

Globalni navigacijski sustavi

Norma za razmjenu GNSS podataka
(NMEA 0183)

Uvod

Američko udruženje NMEA (*National Marine Electronics Association*) razvilo je 1983. godine specifikaciju koja definira komunikacijsko sučelje između brodskih elektroničkih uređaja. Norma također omogućuje interakciju GPS prijamnika i računala u razmjeni i obradi informacija. Norma NMEA prošla je kroz nekoliko revizija i promjena. Većina današnjih uređaja koristi format zapisa "0183 verzija 2" koji je objavljen 2001. godine. Njime je određena brzina prijenosa podataka od 4800 bauda (simbola u sekundi). Norma NMEA 0183 nadišla je okvire brodskih uređaja i postala standard korišten u širokom spektru GNSS prijamnika, od onih samostalnih, sve do onih ugrađenih u mobilne telefone. Na taj način unificirani su podaci, koje se potom programski obrađuje i prikazuje korisnicima.

NMEA 0183 rečenice

Norma NMEA 0183 zasniva se na dvosmjernoj razmjeni podataka u linijama, koje se još nazivaju rečenice. Rečenice tvore cjelinu i međusobno su neovisne, osim u specifičnim slučajevima duljih nizova podataka, kada je povezano nekoliko rečenica u nizu. Rečenice se sastoje od znakova pisanih ASCII kodom. Na slici se može vidjeti kako je u ASCII kodu pojedini znak (iz stupca „Char“) zapisan dekadski, binarno i heksadekadski.

Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char
0	0000	0000	00 [NUL]	32	0010	0000	20 space	64	0100	0000	40 @	96	0110	0000	60 `
1	0000	0001	01 [SOH]	33	0010	0001	21 !	65	0100	0001	41 A	97	0110	0001	61 a
2	0000	0010	02 [STX]	34	0010	0010	22 "	66	0100	0010	42 B	98	0110	0010	62 b
3	0000	0011	03 [ETX]	35	0010	0011	23 #	67	0100	0011	43 C	99	0110	0011	63 c
4	0000	0100	04 [EOT]	36	0010	0100	24 \$	68	0100	0100	44 D	100	0110	0100	64 d
5	0000	0101	05 [ENQ]	37	0010	0101	25 %	69	0100	0101	45 E	101	0110	0101	65 e
6	0000	0110	06 [ACK]	38	0010	0110	26 &	70	0100	0110	46 F	102	0110	0110	66 f
7	0000	0111	07 [BEL]	39	0010	0111	27 '	71	0100	0111	47 G	103	0110	0111	67 g
8	0000	1000	08 [BS]	40	0010	1000	28 (72	0100	1000	48 H	104	0110	1000	68 h
9	0000	1001	09 [TAB]	41	0010	1001	29)	73	0100	1001	49 I	105	0110	1001	69 i
10	0000	1010	0A [LF]	42	0010	1010	2A *	74	0100	1010	4A J	106	0110	1010	6A j
11	0000	1011	0B [VT]	43	0010	1011	2B +	75	0100	1011	4B K	107	0110	1011	6B k
12	0000	1100	0C [FF]	44	0010	1100	2C ,	76	0100	1100	4C L	108	0110	1100	6C l
13	0000	1101	0D [CR]	45	0010	1101	2D -	77	0100	1101	4D M	109	0110	1101	6D m
14	0000	1110	0E [SO]	46	0010	1110	2E .	78	0100	1110	4E N	110	0110	1110	6E n
15	0000	1111	0F [SI]	47	0010	1111	2F /	79	0100	1111	4F O	111	0110	1111	6F o
16	0001	0000	10 [DLE]	48	0011	0000	30 0	80	0101	0000	50 P	112	0111	0000	70 p
17	0001	0001	11 [DC1]	49	0011	0001	31 1	81	0101	0001	51 Q	113	0111	0001	71 q
18	0001	0010	12 [DC2]	50	0011	0010	32 2	82	0101	0010	52 R	114	0111	0010	72 r
19	0001	0011	13 [DC3]	51	0011	0011	33 3	83	0101	0011	53 S	115	0111	0011	73 s
20	0001	0100	14 [DC4]	52	0011	0100	34 4	84	0101	0100	54 T	116	0111	0100	74 t
21	0001	0101	15 [NAK]	53	0011	0101	35 5	85	0101	0101	55 U	117	0111	0101	75 u
22	0001	0110	16 [SYN]	54	0011	0110	36 6	86	0101	0110	56 V	118	0111	0110	76 v
23	0001	0111	17 [ETB]	55	0011	0111	37 7	87	0101	0111	57 W	119	0111	0111	77 w
24	0001	1000	18 [CAN]	56	0011	1000	38 8	88	0101	1000	58 X	120	0111	1000	78 x
25	0001	1001	19 [EM]	57	0011	1001	39 9	89	0101	1001	59 Y	121	0111	1001	79 y
26	0001	1010	1A [SUB]	58	0011	1010	3A :	90	0101	1010	5A Z	122	0111	1010	7A z
27	0001	1011	1B [ESC]	59	0011	1011	3B ;	91	0101	1011	5B [123	0111	1011	7B {
28	0001	1100	1C [FS]	60	0011	1100	3C <	92	0101	1100	5C \	124	0111	1100	7C
29	0001	1101	1D [GS]	61	0011	1101	3D =	93	0101	1101	5D]	125	0111	1101	7D }
30	0001	1110	1E [RS]	62	0011	1110	3E >	94	0101	1110	5E ^	126	0111	1110	7E ~
31	0001	1111	1F [US]	63	0011	1111	3F ?	95	0101	1111	5F _	127	0111	1111	7F [DEL]

