L1 nosaču (Slika 5.31), dok su na L5 nosaču SNR vrijednosti za 10-ak dBHz opadale i na visokim i na niskim satelitima (Slika 5.32). Broj vidljivih satelita je također kao i kod druge sesije ometanja opao skoro za pola s obzirom na almanah (Slika 5.35).



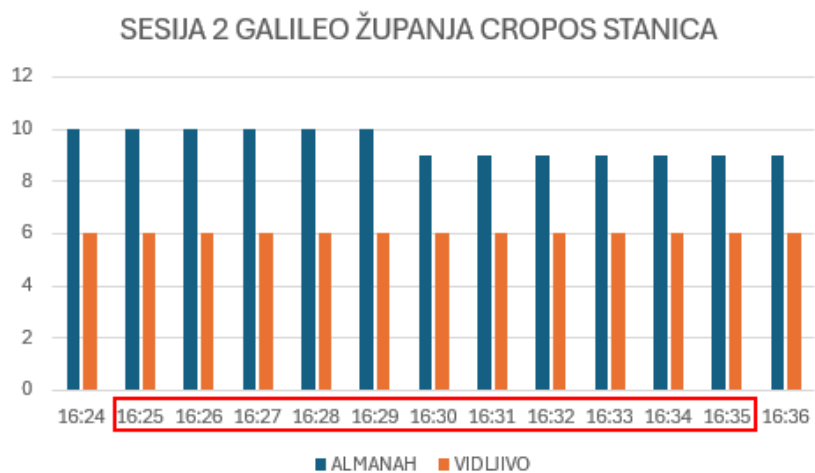
*Slika 5.31 SNR vrijednosti za L1 GALILEO signal u Županji*



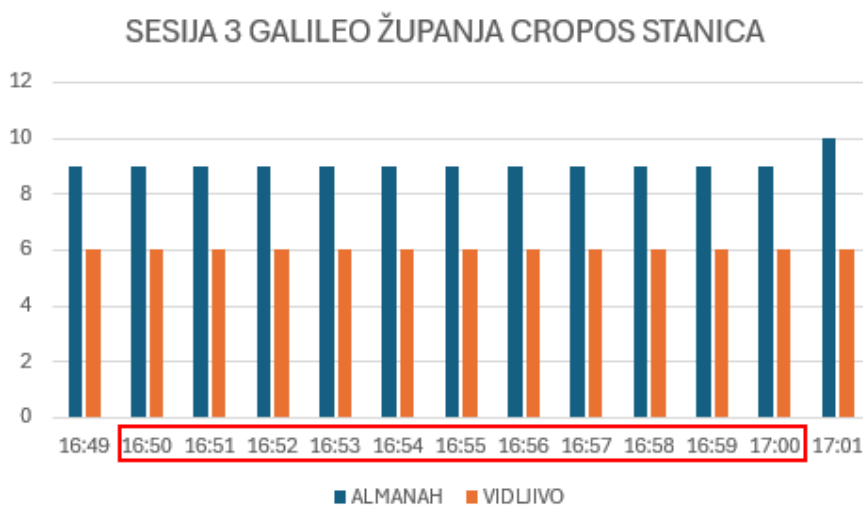
Slika 5.32 SNR vrijednosti za L5 GALILEO signal u Županji



Slika 5.33 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja

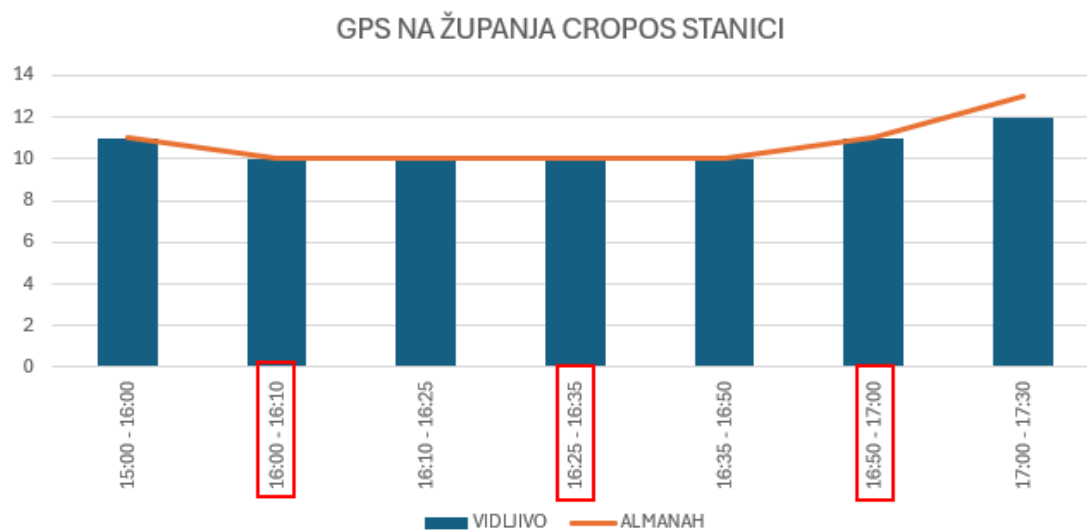


*Slika 5.34 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja*

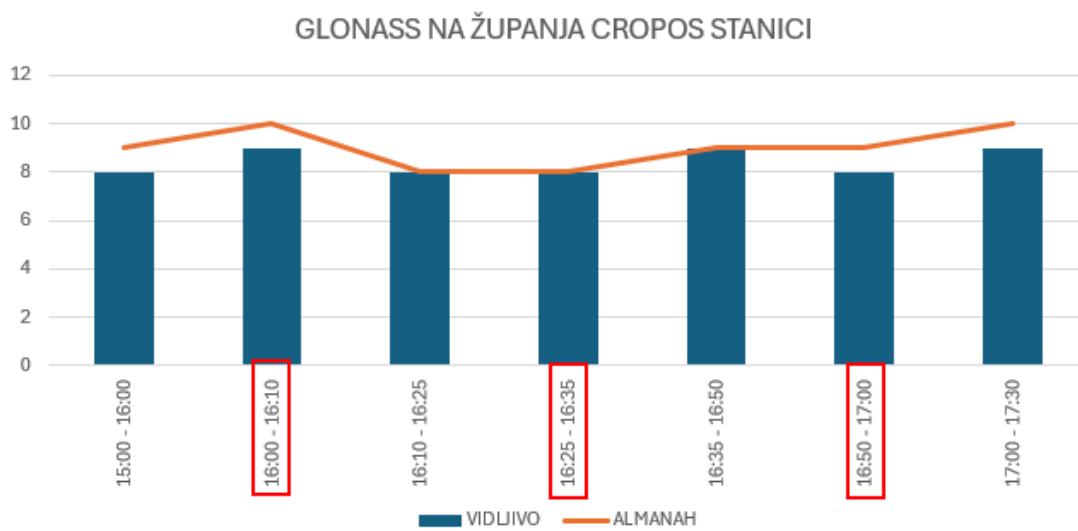


*Slika 5.35 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja*

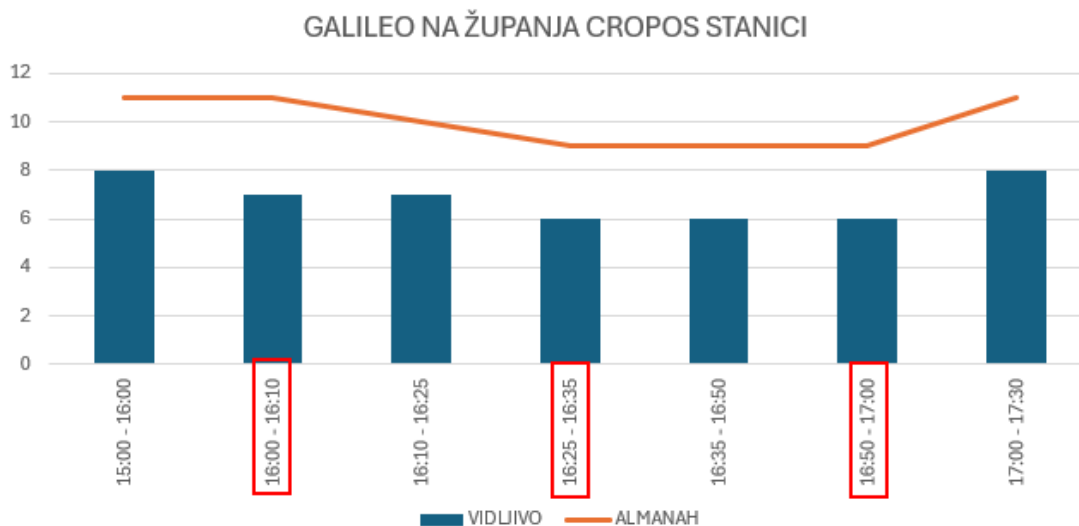
Što se tiče broja vidljivih satelita, oni nisu značajno opadali u GPS- u i GLONASS-u s obzirom na almanah (Slika 5.36 i 5.37). Broj GALILEO satelita je cijelo vrijeme bio niži od almanaha bez obzira je li bilo ometanja ili ne (Slika 5.38).



Slika 5.36 Usporedba broja vidljivih GPS satelita i almanaha u Županji



Slika 5.37 Usporedba broja vidljivih GLONASS satelita i almanaha u Županji



Slika 5.38 Usporedba broja vidljivih GALILEO satelita i almanaha u Županji

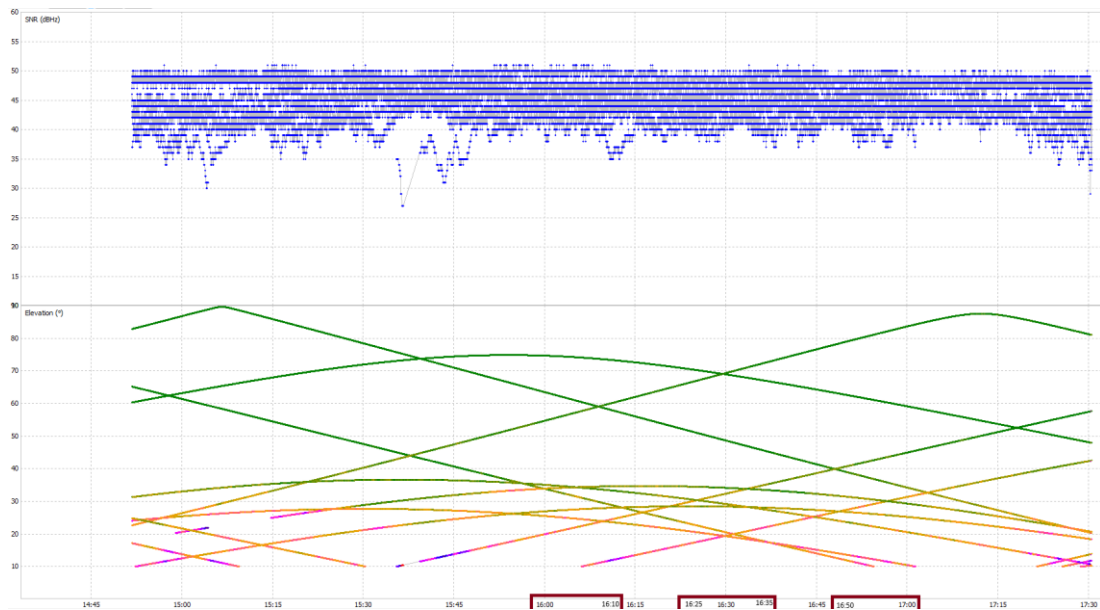
## 5.2. RTK OPAŽANJA MREŽNO RJEŠNJE

Za određivanje utjecaja ometača ne samo na CROPOS stanice, nego i na GNSS prijajnike koji su se povezivali na te CROPOS stanice, postavljena su dva GNSS prijajnika u Iloku. Jedan se povezivao mrežno (VRS) dok se drugi povezivao na Vukovar (singlebased).

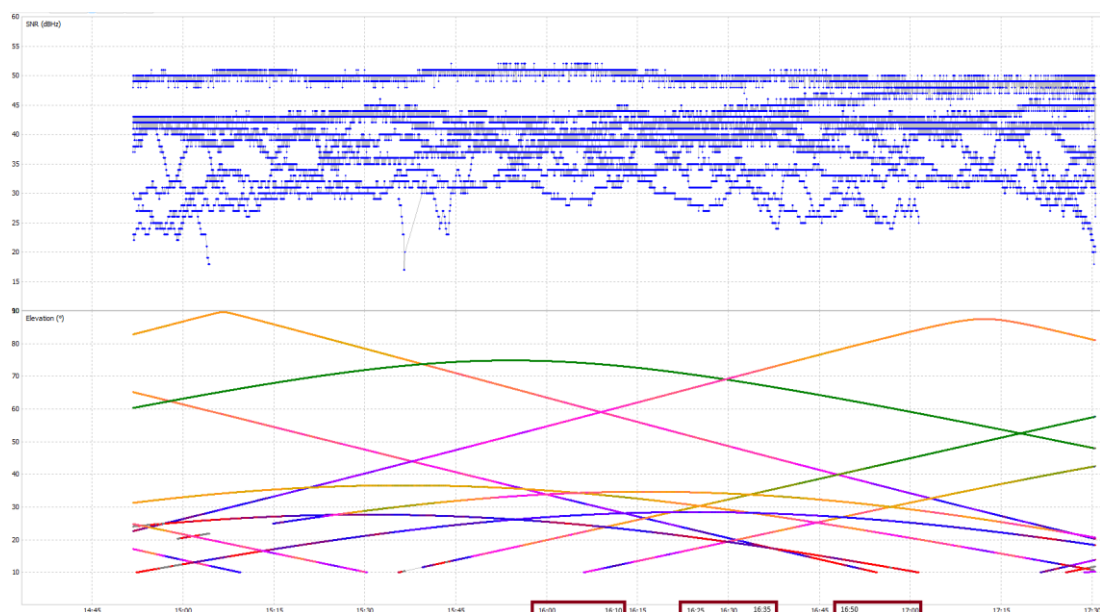
Kod mrežnog rješenja, prilikom ometanja na bliskoj točki, na L1 i L2 GPS nosaču nije došlo do značajnog opadanja SNR vrijednosti s obzirom na prethodnu sesiju u kojoj nije bilo ometanja (Slika 5.39 i 5.40). SNR vrijednosti su varirale od 50 do 35 dBHz na L1 nosaču uzimajući u obzir elevacije satelita, dok su na L2 nosaču varirale od 50 do 30 dBHz.

Kao i kod prve sesije ometanja, i u drugoj sesiji ometanja nije došlo do značajnih varijacija SNR vrijednosti na oba nosača s obzirom na prethodne sesije gdje nije bilo ometanja (Slika 5.39 i 5.40).

U posljednjoj sesiji ometanja slična stvar se dogodila kao i u prve dvije sesije ometanja, gdje su SNR vrijednosti na L1 nosaču varirale od 50 do 35 dBHz, odnosno od 50 do 30 dBHz na L2 nosaču (Slika 5.39 i 5.40).



Slika 5.39 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Iloku VRS rješenje

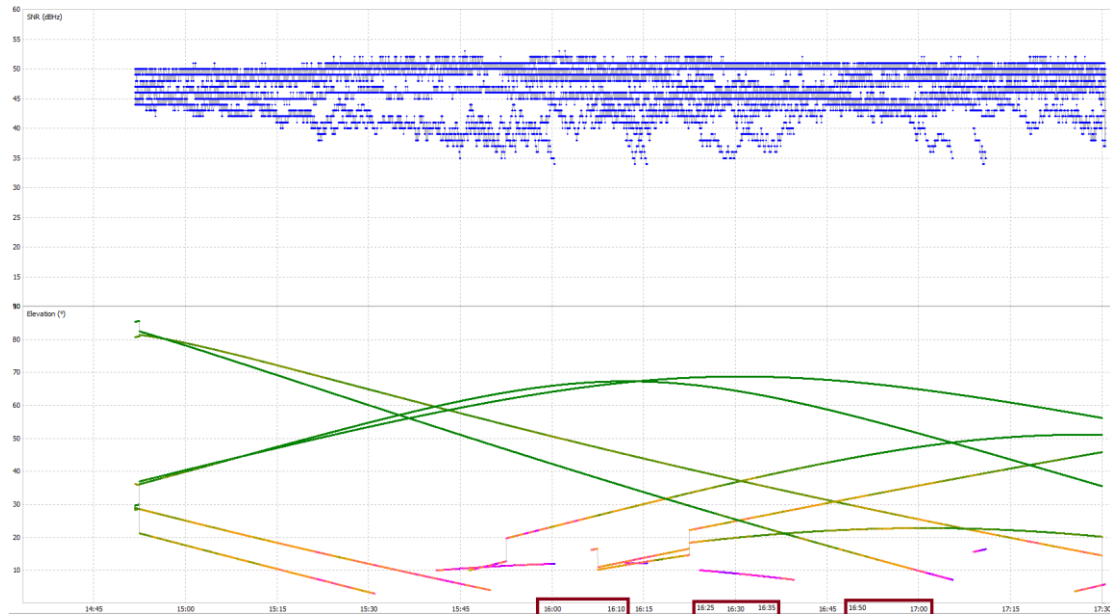


Slika 5.40 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Iloku VRS rješenje

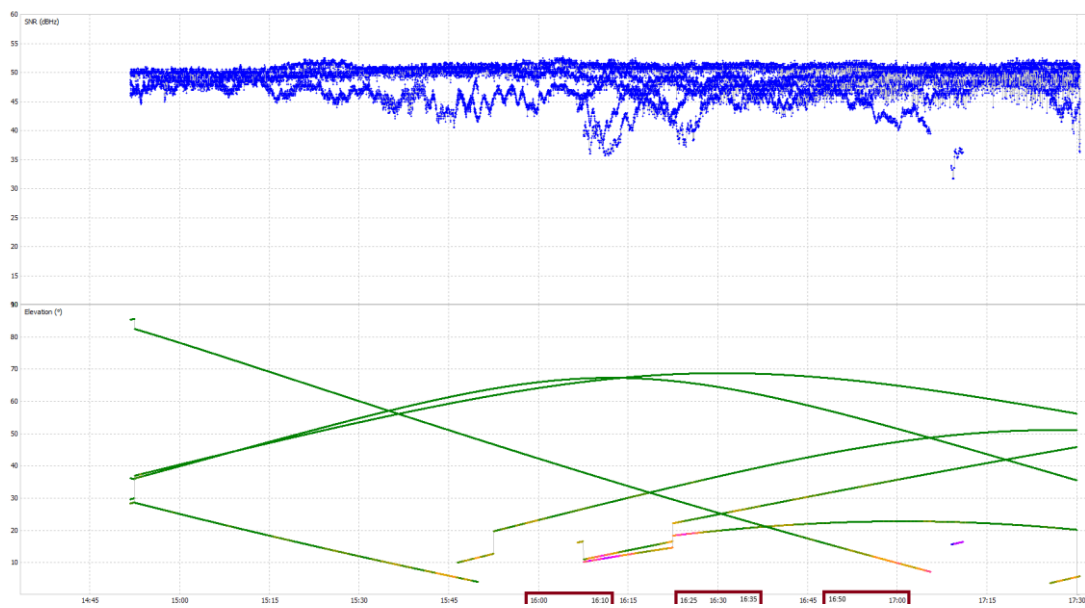
Kao i kod GPS-a, kod GLONASS-a u prvoj sesiji ometanja na L1 nosaču nije uočen značajan utjecaj na SNR vrijednosti s obzirom na prethodnu sesiju gdje nije bilo ometanja (Slika 5.41). Kod L2 nosača SNR vrijednosti niskih satelita su pred kraj ometanja počele opadati sa 45 na 35 dBHz (Slika 5.42).

