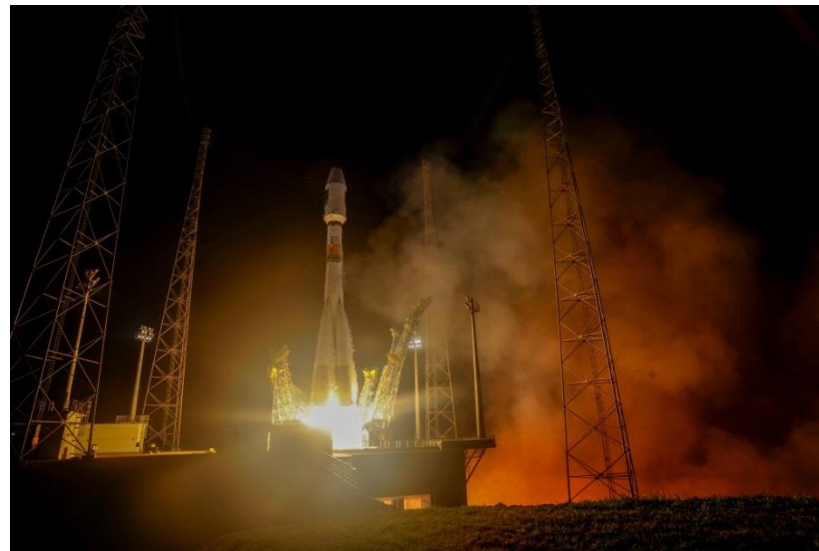


GNSS idag – testmätningar med Galileo

Karttdagar 2017
Örebro, 28–30 mars 2017

Dan Norin
dan.norin@lm.se

Galileo – 18 satelliter i bana efter en uppskjutning 17 november 2016 av fyra som ännu inte är i drift, utbyggt med 30 satelliter till 2020



Galileo-satelliter genom tiderna

Satellitmodell	År	Antal	Antal aktiva
Prov	2005–2008	2	0
Prototyp	2011–	4	3 ¹
FOC	2014–	14	8 ²
Summa	2005–	20	11

- "Initial Services" (18 satelliter) förklarades 15 december 2016

¹ Två sköts upp 21 oktober 2011 och två 12 oktober 2012 där en bara kan sända E1-signalen

² Två första sköts upp 22 augusti 2014, men hamnade i fel bana som nu är förbättrade

Information vid CGSIC-möten och ION GNSS+ – senast 12–16 september 2016, Portland, USA



Testmätningar med RTK och med Galileo inkluderat



- Kan Galileo förbättra tillgänglighet och positionsosäkerhet?
- Enkelstations-RTK-tester april–november 2016, Stockholm/Gävle
- Nätverks-RTK-tester november 2016–januari 2017, Gävleområdet
- Data för nätverks-RTK i RTCM 3.2 distribuerades genom mobilt Internet via SWEPOS driftledningscentral i Gävle med Trimble Pivot Platform GNSS Infrastructure Software (TPP)

Testmätningar med Galileo med enkelstations-RTK

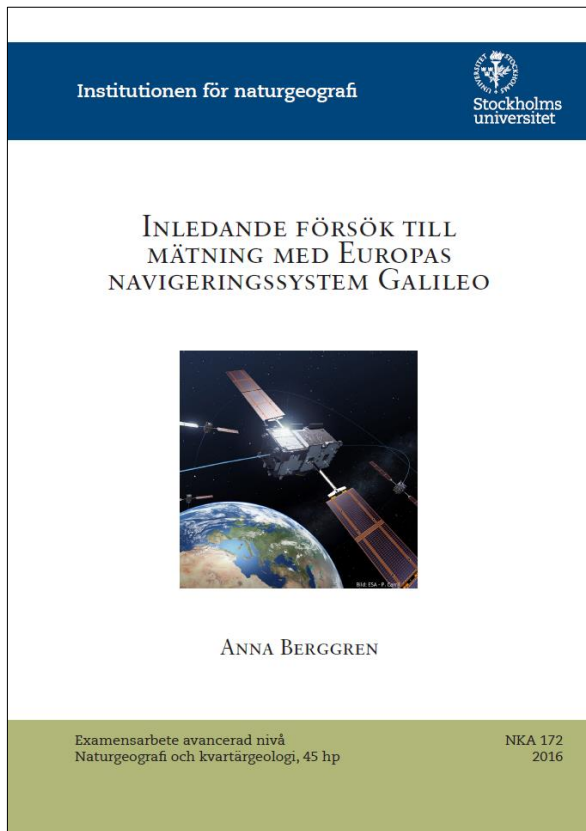


- Examensarbete av Anna Berggren, Stockholms universitet
- 1–15 april 2016, Stockholm
- SWEPOS-stationen Mosebacke
 - Avstånd 1,2 km
- Data för enkelstations-RTK i RTCM 3.2 distribuerades genom mobilt Internet via SWEPOS driftledningscentral i Gävle med TPP

