

RESERAPPORT

Reserapport från CGSIC:s 57:e möte vid ION GNSS+ 2017, Portland, Oregon, USA, 25–29 september 2017

MATTIAS ERIKSSON

Sammanfattning

Det amerikanska satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystemet Global Positioning System (GPS) är i grunden ett militärt system. För informationsutbytet med civila GPS-användare har Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC) bildats. Varje år håller CGSIC ett internationellt möte i USA i september som en integrerad del av det stora årliga symposiet ION GNSS+. Det 57:e CGSIC-mötet anordnades i Portland, Oregon, USA, 25–26 september 2017 (figur 1) och det hade totalt samlat runt 170 deltagare. Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för CGSIC och var på mötet representerat av undertecknad.



Figur 1: Det 57:e CGSIC-mötet arrangerades på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA, 25–26 september 2017. Bild: Dan Norin.

GPS har för närvarande (oktober 2017) 31 aktiva satelliter, där 19 satelliter har L2C-signalen och 12 stycken sänder ut ytterligare en signal (L5). Nästa satellit som kommer att bli uppskjuten hör till nästa block av satelliter (Block III), med bl.a. en ny civil signal kallad L1C. Den första Block III-satelliten finns klar för uppskjutning, men har ännu inte blivit uppskjuten p.g.a. bl.a. omfattande förseningar av det nya operationella kontrollsystemet kallat OCX. Den är nu planerad att bli uppskjuten i maj 2018.

Det ryska systemet **Glonass** har 24 aktiva satelliter. Utvecklingen av nästa satellitmodell fortsätter och i ett första steg har två testsatelliter skjutits upp. Under de närmaste åren kommer satelliter av både den nu använda modellen och av nästa satellitmodell att skjutas upp. De operationella satelliterna av nästa satellitmodell kommer dock att bli försenade, så i väntan på dessa kommer nio satelliter med motsvande kapacitet som de två testsatelliterna att tillverkas och bli uppskjutna med början under 2018.

Det europeiska **Galileo** håller på att byggas upp. Sammanlagt finns det nu 22 Galileo-satelliter i bana, men alla är ännu inte aktiva eller fullt fungerande. "Initial Services" förklarades av Europeiska Kommissionen 15 december 2016 och efter nästa uppskjutning planerad till sommaren 2018 kommer det finnas 26 satelliter, där minst 24 satelliter kallas "Enhanced Services". Målet är att ha en full konstellation med 30 satelliter till 2020.

Kinas utveckling av ett fullt utbyggt GNSS kallat **Beidou** fortsätter enligt fastlagda planer. Ett regionalt system bestående av 15 aktiva satelliter med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området blev klart 2012. Satellituppskjutningar i nästa steg i utvecklingen av Beidou till ett globalt system har påbörjats med hittills sju satelliter under 2015–2017.

Det japanska regionala tilläggssystemet **QZSS** har i dagsläget fyra satelliter. Utbyggnaden under 2016–2017 har gått enligt plan så att en tjänst med dessa fyra satelliter planeras vara klar 2018. Fullt utbyggt ska systemet vara 2023 med sju satelliter.

Navic är ett indiskt system som är ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning. Systemet blev fullt utbyggt 28 april 2016 med en konstellation av sju satelliter och i samband med detta blev det omdöpt från IRNSS.

1 Bakgrund

Det amerikanska satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystemet GPS¹ är i grunden ett militärt system, men det har sedan många år fått en väldigt bred civil användning över hela världen. För informationsutbytet med civila GPS-användare har kommittén CGSIC² bildats och varje år i september håller kommittén ett internationellt möte i USA.

Vid sidan av GPS behandlas även andra närliggande ämnen vid CGSIC-mötena. Statusen för övriga GNSS³ brukar även tas upp till en del, men denna information ges numera huvudsakligen under det stora årliga symposiet ION⁴ GNSS+, som CGSIC-mötet är en integrerad del av. Denna reserapport är gemensam för 2017 års CGSIC-möte och ION GNSS+ 2017, med aktuell status m.m. för GPS i kapitel 2–3 och status för övriga GNSS i kapitel 4.

En annan organisation som brukar passa på att hålla möte i anslutning till ION GNSS+ är RTCM SC-104⁵ och så skedde även 2017 (Hedling, 2017).

¹ GPS = Global Positioning System

² CGSIC = Civil GPS Service Interface Committee

³ GNSS = Global Navigation Satellite Systems

⁴ ION = Institute Of Navigation

⁵ RTCM SC-104 = Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104

2 Statusen för GPS

GPS ägs av USA:s regering och det utvecklas och förvaltas av flygvapnet inom försvarsdepartementet.

För närvarande (oktober 2017) har GPS 31 aktiva satelliter och dessutom finns det fyra äldre satelliter i reserv. Sammanlagt 19 satelliter har L2C-signalen och 12 stycken sänder ut ytterligare en signal (L5). L5-signalen är främst designad för att möta de ökade kraven vid s.k. safety-of-life-tillämpningar inom bl.a. luftfarten och det starkt skyddade signalbandet ARNS⁶ används. 24 satelliter med L2C ska finnas 2020 och 2026 ska det finnas 24 satelliter med L5.

I tabell 1 finns en sammanställning av alla uppskjutna GPS-satelliter och hur många som fortfarande är i aktiv drift.

Tabell 1: Antalet hittills uppskjutna GPS-satelliter genom tiderna och hur många som är aktiva (oktober 2017).

Block	Uppskjutningsår	Totalt antal	Antal aktiva
I	1978–1985	11	0
II	1989–1990	9	0
IIA	1990–1997	19	0
IIR	1997–2004	13	12
IIR-M	2005–2009	8	7
IIF	2010–2016	12	12
Summa	1978–	72	31

Nästa satellit som kommer att bli uppskjuten hör till nästa block av satelliter (Block III), som innefattar ytterligare moderniseringar. Den första Block III-satelliten finns klar för uppskjutning sedan 28 februari 2017, men har ännu inte blivit uppskjuten p.g.a. bl.a. omfattande förseningar av det nya operationella kontrollsystemet kallat OCX⁷. Införandet av OCX kommer att ske i flera steg (kallade block). Det första blocket av OCX (block 0) kommer att kunna hantera uppskjutning och uppstart av block III-satelliter och med nästa block (block 1) kommer de att kunna vara aktiva. Block 0 är nu planerat att bli infört först i mars 2018, vilket gör att den första Block III-satelliten kan bli uppskjuten i maj 2018. Med OCX kommer även antalet satelliter som det teoretiskt är möjligt att använda att öka, då antalet PRN⁸-koder som systemet kan hantera kommer att gå från dagens 32 till troligen 64 stycken.

