



Obnašanje sprejemnikov GNSS pod vplivom motilnikov

Andrej Štern

*Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
Laboratorij za telekomunikacije*



Predstavitev tematike

■ Uporaba motilnikov signalov GNSS

- zaščita zasebnosti (izogibanje šefom)
- zakrivanje identitete (kriminal)
- namerno motenje (objestnost, nagajivost)
- raziskovalna dejavnost (zakaj pa ne?)

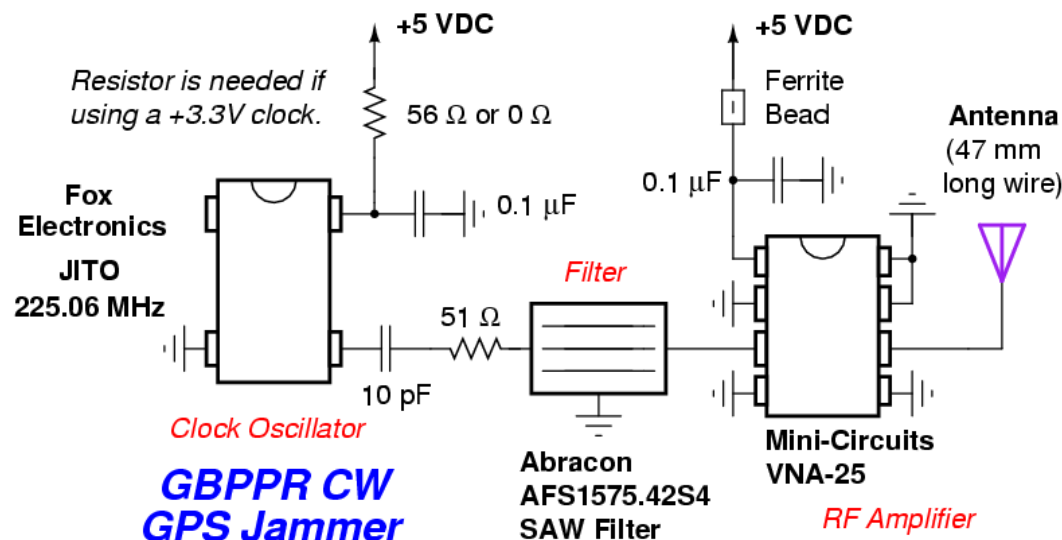
■ V splošnem je uporaba prepovedana

- v EU: prepovedano uporabljati
- v ZDA: prepoved oglaševanja, prodaje in uporabe

Major Enforcement Actions

June 2014: FCC proposed a fine of \$34,912,500 to a Chinese electronics manufacturer and online retailer for allegedly marketing 285 models of signal jamming devices to U.S. customers for more than two years.

Vir: <http://www.gps.gov/spectrum/jamming/>



<http://mail.blockyourid.com/~gbpprorg/mil/gps3/index.html>



Izvedeni projekti

■ Odmevni projekti

■ GAARDIAN (VB, 2008-2010)

- mreža sprejemnikov za nadzor delovanja GPS na ključnih lokacijah
- spremljanje integritete, zanesljivosti, kontinuitete in natančnosti

■ SENTINEL (nadaljevanje)

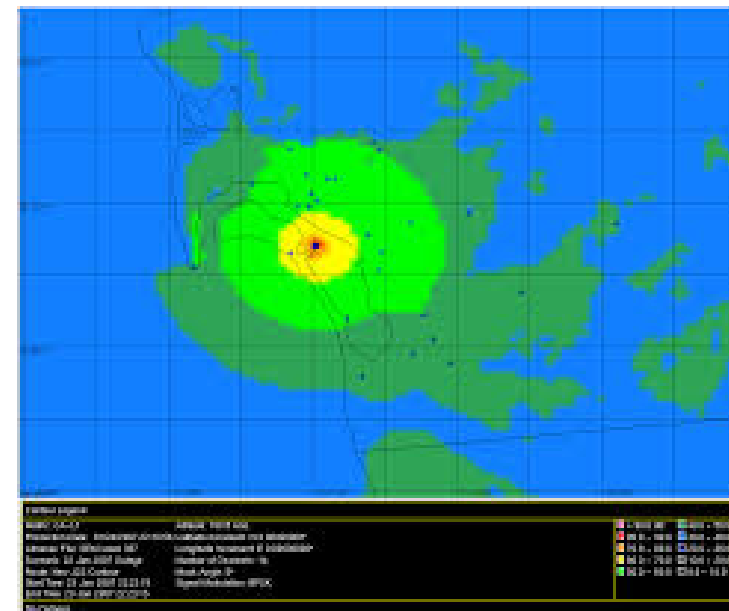
- preučevanje razpoložljivosti nizko-cenovnih motilnikov
- razvoj algoritmov lociranja motenj vzdolž cest s triangulacijo

■ GIMOS (Nemčija)

- opazovanje GPS L1, GPS L2 in GLONASS L1
- uporaba DSP-sprejemnikov za varovanje letališč

■ Patriot Watch (ZDA)

- razširjen program zaznave motilnikov GPS (vir)
- uporaba pametnih terminalov Android





Merilni dogodki v letu 2015

■ Organizacija dveh dogodkov: 14.7.2015 in 13.11.2015

- glavni organizator: dr. Dimc (UL FPP) z ekipo
- glavni akter: dr. Borio (EU JRC, Ispra, Italija) z ekipo
- pridobitev dovoljenja za omejen čas testiranja z omejenim obsegom motenj