Tijekom ometanja na udaljenoj visokoj točki GLONASS L1 nosač je reagirao slično GPS L1 nosaču jer nije došlo do opadanja SNR vrijednosti te su čak i pojedini niski sateliti imali veće SNR vrijednosti prilikom ometanja nego u sesiji prije gdje nije bilo ometanja (Slika 5.41). Kod L2 nosača SNR vrijednosti niskih satelita su ponovno opale na nekakvih 40-ak dBHz (Slika 5.42).

U posljednjoj sesiji ometanja L1 nosač je ponovno dobro reagirao i nije bilo značajnog opadanja SNR vrijednosti (Slika 5.41), dok su pojedini niski sateliti na L2 nosaču doživjeli SNR pad sa 45 na 40 dBHz (Slika 5.42).



Slika 5.41 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Iloku VRS rješenje



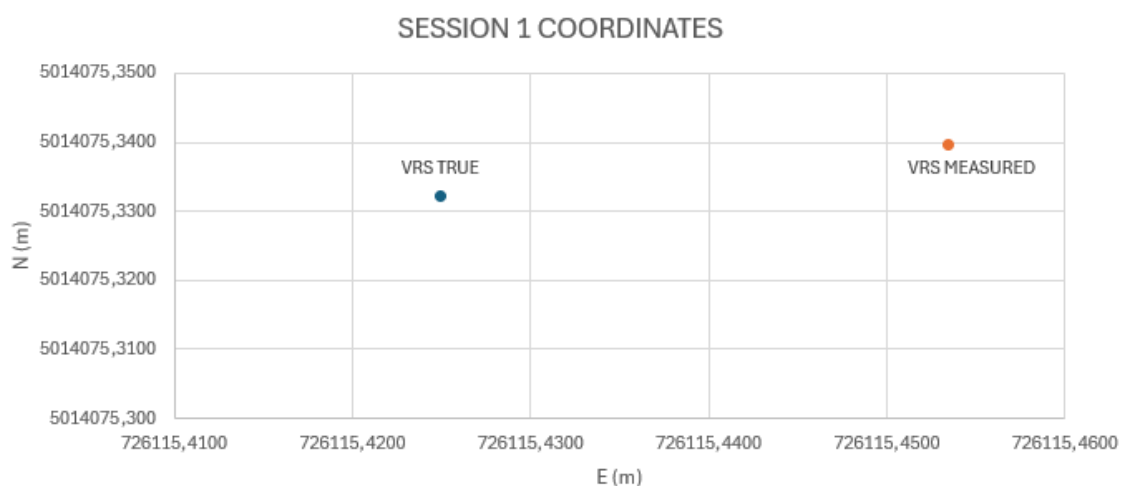
Slika 5.42 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Iloku VRS rješenje

Osim što su promatrane SNR vrijednosti za određivanje utjecaja ometača, promatrane su i srednje vrijednosti koordinata, preciznost, DOP vrijednosti i broj vidljivih satelita u sesijama u kojima je bilo ometanja i u sesijama prije njih gdje nije bilo ometanja. *True* vrijednosti su vrijednosti kada nije bilo ometanje, dok su *measured* vrijednosti vrijednosti kada se provodilo ometanje.

Uspoređujući koordinate u sesiji prije prvog ometanja i u sesiji prvog ometanja iz Tablice 5.1 i Slike 5.43 možemo primijetiti kako su se E (engl. *easting*) koordinate razlikovale 3 cm, N (engl. *northing*) 0,7 cm, a visinsko odstupanje je bilo 5 cm. Primjećujemo kako je visina u ovom slučaju najviše pogođena.

Tablica 5.1 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

|                     | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4249 | 0,0285    | 5014075,3323 | 0,0073    | 123,6615 | -0,0543   |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4535 |           | 5014075,3396 |           | 123,6072 |           |

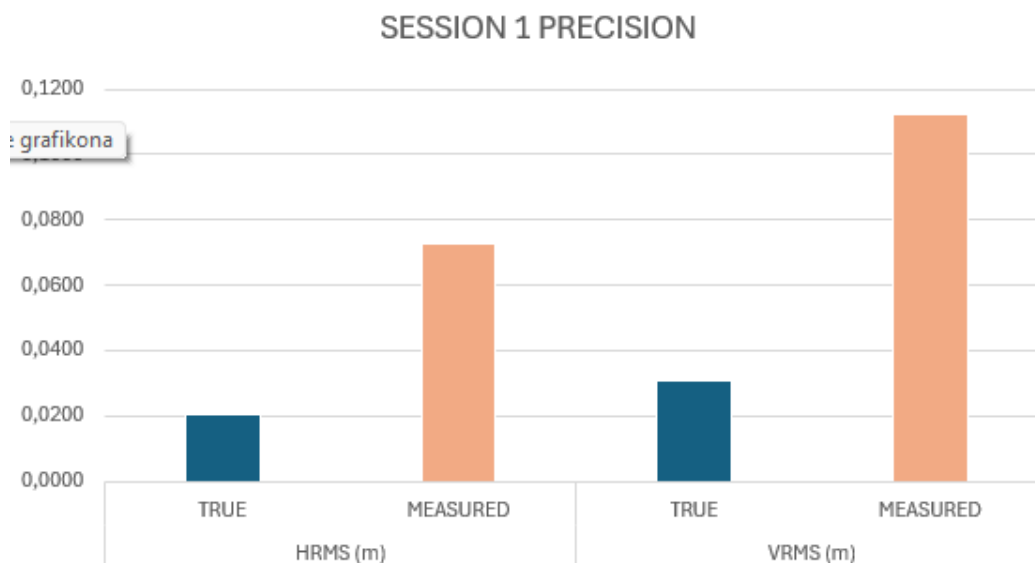


Slika 5.43 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Preciznost se određivala u obliku horizontalnog (engl. *horizontal root mean square - HRMS*) i vertikalnog standardnog odstupanja (engl. *vertical root mean square - VRMS*). Iz Tablice 5.2 i Slike 5.44 vidi se kako su preciznosti bile bolje u sesiji prije prvog ometanja (što je manji skalar HRMS-a i VRMS-a to je bolja preciznost). Vertikalna preciznost je bila manja od horizontalne prilikom ometanja, ali i prije ometanja.

Tablica 5.2 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0206   | 0,0725   | 0,0309   | 0,1124   |

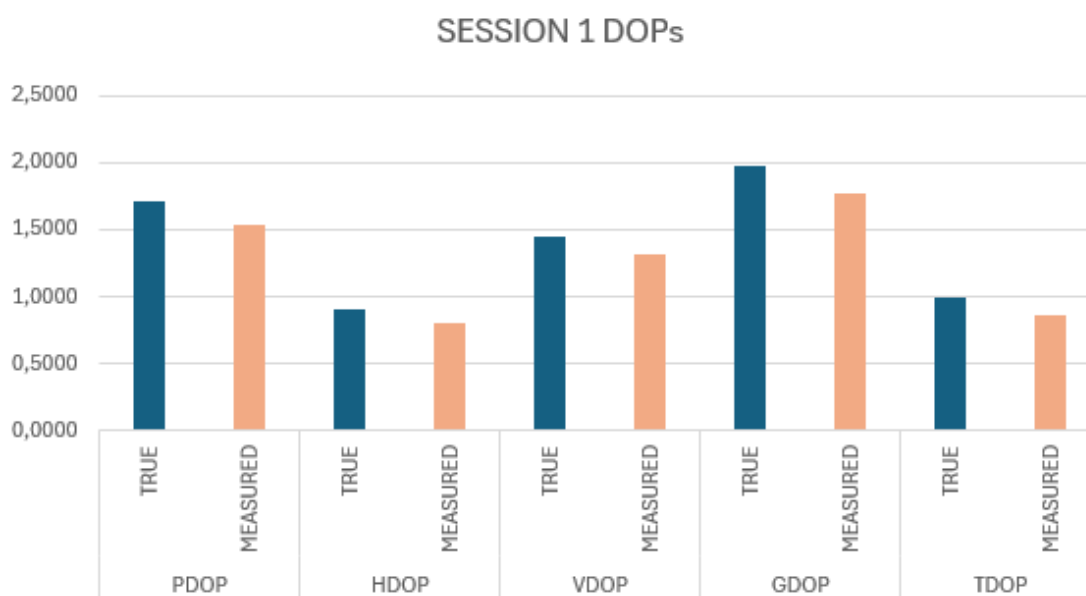


Slika 5.44 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Geometrija satelita se određivala pomoću DOP vrijednosti i to PDOP-a, HDOP-a, VDOP-a, GDOP-a i TDOP-a. Zanimljivo je za primijetiti iz Tablice 5.3 i Slike 5.45 da su DOP vrijednosti bile bolje prilikom ometanja nego prije ometanja. Što je DOP manji, geometrija satelita je bolja.

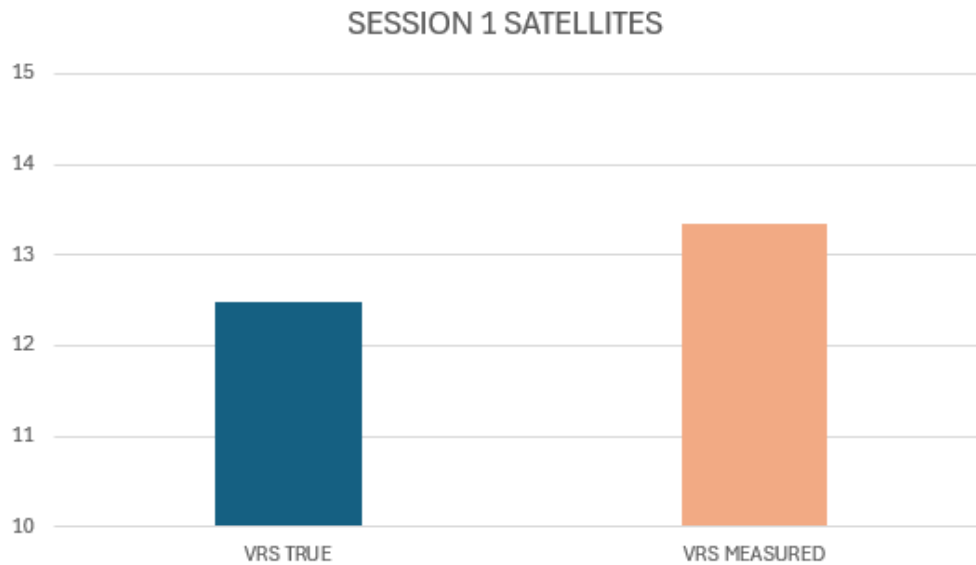
Tablica 5.3 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,7147 | 1,5431 | 0,9077 | 0,8005 | 1,4536 | 1,3187 | 1,9808 | 1,7670 | 0,9912 | 0,8608 |



Slika 5.45 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Kao posljednju mjeru kvalitete, uspoređivan je i broj vidljivih satelita prije i prilikom ometanja. Vidljivo je iz slike 5.46 da je broj vidljivih satelita bio nešto viši prilikom ometanja nego prije ometanja.

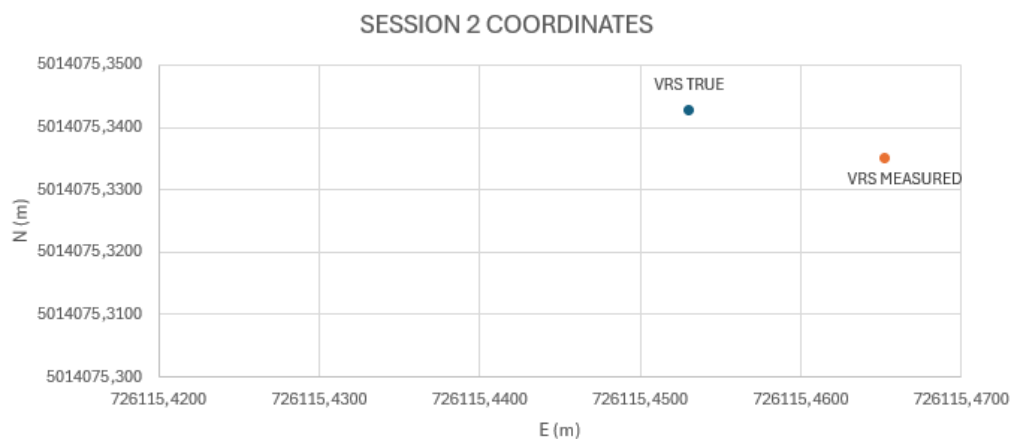


Slika 5.46 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u prvoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja

Uspoređujući koordinate GNSS prijmnika prije druge sesije ometanja i tijekom druge sesije ometanja može se primijetiti kako su kao i kod prve sesije ometanja najviše odstupala visina. Visina odstupa za nekakvih 6 do 7 cm dok E i N koordinate odstupaju oko 1 cm (Tablica 5.4 i Slika 5.47).

Tablica 5.4 Koordinate GNSS prijmnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

|                     | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4531 | 0,0121    | 5014075,3428 | -0,0077   | 123,6614 | -0,0652   |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4652 |           | 5014075,3351 |           | 123,5962 |           |



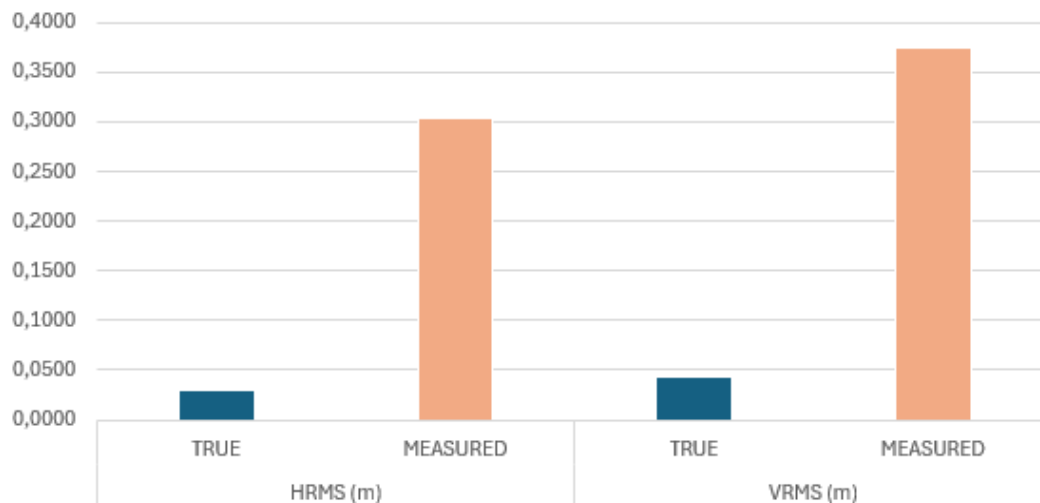
Slika 5.47 Koordinate GNSS prijmnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Preciznosti su opet bile lošije prilikom ometanja nego prije ometanja za otprilike deset puta, što se moglo i očekivati. Ponovno je vertikalna preciznost bila lošija od horizontalne prilikom ometanja, ali i prije ometanja (Tablica 5.5 i Slika 5.48).