Block III-satelliterna har en ny civil modern signal kallad L1C, som även kommer att innebära att interoperabiliteten med andra GNSS blir bättre än vad åtkomst av L1 via C/A-koden medger. Man vill dock säkra bakåtkompatibiliteten och det finns idag inga planer på att sluta sända C/A-koden. Kontrakt för byggnation av 10 block III-satelliter vilka planeras att bli uppskjutna fram till 2023 är klara och en upphandling av

⁶ ARNS = Aeronautical Radio Navigation Services

⁷ OCX = Next Generation Operational Control System

⁸ PRN = Pseudo Random Noise

satellit 11–32 med ytterligare förbättringar är på gång att utlysas. Förväntningarna är att det ska finnas 32 Block III-satelliter 2033.

Informationen vid CGSIC-mötet om statusen för GPS gavs av både överste *Steven Whitney*, chef för *GPS Directorate* och överstelöjtnant *Choate Wilson*, befälhavare för *2nd Space Operations Squadron*.

3 Policyfrågor m.m. runt GPS

3.1 TILLGÄNGLIGGÖRANDET AV GPS

Den militära organisation som utvecklar och styr tillverkningen av GPS-systemet (satelliterna, kontrollsystemet samt vissa militära mottagare) heter GPS Directorate och är belägen vid SMC⁹ vid Los Angeles Air Force Base i Kalifornien (figur 2). Chef för GPS Directorate är sedan 8 juli 2015 överste *Steven Whitney*. Drift och underhåll av systemen sköts däremot av en annan organisation inom flygvapnet kallad 2nd Space Operations Squadron, vilken är belägen vid Schriever Air Force Base i Colorado.



Figur 2: Den militära organisation som utvecklar och styr tillverkningen av GPS-systemet heter GPS Directorate och den tillhör det amerikanska flygvapnet.

Användarsupporten för GPS är uppdelad för olika kategorier av användare i de tre olika organisationerna GPSOC¹⁰, Navigation Center och NOCC¹¹ (figur 3):

- **Militärt:** GPSOC vid Försvarsdepartementet, Flygvapnet, Schriever Air Force Base, 2nd Space Operations Squadron
- **Civilt (marint, markbundet samt även internationellt):** Navigation Center vid Departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard
- **Civilflyget:** NOCC vid Transportdepartementet, FAA¹²



Figur 3: Användarsupporten för GPS är uppdelad i tre olika organisationer.

⁹ SMC = Space and Missile Systems Center

¹⁰ GPSOC = GPS Operations Center

¹¹ NOCC = National Operations Control Center

¹² FAA = Federal Aviation Administration

3.2 PNT-POLICYN

På liknande sätt som GNSS har blivit en etablerad term för GPS och liknande satellitsystem, så har PNT¹³ blivit en etablerad benämning för tillämpningarna med systemen. Det dokument som beskriver policyn för rymdbaserad PNT i USA heter "2004 U.S. Space-Based PNT Policy" (hädanefter benämnd PNT-policyn) och den är framtagen av National Executive Committee for Space-Based PNT (hädanefter benämnd PNT-kommittén)

PNT-kommittén bildades samma år som PNT-policyn släpptes (2004) och har därefter mötts cirka två gånger per år. Det är PNT-kommittén policybeslut och beslut om underhåll och vidareutveckling av GPS-systemet fattas och den leds av försvars- och transportdepartementen. Ordförandeskapet delas av viceministrarna för försvars- och transportdepartementen, vilket understryker den vikt som PNT-kommittén har.

Samtliga organisationer som ingår i PNT-kommittén är:

- Försvarsdepartementet
- Transportdepartementet
- Utrikesdepartementet
- Inrikesdepartementet
- Jordbruksdepartementet
- Handelsdepartementet
- Departementet för nationell säkerhet
- JSC¹⁴
- NASA¹⁵

Vidare finns det ett Advisory Board som ger råd till PNT-kommittén och till USA:s regering (figur 4). Advisory Board har inrättats av NASA och består av upp till 25 experter inom olika områden knutna till PNT. Det första mötet hölls 29–30 mars 2007 och det senaste (det tjugonde) hölls 15–16 november 2017. Under perioden 2017–2019 ingår 25 personer, där samtliga kvarstår från den föregående perioden. Ordförande är *John Stenbit*, *privat konsult*, och två i gruppen är européer (en från Norge och en Schweiz) och tre till är icke-amerikaner.

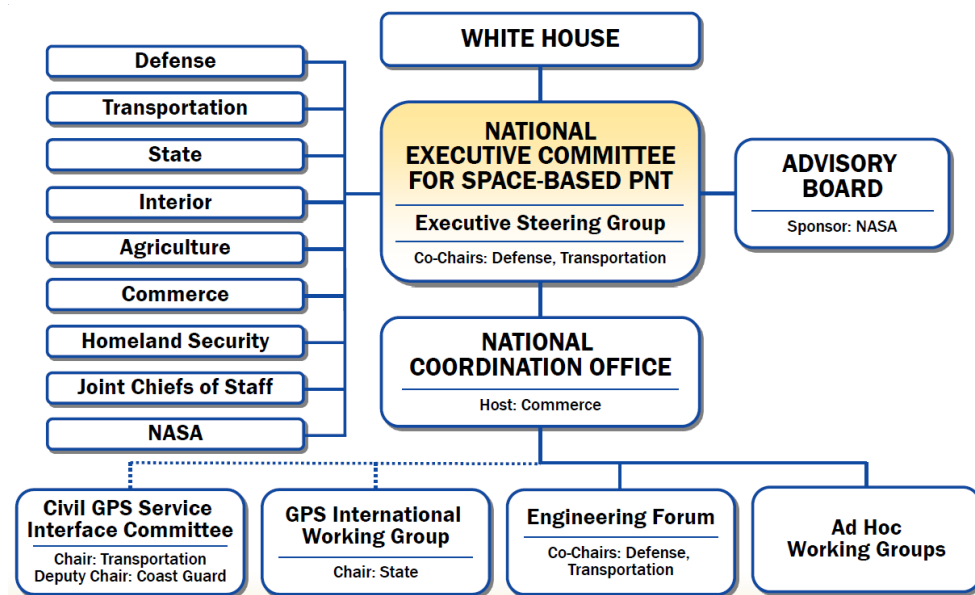
Den som vid CGSIC-mötet presenterade det arbete som pågår inom PNT-kommittén var *överste Frank Zane*, *Vice chef för NCO*¹⁶. NCO fungerar som ett PNT-sekretariat och det har till uppgift att i den löpande verksamheten stödja PNT-kommittén samt att vara den organisation som svarar på frågor om PNT-policyn.