SWEPOS-stationer i Stockholm



Testmätningar med Galileo med enkelstations-RTK



SWEPOS-stationen Mosebacke



SWEPOS – driftledningscentral

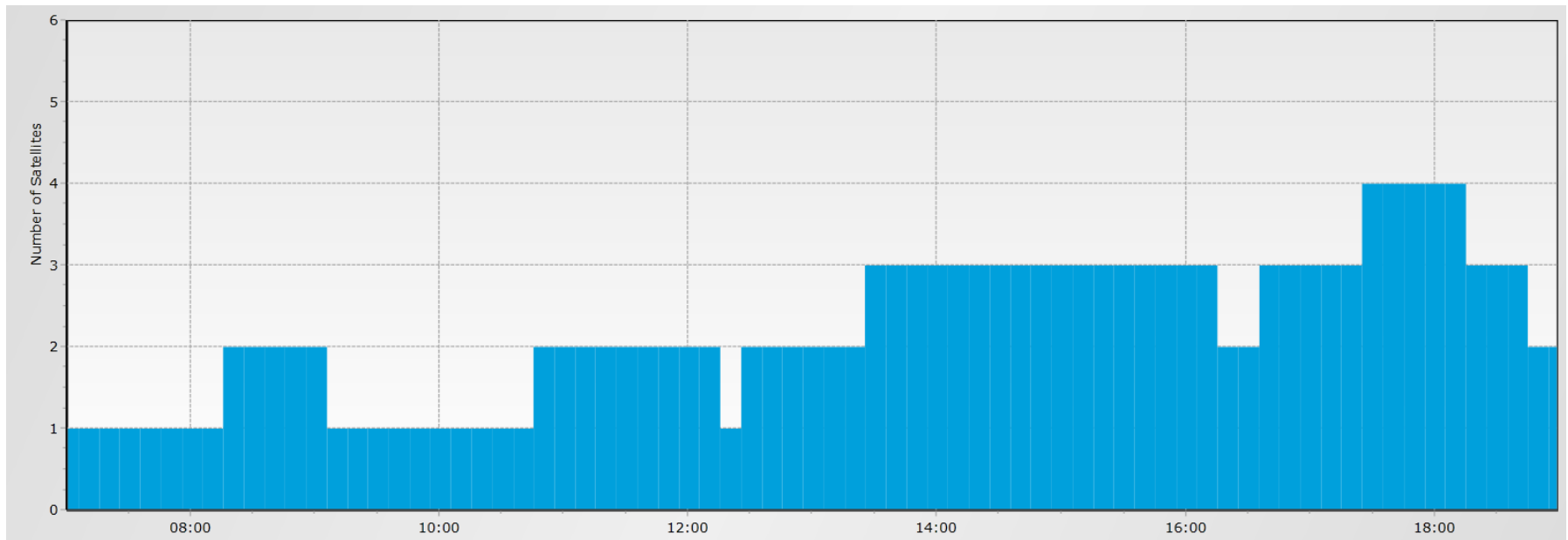


Testmätningar med Galileo med enkelstations-RTK



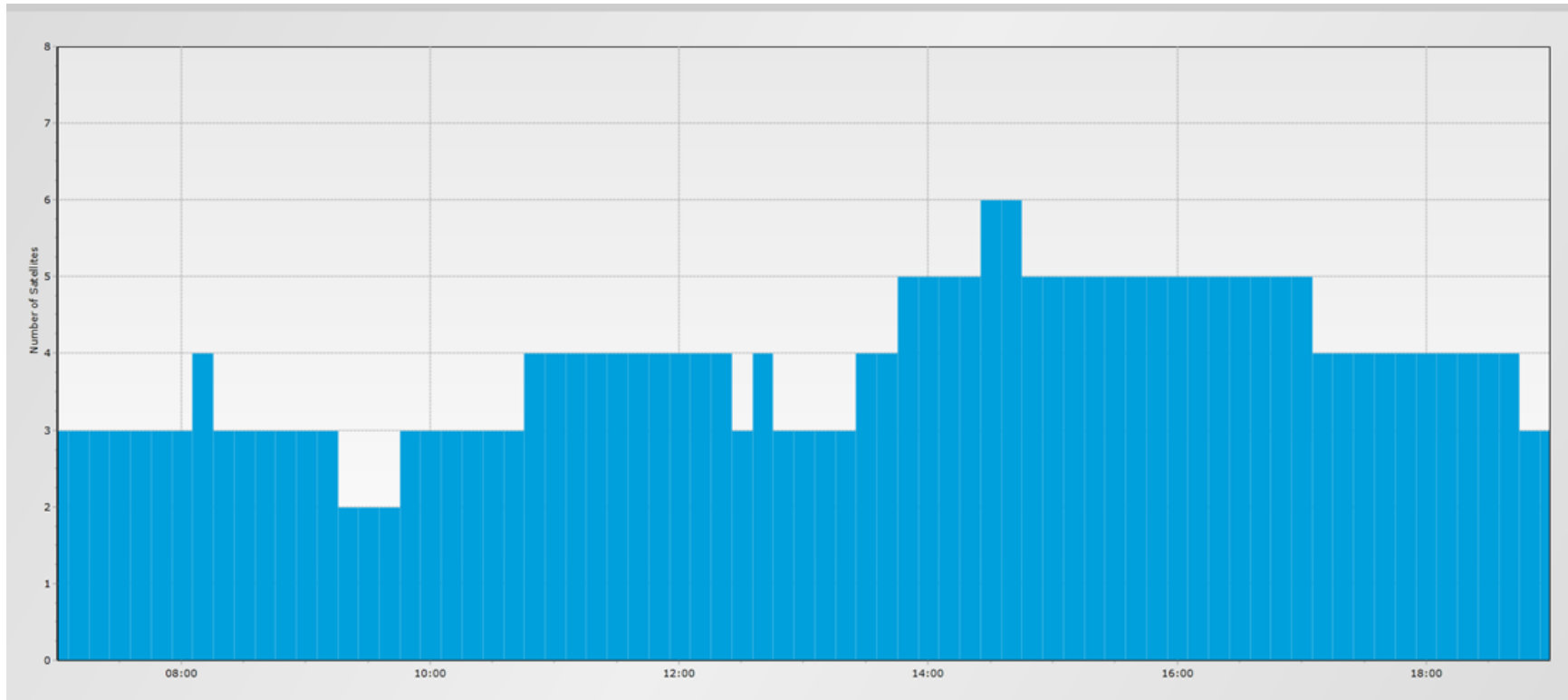
- **Rover:** Trimble R8-3 (andra fabrikat ej möjliga vid mättillfället)
- **Strategi:** Nedkoppling från mobilt Internet mellan varje mätning
- **Medelvärde:** Varje mätning ett medeltal av 10 positioner
- **Elevationsgräns:** 10 grader
- **Fixlösning:** Om lösning av periodobekanta inte erhöles inom 3 minuter, så betraktades mätningen som ej lyckad

Galileo-tillgänglighet 1 april 2016



– Baserat på totalt sju tillgängliga Galileo-satelliter

Galileo-tillgänglighet 3 februari 2017



– Baserat på totalt 11 tillgängliga Galileo-satelliter

Testmätningar med Galileo med enkelstations-RTK



- Använda signaler:
 - **Glonass:** Inga satelliter användes
 - **GPS:** Några satelliter avaktiverades manuellt med fortsatt acceptabelt PDOP (5 eller 6 GPS-satelliter användes huvudsakligen)
 - **Galileo:** Alla tillgängliga satelliter användes (0–4)



Kommentarer rörande testmätningarna



- Fixlösning med fyra eller färre GPS-satelliter var inte möjligt oberoende av antalet Galileo-satelliter
- Under perioder med bara en Galileo-satellit, så avaktiverades denna satellit automatiskt i utrustningen

Resultat, Stockholm, avstånd 1,2 km

GPS + Galileo	Mätningar (antal)	Lyckade fixlösningar (%)	Medelvärde av tid till fixlösning (s)	Standardosäkerhet, horisontellt (mm)	Standardosäkerhet, vertikalt (mm)	Medelvärde av PDOP (-)
5 + 0	41	88	28	7	16	4,1
5 + 2	61	93	16	11*	17	3,2
5 + 3	43	100	23	7	15	2,6
5 + 4	7	100	13	8	8	2,2
6 + 0	35	94	10	6	12	3,0
6 + 2	41	98	12	8	14	2,4
6 + 3	27	96	8	5	11	2,2
6 + 4	5	100	8	4	4	2,1