Tablica 5.5 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0305   | 0,3045   | 0,0427   | 0,3746   |

SESSION 2 PRECISION

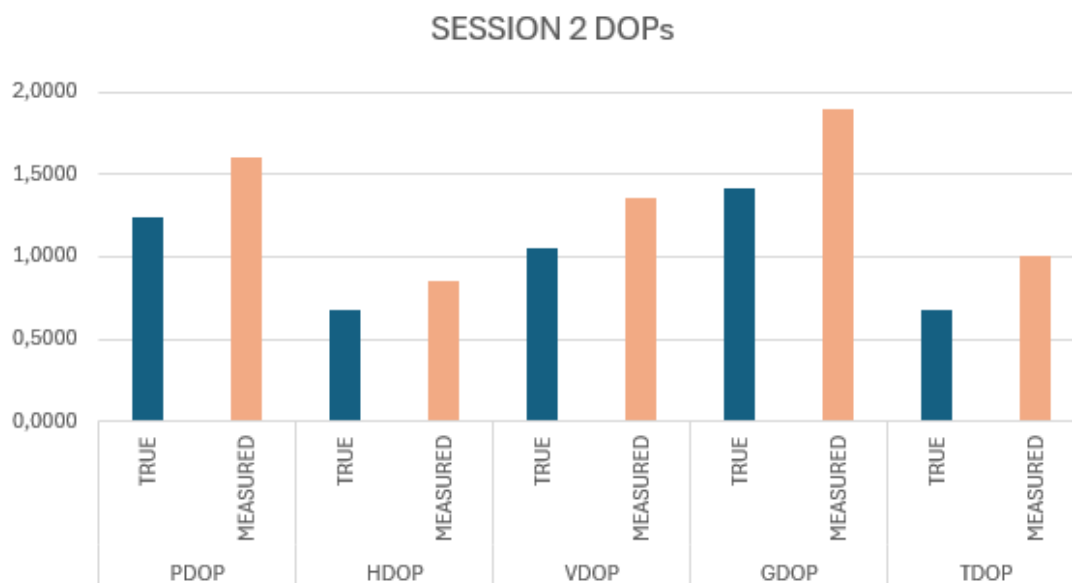


Slika 5.48 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Za razliku od prve sesije, u drugoj sesiji ometanja DOP vrijednosti su bile veće nego u sesiji prije ometanja, odnosno geometrija satelita je bila nešto lošija prilikom ometanja (Tablica 5.6 i Slika 5.49).

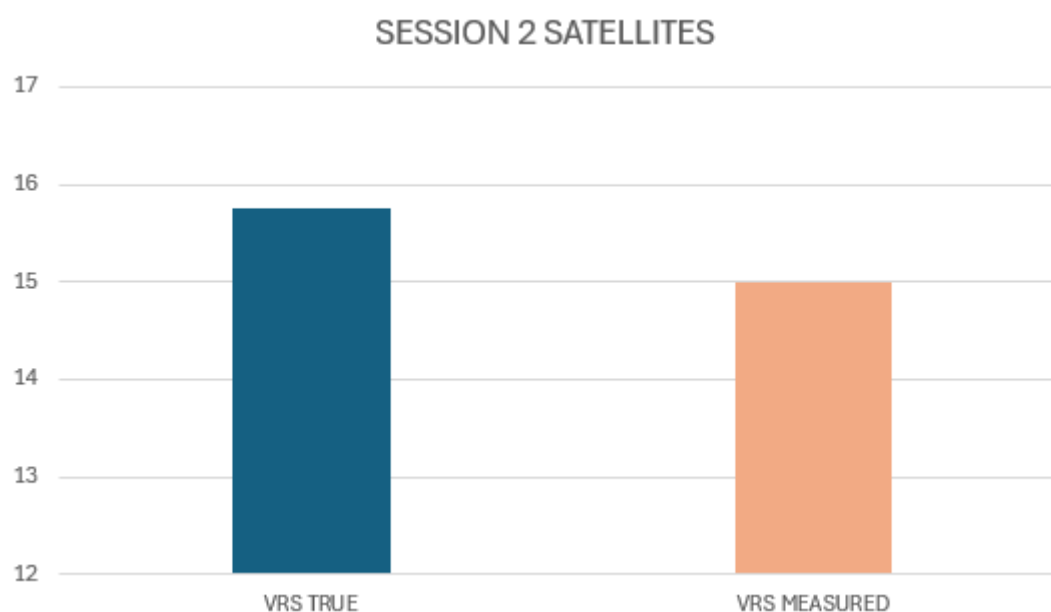
Tablica 5.6 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,2460 | 1,6069 | 0,6751 | 0,8489 | 1,0471 | 1,3640 | 1,4202 | 1,9025 | 0,6816 | 1,0110 |



Slika 5.49 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Broj vidljivih satelita, za razliku od prve sesije ometanja, bio je viši prije ometanja nego tijekom druge sesije ometanja. Prilikom ometanja broj vidljivih satelita je bio 15, dok je prije ometanja prosječan broj vidljivih satelita iznosio skoro 16 (Slika 5.50).

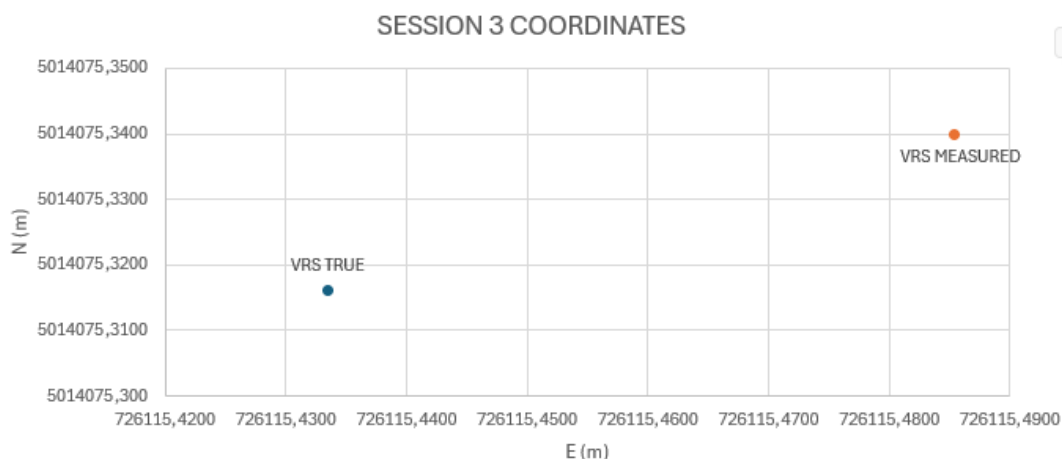


Slika 5.50 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u drugoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja

Usporedbom koordinata GNSS prijavnika iz tablice 5.7 i slike 5.51 primjećujemo kako je najviše odstupala E koordinata prilikom ometanja i to za 5 cm, dok je N koordinata odstupala otprilike 2 cm. Za razliku od prve i druge sesije, ovdje je H koordinata bila najmanje pogođena što možemo povezati s položajem ometača koji se nalazio ispod horizonta CROPOS stanice.

Tablica 5.7 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

|                     | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4335 | 0,0519    | 5014075,3161 | 0,0238    | 123,6632 | 0,0194    |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4854 |           | 5014075,3399 |           | 123,6826 |           |

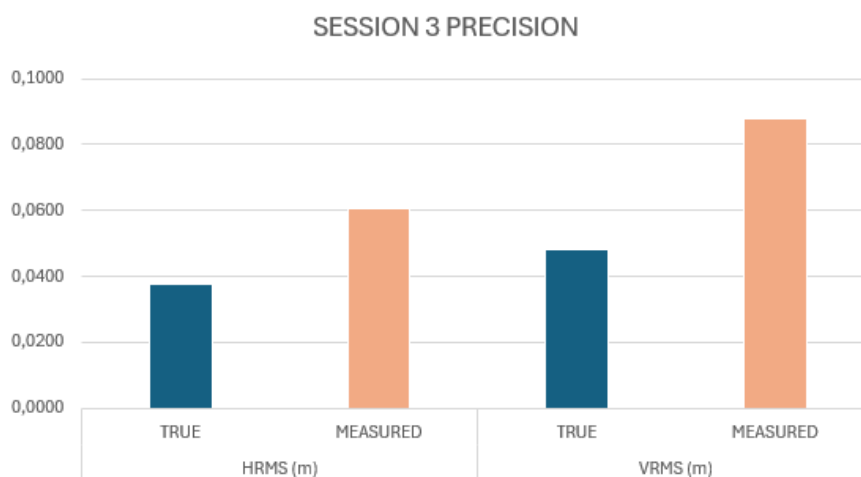


Slika 5.51 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Kao i u prethodne dvije sesije, preciznost je bila lošija prilikom ometanja od preciznosti prije treće sesije ometanja. Ponovno je vertikalna preciznost bila lošija tijekom ometanja, ali i prije ometanja (Tablica 5.8 i Slika 5.52).

Tablica 5.8 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0378   | 0,0607   | 0,0481   | 0,0877   |

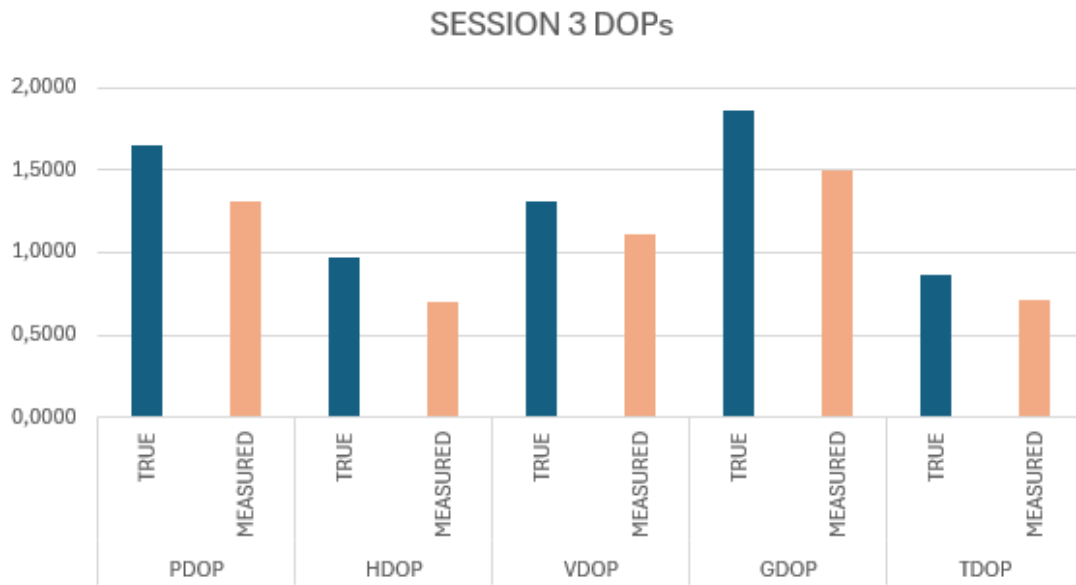


Slika 5.52 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Slično kao i u prvoj sesiji ometanja, u trećoj sesiji ometanja DOP vrijednosti su bile povoljnije tijekom ometanja nego prije ometanja (Tablica 5.9 i Slika 5.53).

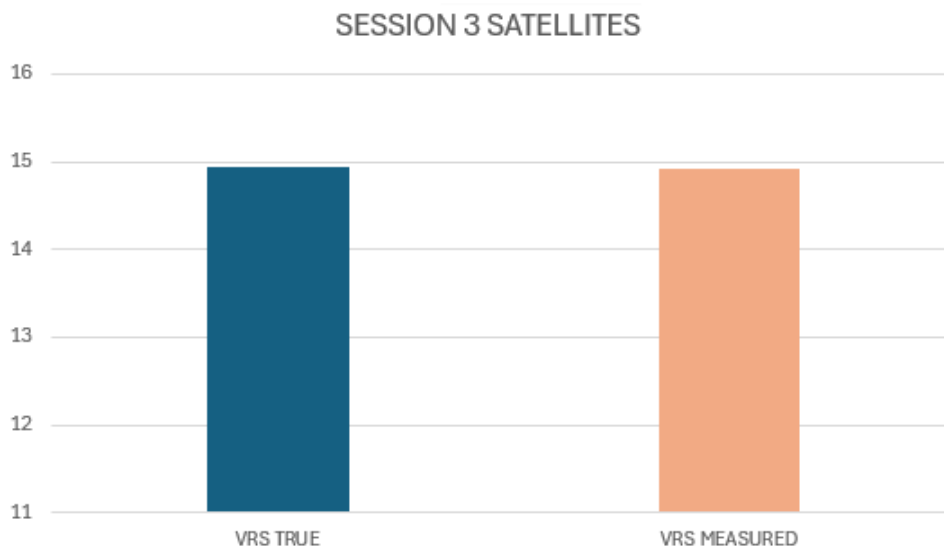
Tablica 5.9 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,6495 | 1,3166 | 0,9651 | 0,7050 | 1,3096 | 1,1119 | 1,8671 | 1,4979 | 0,8683 | 0,7145 |



Slika 5.53 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja

Broj vidljivih satelita je bio jednak prije ometanja i tijekom ometanja te se kretao oko brojke 15 (Slika 5.54).



Slika 5.54 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u trećoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja

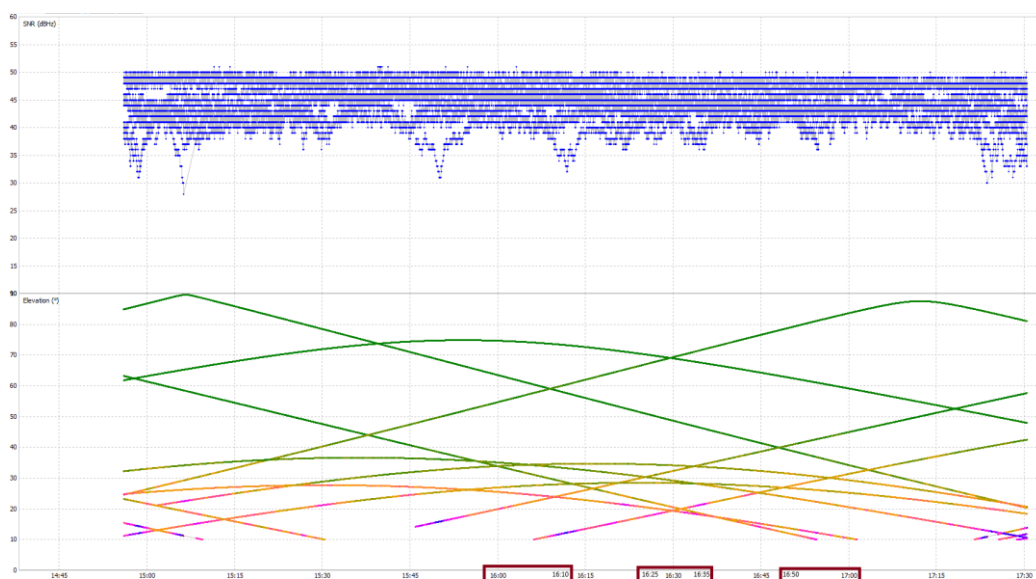
### 5.3. RTK OPAŽANJA SINGLE BASE RJEŠENJE

U svrhu testiranja ometanja na single base rješenje GNSS prijammnik Topcon Hiper SR povezan je na CROPOS stanicu u Vukovaru.

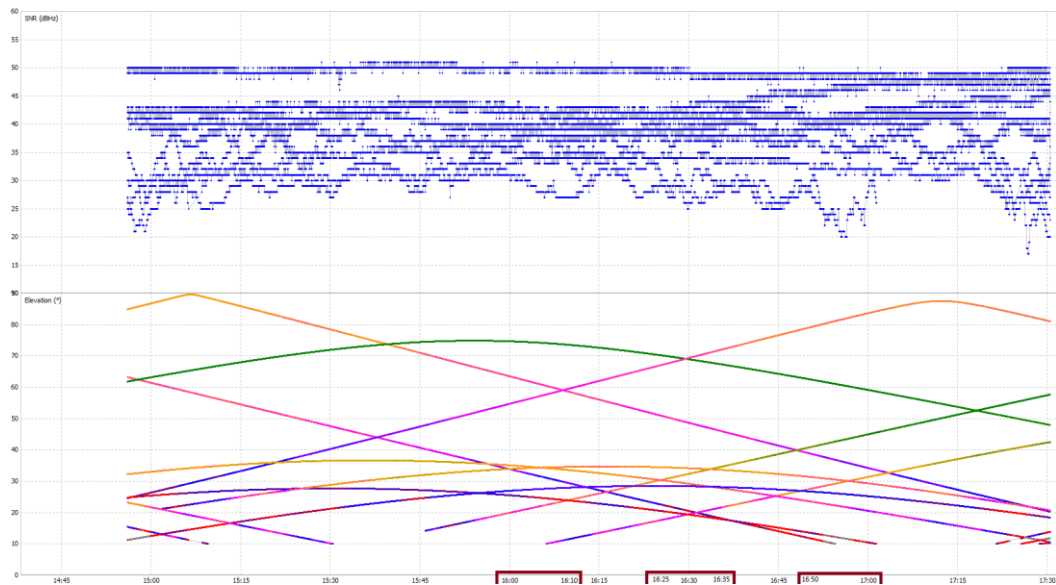
Kod oba GPS nosača u prvoj sesiji ometanja nije došlo do značajnog opadanja SNR vrijednosti s obzirom na prethodnu sesiju (Slika 5.55 i 5.56). Kod L1 nosača čak su se i neke SNR vrijednosti niskih satelita povećale prilikom ometanja.

Što se tiče druge sesije ometanja, rezultati su slični prvoj sesiji ometanja jer opet nije došlo do značajne promjene SNR vrijednosti s obzirom na sesiju prije drugog ometanja (Slika 5.55 i 5.56). Kod L1 nosača SNR vrijednosti su se kretale između 50 i 35 dBHz, dok su se kod L2 nosača kretale između 50 i 25 dBHz.