¹³ PNT = Positioning, Navigation and Timing

¹⁴ JSC = Joint Chiefs of Staff (den kommitté som består av försvarsgrenscheferna i den amerikanska försvarsmakten)

¹⁵ NASA = National Aeronautics and Space Administration

¹⁶ NCO = National Coordination Office for Space-Based PNT



Figur 4: Organisationen runt PNT-kommittén. Bild: www.gps.gov.

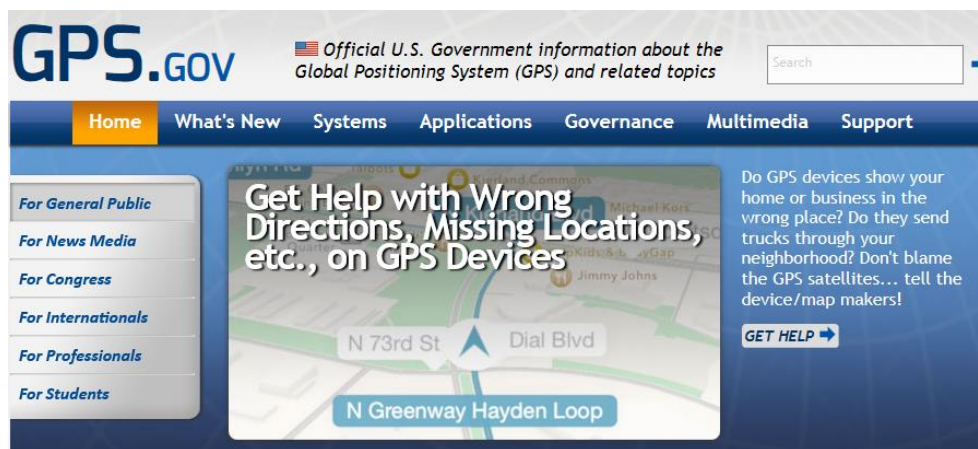
Andra policydokument och dylikt vid sidan av PNT-policyn som berör PNT är:

- **National Space-Based PNT Strategy** är ett strategidokument som tas fram av PNT-kommittén. Det implementerar visionen i PNT-policyn.
- **Five-Year National Space-Based PNT Plan** är en femårig plan som tas fram av PNT-kommittén. Den verkställer innehållet i PNT-policyn och ska bygga på PNT-strategin nämnd ovan. Den släpptes i en första versionen 2007 och ska uppdateras årligen för att ge information om planerade behov av PNT-tjänster, internationell samverkan samt investeringar inom olika myndigheter (och även innehålla budgetuppgifter).
- **National Space Policy** är ett policydokument som beskriver USA:s alla rymdaktiviteter. Policyn fastslogs av president Obama i juni 2010 och berör PNT en hel del. Den fastslår bl.a. att USA ska behålla sin ledande position inom GNSS-området och att signalerna från GPS ska vara tillgängliga utan kostnad.
- **National IDM¹⁷ Plan** är en plan från 2007 som klargör möjligheterna att kunna identifiera källor som kan störa GPS och hur effekterna kan mildras.
- **Den federala radionavigeringsplanen** är den officiella statliga källan för radionavigering och PNT i USA. Den senaste versionen är från 2017 och den finns tillgänglig på www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadioNavigationPlan2017.pdf.

Webbaserad information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns sedan 2012 samlad på www.gps.gov (Figur 5). NCO (PNT-

¹⁷ IDM = Interference Detection and Mitigation

sekretariatet) ansvarar för informationen, medan NOAA¹⁸ driver själva webbplatsen.



Figur 5: Information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns på webbplatsen på www.gps.gov.

3.3 INTERNATIONELL SAMVERKAN

Utrikesdepartementet ansvarar för USA:s internationella samverkan inom PNT-området. Vid CGSIC-mötet poängterade *Jeffrey M Auerbach, Utrikesdepartementet, Office of Space and Advanced Technology*, att USA uppmuntrar såväl civil användning av GPS världen över som utveckling av egna stödsystem och tjänster kring GPS. Det betonas att kompatibilitet mellan olika GNSS är ett minimikrav och att interoperabilitet eftersträvas. I sammanhanget kan det nämnas att ett pågående doktorandarbete på KTH i Stockholm studerar skillnaderna i hur GNSS-signalerna behandlas (Håkansson, 2017 och Håkansson et al., 2017).

- **EU¹⁹:** 2004 undertecknades en överenskommelse mellan GPS och Galileo om bl.a. en gemensam civil signal på L1. Efter att Europeiska rådet slutligen i december 2011 bekräftade att överenskommelsen är gällande, så har både flera större möten och arbetsgruppsmöten hållits.
- **Ryssland:** Diskussioner mellan USA och Ryssland pågår kontinuerligt, men de ligger för närvarande på is.
- **Kina:** Senaste större bilaterala mötet om samarbete hölls 4–5 juni 2015 i Washington DC, USA. Möten om kompatibilitet och interoperabilitet har hållits i september 2016 i Portland och i juni 2017 i Los Angeles.
- **Japan:** Det hålls årliga möten i positiv anda, det senaste större i maj 2017 i Washington DC.
- **Indien:** Samverkan har återupptagits och några möten har hållits, det senaste större i oktober 2017 i Washington DC, USA.
- **Övriga stater:** Det förs även GNSS-relaterade diskussioner med en hel del andra stater.