*8 mm om en stor avvikelse på 57 mm togs bort

Ytterligare testmätningar med enkelstations-RTK under 2016 i Gävle



Resultat, Gävle, avstånd 10,6 km

GPS + Galileo	Mätningar (antal)	Lyckade fixlösningar (%)	Medelvärde av tid till fixlösning (s)	Standardosäkerhet, horisontellt (mm)	Standardosäkerhet, vertikalt (mm)	Medelvärde av PDOP (-)
5 + 0	45	80	44	13	26*	3,4
5 + 2	48	88	30	15	37*	2,7
5 + 3	45	98	43	17	42*	2,5
5 + 4	13	92	30	28*	43*	2,2
6 + 0	37	100	10	15	16	2,5
6 + 2	41	100	15	13	24	2,4
6 + 3	40	95	10	13	26	2,2
6 + 4	12	100	10	13	29	2,0

*Några stora avvikelser på 10-15 cm

Resultat, Gävle, avstånd 50 m

GPS + Galileo	Mätningar (antal)	Lyckade fixlösningar (%)	Medelvärde av tid till fixlösning (s)	Standardosäkerhet, horisontellt (mm)	Standardosäkerhet, vertikalt (mm)	Medelvärde av PDOP (-)
5 + 0	35	91	38	4	6	3,4
5 + 2	16	94	38	4	6	3,0
5 + 3	16	100	25	4	7	2,4
5 + 4	33	97	7	3	7	2,0
5 + 5	5	80	4	2	4	1,7
6 + 0	29	100	7	3	5	2,7
6 + 2	19	100	7	3	5	2,5
6 + 3	48	100	3	4	6	2,3
6 + 4	21	100	2	3	4	2,0
6 + 5	13	100	2	3	4	1,6

Testmätningar med nätverks-RTK inleddes i slutet av november 2016 i Gävletrakten, olika roverutrustningar



Nätverks-RTK, Gävle, rover #1, avstånd 10,6 km

GPS + Galileo	Mätningar (antal)	Lyckade fixlösningar (%)	Medelvärde av tid till fixlösning (s)	Standardosäkerhet, horisontellt (mm)	Standardosäkerhet, vertikalt (mm)	Medelvärde av PDOP (-)
5 + 0	23	100	51	11	15	3,4
5 + 2	42	93	37	8	19	3,5
5 + 3	108	98	38	9	17	2,6
5 + 4	42	100	23	9	22	2,3
5 + 5	18	100	48	8	29	2,2
6 + 0	58	100	9	7	10	2,7
6 + 2	11	91	2	9	22	2,7
6 + 3	49	100	6	12	32	2,3
6 + 4	18	100	5	8	10	1,9
6 + 5	0	-	-	-	-	-

Nätverks-RTK, Gävle, rover #2, avstånd 10,6 km

GPS + Galileo	Mätningar (antal)	Lyckade fixlösningar (%)	Medelvärde av tid till fixlösning (s)	Standardosäkerhet, horisontellt (mm)	Standardosäkerhet, vertikalt (mm)	Medelvärde av PDOP (-)
5 + 0	29	93	10	10	10	3,6
5 + 2	57	91	8	12	12	3,2
5 + 3	62	100	11	6	11	2,5
5 + 4	131	100	3	7	12	2,5
5 + 5	46	100	6	9	13	2,8
6 + 0	54	96	9	7	15	3,5
6 + 2	0	-	-	-	-	-
6 + 3	56	100	2	4	13	2,9
6 + 4	89	100	2	7	11	2,4
6 + 5	14	93	15	10	14	2,5

Nätverks-RTK, Gävle, kontinuerlig mätning med en observation/sekund, avstånd 10,6 km



Medelvärde av antalet satelliter		Mätningar	Standard-osäkerhet, horisontellt	Standard-osäkerhet, vertikalt	Medelvärde av PDOP
GPS	Galileo	(number)	(mm)	(mm)	(-)
9	-	59335	8	13	2,0
9	3	29253	6	10	1,8

Nätverks-RTK Rörberg, kontinuerlig mätning med en observation/sekund, avstånd 12,0 km