U posljednjoj sesiji ometanja L1 nosač je reagirao kao u prva dva slučaja ometanja (Slika 5.55), dok je kod L2 nosača na satelitima niskih elevacija opao SNR do 20 dBHz (Slika 5.56).



Slika 5.55 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Iloku SB rješenje

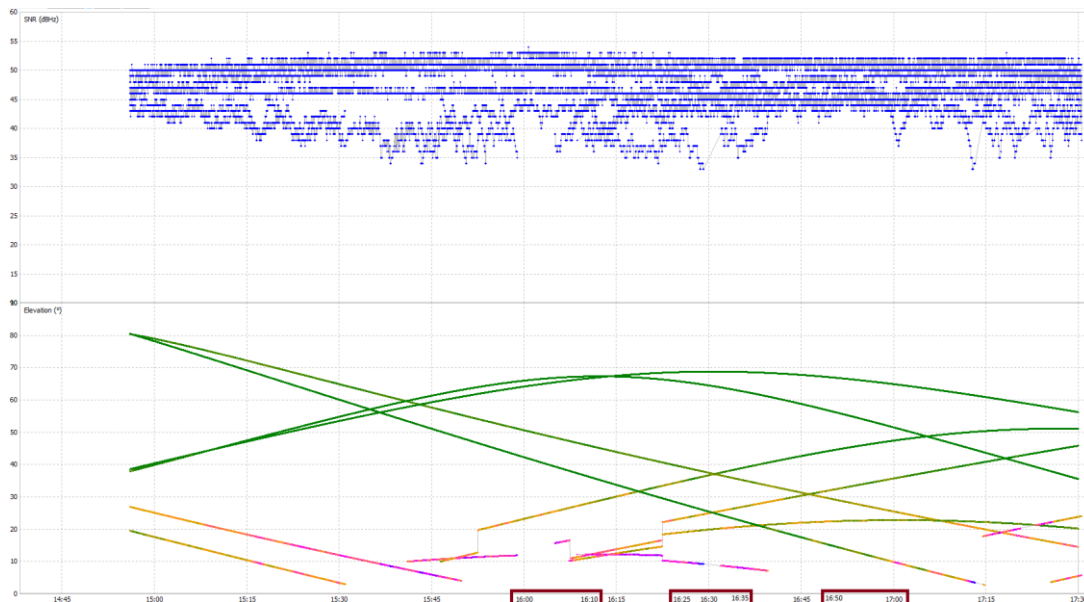


*Slika 5.56 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Iloku SB rješenje*

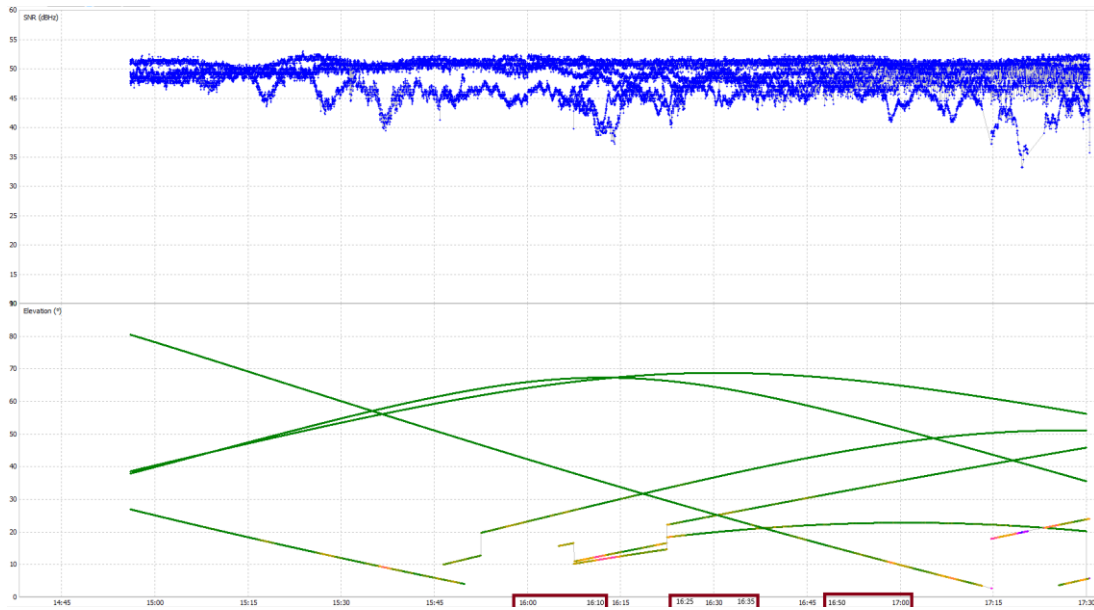
GLONASS L1 nosač slično je reagirao za sve tri sesije ometanja kao i GPS L1. U prvoj sesiji ometanja GLONASS L1 nosač je imao varirajuće SNR vrijednosti od 55 do 35 dBHz (Slika 5.57), dok su na L2 nosaču SNR vrijednosti niskih satelita opale sa 45 na 40 dBHz (Slika 5.58).

Tijekom druge sesije nije došlo do značajnih promjena na L1 nosaču s obzirom na prethodnu sesiju bez ometanja (Slika 5.57), dok je na L2 nosaču SNR varirao od 50 do 45 dBHz i manje je opao nego u prvoj sesiji ometanja (Slika 5.58).

U posljednjoj sesiji ometanja, L1 nosač je reagirao kao i u prve dvije sesije, s time da su SNR vrijednosti počele opadati na 35 dBHz nakon što je završeno ometanje (Slika 5.57). Na L2 nosaču SNR vrijednosti su poprimile slične vrijednosti onima koje su dobivene u drugoj sesiji ometanja, a SNR vrijednosti su također počele opadati nakon treće sesije ometanja (Slika 5.58).



*Slika 5.57 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Iloku SB rješenje*



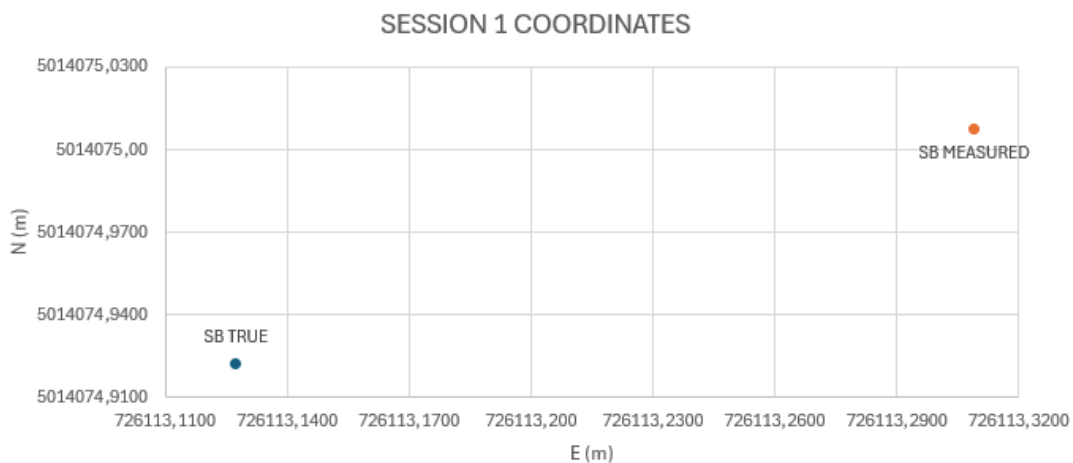
Slika 5.58 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Iloku SB rješenje

Kao i kod VRS rješenja, za single base rješenje također su promatrane srednje vrijednosti koordinata, preciznosti, DOP vrijednosti i broj vidljivih satelita te će naposljetku biti uspoređene sa VRS rješenjem.

Uspoređene su koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i prilikom ometanja u prvoj sesiji. Najveća razlika pojavila se u visini od čak 40 cm. Iduća je razlika u E koordinati od 18 cm te naposljetku razlika u N koordinati od 8 cm (Tablica 5.10 i Slika 5.59). Iz ovih vrijednosti može se uočiti značajan utjecaj ometača na CROPOS stanicu u Vukovaru.

Tablica 5.10 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

|                    | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|--------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>     | 726113,1275 | 0,1815    | 5014074,9222 | 0,0850    | 123,6739 | 0,3935    |
| <b>SB MEASURED</b> | 726113,3090 |           | 5014075,0072 |           | 124,0674 |           |

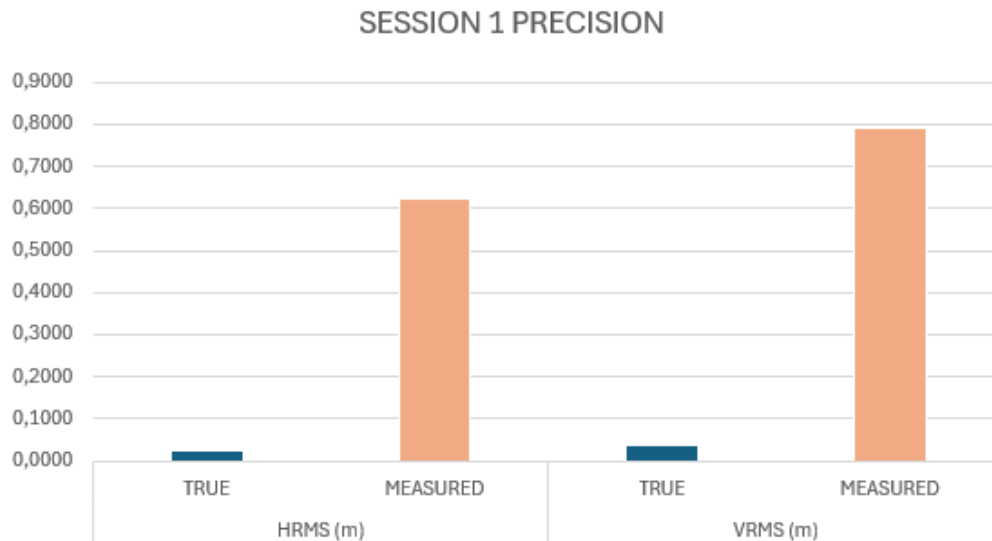


Slika 5.59 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Preciznost je uvelike pogoršana prilikom ometanja s obzirom na sesiju prije prvog ometanja. Vertikalno standardno odstupanje je veće od horizontalnoga tijekom ometanja, ali i prije ometanja (Tablica 5.11 i Slika 5.60).

Tablica 5.11 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijarnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0243   | 0,6225   | 0,0373   | 0,7887   |

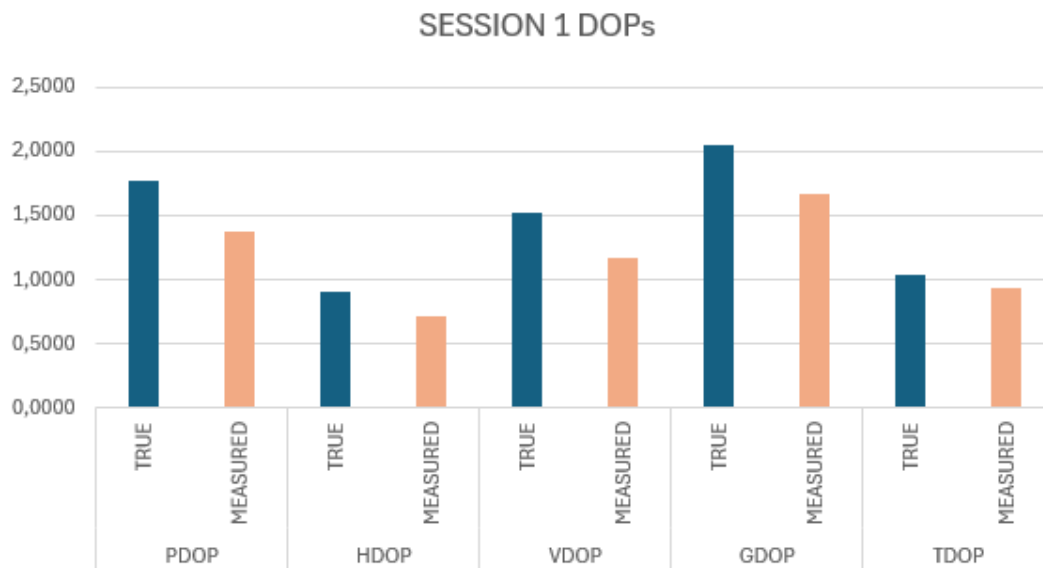


Slika 5.60 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijarnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

DOP vrijednosti su povećane u sesiji prije ometanja s obzirom na prvu sesiju ometanja (Tablica 5.12 i Slika 5.61). Povećane vrijednosti DOP-a predstavljaju lošiju geometriju satelita.

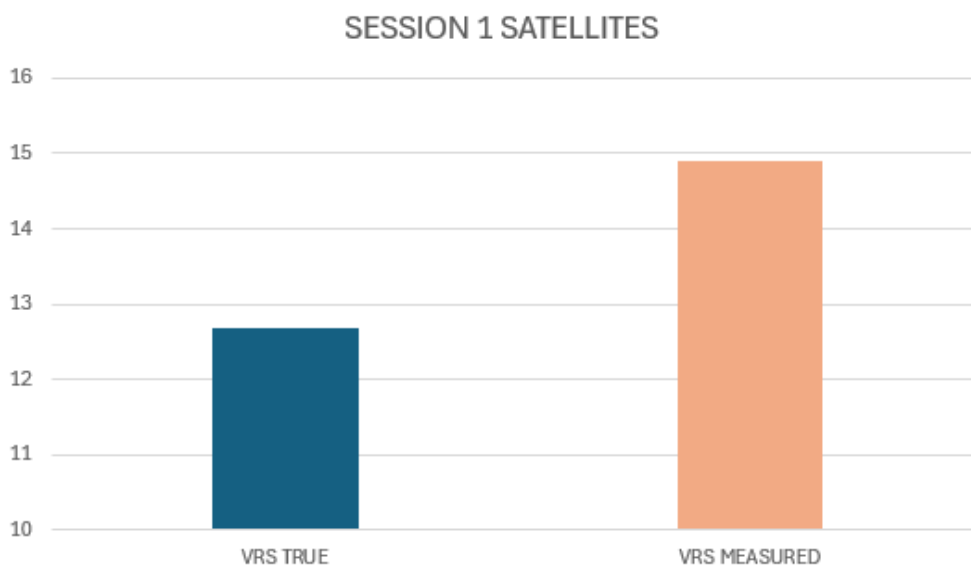
Tablica 5.12 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,7695 | 1,3746 | 0,9115 | 0,7161 | 1,5161 | 1,1728 | 2,0502 | 1,6634 | 1,0352 | 0,9356 |



Slika 5.61 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Iz slike 5.62 vidljivo je kako je tijekom ometanja bilo više vidljivih satelita što je suprotno od saznanja koje dosada imamo. Broj vidljivih satelita tijekom ometanja bio je oko 15, dok je prije ometanja taj broj bio oko 13.

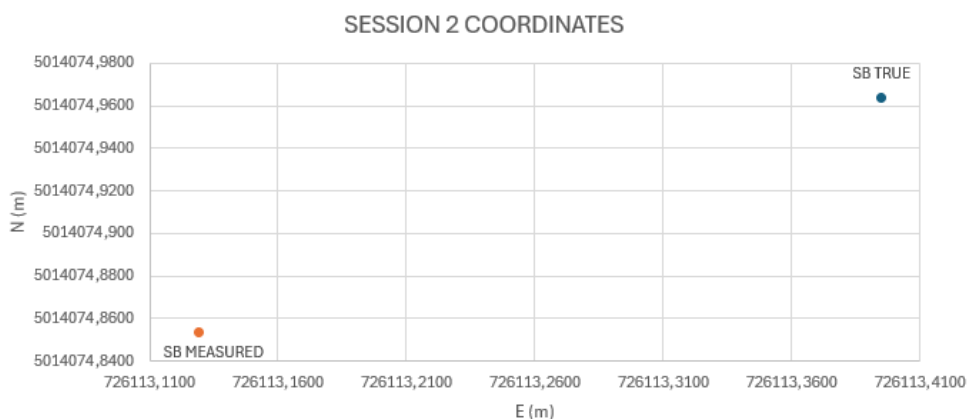


Slika 5.62 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u prvoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja

Iz tablice 5.13 i slike 5.63 može se primijetiti značajan utjecaj ometača prilikom druge sesije ometanja. Visinski se koordinate razlikuju za čak 43 cm, dok se položajno u E koordinati razlikuju za 27 cm, a u N koordinati za 11 cm što predstavlja značajnu razliku. Uspoređujući drugu sesiju sa prvom, vidi se značajnija razlika u učinkovitosti ometača, iako je u prvoj sesiji ometač bio bliže CROPOS stanice.