¹⁸ NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration

¹⁹ EU = Europeiska Unionen

För att stärka utvecklingen och främja användningen av GNSS, särskilt i utvecklingsländer, har ICG²⁰ bildats, se vidare om ICG på www.unoosa.org/oosa/en/SAP/gnss/icg.html. Kommittén blir allt viktigare för det multilaterala GNSS-samarbetet och den har sitt ursprung i den tredje FN²¹-konferensen om "Exploration and Peaceful Uses of Outer Space" som hölls 1999. I kommittén ingår stater som tillhandahåller GNSS, andra medlemsstater i FN och olika internationella organisationer. Sedan 2006 har bl.a. tolv årliga större möten hållits, det senaste i Kyoto, Japan, 2-7 december 2017.

3.4 WAAS

WAAS²² är ett amerikanskt satellitbaserat stödsystem för GPS som sänder ut data från geostationära satelliter på en GPS-liknande signal (s.k. SBAS²³) och som främst används för flygtillämpningar. WAAS blev helt operationellt i juli 2003 och använder sedan 2007 38 referensstationer belägna inom USA, Mexico och Canada.

Deborah Lawrence, Transportdepartementet, FAA, kunde vid CGSIC-mötet informera om Tre geostationära satelliter används i dagsläget för att sända ut data. Dessa är belägna på 133° W (Intelsat Galaxy XV), 107° W (Anik F1R) samt 98° W (Inmarsat I4F3) och dessa kommer att bytas ut mot tre nya. Den första nya på 117° W (Eutelsat 117 West B) blev uppskjuten 15 juni 2016 och förväntas bli tillgänglig i juni 2018. Den andra på 125° W (SES-15) blev uppskjuten 18 maj 2017 och förväntas bli tillgänglig i juni 2019 och för den tredje finns inget kontrakt än.

Utvecklingen för en övergång till tvåfrekvensmätningar med L1/L5 pågår och kommer att bli operationellt efter 2019.

3.5 NDGPS

Transportdepartementet ansvarar tillsammans med U.S. Coast Guard och Army Corps of Engineers för NDGPS²⁴, som är en amerikansk DGPS²⁵-tjänst där korrektionerna sänds ut från fasta referensstationer via radiosändare. Ingen statusrapport för tjänsten som efter starten 1998 byggdes ut till nästan nationell täckning med 84 fasta referensstationer gavs under CGSIC-mötet. Behovet av tjänsten har minskat och antalet referensstationer är nu nere i ca 40 stycken, vilka täcker USA:s kustområden och de stora sjöarna. I annat sammanhang (Hedling, 2017) har de nu meddelats att hela systemet ska läggas ned och en föreslagen nedläggningsplan har presenterats (figur 6).

²⁰ ICG = International Committee on GNSS

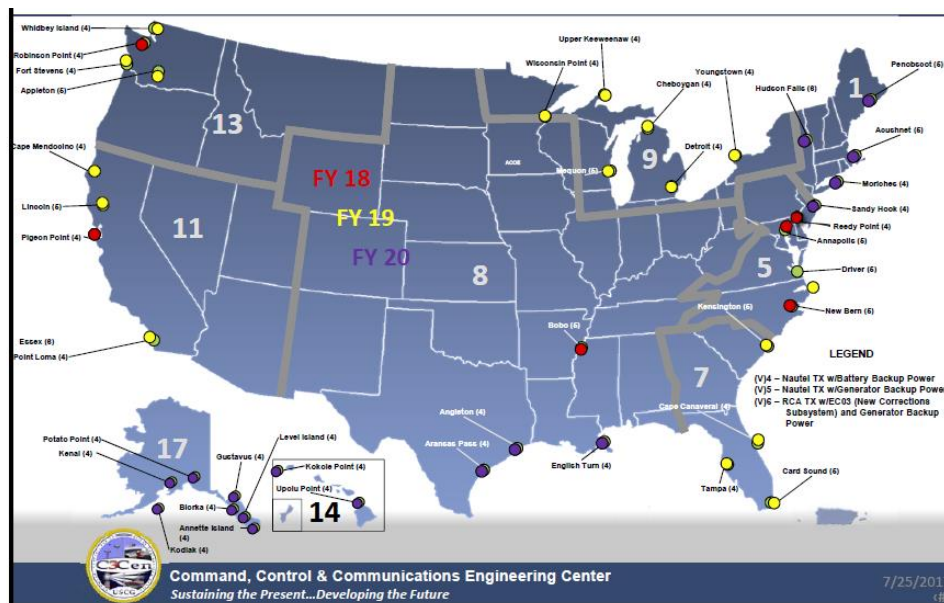
²¹ FN = Förenta Nationerna

²² WAAS = Wide Area Augmentation System

²³ SBAS = Satellite Based Augmentation System

²⁴ NDGPS = Nationwide Differential Global Positioning System

²⁵ DGPS = Differential Global Positioning System



Figur 6: En föreslagen nedläggningsplan för de fasta referensstationerna i den amerikanska DGPS-tjänsten NDGPS har lagts fram. Bild: U.S. Coast Guard, Command, Control and Communications Engineering Center.

4 Status för övriga GNSS

4.1 STATUSEN FÖR GLONASS

Det ryska federala Glonass-programmet innehåller budgetuppgifter och gällande version löper under åren 2012–2020. Finansieringen för fortsatt utveckling och drift ser således stabil ut och den kommer från både Russian Space Agency och ryska försvarsdepartementet. Ryssland påtalar ofta att de civila tjänsterna är fritt tillgängliga globalt och att Glonass är prioriterat.

Produktionen av satelliter av den aktuella Glonass-modellen som heter Glonass-M är slutförd och det återstår sex stycken sådana att skjuta upp. Vissa aktiva Glonass-M-satelliter har passerat sin livslängd, så det finns ett behov av att få upp nya satelliter för att byta ut gamla.

Utvecklingen av nästa satellitmodell som heter Glonass-K fortsätter. Det första steget var tänkt att omfatta två testsatelliter som sköts upp 26 februari 2011 och 30 november 2014. Modellen för dessa bägge testsatelliter kallas Glonass-K1 och den senare av dem fungerar även som en aktiv satellit. Att interoperabiliteten mellan olika GNSS är viktig påtalas ofta. I linje med detta sänder Glonass-K1-satelliterna förutom signalerna L1 och L2 även ut en helt ny signal kallad L3. Emedan L1- och L2-signalerna sänds ut med s.k. frekvensåtskillnad (FDMA²⁶), så sänds L3-signalen ut med s.k. kodåtskillnad (CDMA²⁷), som GPS använder för samtliga signaler.