■ Motilniki in oprema

- prispevek EU JRC Ispra
 - motilniki J01, J02, J03
 - namensko merilno vozilo
 - prejemnik SDR
 - namenske antene
 - testni sprejemniki za GPS, GLONASS in Galileo
- prispevek finskega FGI
 - več sprejemnikov SDR in GNSS

Oznaka motilnika	Pokrivanje okoli L1 (MHz)	Perioda žage	Izhodna moč
J01	+10,4 / -9,9	6,3 μ s	36,8 dBm
J02	+5,1 / -11,6	8,7 μ s	29,4 dBm
J03	+7,1 / -29,3	9,1 μ s	21,4 dBm





Druga merilna oprema

■ Slovenske ekipe

■ UL FPP

- enota za projekt PKP (enota SDR)
- inercialna oprema Xsens Mti-G
- komunikacije, logistika, napajanje

■ UL FE

- osebno vozila z več sprejemniki GPS/GLONASS
- več mobilnih telefonov z dodatnimi senzorji
- različna oprema IKT

■ ostali udeleženci

- predstavniki Geodetskega inštituta Slovenije, Geodetskega podjetja Sežana
- zastopniki geodetske opreme (Trimble)
- predstavniki GURS in AKOS





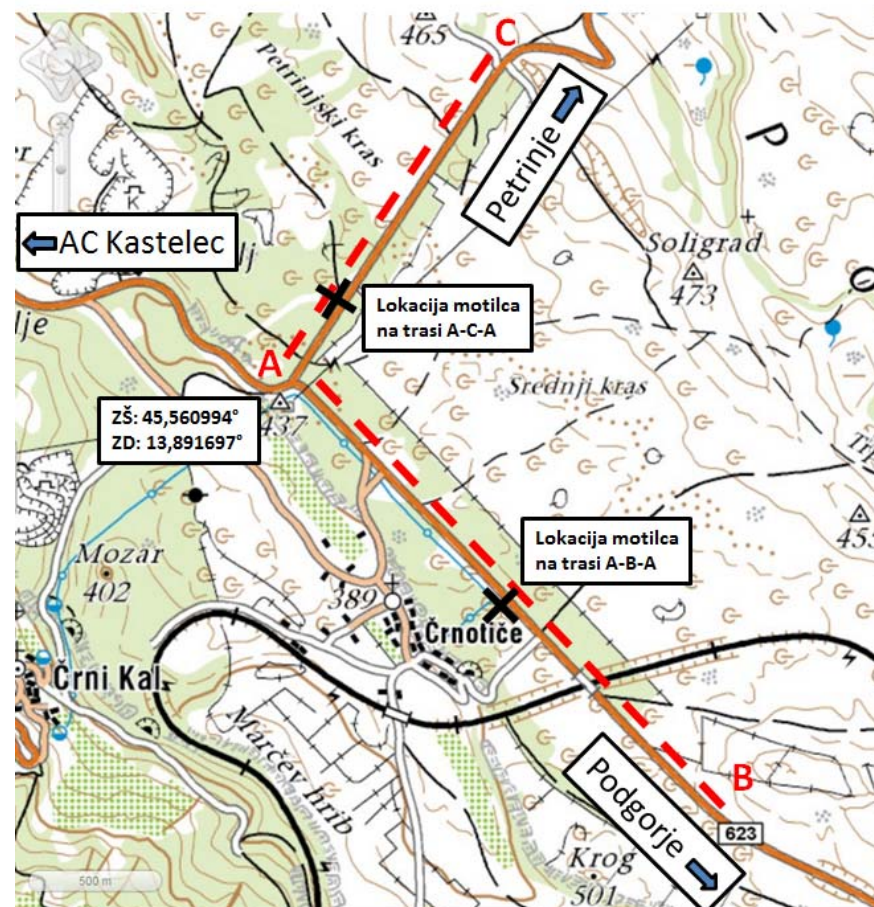
Predstavitev lokacije

■ Manj prometna odseka

- nad AC predorom Kastelec
- med krajema Črnotiče (A) in Podgorje (B)
- med krajema Črnotiče (A) in Petrinje (C)

■ Razlogi za izbiro tras

- dovolj odmaknjeno od drugih prometnic
- motnje ostajajo čim bolj krajevno omejene
- trasi A-B in A-C sta popolnoma ravni
 - A-B v dolžini 2,2 km in A-C v dolžini 1,4 km
- osrednji del trase A-B je obdan z gozdom
- trasa A-C je relativno prosta rastlinja
- lega Slovenije je zanimiva tudi za tujce