Tablica 5.13 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

|                    | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|--------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>     | 726113,3950 | -0,2661   | 5014074,9642 | -0,1105   | 124,0920 | -0,4313   |
| <b>SB MEASURED</b> | 726113,1289 |           | 5014074,8537 |           | 123,6607 |           |

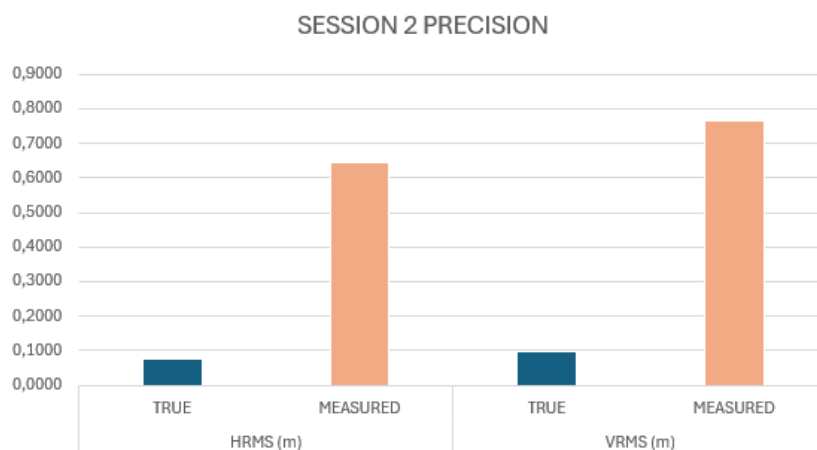


Slika 5.63 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Kao i kod prve sesije ometanja, u drugoj također dolazi do značajnog opadanja preciznosti prilikom ometanja. Ponovno je vertikalna preciznost lošija od horizontalne i prije i tijekom ometanja (Tablica 5.14 i Slika 5.64).

Tablica 5.14 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0763   | 0,6448   | 0,0965   | 0,7659   |

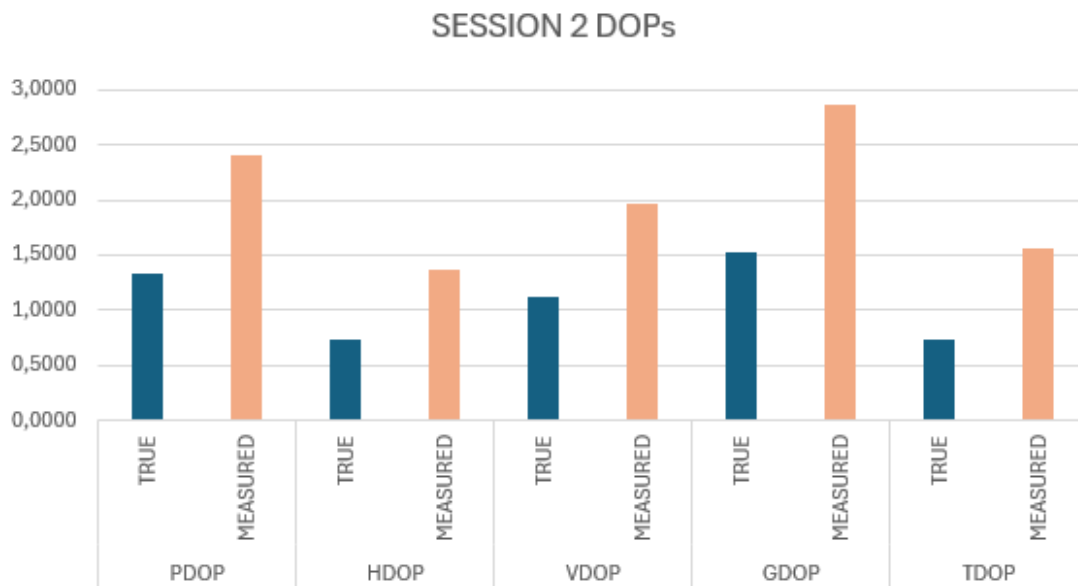


Slika 5.64 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Za razliku od prve sesije ometanja, u drugoj je tijekom ometanja DOP bio lošiji nego prije ometanja (Tablica 5.15 i Slika 5.65). GDOP i PDOP su porasli čak za duplo tijekom ometanja nego prije ometanja.

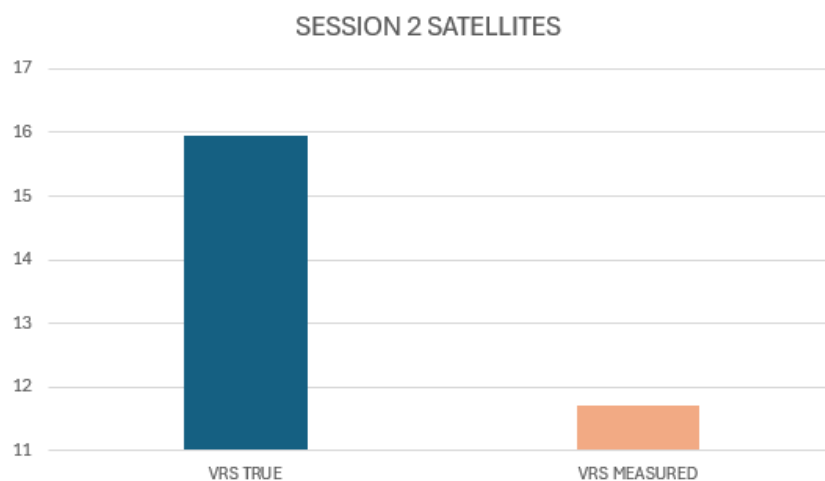
Tablica 5.15 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,3338 | 2,4003 | 0,7278 | 1,3619 | 1,1172 | 1,9714 | 1,5262 | 2,8693 | 0,7405 | 1,5666 |



Slika 5.65 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Za razliku od prve sesije u kojoj je broj vidljivih satelita bio veći tijekom ometanja nego prije ometanja, u drugoj sesiji slučaj je obrnut. Broj vidljivih satelita prije ometanja je oko 16, dok je prilikom ometanja oko 12 (Slika 5.66).

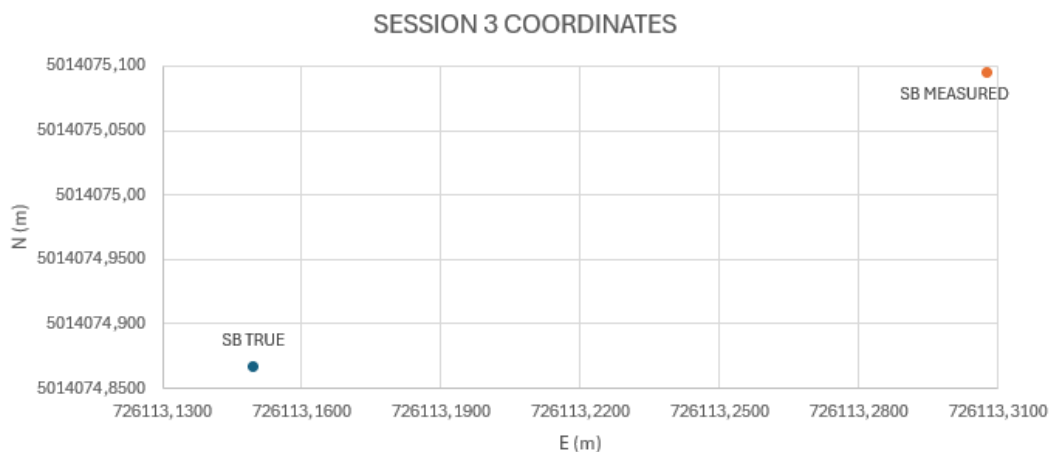


Slika 5.66 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u drugoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja

U trećoj sesiji ometanja utjecaj ometača je ponovno značajno vidljiv kao i u drugoj sesiji ometanja. E koordinata odstupa za nekakvih 16 cm, dok N koordinata odstupa za čak 23 cm. Najmanje odstupa H koordinata i to za 14 cm što odgovara tome da se u ovom slučaju ometač nalazi ispod horizonta CROPOS stanice (Tablica 5.16 i Slika 5.67)

Tablica 5.16 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

|                    | E [m]       | Ediff [m] | N [m]        | Ndiff [m] | H [m]    | Hdiff [m] |
|--------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>     | 726113,1496 | 0,1581    | 5014074,8670 | 0,2286    | 123,6646 | -0,1378   |
| <b>SB MEASURED</b> | 726113,3077 |           | 5014075,0956 |           | 123,5268 |           |

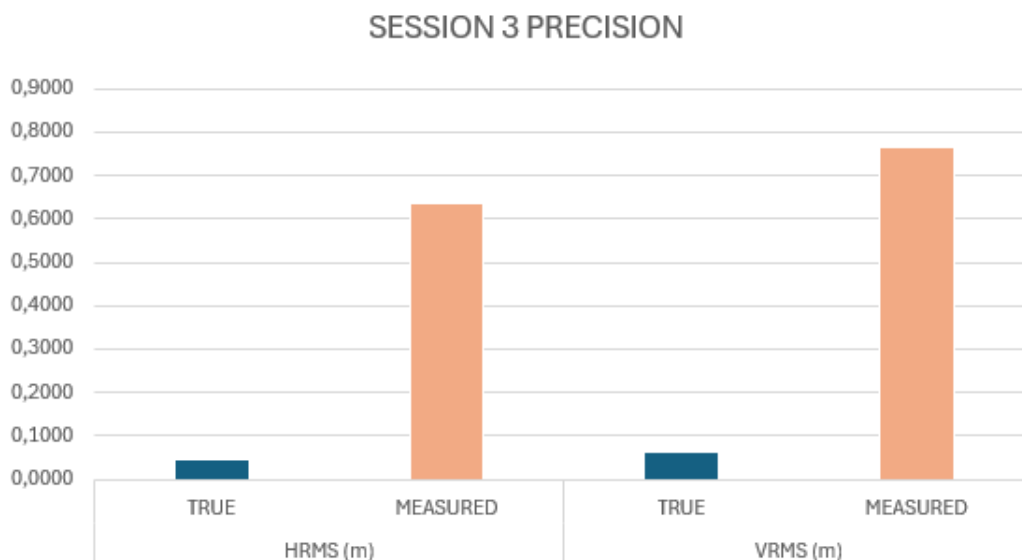


Slika 5.67 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Horizontalna i vertikalna preciznost su ponovno značajno pogodene. Vertikalna preciznost je i ovaj puta lošija od horizontalne prilikom ometanja, ali i prije ometanja (Tablica 5.17 i Slika 5.68).

Tablica 5.17 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| HRMS [m] |          | VRMS [m] |          |
|----------|----------|----------|----------|
| TRUE     | MEASURED | TRUE     | MEASURED |
| 0,0469   | 0,6357   | 0,0636   | 0,7651   |

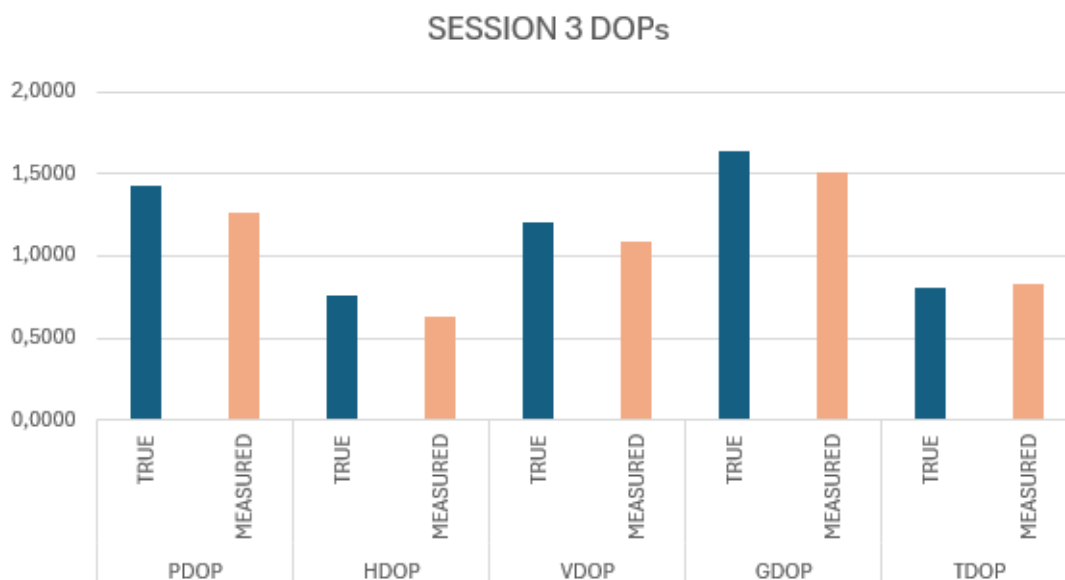


Slika 5.68 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijmnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Kao i u prvoj sesiji, DOP vrijednosti su veće tijekom sesije u kojoj nije bilo ometanja nego u sesiji s ometanjem (Tablica 5.18 i Slika 5.69). Jedino je TDOP vrijednost neznatno povećana prilikom ometanja.

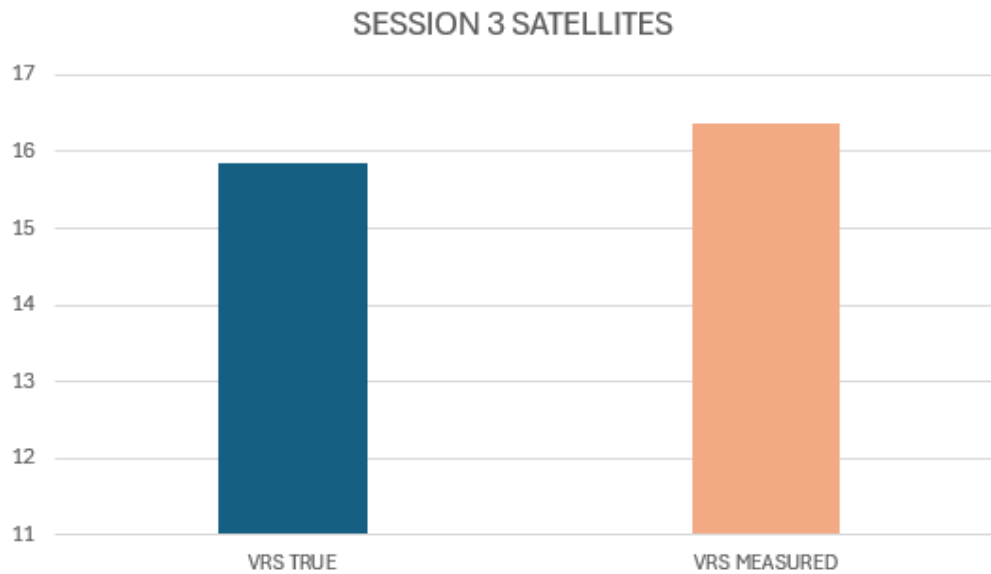
Tablica 5.18 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

| PDOP   |        | HDOP   |        | VDOP   |        | GDOP   |        | TDOP   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   | TRUE   | MEAS   |
| 1,4306 | 1,2625 | 0,7627 | 0,6338 | 1,2099 | 1,0918 | 1,6407 | 1,5119 | 0,8024 | 0,8314 |



Slika 5.69 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja

Broj vidljivih satelita je nešto veći prilikom ometanja nego prije ometanja kao i u prvoj sesiji. Prilikom ometanja broj vidljivih satelita je malo veći od 16, dok je prije ometanja broj bio nešto ispod 16 (Slika 5.70).



*Slika 5.70 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u trećoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja*

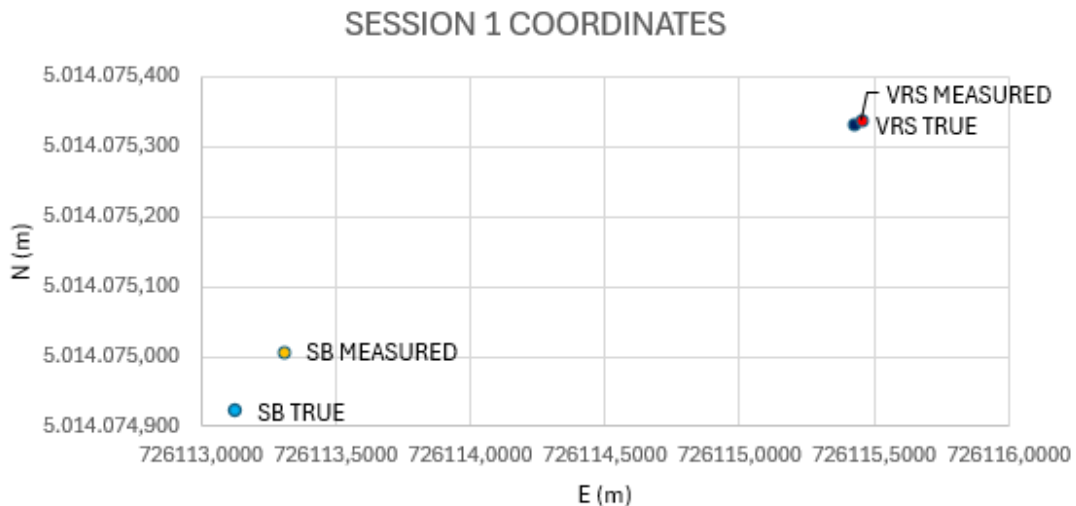
## 6. DISKUSIJA

Naposljetku je potrebno usporediti mrežno rješenje i singlebased rješenje.

Iz tablice 6.1 i slike 6.1 može se zaključiti kako je tijekom prve sesije ometanja GNSS prijamnik koji je bio spojen na mrežno rješenje bolje reagirao na ometanje nego GNSS prijamnik koji je bio spojen na Vukovar. Najveće razlike u oba slučaja su u visinama, gdje je za singlebased rješenje razlika čak 40 cm, dok je kod mrežnog rješenja ona 5 cm. Zatim slijede razlike u E koordinati, kod koje je razlika singlebased rješenja 18 cm, a VRS rješenja 3 cm. Naposljetku možemo promotriti i razliku u N koordinati koja kod singlebased rješenja iznosi 8 cm, dok kod VRS rješenja iznosi samo 0,7 cm.