För de moderniserade Glonass-K-satelliterna (modellen kallas Glonass-K2) kommer L1- och L2-signalerna att sändas ut med både frekvensåtskillnad och kodåtskillnad. Glonass-K2 kommer dock att dröja och i stället pågår tillverkning av ytterligare nio Glonass-K1-satelliter för att bli uppskjutna

²⁶ FDMA = Frequency Division Multiple Access

²⁷ CDMA = Code Division Multiple Access

från 2018. Den första Glonass-K2-satelliten kommer att produceras 2018 med målet att kunna testa den i rymden under 2019. Som ett komplement till Glonass ICD²⁸ med beskrivning av kodåtskillnadssignalerna kommer även en ny version för frekvensåtskillnadssignalerna att släppas under 2018 (Karutin et al., 2017).

Uppskjutningstakten av kommande satelliter kommer att styras mer av behovet och från 2014 sänder även nya Glonass-M-satelliter ut L3-signalen. Kvaliteten på Glonass-signalerna blir allt bättre med de moderniseringar av systemet som har genomförts och närmar sig den för GPS. De förbättringar som pågår rör bl.a. utbyggnaden av kontrollstationer på flera håll i världen. Man har också börjat titta på att ha en signal i L5-bandet.

Sammanfattningsvis har Glonass för närvarande (oktober 2017) 24 aktiva satelliter och 1 testsatellit (den först uppskjutna av modellen Glonass-K1).

4.2 STATUSEN FÖR GALILEO

Den försenade uppbyggnaden av det europeiska Galileo innefattade först två testsatelliter (som heter Giove-A och Giove-B och som är avstängda sedan 2012) och därefter fyra s.k. IOV²⁹-satelliter. IOV-satelliterna sköts upp i två omgångar 21 oktober 2011 och 12 oktober 2012 med ryska Soyuz-raketer. Dessa kommer att fungera som operativa satelliter i full funktion, men en av dem är inte tillgänglig (och förblir nog så).

De två första FOC³⁰-satelliterna sköts slutligen upp 22 augusti 2014, men de ligger i felaktig omloppsbanan där det är osäkert om de ska kunna användas operativt. Testutsändning från de två satelliterna inleddes 2 augusti 2016. Ytterligare 16 FOC-satelliter har skjutits upp 2015–2017, där den senaste uppskjutningen skedde 12 december 2017. Satelliterna opereras från de två markstationerna i Oberpfaffenhofen i Tyskland och Fucino i Italien. Oberpfaffenhofen sköter kontroll och banpositionering av satelliterna, medan Fucino står för själva signalhanteringen.

15 december 2016, då det fanns 18 satelliter uppskjutna, kunde "Initial Services" förklaras av Europeiska kommissionen. Efter nästa uppskjutning planerad till sommaren 2018 kommer det finnas 26 satelliter, där minst 24 satelliter kallas "Enhanced Services". Lantmäteriet har under en längre tid testat att använda Galileo för RTK och nätverks-RTK (Berggren, 2016, Johanson & Tysk, 2017, Norin, 2017a, Norin, 2017b och Öberg et al., 2017). Sedan 1 december 2017 går det även att prova att mäta med korrekationer för Galileo i en beta-version av SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst.

Målet är att ha en full konstellation med 30 satelliter till 2020 och under tiden fram dit kommer det att vara vissa begränsningar i Galileos tjänster. Commercial Services (CS) kommer släppas stegvis under åren 2018–2020. CS innefattar bland annat en global PPP³¹-tjänst som utnyttjar Galileos signal E6B. Eric Chatre, Europeiska kommissionen, meddelade att diskussionen pågår huruvida denna tjänst ska bli tillgänglig utan kostnad.

²⁸ ICD = Signal In Space Interface Control Document

²⁹ IOV = In Orbit Validation

³⁰ FOC = Full Operational Capability

³¹ PPP = Precise Point Positioning

Egnos³² är ett europeiskt satellitbaserat stödsystem för GNSS liknande det amerikanska WAAS (s.k. SBAS), se avsnitt 3.4 om WAAS. I slutet av 2016 börjades ytterligare en geostationär satellit att användas för utsändningen (SES Astra-5B). Budget är klar för att uppgradera Egnos till ett tvåfrekvenssystem med stöd för både GPS och Galileo.

4.3 STATUSEN FÖR BEIDOU

Kinas utveckling av ett fullt utbyggt GNSS kallat Beidou fortsätter enligt fastlagda planer. Den formella versionen (version 1.0) av Beidous ICD släpptes 27 december 2012 och i november 2016 släpptes version 2.1 med specificering av de öppna B1I- och B2I-signalerna. I början av 2018 planeras även publiceringen av officiella ICD-dokument gällande signalerna B1C och B2a. Beidou är uppdelat i tre steg:

- **Beidou-1:** Ett regionalt demonstrationssystem utvecklades under åren 1994–2000, där fyra experimentsatelliter sköts upp 2000–2007.
- **Beidou-2:** Ett regionalt operativt system med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området färdigställdes 2012 och tjänsterna tillhandhålls fr.o.m. 2013. Systemet har påvisat god prestanda och används på bred front i t.ex. bilnavigatorer och mobiltelefoner i Kina. Under åren 2007–2012 sköts 16 satelliter upp (5 satelliter i global bana, 6 geostationära satelliter och 5 geosynkrona satelliter med inklinations). Några satelliter är dock inte aktiva och Beidou-2 har kompletterats med en geostationär satellit och en geosynkron satellit med inklinations under 2016 och består nu av 15 satelliter.
- **Beidou-3:** Ett globalt system med 35 satelliter ska vara klart till 2020. Det kommer att bestå av 27 satelliter i global bana, 5 geostationära satelliter och 3 geosynkrona satelliter med inklinations. Satellituppskjutningar i detta steg har påbörjats under 2015–2017 med fem satelliter i global bana och två geostationära satelliter med inklinations. Moderniseringarna i denna generation av satelliter innefattar även signalmässiga förändringar.

Under 2018 kommer även en positioneringstjänsten NDBDS³³ att lanseras med meter/decimeter-osäkerhet och med stöd för centimeternoggrannhet i områden med tät markbunden infrastruktur. 2020 planeras även en SBAS-tjänst att lanseras med täckning över Kina.