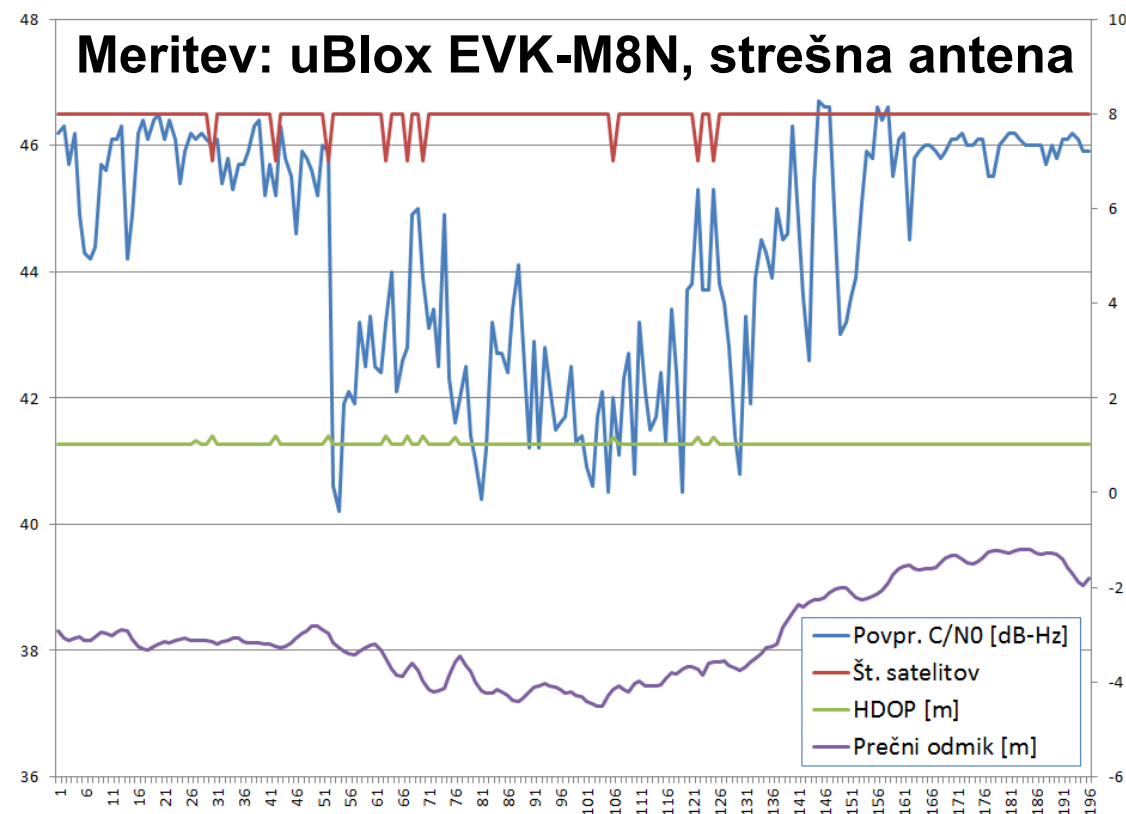
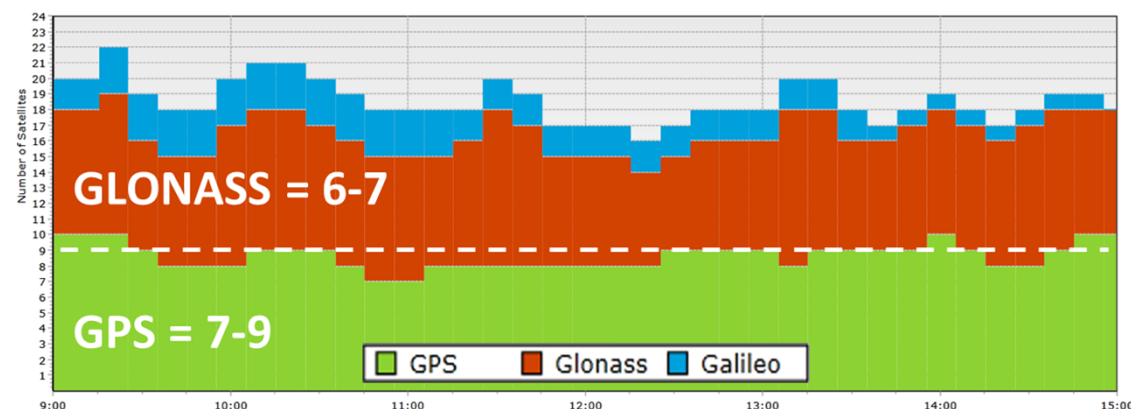




Analiza trase A-B brez motilnikov

■ Analiza GNSS pri 40 km/h

- nihanje C/N0 v območju 40,2-46,7 dB-Hz, sr = 44,31 dB-Hz
- padec signala ob 52. sekundi sovпада z začetkom gozda
- število satelitov se ni bistveno spreminjalo (med 7 in 8)
- trasa ob dani konstelaciji GPS številsko ne izkazuje zastiranja
- geometrijski parameter HDOP se je ohranjal med 1,02 m in 1,19 m
- prečni odmik od osi ceste CTE prikazuje odmik v desno ob izgubi signala zaradi vstopa v gozd na največ 1,8 m in prehod na levo stran za 1,4 m ob koncu