Slika 1 ASCII kod, korišten u NMEA 0183 rečenicama i brojnim drugim primjerima

Svaka rečenica počinje znakom '\$', sadrži najviše 80 znakova zapisanih u standardnom ASCII kodu i završava znakom za prelazak u novi redak. Prva dva znaka koja slijede za znakom "\$" identificiraju uređaj s kojeg se rečenica šalje (*Talker identifier*). Za njima slijede tri znaka koja identificiraju vrstu rečenice (*Sentence identifier*), iza kojih se nalaze podaci međusobno odvojeni zarezom. Kraj je ostavljen za dva heksadecimalna broja kojima prethodi znak '*'. Heksadesimalni brojevi kreirani su iz vrijednosti svih prethodnih bitova i pomoću njih moguće je otkrivanje pogreške u nekom od bitova rečenice. U slučaju pogreške generira se upitna NMEA 0183 rečenica i njome se zahtjeva ponovno slanje krivo obrađene informacije.

Unutar norme NMEA 0183 (izvorno namijenjene pomorskoj elektronici) koristi se mnogo rečenica, za različite namjene i za različite uređaje. Neke od njih korištene su za GNSS primjenu. Sve poruke počinju znakom '\$' i slovima GP ako se radi o podacima GPS-a, GL ako se radi o podacima GLONASS-a i GN ako se radi o navigacijskom rješenju dobivenom kombiniranjem više sustava GNSS. Nakon toga slijedi troslovna oznaka poruke, npr.:

- AAM - Signalizacija dolaska na odredište
- ALM - Satelitski almanah
- APA - Auto Pilot A rečenica
- APB - Auto Pilot B rečenica
- BOD - Smjer kretanja od ishodišta do destinacije
- BWC - Smjer kretanja korištenjem "Great Circle" rute
- DTM - Korištenje referentnih podataka
- GGA - Informacija o poziciji
- GLL - Geografska širina/dužina
- GSA - Opći satelitski podaci
- GSV - Detaljni satelitski podaci
- MSK - Kontrolna informacija za navigacijski prijamnik
- MSS - Statusna informacija navigacijskog prijamnika
- RMA - PVT (*Position, Velocity, Time*) podaci za rutu korištenjem LORAN sustava
- RMB - PVT podaci za rutu korištenjem GPS sustava
- RMC - Osnovni PVT podaci za GPS sustav
- RTE - Informacije o ruti
- VTG - Smjer i brzina kretanja
- WCV - Brzina kretanja prema odredištu
- WPL - PVT informacija o odredištu
- XTG - Odstupanje od zadane rute
- XTE - Procjena odstupanja od zadane rute
- ZTG - UTC vrijeme i vrijeme dolaska na destinaciju
- ZDA - Datum i vrijeme