4.4 STATUSEN FÖR QZSS

QZSS³⁴ är inte ett komplett satellitsystem med global täckning, utan ett tilläggsystem som ska fungera som komplement till GPS-konstellationen i Japan med omkringliggande områden. Den första QZSS-satelliten sköts upp 11 september 2010. 2016–2017 forcerades uppbyggnaden och 9 oktober 2017 sköts den fjärde satelliten lyckosamt upp. Planerna är att 2018 ha en tjänst klar med de fyra nu uppskjutna satelliterna (en geostationär satellit och tre geosynkrona satelliter med inklinations) samt ha etablerat fler

³² Egnos = European Geostationary Navigation Overlay Service

³³ NDBDS = National Differential BDS

³⁴ QZSS = Quasi-Zenith Satellite System

kontrollstationer. Det slutliga målet är nu att ha en konstellation med sju satelliter 2023. Till 2020 kommer QZSS även få SBAS-funktionalitet.

4.5 STATUSEN FÖR NAVIC

Navic³⁵ är ett indiskt system som är ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning över Indien med omnejd. Systemet blev 29 april 2016 omdöpt från IRNSS³⁶ i samband med att det blev fullt utbyggt 28 april 2016 genom den satellituppskjutning som skedde då. Det består av en konstellation av sju satelliter (tre geostationära satelliter och fyra geosynkrona satelliter med inklinations) som skjutits upp 2013–2016. En satellit fungerar inte och den skulle ersättas genom en uppskjutning av en ny satellit 31 augusti 2017, vilken dock misslyckades. Ett nytt försök att ersätta satelliten som inte fungerar är planerat till början av 2018.

5 CGSIC

5.1 CGSIC:S ORGANISATION

Det civila GPS-inflytandet sker främst via USA:s transportdepartement och för informationsutbytet med civila GPS-användare har CGSIC bildats. CGSIC handhas av Navigation Center, vars huvudsakliga uppgift är att allmänt ge civilt användarstöd till i första hand den marina navigations- och transportsektorn, jämför avsnitt 3.1 och figur 3. Navigation Center ligger dock administrativt inte under transportdepartementet, utan under U.S. Coast Guard inom departementet för nationell säkerhet. All webbaserad information om CGSIC på www.gps.gov.

CGSIC arrangerar ett årligt möte som en integrerad del av den årliga konferensen ION GNSS+ och det finns fyra underkommittéer som även håller egna möten under andra tider på året:

- **International Information Subcommittee (IISC³⁷)**
- **Surveying, Mapping and Geosciences Subcommittee**
- **Timing Subcommittee**
- **U.S. States and Local Government Subcommittee**

Underkommittén IISC verkar bl.a. för att främja internationellt utbyte av information om GPS och andra GNSS. Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för både CGSIC och IISC.

Bemanningen inom CGSIC följer mönstret att ordföranden representerar transportdepartementet, medan vice ordföranden och verkställande sekreteraren kommer från Navigation Center. Dessutom finns det en vice ordförande från någon organisation utanför USA. Den aktuella bemanningen för dessa fyra poster inom CGSIC är:

- **Ordförande:** *Karen Van Dyke, Transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, Office of Positioning, Navigation, and Timing & Spectrum Management*

³⁵ Navic = Navigation Indian Constellation

³⁶ IRNSS = Indian Regional Navigation Satellite System

³⁷ IISC = International Information Subcommittee

- **Vice ordförande:** *Kapten Russell Holmes, Departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard, Navigation Center*
- **Verkställande sekreterare:** *Rick Hamilton, Departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard, Navigation Center*
- **Internationell vice ordförande:** *John Wilde, Navblue, Hersham, Storbritannien*

Aktuell bemanning i CGSIC:s underkommittéer är:

- **Ordförande i IISC:** *John Wilde, Navblue, Hersham, Storbritannien*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Europa:** *František Vejražka, Czech Technical University, Prag, Tjeckien*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Asien:** *Hiroshi Nishiguchi, Japan GPS Council, Tokyo, Japan*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Australien/Oceanien:** *Keith McPherson, Airservices Australia, Canberra, Australien*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Nordamerika:** *Mike Swiek, U.S. GPS Industry Council*
- **Ordförande i Surveying, Mapping and Geosciences Subcommittee:** *Kevin Choi, Handelsdepartementet, NOAA, NGS³⁸*
- **Ordförande i Timing Subcommittee:** *Włodzimierz Lewandowski, Polish Central Office of Measures, Warszawa, Polen.*
- **Ordförande i U.S. States and Local Government Subcommittee:** *James Arnold, Transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology*

5.2 NOTERINGAR FRÅN DET 56:E CGSIC-MÖTET

Det 57:e CGSIC-mötet hölls 25–26 september 2017 på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA (figur 7–8), vilket även föregående möte 2016 gjorde (Alfredsson, 2016). Årets möte hade totalt samlat runt 170 deltagare, där många var internationella och övriga kom från olika departement, myndigheter och organisationer i USA.

Powerpoint-presentationerna från mötet finns utlagda på www.gps.gov/cgsic/meetings/2017.

³⁸ NGS = National Geodetic Survey



Figur 7: Det 57:e CGSIC-mötet hölls på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA, 25–26 september 2017, vilket var i samma lokaler som hela ION GNSS+ 2017 hölls i. Bild: CGSIC.

Under mötets första dag hölls parallella sessioner för de fyra underkommittéerna. Mötet öppnades andra mötesdagen av CGSIC:s ordförande, som även tackade Navigation Center för anordnandet av mötet. Därefter gick CGSIC:s vice ordförande i genom agendan för dagen. Under denna andra dag gavs främst presentationer kring policy, status och framtidsplaner för GPS (se kapitel 2 och 3 om detta). De fyra underkommittéerna lämnade även korta rapporter denna dag.



Figur 8: Portland, där 2017 års CGSIC-möte hölls, är beläget vid Willamette-floden och över floden sträcker sig en imponerande stålbro från 1912. Bild: Dan Norin.

5.3 UNDERKOMMITTÉEN INTERNATIONAL INFORMATION SUBCOMMITTEE

Vid sessionen för denna underkommitté vid årets CGSIC-möte gavs bl.a. presentationer om statusen för QZSS och Beidou samt om GNSS-aktiviteter i Nya Zeeland. Lantmäteriet bidrog med en presentation om statusen för GNSS-tillämpningar i de nordiska länderna (Eriksson, 2017). En liknande presentation om svenska GNSS-tillämpningar hölls vid motsvarande session vid CGSIC-mötet för tre år sedan (Norin, 2014).