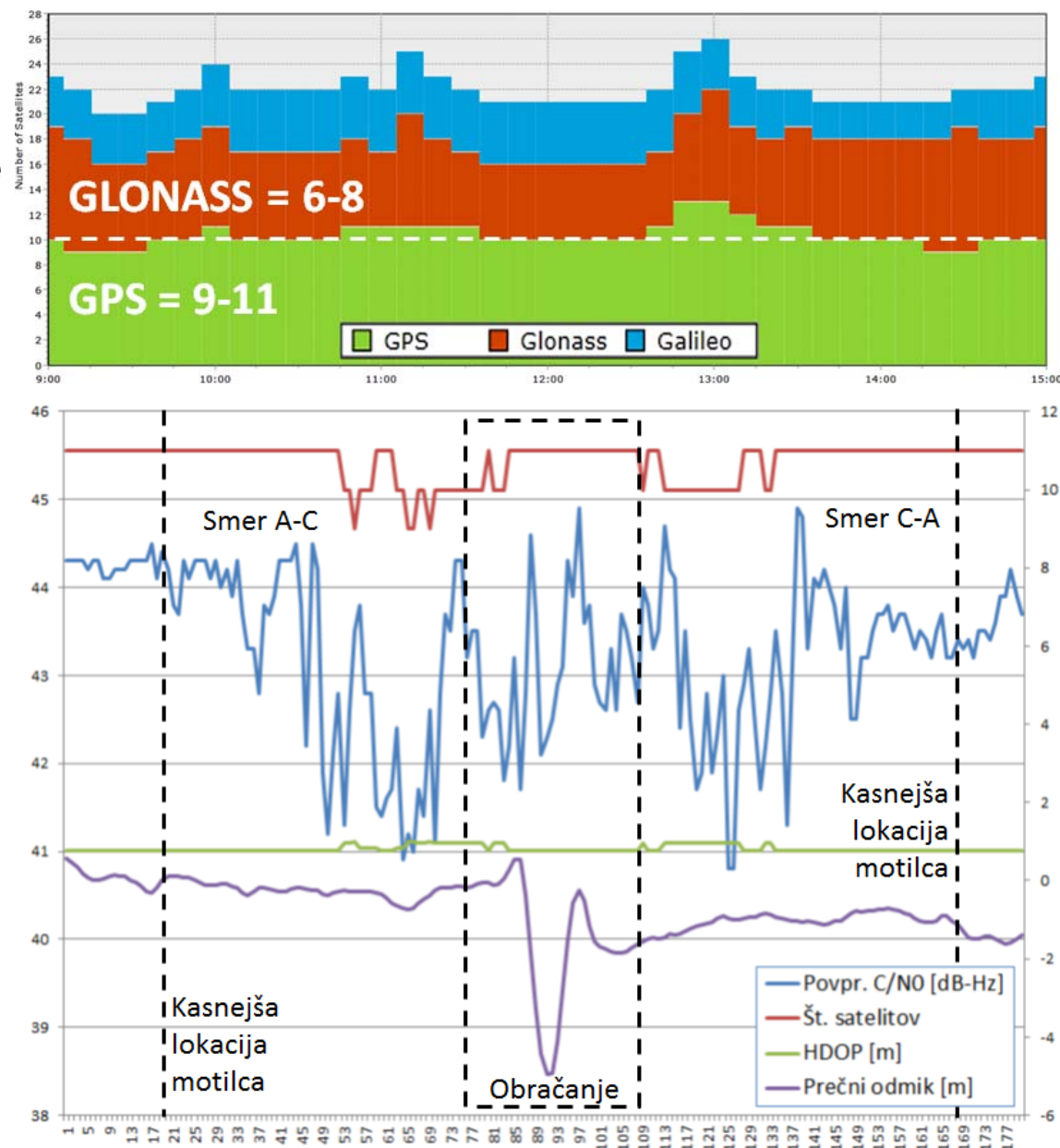




Analiza trase A-C brez motilnikov

■ Analiza GNSS pri 75 km/h

- meritev v obe smeri + obračanje
- manj vplivnosti bližnjega rastja (nekaj bližje Petrinjam, C)
- povprečja GPS C/N0 so od 40,8-44,9 dB-Hz, sr = 43,29 dB-Hz
- število satelitov med 9 in 11 (težave z nizko elevacijo GPS)
- vkopanost osrednjega dela (A = 0 m, min = -8 m, C = 12 m)
- HDOP med 0,77 m in 1,01 m
- prečni odmik CTE izkazuje spremembe znotraj 1 metra





Scenariji meritev

■ Mobilne meritve

- pri različnih hitrostih mimo motilnika od 20 km/h naprej do 100 km/h
- opazovanje mimo-vozečega motilnika
- opazovanje srečanja z motilnikom
- sprejem na vsaj 7 različnih sprejemnikih
 - antena na strehi vozila (S1, S2, S3, S5)
 - antena v notranjosti (S4, S6, S7)
 - različne konfiguracije (S1, S2)
 - uporaba telefonov (S6, S7)
- nastavitev razširjenega nabora NMEA
 - 14.7.2015 - zajetih 144 MB
 - 13.11.2015 - zajetih 177 MB
 - dodatnih 300 MB: AndroSensor

	Model naprave	Mesto zajema	Vrsta zajema
S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S2	uBlox 8	streha	GPS, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S5	uBlox 5 BT	streha	GPS
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO
S7	Tel. Nexus S	znotraj	GPS

Stavki NMEA, 1 Hz

Sprejemnik S3 - sprejem zgolj GPS

```
$GPRMC,113855.00,A,4533.68025,N,01353.50812,E,11.720,23.60,131115,,*0E  
$GPGGA,113855.00,4533.68025,N,01353.50812,E,1,11,0.84,440.8,M,43.3,M,,*55
```

Sprejemnik S6 - sprejem GPS+GLONASS

```
$GPGGA,113855.0,4533.682010,N,01353.508877,E,1,11,0.7,441.5,M,44.0,M,,*59  
$GNGNS,113855.0,4533.682010,N,01353.508877,E,AA,17,0.7,441.5,44.0,,*6B  
$GPRMC,113855.0,A,4533.682010,N,01353.508877,E,11.7,24.1,131115,0.0,E,A*05
```