Tablica 6.1 Usporedba koordinata GNSS prijamnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

|                     | E [m]       | N [m]        | H [m]    | Ediff [m] | Ndiff [m] | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>      | 726113,1275 | 5014074,9222 | 123,6739 | -0,1815   | -0,0850   | -0,3935   |
| <b>SB MEASURED</b>  | 726113,3090 | 5014075,0072 | 124,0674 |           |           |           |
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4249 | 5014075,3323 | 123,6615 | -0,0285   | -0,0073   | 0,0543    |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4535 | 5014075,3396 | 123,6072 |           |           |           |

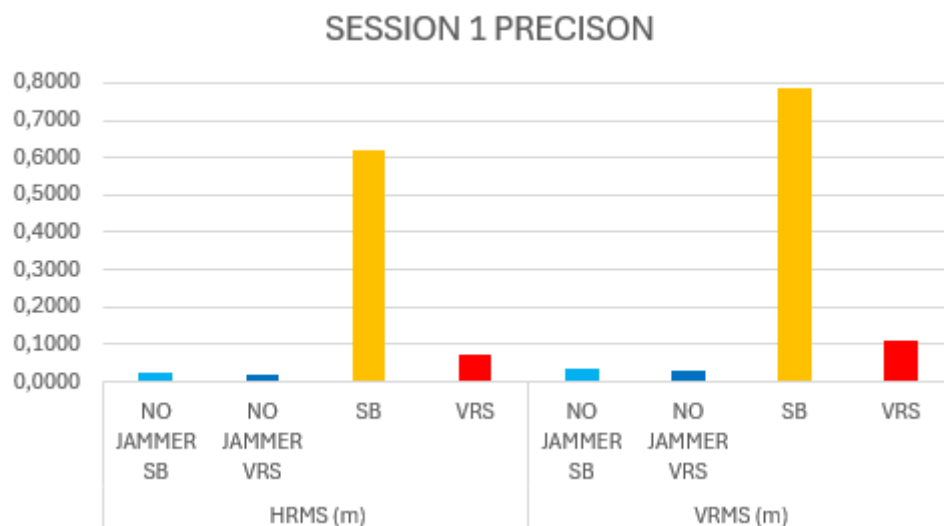


Slika 6.1 Usporedba koordinata GNSS prijamnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

Promatrajući tablicu 6.2 i sliku 6.2 primjećujemo kako je preciznost, kao i razlike u koordinatama, bolja kod mrežnog rješenja, nego kod singlebased rješenja što još jednom ukazuje na to da je GNSS prijamnik koji je bio spojen na mrežno rješenje bolje reagirao od GNSS prijamnika spojenog samo na Vukovar. Kod singlebased rješenja skalari preciznosti se penju i na 20-30 puta veće vrijednosti tijekom ometanja.

Tablica 6.2 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0243       | 0,0206        | 0,6225 | 0,0725 | 0,0373       | 0,0309        | 0,7887 | 0,1124 |



Slika 6.2 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

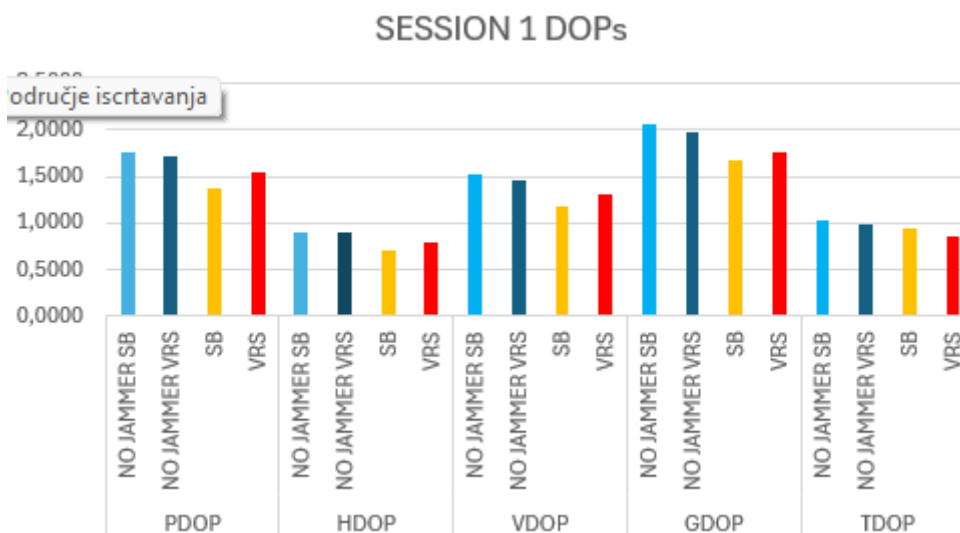
Usporedbom različitih DOP vrijednosti možemo primijetiti kako su DOP vrijednosti i za mrežno i za singlebased rješenje bile veće prije ometanja nego tijekom ometanja, odnosno geometrija satelita je u oba slučaja bila nepovoljnija tijekom ometanja (Tablica 6.3 i 6.4 i Slika 6.3).

Tablica 6.3 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

| PDOP         |               |        |        | HDOP         |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 1,7695       | 1,7147        | 1,3746 | 1,5431 | 0,9115       | 0,9077        | 0,7161 | 0,8005 |

Tablica 6.4 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

| VDOP      |            |        |        | GDOP      |            |        |        | TDOP      |            |        |        |
|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|
| NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    |
| 1,5161    | 1,4536     | 1,1728 | 1,3187 | 2,0502    | 1,9808     | 1,6634 | 1,7670 | 1,0352    | 0,9912     | 0,9356 | 0,8608 |

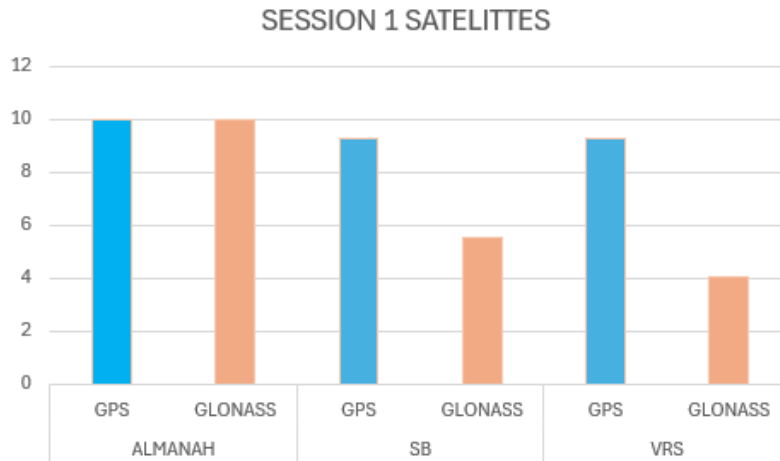


Slika 6.3 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

Usporedbom broja vidljivih satelita može se vidjeti kako je broj vidljivih GPS satelita u singlebased i mrežnom rješenju bio jednak te je iznosio devet, dok je broj vidljivih GLONASS satelita bio veći za dva satelita u singlebased rješenju od mrežnog rješenja (Tablica 6.5 i Slika 6.4).

Tablica 6.5 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

| ALMANAH |         | SB  |         | VRS |         |
|---------|---------|-----|---------|-----|---------|
| GPS     | GLONASS | GPS | GLONASS | GPS | GLONASS |
| 10      | 10      | 9   | 6       | 9   | 4       |

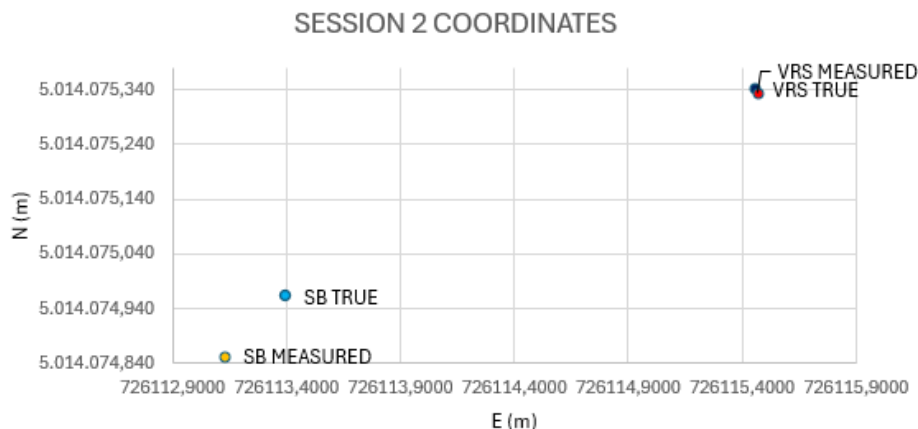


Slika 6.4 Uspređba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja

Slično kao i kod prve sesije, uspređbom koordinata dvaju GNSS prijemnika vidimo kako je GNSS prijemnik koji je spojen na mrežno rješenje bolje reagirao od prijemnika spojenog samo na Vukovar jer je utjecaj ometanja u Vukovaru bio jači nego u Županji. Najveće razlike se ponovno prikazuju u visini gdje ona za singlebased rješenje iznosi čak 43 cm, dok za mrežno rješenje iznosi 6 cm. Sljedeće po veličini su razlike u E koordinati gdje ona za singlebased rješenje iznosi 26 cm, a za mrežno rješenje iznosi 1 cm. Na kraju, najmanje razlike su u N koordinati, a one iznose 11 cm za singlebased, odnosno 1 cm za mrežno rješenje (Tablica 6.6 i Slika 6.5).

Tablica 6.6 Uspređba koordinata GNSS prijemnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

|                     | E [m]       | N [m]        | H [m]    | Ediff [m] | Ndiff [m] | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>      | 726113,3950 | 5014074,9642 | 124,0920 | 0,2661    | 0,1105    | 0,4313    |
| <b>SB MEASURED</b>  | 726113,1289 | 5014074,8537 | 123,6607 |           |           |           |
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4531 | 5014075,3428 | 123,6614 | -0,0121   | 0,0077    | 0,0652    |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4652 | 5014075,3351 | 123,5962 |           |           |           |

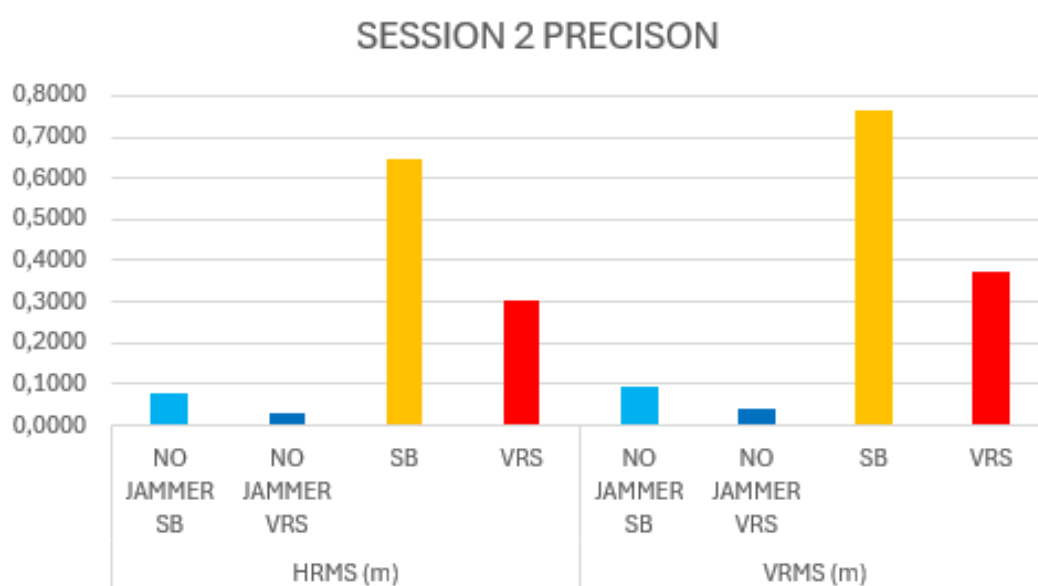


Slika 6.5 Uspređba koordinata GNSS prijemnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

Slično kao i kod prve sesije, preciznost je znatno lošija kod ometanja na singlebased rješenju nego na mrežnom rješenju. Ponovno se može primijetiti kako je vertikalna preciznost lošija od horizontalne u oba slučaja (Tablica 6.7 i Slika 6.6).

Tablica 6.7 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0763       | 0,0305        | 0,6448 | 0,3045 | 0,0965       | 0,0427        | 0,7659 | 0,3746 |



Slika 6.6 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

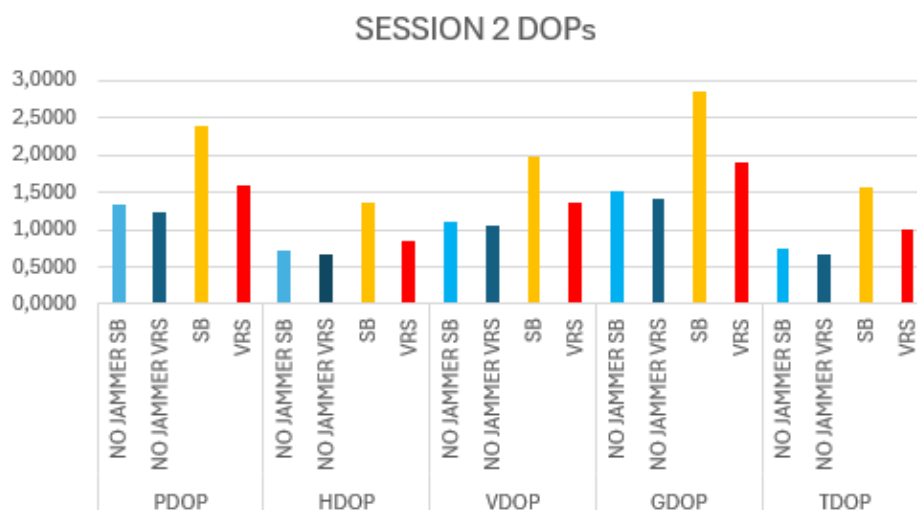
DOP vrijednosti tijekom druge sesije ometanja su se nešto drugačije mijenjale na oba rješenja s obzirom na prvu sesiju ometanja. Tijekom ometanja DOP vrijednosti su povećane što ukazuje na lošiju geometriju satelita, te su se sve vrste DOP-a znatno povećale tijekom ometanja na singlebased rješenju s obzirom na singlebased rješenje prije ometanja.

Tablica 6.8 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

| PDOP         |               |        |        | HDOP         |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 1,3338       | 1,2460        | 2,4003 | 1,6069 | 0,7278       | 0,6751        | 1,3619 | 0,8489 |

Tablica 6.9 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

| VDOP      |            |        |        | GDOP      |            |        |        | TDOP      |            |        |        |
|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|
| NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    |
| 1,1172    | 1,0471     | 1,9714 | 1,3640 | 1,5262    | 1,4202     | 2,8693 | 1,9025 | 0,7405    | 0,6816     | 1,5666 | 1,0110 |

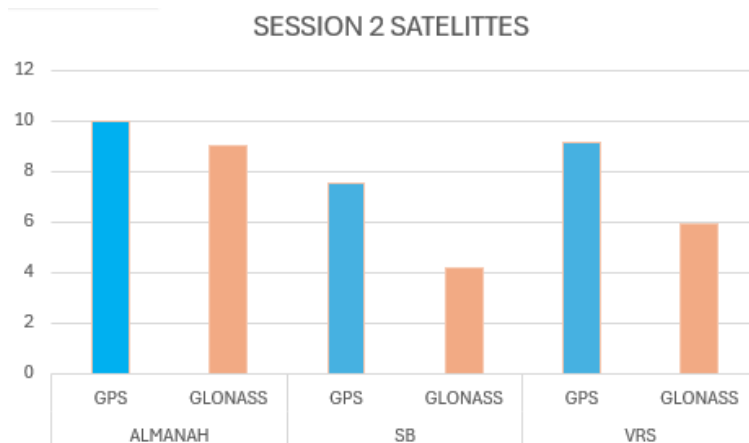


Slika 6.7 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

Broj vidljivih satelita se tijekom druge sesije ometanja razlikuje od prethodne sesije ometanja, ali i od sesije prije drugog ometanja. Za razliku od prve sesije gdje je broj vidljivih satelita u singlebased rješenju bio jednak ili veći onome u mrežnom rješenju, u ovom slučaju ometanja brojevi vidljivih GPS i GLONASS satelita su manji u singlebased rješenju nego u mrežnom (Tablica 6.10 i Slika 6.8).