Underkommittén anordnar även regionala möten med något eller några års mellanrum i Europa, Asien och Australien/Oceanien. Det senaste europeiska mötet hölls i München 16 mars 2017 som en officiell session under symposiet "Munich Satellite Navigation Summit 2017".

5.4 UNDERKOMMITTÉEN FÖR SURVEYING, MAPPING AND GEOSCIENCES

Sessionen för denna underkommitté vid CGSIC-mötena är geodetiskt inriktad och bl.a. ett forum för frågor som rör fasta referensstationer.

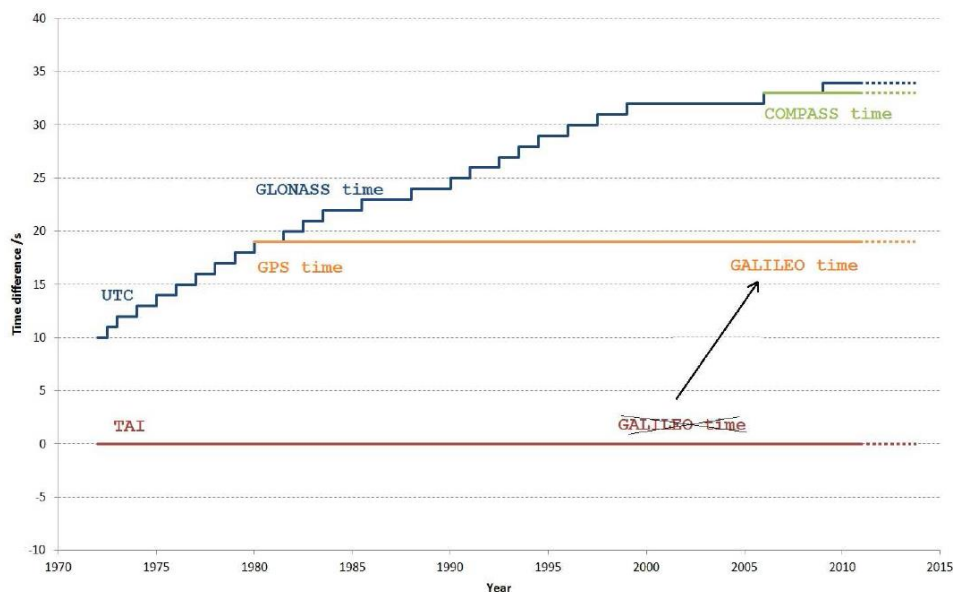
5.5 UNDERKOMMITTÉEN FÖR TIMING

Sessionen för denna underkommitté vid CGSIC-mötena diskuterar bl.a. tidsskalor. Tidsskillnaden mellan UTC³⁹ och internationell atomtid, TAI⁴⁰, är för närvarande 37 sekunder. Datum för införande av nästa skottsekund är i skrivande stund inte fastställt. Då skottsekunder medför problem i en hel del tillämpningar har det ända sedan år 2000 diskuterats om UTC ska upphöra med att tillämpa sådana. Diskussionerna runt ett förslag att genomföra detta har blivit utdragna, då vissa konservativa stater motsätter sig en förändring. Förhoppningen var att ett slutligt beslut skulle fattas vid "World Radiocommunication Conference" (WRC-15) i Geneve, Schweiz, 2015. Beslutet blev dock återigen framskjutet till 2023.

Det enda GNSS som har en tidsskala som följer UTC är Glonass, men med vissa problem. Tidsskalorna för Galileo, QZSS och Navic följer GPS-tid, vilken har 19 sekunders skillnad mot TAI (figur 9). Tidsskalan för Beidou har 33 sekunders skillnad mot TAI. Synkroniseringen av tidsskalorna har blivit bättre.

³⁹ UTC = Coordinated Universal Time

⁴⁰ TAI = International Atomic Time



Figur 9: Illustration av relationerna mellan de olika tidsskalorna. Observera att de tre senaste införda skottsekunderna för UTC saknas, så skillnaden mellan UTC och TAI är nu 37 sekunder. Bild: Włodzimierz Lewandowski, Polish Central Office of Measures.

5.6 UNDERKOMMITTÉEN FÖR U.S. STATES AND LOCAL GOVERNMENT

Sessionen för denna underkommitté vid årets CGSIC-möte behandlade sedvanligt amerikanska GPS-tillämpningar.

6 Noteringar från ION GNSS+ 2017

Symposiet ION GNSS+ 2017 hölls på Oregon Convention Center, Portland, USA, 25–29 september 2017, vilket var 30:e året i rad som ION:s satellitdivision arrangerade detta världsledande internationella tekniska GNSS-möte. Symposiet hade samlat 980 anmälda deltagare från 35 olika länder från alla sex världsdelar.

Från Lantmäteriet deltog Mattias Eriksson och Gunnar Hedling. I övrigt från Sverige deltog Joakim Rydell (FOI) samt även Bo Gustafson (Datagrid). Från övriga nordiska länder fanns det nio anmälda från Norge (varav fyra från Kartverket), sju från Finland (varav fyra från FGI⁴¹), två från Danmark (varav en från DTU Space) samt en från Island.

ION GNSS+ 2017 inleddes de två första dagarna med CGSIC-mötet och den andra dagen hölls även inledningssessionen för symposiet. Den tredje till den femte dagen hölls parallella sessioner med de presentationer som blivit antagna och ett antal paneldiskussioner. Paneldiskussionerna behandlade bl.a. statusen för och utvecklingen av olika GNSS (se kapitel 2 och 4 om detta). Med framförandena vid paneldiskussionerna undantagna så hölls sammanlagt 248 presentationer. Många var intressanta och ett kom från Sverige genom Joakim Rydell från FOI (Rydell & Bilock, 2017). Sedan 2015 är sessionerna med presentationer uppdelade i sessioner med höga krav på den skriftliga dokumentationen "Research and Innovations

⁴¹ FGI = Finnish Geospatial Research Institute, Finland

Sessions” och i sessioner med låga eller inga krav alls på en slutlig skriftlig artikel ”Applications and Advances Sessions”.