Važnije NMEA 0183 rečenice

GGA - osnovni podaci o lokaciji koji omogućuju 3D pozicioniranje te podaci o točnosti pozicioniranja. Jedina je rečenica koja daje podatak o nadmorskoj visini. Primjer GGA rečenice:

- \$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
 - \$ početak NMEA rečenice
 - GP primjena na GPS uređaju
 - GGA podaci o lokaciji
 - 123519 podaci o lokaciji uzeti 12:35:19 po UTC vremenu
 - 4807.038,N geografska širina 48° 07.038' sjeverno
 - 01131.000,E geografska dužina 11° 31.000' istočno
 - 1 metoda pozicioniranja : 0 = neuspjelo pozicioniranje
 - 1 = GPS pozicioniranje
 - 2 = DGPS pozicioniranje
 - 3 = usluga PPS pozicioniranja
 - 4 = RTK pozicioniranje (*Real Time Kinematic*)
 - 5 = *Float* RTK
 - 6 = procjena pozicije (proračun)
 - 7 = ručni unos parametara
 - 8 = Simulacija
 - 08 broj praćenih satelita
 - 0.9 horizontalni geometrijski faktor pogreške (HDOP)
 - 545.4, M nadmorska visina u metrima
 - 46.9, M nadmorska visina u metrima (u WGS84 koordinatnom sustavu)
 - (prazno polje) proteklo vrijeme (u sekundama) od posljednje DGPS informacije
 - (prazno polje) identifikacijski broj DGPS postaje
 - *47 polje za identifikaciju pogreške prijenosa

GSA - Rečenica sadrži podatke o vrsti i pogreški pozicioniranja. Oni uključuju broj satelita korištenih u proračunu kao i geometrijski faktor pogreške GDOP (*Geometry Dilution Of Precision*). GDOP je bezdimenzionalni faktor čije su visoke vrijednosti najčešće povezane uz smanjen broj vidljivih satelita. Općenito je prihvaćeno da je geometrijski raspored satelita povoljan ako je GDOP manji od 5. Za 3D pozicioniranje korištenjem 4 satelita GDOP vrijednost 1.0 bila bi optimalna. Primjer GSA rečenice:

- \$GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,2.5,1.3,2.1*39
 - \$ početak NMEA rečenice
 - GP primjena na GPS uređaju
 - GSA podaci o vrsti i pogreški pozicioniranja i geometrijskom rasporedu satelita
 - A automatski odabir 2D ili 3D pozicioniranja (*M = manual*, ručno)
 - 3 vrijednosti 1, 2 ili 3 označavaju:
 - 1 = neuspjelo pozicioniranje
 - 2 = 2D pozicioniranje
 - 3 = 3D pozicioniranje
 - 04,05... PRN oznake satelita korištenih u pozicioniranju
 - 2.5 geometrijski faktor pogreške (GDOP)
 - 1.3 horizontalni geometrijski faktor pogreške (HDOP)
 - 2.1 vertikalni geometrijski faktor pogreške (VDOP)

polje za identifikaciju pogreške prijenosa

U ovom primjeru prijamnik za proračun pozicije koristi pet satelita, dok prazna polja raspoređena unutar rečenice pokazuju da na obzoru postoje i sateliti koji nisu korišteni u proračunu (postoji još šest satelita). Kod nekih prijamnika prazna polja nalazit će se na kraju rečenice nakon PRN kodova korištenih satelita, što znači da se neće prikazati podaci o ostalim vidljivim satelitima.

GSV - Rečenica prikazuje podatke o satelitima koje prijamnik može pronaći na osnovu podataka iz almanaha i raspoloživosti satelitskih signala. Unutar GSV rečenice moguće je spremati podatke o najviše četiri satelita, što znači da će za potpunu informaciju ponekad biti potrebne tri rečenice. Dakle GSV uključuje i satelite koji se ne koriste u PVT proračunu. Primjer GSV rečenice:

- \$GPGSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45*75
 - \$ početak NMEA rečenice
 - GP primjena na GPS uređaju
 - GSV raspoloživost signala i vidljivost satelita u konstelaciji
 - 2 broj rečenica potrebnih za potpunu informaciju
 - 1 prva rečenica
 - 08 broj teoretski vidljivih satelita
 - 01 PRN oznaka satelita
 - 40 elevacija u stupnjevima
 - 083 azimut u stupnjevima
 - 46 SNR (*engl. Signal to Noise Ratio*) odnos signal šum u decibelima
 - :
 - :