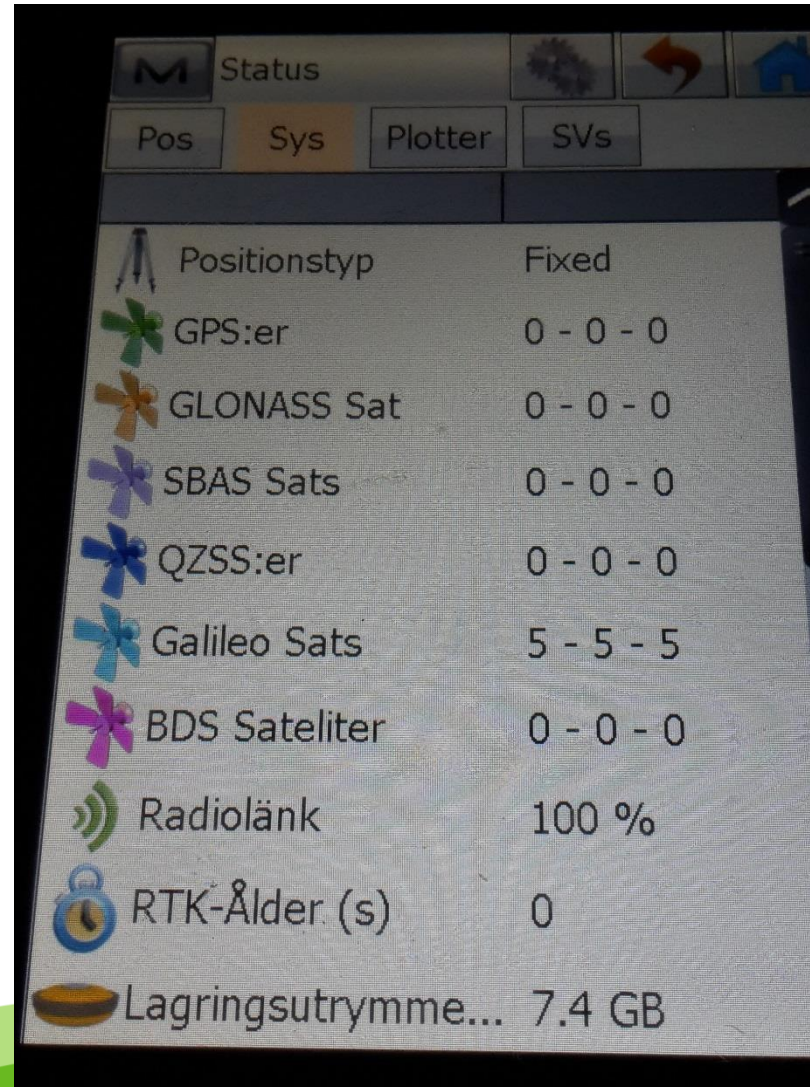
Medelvärde av antalet satelliter		Mätningar	Standard-osäkerhet, horisontellt	Standard-osäkerhet, vertikalt	Medelvärde av PDOP
GPS	Galileo	(number)	(mm)	(mm)	(-)
8	-	6425	5	8	2,1
10	4	4580	4	6	1,6

Slutsatser



- Testmätningarna visar en liten variation i positionsosäkerhet beroende på om Galileo-satelliter adderas till fem–sex GPS-satelliter eller inte
- Testmätningarna indikerar förbättringar i tillgänglighet om Galileo-satelliter adderas till fem–sex GPS-satelliter jämfört med om så icke sker
 - Fler fixlösningar och kortare initialiseringstid
- Fler testmätningar önskvärda
 - Nytt examensarbete, Högskolan i Gävle, under våren 2017

Fixlösning med bara Galileo

A screenshot of a software interface, likely a GNSS receiver's status screen. The interface has a dark background with a light-colored menu bar at the top. The menu bar includes a 'Status' button with an 'M' icon, and several tabs: 'Pos', 'Sys' (which is highlighted in orange), 'Plotter', and 'SVs'. Below the menu bar is a list of system parameters, each with a small icon to its left. The parameters and their values are: 'Positionstyp' (Fixed), 'GPS:er' (0 - 0 - 0), 'GLONASS Sat' (0 - 0 - 0), 'SBAS Sats' (0 - 0 - 0), 'QZSS:er' (0 - 0 - 0), 'Galileo Sats' (5 - 5 - 5), 'BDS Sateliter' (0 - 0 - 0), 'Radiolänk' (100 %), 'RTK-Ålder (s)' (0), and 'Lagringsutrymme...' (7.4 GB).