På mässan som hölls under symposiet deltog 48 utställande företag och organisationer. Det innebär att antalet utställare efter några års nedgång nu har stabiliserat sig runt 50 stycken, men är ändå oroande lågt för arrangörerna. Det är nu 3–4 år sedan alla stora GNSS-instrumenttillverkare, både de inom surveying-området och de mer riktade mot massmarknaden, deltog på mässan. De som fanns på plats i år inskränkte sig i princip till Novatel och Septentrio. Även Datagrid med svensk anknytning hade, till skillnad mot förra året, en egen monter.

GNSS-instrumenttillverkarna var dock under sessionerna åtminstone representerade av Trimble, som höll presentationen ”On the path to precision-observations with Android GNSS observables”. Presentationen gavs i en session som var tillägnad rådatahantering från mätningar med mobiltelefoner och en intressant presentation i denna session hölls av japanen Koki Asari. Presentationen framhöll att det med den japanska positioneringstjänsten CLAS⁴², som ännu inte officiellt har lanserats, är möjligt att få en noggrann PPP-lösning att konvergera under en minut med stöd av ett ganska tätt nätverk av fasta referensstationer. Tekniken kallas PPP-RTK⁴³ och korrektionerna beskrivs på tillståndsform (SSR⁴⁴). Positioneringstjänsten nyttjar satelliter i det japanska satellitsystemet QZSS och planeras bli avgiftsfri. Målet med denna positioneringsteknik är att möjliggöra noggrann positionering för potentiella massmarknader så som mobiltelefoner och autonoma fordon. Tillsammans med billigare mottagare för okrypterade GNSS-signaler forceras flera trösklar mot att noggrann positionering kan realiseras i dessa tillämpningsområden.

Lyckade tester med CLAS hade enligt en annan presentation av Luis Elneser Gonzalez även utförts vid ett dagbrott i Australien, där man hade satt upp ett lokalt nät av referensstationer. Testet visade att en positionsosäkerhet under 10 cm kunde uppnås inom 6 minuter i plan och under 20 minuter i höjd. Detta test var möjligt att utföra eftersom QZSS-satelliterna når långt söderut, in över Australien, i sina satellitbanor.

Veckan innan ION GNSS+ skulle gå av stapeln kom en marknadsnyhet från Broadcom som möjliggör positionering med två okrypterade frekvenser. Den första produkten av sitt slag. Detta var något som kommenterades flitigt av symposiet och som ansågs vara en revolutionerande nyhet. Ingen vidare information eller presentation om denna nyhet kom under konferensen men det blev en snackis.

7 Nästa CGSIC-möte

Nästa CGSIC-möte, det 58:e, kommer att hållas i Miami, Florida, 24–25 september 2018 som en integrerad del av ION GNSS+ 2018, vilket hålls 24–28 september 2018.

⁴² CLAS = Centimeter Level Augmentation Service

⁴³ RTK = Real Time Kinematic

⁴⁴ SSR = State Space Representation

Det senaste IISC-mötet hölls 17 mars 2017 i München i samband med "Munich Satellite Navigation Summit". Nästa europeiska IISC-möte är inte inplanerat, men kan komma att hållas vid nästa Munich Satellite Navigation Summit, 5-7 mars 2018.

I sammanhanget kan det nämnas att 2018 års upplaga av den årliga European Navigation Conference (ENC) kommer att arrangeras i Sverige. Evenemanget kommer att hållas i Göteborg 14-17 maj 2018 med Chalmers tekniska högskola, RISE Research Institutes of Sweden och Lantmäteriet som arrangörer, se vidare <http://enc2018.eu>.

8 Slutord

GNSS och PNT har en bred användning inom Sverige och då utvecklingen inom området är snabb finns det ett stort informationsbehov om systemen m.m. Deltagande i CGSIC-mötena/ION GNSS+ ger möjlighet att få informationen direkt från "källan". Mötena ger även en möjlighet till ett brett kontaktnät och tillfälle att föra ut svenska GNSS-tillämpningar.

9 Referenser

Alfredsson A (2016): *Reserapport från CGSIC:s 56:e möte vid ION GNSS+ 2016, Portland, Oregon, USA, 12-16 september 2016*. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

Berggren A (2016): *Inledande försök till mätning med Europas navigeringssystem Galileo*. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informations-system, 2016:5, Gävle (www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-matning/geodesi/rapporter_publicationer/rapporter/lantmaterirapport-2016-5.pdf). Även i Stockholms universitet, examensarbete avancerad nivå, NKA 172, Stockholm.

Eriksson M (2017): *Status on GNSS Applications in the Nordic Countries*. CGSIC:s 57:e möte, 25-26 september 2017, PowerPoint-presentation, Portland, Oregon, USA.

Hedling G (2017): *Reserapport från RTCM SC-104-mötet i Portland, Oregon, USA, 25-26 september 2017*. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

Håkansson M (2017): *Hardware biases and their impact on GNSS positioning*. KTH, licentiatavhandling, TRITA-SOM 2017-08, Stockholm.

Håkansson M, Jensen A B O, Horemuz M, Hedling G (2017): *Review of code and phase biases in multi-GNSS positioning*. GPS Solutions, 21(3), sid. 849-860.

Johansson S & Tysk P (2017): *Galileos påverkan vid nätverks-RTK satellitpositionering i svåra miljöer*. Högskolan i Gävle, examensarbete, Gävle.

Karutin S, Testoedov N, Tulin A (2017): *Glonass focus on user needs*. GPS World, December 2017, sid. 13.

Norin D (2014): *GNSS applications in Sweden and on-going developments of the national CORS network SWEPOS™*. CGSIC:s 54:e möte, 8-9 september 2014, PowerPoint-presentation, Tampa, Florida, USA.

Norin D (2017a): *Galileo – europeisk satellitnavigering redo för praktisk användning*. Sinus, nr 1 2017, sid. 10–12.

Norin D (2017b): *Bättre mätkvalitet med Galileo och andra moderniserade GNSS*. Kart & Bildteknik, 2017:4, sid. 8–11.

Rydell J & Bilock E (2017): *Navigation and Mapping with Loop Closure*. ION GNSS+ 2017, 25–29 september 2017, sid. 2898–2905, Portland, Oregon, USA.

Öberg S, Norin D, Stedt F (2017): *Lantmäteriets testmätningar med RTK och Galileo i SWEPOS fram till januari 2017*. Lantmäteriet, PM, Gävle (www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-matning/geodesi/rapporter_publicationer/publicationer/testmatning-galileo-2016-2017.pdf).