Slijede gore navedeni podaci za ostala tri vidljiva satelita koji se koriste u proračunu

polje za identifikacijo pogreške

Polje SNR u normi NMEA odnosi se na omjer signala i šuma na ulazu u prijamnik. Može imati vrijednosti od 0 do 99 decibela (dB). Različiti prijamnici koriste različiti raspon i referentne vrijednosti. Vrijednost od 0 dB ponekad samo označava satelit koji se ne koristi u proračunu.

RMC - Unutar norme NMEA uključena je rečenica koja pruža osnovne informacije o položaju, brzini i vremenu PVT (*Position, Velocity, Time*). Primjer RMC rečenice:

- \$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A
\$ početak NMEA rečenice
GP primjena na GPS uređaju
RMC *Recommended Minimum sentence C*, osnovna PVT informacija
A status, A = Active
123519 podaci o lokaciji uzeti 12:35:19 po UTC vremenu
4807.038,N zemljopisna širina 48° 07.038' sjeverno
01131.000,E zemljopisna dužina 11° 31.000' istočno
022.4 brzina kretanja u čvorovima
084.4 Azimut u odnosu na smjer kretanja
230394 datum 23. Ožujak 1994
003.1,W magnetsko odstupanje
*6A polje za identifikaciju pogreške

Zadatak 1

Na raspolaganju vam je datoteka s nastavkom .ubx. Taj format zapisa specifičan je za prijamnike proizvođača u-blox jer može sadržavati dodatne informacije o prijamniku. Ipak, on je temeljen na normi NMEA 0183 i može ga se koristiti u programima koji podržavaju normu NMEA 0183. Takvi programi zanemaruju dio sadržaja datoteke koji nije u skladu s normom (a sadrži podatke specifične za pojedini prijamnik) i čita podatke koji su u skladu s normom.

Pozicionirajte se u mapu u kojoj se nalazi .ubx datoteka snimljena u-blox prijamnikom. Otvorite datoteku u Notepadu ili sličnom programu (opcijom „Open with“).

Pronađite rečenicu RMC, kojom počinju podaci za prvi trenutak u datoteci. Analizirajte rečenice za taj trenutak, do sljedeće rečenice RMC.

- a) Pronađite rečenice u kojima se navodi datum i vremenski trenutak aktualnih podataka te ih zabilježite.

```
$GNRMC,152644.00,A,4548.10391,N,01558.28036,E,0.080,,070119,,,A*69
```

```
$GNGGA,152644.00,4548.10391,N,01558.28036,E,1,11,2.60,169.8,M,41.4,M,,*40
```

Vrijeme: 15:26:44

Datum: 07.01.2019.

- b) Očitajte i zabilježite geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu lokacije prijamnika u trenutku pohranjivanja podataka.

```
$GNRMC,152644.00,A,4548.10391,N,01558.28036,E,0.080,,070119,,,A*69
```

```
$GNGGA,152644.00,4548.10391,N,01558.28036,E,1,11,2.60,169.8,M,41.4,M,,*40
```

Nadmorska visina: 169.8 m

Nadmorska visina WGS84: 41.4 m

Geograska širina: 4548.10391 N

Geograska visina: 01558.28036 E

- c) Analizirajte razliku između ukupnog broja teoretski vidljivih satelita i broja satelita korištenih za pozicioniranje te očitajte i zabilježite veličine faktora geometrijskih pogrešaka (DOP). Zašto se za pozicioniranje ne koriste svi teoretski vidljivi sateliti.

```
$GNGSA,A,3,15,20,24,28,30,10,,,,,,,,,3.39,2.60,2.18*12
```

```
$GNGSA,A,3,76,67,75,85,68,,,,,,,,,3.39,2.60,2.18*1B
```