Sprejemnik S1 - sprejem GPS+GLONASS+EGNOS

```
$GNRMC,113855.00,A,4533.68061,N,01353.50781,E,11.538,24.90,131115,,,D*7E  
$GNGNS,113855.00,4533.68061,N,01353.50781,E,DN,11,0.84,440.4,43.3,,0000*62  
$GNGGA,113855.00,4533.68061,N,01353.50781,E,2,11,0.84,440.4,M,43.3,M,,0000*41
```



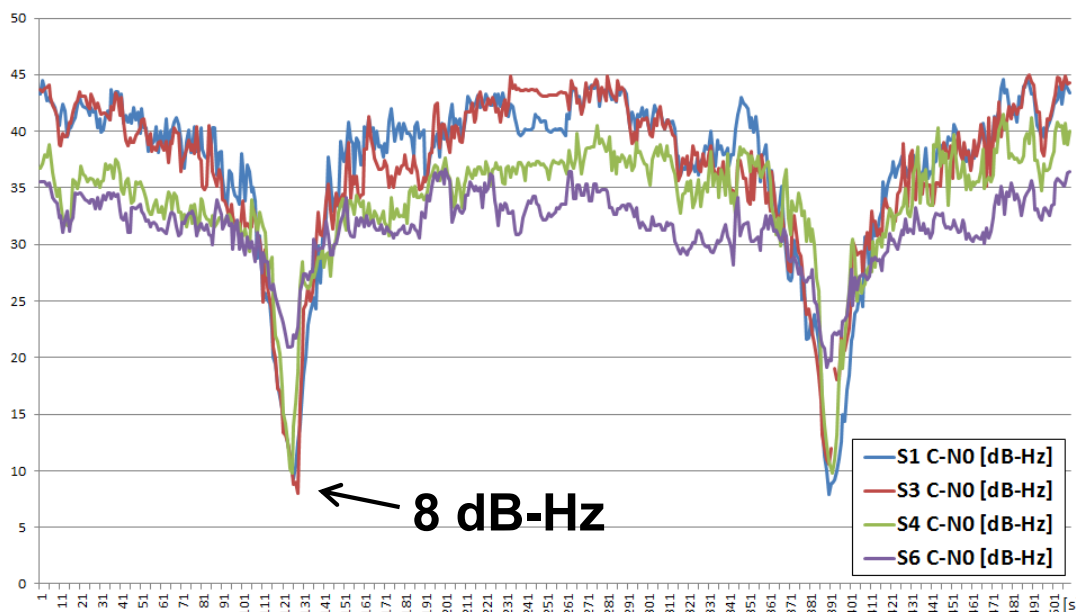
Rezultati meritev na trasi A-B-A

S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO

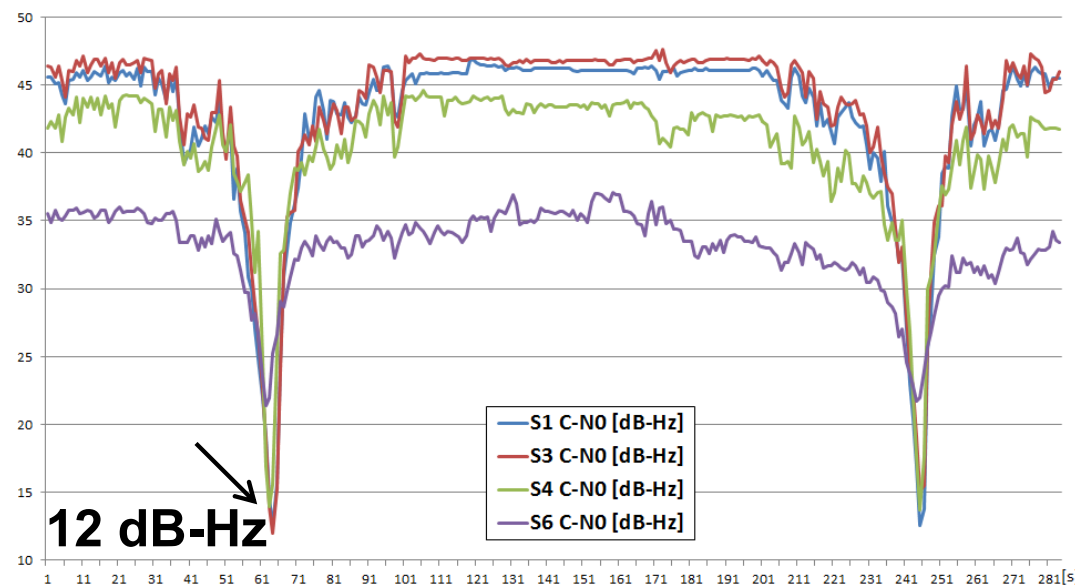
■ Primerjava razmerja C-N0 pri 20 km/h in 60 km/h (samo GPS)

- nižje povprečne vrednosti za S4 in S6 (v vozilu)
- zaznava prisotnosti motilnika v obeh primerih
- manjše posledice pri višjih hitrostih
- motnja manj vpliva na sprejemnike S4 in S6