Parameter	Value
Positionstyp	Fixed
GPS:er	0 - 0 - 0
GLONASS Sat	0 - 0 - 0
SBAS Sats	0 - 0 - 0
QZSS:er	0 - 0 - 0
Galileo Sats	5 - 5 - 5
BDS Sateliter	0 - 0 - 0
Radiolänk	100 %
RTK-Ålder (s)	0
Lagringsutrymme...	7.4 GB

Publicerade resultat

- PM: "Lantmäteriets testmätningar med RTK och Galileo i SWEPOS fram till januari 2017", www.lantmateriet.se/geodesi
- Artikel, Galileo – europeisk satellitnavigering redo för praktisk användning, Sinus, Nr 1 2017, pp 10–12

2017-01-24

PM

Lantmäteriets testmätningar med RTK och Galileo i SWEPOS fram till januari 2017

STEFAN ÖBERG, DAN NORIN, FREDRIK STEDT

Sammanfattning

SWEPOS nätverks-RTK-tjänst har under många år använt kombinationen GPS och Glonass. I och med den på senare tid släppta uppbyggnaden av Galileo är det nu önskvärdt att även det systemet kan användas. SWEPOS-baserade testmätningar med RTK och Galileo har utförts med början i april 2016, inledningsvis bara som enkelstation-RTK, men senare även som nätverks-RTK. Inledningsvis har bara ett roverfabrikat kunnat användas, men nu har det även blivit möjligt att använda andra roverfabrikat. De hittills utförda testningarna indikerar en förbättring i tillgänglighet om Galileo-satelliter adderas till fem-ses GPS-satelliter jämfört med om så inte sker (fler lyckade fixbestämningar och kortare tid till fixlösning).

Bakgrund

SWEPOS® är Lantmäteriets stödsystem för satellitpositionering i Sverige. Det består av över 370 fasta referensstationer för GNSS som tar emot signaler från GNSS-satelliterna och skickar data vidare till SWEPOS driftledningscentral på Lantmäteriets huvudkontor i Gävle. Där samlas dataströmmarna från alla stationer in och kvalitetskontrolleras innan de tillsammans med data från några ytterligare stationer används till bl.a. SWEPOS positioneringstjänster. Den viktigaste tjänsten är SWEPOS nätverks-RTK-tjänst som inledningsvis bara använde data från GPS-satelliterna. I april 2006 började tjänsten att erbjuda data för kombinationen GPS och Glonass.

Under de senaste åren har SWEPOS förberetts för Galileo och nya satellitsignaler från andra befintliga GNSS (Wiklund, 2016). Efter en uppbyggnad av fyra Galileo-satelliter 17 november 2016 består systemet nu av 18 satelliter i bana (även om alla inte är helt funktionsfärdiga), se tabell 1. I och med detta förklarade Europeiska Kommissionen 15 december 2016 att Galileo har uppnått Initial Services, vilket är en milstolpe för projektet. Möjligheterna att använda sig av dessa satelliter tillsammans med övriga redan utbyggda system som GPS och Glonass är nu påtagliga. Några saker återstår dock innan anslutningspunkter för nätverks-RTK-tjänsten där Galileo-data ingår kan läggas ut. Dessa är några återstående funktioner i nätverks-RTK-programvaran och att ett fullständigt GNSS-mottagare i SWEPOS-nätet behöver bytas ut. Vidare behöver testningarna genomföras

Lantmäteriet, Geodatadivisionen/Geodetisk infrastruktur
 BESÖKSADRESS Lantmätargatan 2C, 801 82 GÄVLE, TELEFON 0771 - 63 63 63
 E-POST stefan.oberg@lm.se, INTERNET www.lantmateriet.se



De första testmätningarna med RTK och Galileo genomfördes i ett examensarbete nedanför Sotakyrkan i Vitabergsparken i Stockholm under våren 2016. Bild: Anna Berggren.

10 • SINUS 1 2017

Galileo

Europeisk satellitnavigering redo för praktisk användning

Dan Norin, Geodet, Lantmäteriet; dan.norin@lm.se

Frågor?



**Tack för
uppmärksamheten!**

**GNSS idag – testmätningar med
Galileo**

Dan Norin

Kartdagar 2017

Örebro, 28–30 mars 2017