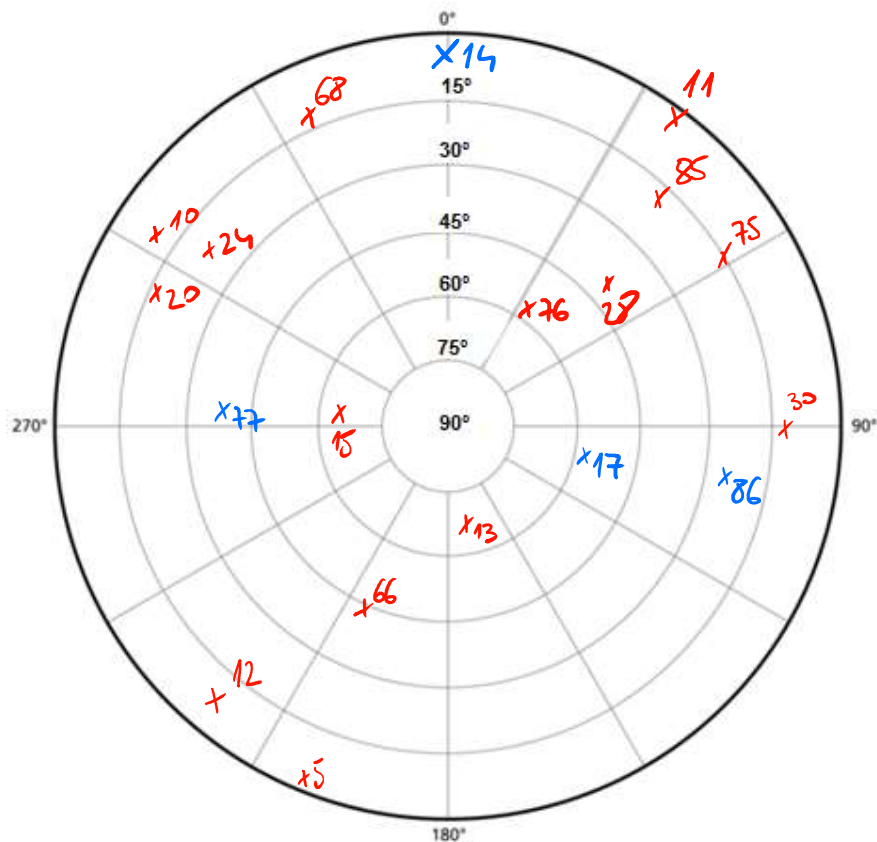
Korišteni sateliti: 3, 15, 20, 24, 28, 30, 10, dostupnih još 6

Korišteni sateliti: 76, 67, 75, 85, 68 dostupnih još 7

GDOP: 3.39
HDOP: 2.60
VDOP: 2.18

- d) Očitajte podatke o azimutu i elevaciji svakog od vidljivih satelita te ih ucrtajte u grafički prikaz, pri čemu korištene satelite istaknite drugom bojom. Na polarnom grafu elevacije su označene od 0° do 90°, a azimut uz obod, gdje 0° označava sjever. Uz točke pridijeljene satelitima napišite i njihove oznake.

\$GPGSV,3,1,12,05,02,196,07,10,07,331,38,11,04,038,34,12,10,223,17*75
\$GPGSV,3,2,12,13,66,156,21,15,66,269,26,17,38,106,,19,26,139,*78
\$GPGSV,3,3,12,20,16,306,28,24,39,287,40,28,39,051,28,30,13,089,20*79
\$GLGSV,3,1,10,66,45,208,18,67,50,298,25,68,08,337,31,75,17,061,35*62
\$GLGSV,3,2,10,76,56,032,27,77,44,276,,78,00,255,,84,02,000,*63
\$GLGSV,3,3,10,85,23,048,36,86,18,106,*61



Pozicionirajte se na kraj datoteke i pronađite rečenicu RMC kojom počinju podaci za zadnji trenutak u datoteci, koji su najvjerojatnije nepotpuni zbog prekida snimanja. Stoga se pozicionirajte na prethodni trenutak (predzadnja rečenica RMC) i analizirajte rečenice za taj trenutak.

- e) Pronađite rečenice u kojima se navodi datum i vremenski trenutak aktualnih podataka te ih zabilježite.

\$GNGGA,153040.00,4548.09964,N,01558.27854,E,1,12,2.51,164.3,M,41.4,M,,*4F
\$GNRMC,153040.00,A,4548.09964,N,01558.27854,E,0.074,,070119,,,A*6A

Vrijeme: 15:30:40
Datum: 07.01.2019.