20 km/h



60 km/h

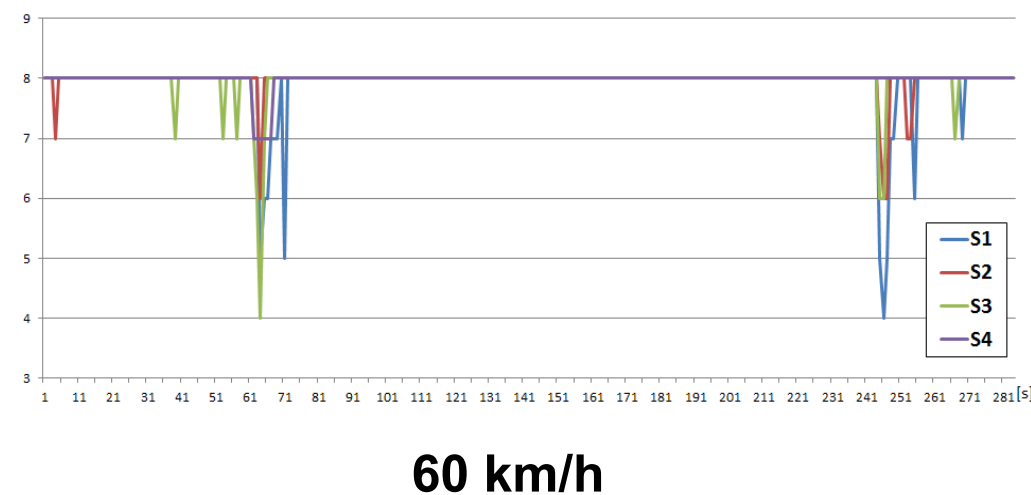
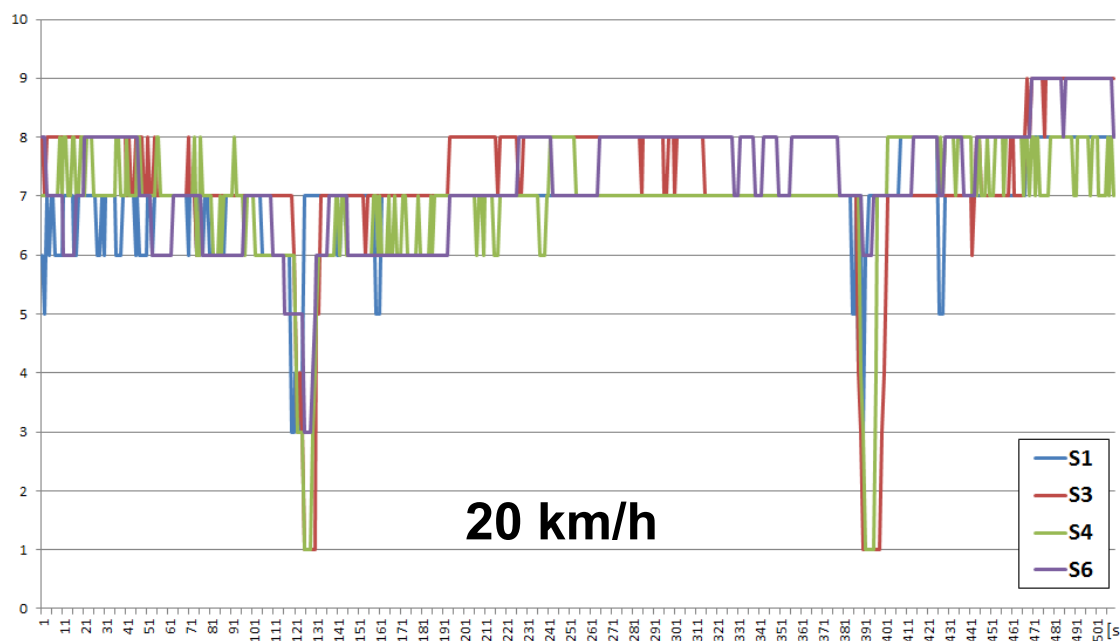




Rezultati meritev na trasi A-B-A

S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO

- **Primerjava števila uporabljenih sat. GPS pri 20 km/h in 60 km/h**
 - pri 60 km/h opazno majhno nihanje števila satelitov (večinoma 8)
 - upad pri 20 km/h zelo globok, S3 in S4 (le GPS) upadeta na 1
 - prekinitev navigacije za eno-sistemske sprejemnike GPS
 - pri 60 km/h se število pri S1 in S3 zniža do 4
 - navigacija teoretično še možna