Tablica 6.10 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

| ALMANAH |         | SB  |         | VRS |         |
|---------|---------|-----|---------|-----|---------|
| GPS     | GLONASS | GPS | GLONASS | GPS | GLONASS |
| 10      | 9       | 8   | 4       | 9   | 6       |

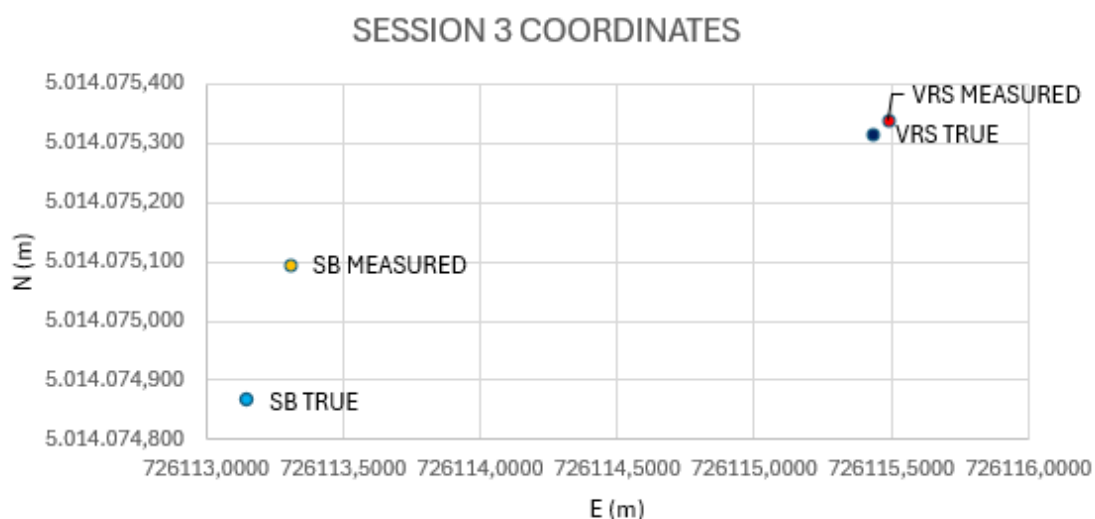


Slika 6.8 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja

Kao i u prve dvije sesije, odstupanje koordinata GNSS prijarnika veće je u singlebased rješenju nego u mrežnom rješenju, ali u ovom slučaju nije najveće odstupanje u visini kao u prva dva slučaja jer su se ometači nalazili ispod horizonta CROPOS stanica. Najveća razlika u singlebased rješenju je u N koordinati i to za 23 cm, slijedi E koordinata za 16 cm i na kraju H koordinata za 14 cm. Kod mrežnog rješenja, poredak je nešto drugačiji, jer je najveća razlika u E koordinati i iznosi 5 cm, zatim slijedi N koordinata s 2 cm i na kraju razlika u visini od skoro 2 cm (Tablica 6.11 i Slika 6.9).

Tablica 6.11 Usporedba koordinata GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

|                     | E [m]       | N [m]        | H [m]    | Ediff [m] | Ndiff [m] | Hdiff [m] |
|---------------------|-------------|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>SB TRUE</b>      | 726113,1496 | 5014074,8670 | 123,6646 | -0,1581   | -0,2286   | 0,1378    |
| <b>SB MEASURED</b>  | 726113,3077 | 5014075,0956 | 123,5268 |           |           |           |
| <b>VRS TRUE</b>     | 726115,4335 | 5014075,3161 | 123,6632 | -0,0519   | -0,0238   | -0,0194   |
| <b>VRS MEASURED</b> | 726115,4854 | 5014075,3399 | 123,6826 |           |           |           |

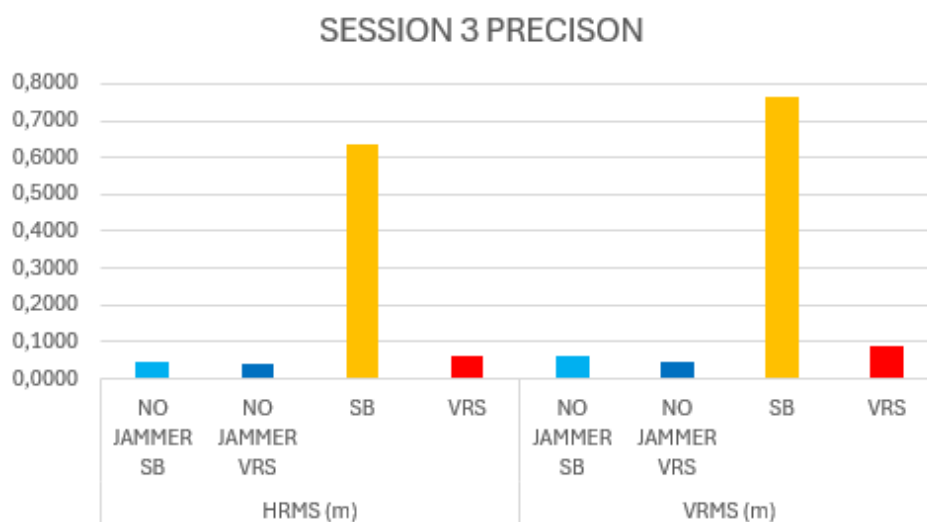


Slika 6.9 Usporedba koordinata GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

Kao i u prve dvije sesije, preciznost je lošija prilikom ometanja s obzirom na prethodnu sesiju u kojoj nije bilo ometanja. U ovom slučaju preciznost na mrežnom rješenju je samo dva puta lošija tijekom ometanja, dok je na singlebased rješenju preciznost lošija 20 do 30 puta.

Tablica 6.12 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0469       | 0,0378        | 0,6357 | 0,0607 | 0,0636       | 0,0481        | 0,7651 | 0,0877 |



Slika 6.10 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

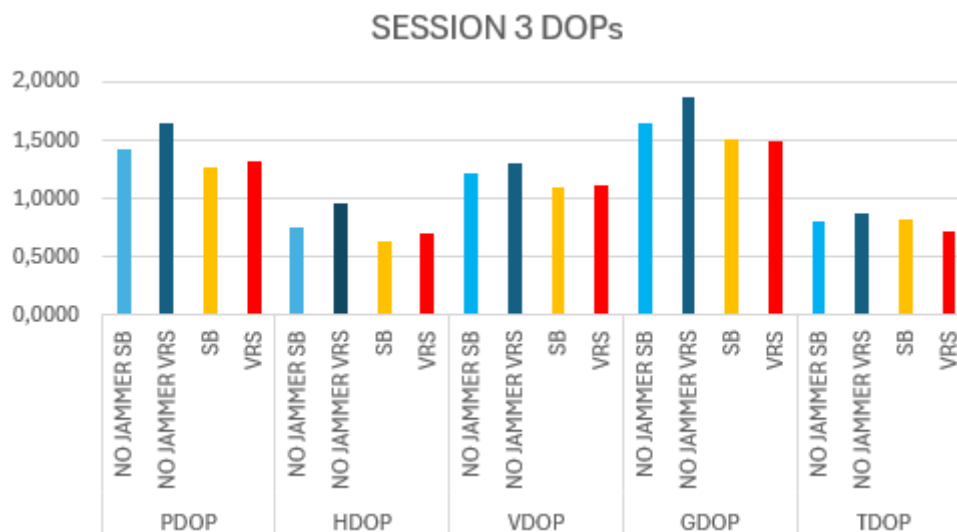
Što se tiče DOP vrijednosti, u trećoj sesiji imamo sličnu situaciji prvoj sesiji. DOP vrijednosti su veće prije samog ometanja nego tijekom ometanja što ukazuje na nešto lošiju geometriju satelita (Tablica 6.13 i 6.14 i Slika 6.11).

Tablica 6.13 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

| PDOP         |               |        |        | HDOP         |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 1,4306       | 1,6495        | 1,2625 | 1,3166 | 0,7627       | 0,9651        | 0,6338 | 0,7050 |

Tablica 6.14 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

| VDOP      |            |        |        | GDOP      |            |        |        | TDOP      |            |        |        |
|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|-----------|------------|--------|--------|
| NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    | NO JAM SB | NO JAM VRS | SB     | VRS    |
| 1,2099    | 1,3096     | 1,0918 | 1,1119 | 1,6407    | 1,8671     | 1,5119 | 1,4979 | 0,8024    | 0,8683     | 0,8314 | 0,7145 |



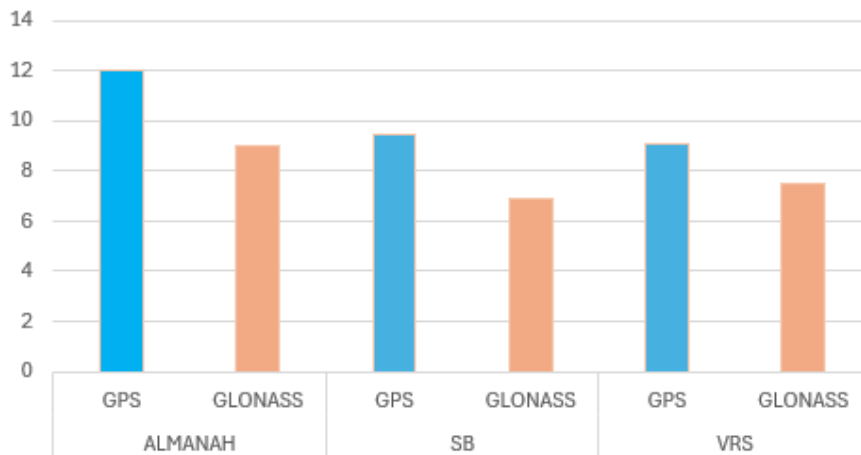
Slika 6.11 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

Za razliku od prve i druge sesije gdje je broj vidljivih satelita na singlebased rješenju varirao s obzirom na mrežno rješenje, u ovom slučaju na oba rješenja broj vidljivih GPS i GLONASS satelita je jednak (Tablica 6.15 i Slika 6.12). Broj vidljivih GPS satelita u oba rješenja je devet, dok je broj vidljivih GLONASS satelita u oba slučaja sedam.

Tablica 6.15 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

| ALMANAH |         | SB  |         | VRS |         |
|---------|---------|-----|---------|-----|---------|
| GPS     | GLONASS | GPS | GLONASS | GPS | GLONASS |
| 12      | 9       | 9   | 7       | 9   | 7       |

### SESSION 3 SATELLITES



Slika 6.12 Uspređba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja

Treba naglasiti kako horizontalna i vertikalna točnost nisu uvijek prije ometanja bili unutar točnosti koju garantira CROPOS u idealnim uvjetima mjerenja (2 cm horizontalno i 4 cm vertikalno). Samo u 1. sesiji su horizontalna i vertikalna točnost bili unutar definiranih gabarita i za SB i za VRS rješenje. U druge dvije sesije, točnost za singlebased rješenje nije bilo unutar 2 cm horizontalno i 4 cm vertikalno, dok je za mrežno rješenje vertikalna točnost bila unutar 4 cm samo u 2. sesiji, a ostale horizontalne i vertikalne točnosti mrežnog rješenja u 2. i 3. sesiji su odstupale od točnosti koja je definirana CROPOS-om (Tablica 6.16)

Tablica 6.16 Uspređba preciznosti GNSS prijarnika za oba rješenja po sesijama

| 1. SESIJA    |               |        |        |              |               |        |        |
|--------------|---------------|--------|--------|--------------|---------------|--------|--------|
| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0243       | 0,0206        | 0,6225 | 0,0725 | 0,0373       | 0,0309        | 0,7887 | 0,1124 |
| 2. SESIJA    |               |        |        |              |               |        |        |
| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0763       | 0,0305        | 0,6448 | 0,3045 | 0,0965       | 0,0427        | 0,7659 | 0,3746 |
| 3. SESIJA    |               |        |        |              |               |        |        |
| HRMS [m]     |               |        |        | VRMS [m]     |               |        |        |
| NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    | NO JAM<br>SB | NO JAM<br>VRS | SB     | VRS    |
| 0,0469       | 0,0378        | 0,6357 | 0,0607 | 0,0636       | 0,0481        | 0,7651 | 0,0877 |

## 7. ZAKLJUČAK

Iz svih ispitivanja koja su provedena u svrhu izrade ovog diplomskog rada vidljiv je utjecaj ometača na CROPOS stanice, ali i na Topcon Hiper SR GNSS prijamnike.

Iz prethodnih istraživanja Huline (2018), ali i u sklopu izbornog kolegija Satelitsko pozicioniranje – projekt bilo nam je poznato da ometač koji je korišten u Županji za ometanje CROPOS ZUTA stanice ima utjecaj do udaljenosti od 30 metara, dok je ometač koji je korišten u Vukovaru dosada bio nepoznat što se tiče njegovog utjecaja.

Unutar programa RTKLIB učitali smo RINEX podatke sa dviju CROPOS stanica te sa dvaju GNSS prijamnika od kojih je jedan bio spojen mrežno, dok je drugi bio spojen samo na Vukovar te je predstavljao singlebased rješenje. Utjecaj ometača korištenog u Vukovaru je bio značajan bez obzira na udaljenost od CROPOS stanice. Na udaljenosti od CROPOS stanice od 6,5 metara, utjecaj je bio toliko jak da je većina GPS, GLONASS i GALILEO satelita bila nedostupna, dok su oni koji su bili dostupni radili na L5 nosaču i imali visoke elevacije. Na udaljenostima od 80 metara, bez obzira na elevaciju ometača s obzirom na CROPOS stanicu, utjecaj je također bio značajan jer su SNR vrijednosti satelita uvelike opale, a vidljivo je bilo samo nekoliko satelita visokih elevacija. Također se može zaključiti da sam položaj ometača s obzirom na horizont CROPOS stanice nije igrao veliku ulogu, jer je CROPOS stanica slično reagirala u drugoj i trećoj sesiji ometanja. Što se tiče Županje i ometača koji je tamo korišten, došli smo do zaključka kako je taj ometač slabiji od ometača koji je korišten u Vukovaru zato što su prilikom ometanja, u sve tri sesije, bili vidljivi gotovo svi sateliti koji su bili vidljivi i prije ometanja, ali na pojedinim frekvencijama sa smanjenim SNR vrijednostima.

Nadalje iz analize podataka koji su prikupljeni na GNSS prijamnicima, došli smo do zaključka da je utjecaj ometača značajan kada se promatraju koordinate samih GNSS prijamnika i njihove varijacije. Koordinate GNSS prijamnika koji je bio spojen samo na Vukovar su uvelike varirale bez obzira na udaljenost ometača od CROPOS stanice, dok su koordinate GNSS prijamnika koji je radio u mrežnom rješenju također varirale, ali su se te varijacije smanjivale povećavanjem udaljenosti ometača od CROPOS stanica. Najveće varijacije su se događale u izračunu visinske koordinate bez obzira o kojemu rješenju je riječ. Osim koordinatnih razlika, velike razlike su postojale i u samoj preciznosti, odnosno horizontalnim i vertikalnim standardnim odstupanjima, koji su se znatno povećavali tijekom ometanja. DOP vrijednosti nisu bile uvelike pogođene kao ni broj vidljivih satelita. CROPOS sustav garantira točnost od 2 cm horizontalno i 4 cm vertikalno u idealnim uvjetima mjerenja. Ta točnost je postignuta jedino prije prve sesije ometanja i u mrežnom i u singlebased rješenju, dok je kasnije ta točnost degradirana ispod 2 cm horizontalno, odnosno 4 cm vertikalno.

Kao konačan zaključak, treba naglasiti da prilikom geodetskih mjerenja ne treba svako GNSS mjerenje uzeti „zdravo za gotovo“ te treba koristiti različite metode zaštite od ometanja i naknadnu analizu i obradu podataka.

## POPIS LITERATURE

**Aykut Onur, N., Güllal, E., Akpınar, B., (2015):** Performance of Single Base RTK GNSS Method versus Network RTK, Earth sciences research journal, Vol. 19, No. 2, pp. 135-139.

**Bačić, Ž. (2021/2022):** Satelitsko pozicioniranje, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Curry, C. (2014):** SENTINEL project report on GNSS vulnerabilities, Chronos Technology.

**Gudelj, M. (2023):** Testiranje rješenja za smanjenje utjecaja ometača na prijem GNSS signala, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Hulina, D. (2018):** Ispitivanje utjecaja GNSS ometača, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Hussong, M., Ghizzo, E., Milner, C., Garcia-Pena, A. (2024):** GNSS performance degradation under meaconing in civil aviation: pseudorange and position models, GPS Solutions 29, 93.

**Marendić, A. (2023/2024):** Geodetske mreže posebnih namjena, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Pavasović, M. (2024/2025):** Geofizička geodezija, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Pavlovič-Prešeren, P., Dimc, F., Bažec, M. (2021):** A Comparative Analysis of the Response of GNSS Receivers under Vertical and Horizontal L1/E1 Chirp Jamming, Sensors 2021, 21, 1446.

**Šugar, D. (2023/2024):** Navigacija, predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.

**Vidulin, M., Polovina, M., Grgić, M. (2013):** Razvoj i primjena uređaja za ometanje signala GNSS satelita, Ekscentar, br.16, pp. 76-80.

**Zhang, J., Xiaowei, C., Hailong, X., Sihao, Z., Mingquan, L. (2019):** Efficient signal separation method based on antenna arrays for GNSS meaconing, Tsinghua science and technology, Volume 24, Number 2, pp. 216-225.

## POPIS MREŽNIH ADRESA

**URL 1:** Rusija okrivljena za GPS smetnje koje utječu na letove u Europi, <https://www.bbc.com/news/articles/cne900k4wvjo>, (3.6.2025.)

**URL 2:** GNSS Jamming, <https://www.gnssjamming.com/gnss-jamming>, (9.6.2025.)

**URL 3:** Otpornost u pozicioniranju, navigaciji i vremenu: GPS/GNSS ometanje i zavaravanje, <https://safran-navigation-timing.com/resiliency-in-pnt-gps-gnss-jamming-and-spoofing/>, (9.6.2025.)

**URL 4:** GPS JAM, <https://gpsjam.org/>, (9.6.2025.)

**URL 5:** ESA-in GIDAS sustav štiti kritične sisteme, <https://www.gpsworld.com/esa-funded-gidas-helps-protect-critical-systems/>, (22.6.2025.)

**URL 6:** GPS uvidi – travanj 2007., <https://www.gpsworld.com/defensegps-insights-april-2007-8428/>, (9.6.2025.)

**URL 7:** GNSS zavaravanje kopnenih vozila, <https://safran-navigation-timing.com/vehicle-spoofing-with-skydel/>, (9.6.2025.)