- f) Očitajte i zabilježite geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu lokacije prijamnika u trenutku pohranjivanja podataka.

\$GNGGA,153040.00,4548.09964,N,01558.27854,E,1,12,2.51,164.3,M,41.4,M,,*4F
\$GNRMC,153040.00,A,4548.09964,N,01558.27854,E,0.074,,070119,,,A*6A

Nadmorska visina: 164.3 m
Nadmorska visina WGS84: 41.4 m
Geograska širina: 4548.09964 N
Geograska visina: 01558.27854 E

- g) Analizirajte razliku između ukupnog broja teoretski vidljivih satelita i broja satelita korištenih za pozicioniranje te očitajte i zabilježite veličine faktora geometrijskih pogrešaka (DOP).

\$GNGSA,A,3,20,24,13,30,28,15,17,10,,,,,3.34,2.51,2.19*18
\$GNGSA,A,3,67,66,76,75,85,68,,,,,3.34,2.51,2.19*15

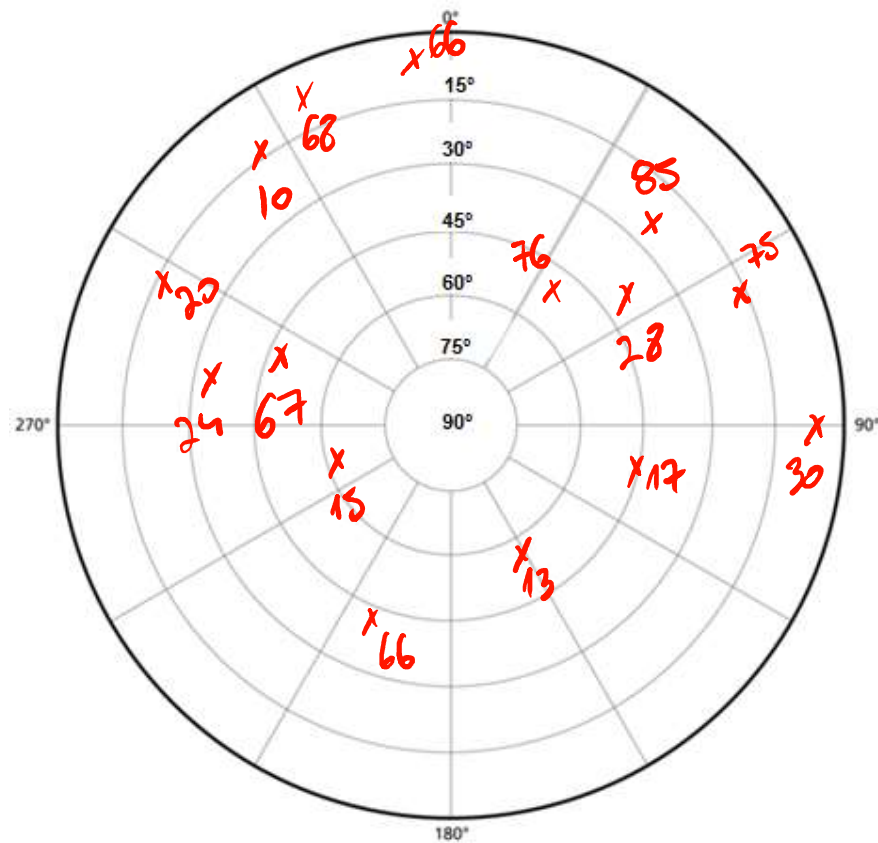
Korišteni sateliti: 20, 24, 13, 30, 28, 15, 17, 10, dostupnih još 5
Korišteni sateliti: 67, 66, 76, 75, 85, 68, dostupnih još 6