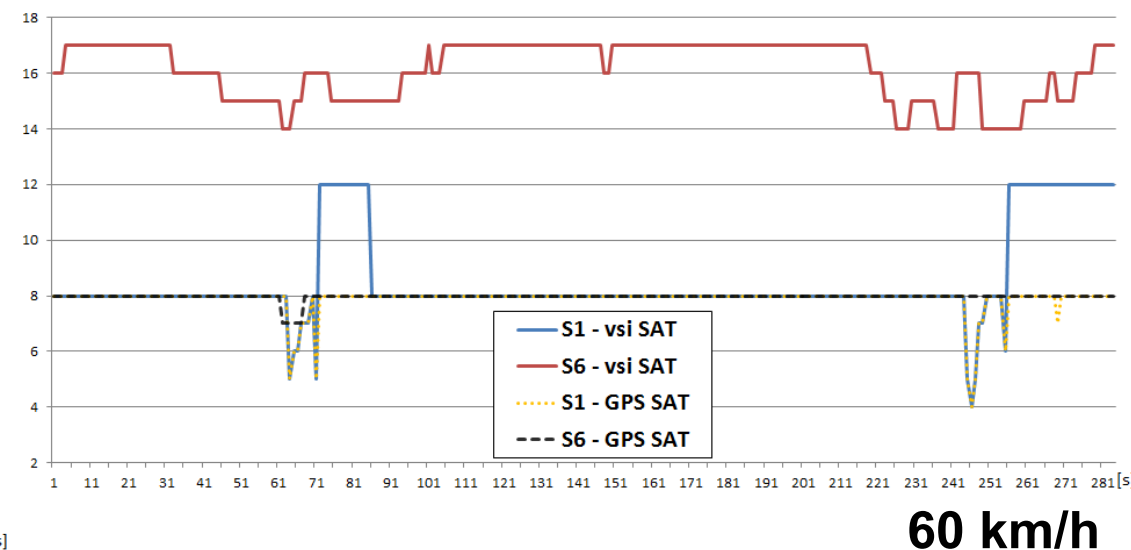
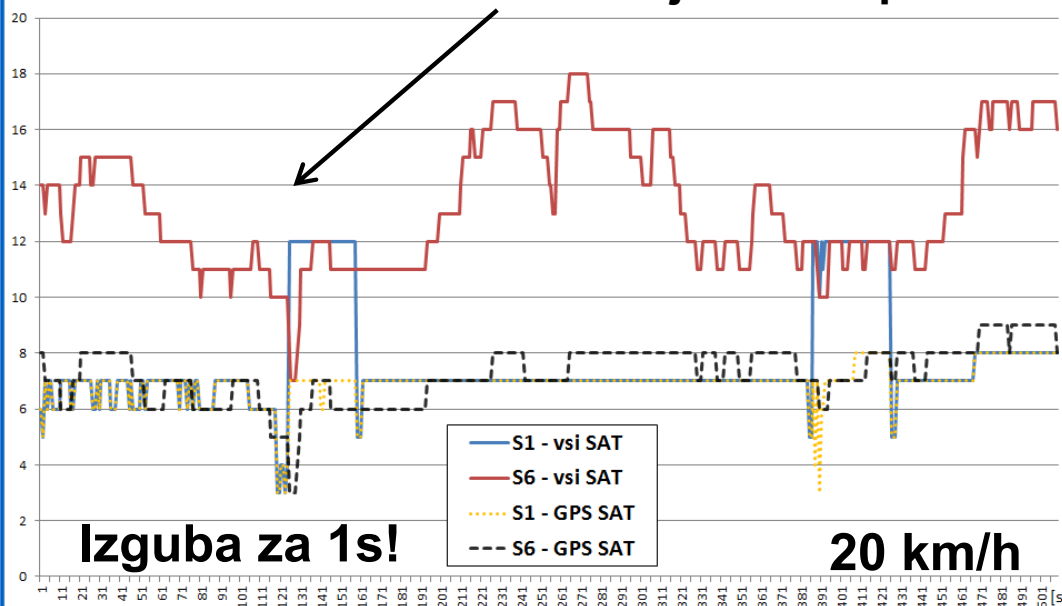




Rezultati meritev na trasi A-B-A

S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO

- **Primerjava uporabe GPS+GLONASS pri 20 km/h in 60 km/h**
 - uporaba sprejemnika S1 (streha) in telefona S6 (notranjost)
 - S6 neprestano uporablja kombinacijo GPS+GLONASS
 - najmanjše skupno število satelitov ob prvi motnji pri 20 km/h je 7
 - S1 uporablja GLONASS kot dodatek v primeru slabega sprejema GPS
 - na oddaljenosti 45 m od motilnika število GPS pade pod 4
 - sekundo kasneje se vklopi GLONASS in vztraja 33 s (204 m od motilnika)