**URL 8:** Što je GPS spoofing, <https://www.everythingrf.com/community/what-is-gps-spoofing>, (9.6.2025.)

**URL 9:** Iran je možda zarobio američki nevidljivi dron hakirajući njegov GPS, <https://www.yahoo.com/news/iran-may-captured-u-stealth-drone-hacking-gps-030447469.html>, (9.6.2025.)

**URL 10:** GPS L1/L2/L5 hangar repeter, <https://chronos.uk/product/gnss-gps/gps-l1-l2-l5-hangar-repeater-kit/>, (10.6.2025.)

**URL 11:** GNSS spoofing: rastuća globalna prijetnja, <https://www.gnssjamming.com/post/gnss-spoofing>, (10.6.2025.)

**URL 12:** GAJT-410ML anti-jam antena, <https://novatel.com/products/anti-jam-antenna-systems-gajt/gajt-410ml-anti-jam-antenna>, (10.6.2025.)

**URL 13:** IGS mreža, <https://network.igs.org/>, (11.6.2025.)

**URL 14:** IGS, <https://igs.org/about/>, (11.6.2025.)

**URL 15:** EPN mapa, [https://epncb.oma.be/\\_networkdata/stationmaps.php](https://epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php), (11.6.2025.)

**URL 16:** EUREF permanentna GNSS mreža, <https://epncb.oma.be/>, (11.6.2025.)

**URL 17:** CROPOS – Državna mreža referentnih stanica Republike Hrvatske, <https://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske>, (11.6.2025.)

**URL 18:** Koncept umreženih referentnih stanica, <https://www.cropos.hr/o-sustavu/koncept-umrezenih-referentnih-stanica>, (11.6.2025.)

**URL 19:** CROPOS mapa, <https://gnss.cropos.hr/Map/SensorMap.aspx>, (16.6.2025.)

**URL 20:** Google Maps, <https://www.google.com/maps>, (16.6.2025.)

**URL 21:** Što je Signal-to-Noise Ratio i kako ga računati?, <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2020-what-is-signal-to-noise-ratio-and-how-to-calculate-it>, (23.6.2025.)

**URL 22:** Pristup servisima CROPOS sustava, <https://www.cropos.hr/o-sustavu/pristup-servisima-cropos-sustava>, (22.6.2025.)

**URL 23:** Hiper SR brošura, [https://www.topconpositioning.com/content/dam/topcon\\_digital\\_asset\\_hub/collateral/brochures/HiPerSR\\_Broch\\_7010-2108\\_TEAM\\_EN\\_US\\_HiRes.pdf](https://www.topconpositioning.com/content/dam/topcon_digital_asset_hub/collateral/brochures/HiPerSR_Broch_7010-2108_TEAM_EN_US_HiRes.pdf), (16.6.2025.)

**URL 24:** JAX-121-A-10B Mobile Signal Jammer, <https://www.sunsky-online.com/p/EDA0037774/JAX-121A-10B-2G-3G-4G-WIFI-GPS-LOJACK-10-Antennas-Mobile-Signal-Jammer.htm>, (16.6.2025.)

**URL 25:** TPS2RIN CONVERTER, <https://mytopcon.topconpositioning.com/support/products/tps2rin-converter>, (16.6.2025.)

**URL 26:** RTKLIB, <https://www.rtklib.com/>, (16.6.2025.)

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 2.1 Osnovna jednadžba GNSS pozicioniranja (Bačić, 2021.) .....               | 2  |
| Slika 2.2 Princip rada GNSS jammera (URL 3) .....                                  | 4  |
| Slika 2.3 Mapa GNSS interferencije dana 6.4.2025. (URL 4).....                     | 5  |
| Slika 2.4 Princip rada GNSS spoofera (URL 7).....                                  | 6  |
| Slika 2.5 RQ-170 bespilotna letjelica (URL 9) .....                                | 6  |
| Slika 2.6 Princip rada GNSS meaconera (Zhang i dr., 2019) .....                    | 7  |
| Slika 2.7 GNSS repeater (URL 10).....  | 8  |
| Slika 2.8 Primjer GAJT anti-jam antene (URL 12) .....                              | 9  |
| Slika 3.1 IGS mreža (URL 13).....  | 10 |
| Slika 3.2 EPN mreža (URL 15).....  | 11 |
| Slika 3.3 CROPOS mreža (URL 17).....   | 12 |
| Slika 3.4 Princip rada CROPOS-a (URL 18).....                                      | 12 |
| Slika 4.1 Opis CROPOS stanice u Županji (URL 19) .....                             | 13 |
| Slika 4.2 CROPOS stanica u Županji.....  | 14 |
| Slika 4.3 Opis CROPOS stanice u Vukovaru (URL 19).....                             | 14 |
| Slika 4.4 CROPOS stanica u Vukovaru .....  | 15 |
| Slika 4.5 Udaljenost Iloka od Valpova (URL 20).....                                | 16 |
| Slika 4.6 Primjer dobrog i lošeg GDOP-a (Marendić, 2024.).....                     | 17 |
| Slika 4.7 Interval pohrane .....   | 18 |
| Slika 4.8 Visina antene i elevacijska maska.....                                   | 18 |
| Slika 4.9 Mrežno rješenje IP adresa .....  | 18 |
| Slika 4.10 Trokut CROPOS stanica i GNSS uređaja (URL 20) .....                     | 19 |
| Slika 4.11 Prva sesija ometanja u Županji .....                                    | 20 |
| Slika 4.12 Druga sesija ometanja u Županji.....                                    | 21 |
| Slika 4.13 Druga sesija ometanja u Vukovaru, za ometačem asistent Petar Jelić..... | 22 |
| Slika 4.14 Treća sesija ometanja u Županji.....                                    | 23 |
| Slika 4.15 Treća sesija ometanja u Vukovaru .....                                  | 23 |
| Slika 4.16 Topcon Hiper SR uređaji u Iloku .....                                   | 24 |
| Slika 4.17 Ometač korišten u Županji .....   | 25 |
| Slika 4.18 Ometač korišten u Vukovaru (URL 24).....                                | 27 |
| Slika 4.19 .txt datoteka s GNSS uređaja .....                                      | 28 |
| Slika 4.20 RTKLIB (URL 26).....  | 29 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 5.1 SNR i elevacije satelita za L1/L1C GPS signal u Vukovaru .....             | 30 |
| Slika 5.2 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Vukovaru .....                 | 31 |
| Slika 5.3 SNR i elevacije satelita za L5 GPS signal u Vukovaru .....                 | 31 |
| Slika 5.4 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja .....       | 32 |
| Slika 5.5 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja .....      | 32 |
| Slika 5.6 Broj vidljivih GPS satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja .....      | 32 |
| Slika 5.7 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Vukovaru .....             | 33 |
| Slika 5.8 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Vukovaru .....             | 34 |
| Slika 5.9 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja .....   | 34 |
| Slika 5.10 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja ..... | 34 |
| Slika 5.11 Broj vidljivih GLONASS satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja ..... | 35 |
| Slika 5.12 SNR vrijednosti za L1 GALILEO signal u Vukovaru .....                     | 36 |
| Slika 5.13 SNR vrijednosti za L5 GALILEO signal u Vukovaru .....                     | 36 |
| Slika 5.14 Broj vidljivih GALIELO satelita u Vukovaru u prvoj sesiji ometanja .....  | 37 |
| Slika 5.15 Broj vidljivih GALIELO satelita u Vukovaru u drugoj sesiji ometanja ..... | 37 |
| Slika 5.16 Broj vidljivih GALIELO satelita u Vukovaru u trećoj sesiji ometanja ..... | 37 |
| Slika 5.17 Usporedba broja vidljivih GPS satelita i almanaha u Vukovaru .....        | 38 |
| Slika 5.18 Usporedba broja vidljivih GLONASS satelita i almanaha u Vukovaru .....    | 38 |
| Slika 5.19 Usporedba broja vidljivih GALILEO satelita i almanaha u Vukovaru .....    | 39 |
| Slika 5.20 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Županji .....                 | 40 |
| Slika 5.21 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Županji .....                 | 40 |
| Slika 5.22 SNR i elevacije satelita za L5 GPS signal u Županji .....                 | 41 |
| Slika 5.23 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja.....        | 41 |
| Slika 5.24 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja.....       | 42 |
| Slika 5.25 Broj vidljivih GPS satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja.....       | 42 |
| Slika 5.26 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Županji.....              | 43 |
| Slika 5.27 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Županji.....              | 43 |
| Slika 5.28 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja .....   | 44 |
| Slika 5.29 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja .....  | 44 |
| Slika 5.30 Broj vidljivih GLONASS satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja.....   | 44 |
| Slika 5.31 SNR vrijednosti za L1 GALILEO signal u Županji .....                      | 45 |
| Slika 5.32 SNR vrijednosti za L5 GALILEO signal u Županji .....                      | 46 |
| Slika 5.33 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u prvoj sesiji ometanja.....    | 46 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 5.34 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u drugoj sesiji ometanja.....   | 47 |
| Slika 5.35 Broj vidljivih GALILEO satelita u Županji u trećoj sesiji ometanja.....   | 47 |
| Slika 5.36 Usporedba broja vidljivih GPS satelita i almanaha u Županji .....   | 48 |
| Slika 5.37 Usporedba broja vidljivih GLONASS satelita i almanaha u Županji.....  | 48 |
| Slika 5.38 Usporedba broja vidljivih GALILEO satelita i almanaha u Županji .....   | 49 |
| Slika 5.39 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Iloku VRS rješenje.....   | 50 |
| Slika 5.40 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Iloku VRS rješenje.....   | 50 |
| Slika 5.41 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Iloku VRS rješenje.....   | 51 |
| Slika 5.42 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Iloku VRS rješenje.....   | 51 |
| Slika 5.43 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                            | 52 |
| Slika 5.44 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....  | 53 |
| Slika 5.45 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                       | 53 |
| Slika 5.46 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u prvoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja.....                  | 54 |
| Slika 5.47 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                           | 54 |
| Slika 5.48 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja ..... | 55 |
| Slika 5.49 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                      | 56 |
| Slika 5.50 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u drugoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja.....                 | 56 |
| Slika 5.51 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                           | 57 |
| Slika 5.52 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja ..... | 57 |
| Slika 5.53 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                      | 58 |
| Slika 5.54 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u trećoj sesiji i prije ometanja kod VRS rješenja.....                 | 58 |
| Slika 5.55 SNR i elevacije satelita za L1 GPS signal u Iloku SB rješenje.....  | 59 |
| Slika 5.56 SNR i elevacije satelita za L2 GPS signal u Iloku SB rješenje.....  | 60 |
| Slika 5.57 SNR i elevacije satelita za L1 GLONASS signal u Iloku SB rješenje .....   | 60 |
| Slika 5.58 SNR i elevacije satelita za L2 GLONASS signal u Iloku SB rješenje .....   | 61 |
| Slika 5.59 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                             | 61 |

|   |    |
|---|----|
| Slika 5.60 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....  | 62 |
| Slika 5.61 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....  | 63 |
| Slika 5.62 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u prvoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja .....                 | 63 |
| Slika 5.63 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                           | 64 |
| Slika 5.64 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja ..... | 64 |
| Slika 5.65 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....                                       | 65 |
| Slika 5.66 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u drugoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja.....                 | 65 |
| Slika 5.67 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                           | 66 |
| Slika 5.68 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja ..... | 67 |
| Slika 5.69 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                                      | 67 |
| Slika 5.70 Usporedba vidljivih satelita prilikom ometanja u trećoj sesiji i prije ometanja kod SB rješenja .....                | 68 |
| Slika 6.1 Usporedba koordinata GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                           | 69 |
| Slika 6.2 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                          | 70 |
| Slika 6.3 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                      | 71 |
| Slika 6.4 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                             | 72 |
| Slika 6.5 Usporedba koordinata GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                          | 72 |
| Slika 6.6 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                         | 73 |
| Slika 6.7 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                     | 74 |
| Slika 6.8 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                            | 75 |
| Slika 6.9 Usporedba koordinata GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....                          | 75 |
| Slika 6.10 Usporedba preciznosti GNSS prijavnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....                        | 76 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 6.11 Usporedba DOP vrijednosti GNSS prijamnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja ..... | 77 |
| Slika 6.12 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....        | 78 |

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 4.1 Plan opažanja 20.5.2025.....  | 19 |
| Tablica 4.2 Specifikacije Topcon Hiper SR uređaja (URL 23) .....  | 24 |
| Tablica 4.3 Specifikacije ometača korištenog u Županji (Hulina, 2018.).....   | 26 |
| Tablica 4.4 Specifikacije ometača korištenog u Vukovaru (URL 24) .....  | 27 |
| Tablica 5.1 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                            | 52 |
| Tablica 5.2 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....  | 52 |
| Tablica 5.3 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                       | 53 |
| Tablica 5.4 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                           | 54 |
| Tablica 5.5 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja.....  | 55 |
| Tablica 5.6 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                      | 55 |
| Tablica 5.7 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                           | 57 |
| Tablica 5.8 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja ..... | 57 |
| Tablica 5.9 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod VRS rješenja .....                                      | 58 |
| Tablica 5.10 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                            | 61 |
| Tablica 5.11 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....   | 62 |
| Tablica 5.12 DOP vrijednosti prije ometanja i u prvoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....  | 62 |
| Tablica 5.13 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                           | 64 |
| Tablica 5.14 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....  | 64 |
| Tablica 5.15 DOP vrijednosti prije ometanja i u drugoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                                      | 65 |
| Tablica 5.16 Koordinate GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                           | 66 |
| Tablica 5.17 Horizontalna i vertikalna preciznost GNSS prijavnika prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja.....  | 66 |
| Tablica 5.18 DOP vrijednosti prije ometanja i u trećoj sesiji ometanja kod SB rješenja .....                                      | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Tablica 6.1 Usporedba koordinata GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                     | 69 |
| Tablica 6.2 Usporedba preciznosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                    | 70 |
| Tablica 6.3 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....        | 70 |
| Tablica 6.4 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....  | 71 |
| Tablica 6.5 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom prve sesije ometanja .....                       | 71 |
| Tablica 6.6 Usporedba koordinata GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                    | 72 |
| Tablica 6.7 Usporedba preciznosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                   | 73 |
| Tablica 6.8 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....       | 73 |
| Tablica 6.9 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja ..... | 74 |
| Tablica 6.10 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom druge sesije ometanja .....                     | 74 |
| Tablica 6.11 Usporedba koordinata GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....                   | 75 |
| Tablica 6.12 Usporedba preciznosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....                  | 76 |
| Tablica 6.13 Usporedba PDOP i HDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....      | 76 |
| Tablica 6.14 Usporedba VDOP, GDOP i TDOP vrijednosti GNSS prijarnika u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja..... | 77 |
| Tablica 6.15 Usporedba broja vidljivih satelita u VRS i SB rješenju tijekom treće sesije ometanja .....                     | 77 |
| Tablica 6.16 Usporedba preciznosti GNSS prijarnika za oba rješenja po sesijama.....   | 78 |

# ŽIVOTOPIS

## OSOBNE INFORMACIJE

## Matej Rakitić

- 📍 Ljudevita Gaja 97H, 35400 Nova Gradiška, Hrvatska  
📞 098/196-0440  
✉ [rakitcmatej99@gmail.com](mailto:rakitcmatej99@gmail.com)

Spol Muško | Datum rođenja 05/10/1999 | Državljanstvo hrvatsko

## RADNO ISKUSTVO

- 08/2016 - /  
10/2022 – 01/2023  
02/2021 – 05/2022
- GEEKOD d.o.o.  
Konzum  
ITX Hrvatska (Zara)

OBRAZOVANJE I  
OSPOSOBLJAVANJE

- 10/2019 – 06/2023  
09/2014 – 05/2018
- Prvostupnik inženjer geodezije i geoinformatike, Geodetski fakultet,  
Sveučilište u Zagrebu  
Opća gimnazija Nova Gradiška

## OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik Hrvatski jezik

Ostali jezici

Engleski jezik

|                | RAZUMIJEVANJE |         | GOVOR               |                    | PISANJE |
|----------------|---------------|---------|---------------------|--------------------|---------|
|                | Slušanje      | Čitanje | Govorna interakcija | Govorna produkcija |         |
| Engleski jezik | C1            | B2      | B2                  | B2                 | C1      |

Stupnjevi: A1/2: Temeljni korisnik - B1/B2: Samostalni korisnik - C1/C2 Iskusni korisnik  
[Zajednički europski referentni okvir za jezike](#)

## Komunikacijske vještine

Vrlo dobre komunikacijske vještine stečene tijekom studiranja i studentskih poslova u struci i izvan struke. Tijekom rada u struci naučio sam kako strpljivo i jasno saslušati sugovornika te mu dati povratnu informaciju o onome što ga/ju zanima.

Digitalne vještine

| SAMOPROCJENA        |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Obrada informacija  | Komunikacija        | Stvaranje sadržaja  | Sigurnost           | Rješavanje problema |
| Samostalni korisnik | Samostalni korisnik | Samostalni korisnik | Samostalni korisnik | Samostalni korisnik |

Stupnjevi: Temeljni korisnik - Samostalni korisnik - Iskusni korisnik  
[Digitalne vještine - tablica za samoprocjenu](#)

Zamijenite nazivom potvrde o informatičkoj kompetenciji.

Tijekom studija i rada u struci stečeno iskustvo rada u CAD i GIS programima. Samostalno koristim Microsoft Office alate (Word, Excel, Powerpoint). Prilagodljiv sam novim softverima i novim programskim alatima.

Vozačka dozvola B kategorija