GDOP: 3.34
HDOP: 2.51
VDOP: 2.19

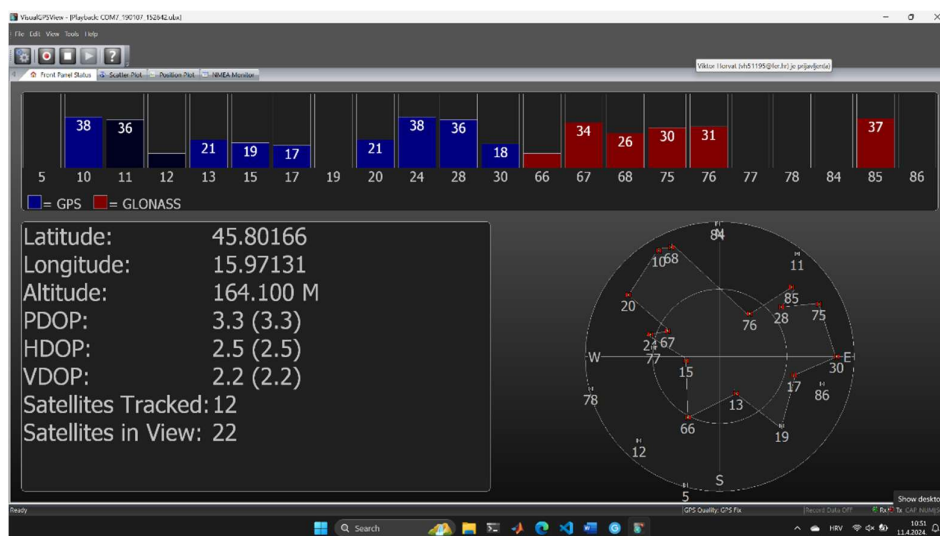
- h) Očitajte podatke o azimutu i elevaciji svakog od **korištenih** satelita te ih ucrtajte u grafički prikaz (uz točke napišite i njihove oznake).

\$GPGSV,3,1,12,05,01,195,,10,08,330,38,11,04,037,36,12,12,224,11*72
\$GPGSV,3,2,12,13,63,156,21,15,67,263,19,17,39,104,17,19,28,138,*70
\$GPGSV,3,3,12,20,16,304,21,24,41,288,38,28,37,051,36,30,12,090,18*7E

\$GLGSV,3,1,10,66,44,208,11,67,51,296,34,68,10,336,26,75,15,062,30*6F
\$GLGSV,3,2,10,76,55,035,31,77,45,278,,78,01,256,,84,01,359,*61
\$GLGSV,3,3,10,85,23,046,37,86,19,105,*6C



- i) Otvorite analiziranu datoteku u programu Visual GPS View (Tools->Record/Play->Play Back Data) i pogledajte kako su se sateliti kretali tijekom snimanja datoteke. Kopirajte ovdje sadržaj ekrana nakon završetka snimke.



Zadatak 2

```
$GPRMC,053252.000,A,4548.1723,N,01556.7897,E,0.0,232.2,120424,,,A*61
$GPGGA,053253.000,4548.1723,N,01556.7897,E,1,07,1.0,132.3,M,42.5,M,,*54
$GPVTG,232.2,T,,M,0.0,N,0.0,K,A*0C
$GPGSV,2,1,05,15,35,193,22,17,29,049,20,19,48,080,21,24,81,317,21*72
$GPGSV,2,2,05,32,07,323,19*40
$GLGSV,1,1,03,67,23,327,13,75,41,056,23,76,58,309,23*50
$BDGSV,1,1,01,226,51,286,22*67
$GPGSA,A,3,15,17,19,24,32,,,,,,,,,2.0,1.0,1.6*3B
$GNGSA,A,3,75,,,,,,,,,,,,,2.0,1.0,1.6*2A
$BDGSA,A,3,226,,,,,,,,,,,,,2.0,1.0,1.6*11
```

Uređaj Galaxy S22

Korišteni sateliti su: 75, 226, 3, 15, 17, 19, 24, 32

BDGSV se koristi kao oznaka za poruke iz Beidou konstalacije, GN GLONASS, a GP GPS.

VTG message:

VTG message fields

Field	Meaning
0	Message ID \$GPVTG
1	Track made good (degrees true)
2	T: track made good is relative to true north
3	Track made good (degrees magnetic)
4	M: track made good is relative to magnetic north
5	Speed, in knots
6	N: speed is measured in knots
7	Speed over ground in kilometers/hour (kph)
8	K: speed over ground is measured in kph
9	Mode indicator: A: Autonomous mode D: Differential mode E: Estimated (dead reckoning) mode M: Manual Input mode S: Simulator mode N: Data not valid
10	The checksum data, always begins with *