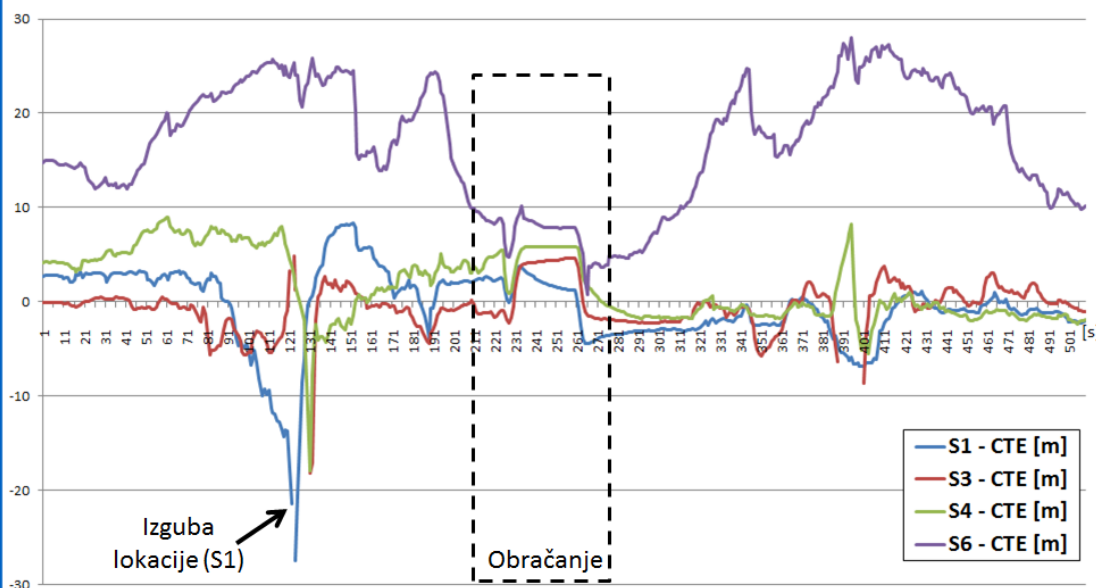


Rezultati meritev na trasi A-B-A

S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO

- **Primerjava prečnega odstopanja (CTE) pri 20 km/h in 60 km/h**
 - največji CTE v bližini motilnika je zaznan pri sprejemniku S1 na strehi
 - karoserija z boka delno zastira vpad šuma na sprejemnike v notranjosti
 - večja nihanja S3 in S4 8 sekund po lokaciji motilnika pri 20 km/h
 - S6 kaže na velika odstopanja med 15 in 25 metrov brez večjih motenj

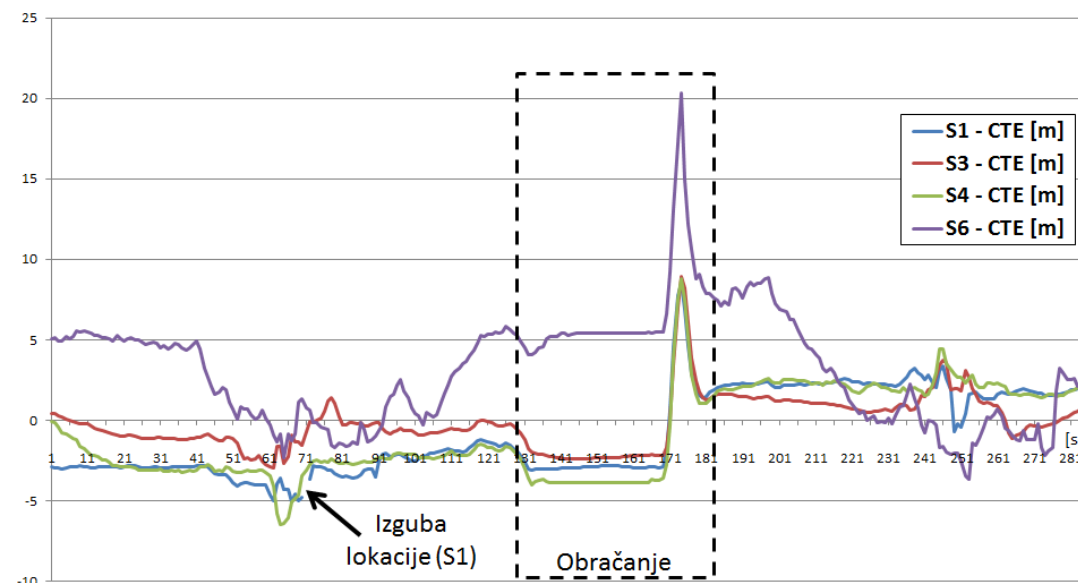
20 km/h



← -30 m

→ 10 m

60 km/h





Rezultati meritev na trasi A-B-A

S1	uBlox 8	streha	GPS, GLO, EGN
S3	uBlox 5	streha	GPS
S4	uBlox 5 BT	znotraj	GPS, EGN
S6	Tel. S4 Mini	znotraj	GPS, GLO

- **Primerjava vseh odčitanih parametrov pri 20 km/h**
 - **najboljši sprejem pričakovano omogočata sprejemnika na strehi**
 - **podrobna primerjava pokaže, da so sprejemniki na strehi bolj moteni**
 - **največji izpad pri 20 km/h S3 (le GPS), pri 60 km/h S3 ne utrpi izgub**
 - **prečni odmiki se v točki motenja zelo povečajo in znašajo do -27,44 m (S1)**
 - **v okolici motilca hitrosti ne odstopajo pretirano**
 - **S1 okoli izgube le med 18,04 in 21,62 km/h, S3 kot edini med 5,95 in 21,35 km/h**

Opazovanje	S1	S3	S4	S6
Razmerje C-N0 [db-Hz]	36,91	36,59	33,79	31,39
Št. uporabljenih GPS	6,93	7,24	6,9	7,26
Št. up. GPS+GLONASS	7,63	7,21	6,88	13,26
Prečni odmik (abs.)	2,96	1,67	3,13	16,72
HDOP [m]	1,31	4,30	3,90	0,80
Hitrost [km/h]	19,54	19,09	19,30	19,50
Trajanje izpadov [s]	1	19	0	0



Zaključek

- **Možnosti meritev obnašanja GNSS med motilniki**
 - redkost meritev na prostem v evropskem in svetovnem merilu
- **Priložnost za dvig meritev na višji nivo**
 - priprava testnega poligona, administrativnih procedur
 - predstavitev testne trase z znanim okoljskim profilom
- **Predlog za nadaljevanje aktivnosti**

Forum GNSS Slovenija

SODELOVANJE V SATELITSKI RADIONAVIGACIJI



<http://www.forumgnss.si/>

FORUM•GNSS.SI

VABLJENI K SODELOVANJU!