

## RESERAPPORT

### Reserapport från CGSIC:s 56:e möte vid ION GNSS+ 2016, Portland, Oregon, USA, 12–16 september 2016

ANDERS ALFREDSSON

#### 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 56:e CGSIC-mötet anordnades i Portland, Oregon, USA, 12–13 september 2016 (figur 1) och det hade totalt samlat runt 150 deltagare. Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för CGSIC och var på mötet representerat av undertecknad.



**Figur 1:** Det 56:e CGSIC-mötet arrangerades på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA, 12–13 september 2016. Bild: Anders Alfredsson.

GPS har för närvarande (november 2016) 31 aktiva satelliter. Under det senaste året har två GPS-satelliter skjutits upp (en under slutet av 2015 och en under 2016). Det innebär att samtliga tolv satelliter av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen, nu är uppskjutna. Block III-satelliterna, med bl.a. en ny civil signal kallad L1C, har blivit lite försenade och den första satelliten är nu planerad att bli uppskjuten tidigast i september 2017.

Det ryska systemet **Glonass** har 24 aktiva satelliter och uppskjutnings-takten av nya kommer att styras mer av behovet. Utvecklingen av nästa satellitmodell fortsätter och i ett första steg har två testsatelliter skjutits upp. Under de närmaste åren kommer satelliter av både den hittillsvarande 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.

Det europeiska **Galileo** håller på att byggas upp. Sammanlagt finns det nu 18 Galileo-satelliter i bana, men alla är ännu inte aktiva. En av dem kan dessutom bara sända E1-signalen och de två Galileo-satelliter som sköts upp 22 augusti 2014 hamnade i helt fel bana. Genom ett antal manövreringar av dessa har man nu fått de i en bana där förutsättningar för att de operativt ska kunna användas är mycket bättre. Målet är att ha en full konstellation med 30 satelliter till 2020.

Kinas utveckling av ett fullt utbyggt GNSS kallat **BeiDou** (förkortas BDS) fortsätter enligt fastlagda planer. Ett regionalt system bestående av 14 aktiva satelliter med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området blev klart 2012. Tjänsterna tillhandhålls fr.o.m. 2013 och två kompletterande satelliter har skjutits upp under 2016. Satellituppskjutningar i nästa steg i utvecklingen av BeiDou till ett globalt system har påbörjats med hittills fem satelliter under 2015–2016.

Det japanska regionala tilläggsystemet **QZSS** har i dagsläget en satellit. Utbyggnaden ska under 2016–2017 forceras, så att en tjänst med ytterligare tre satelliter är 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 29 april 2016 omdöpt från IRNSS.

## 1 Bakgrund

Det amerikanska satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystemet GPS<sup>1</sup> 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 CGSIC<sup>2</sup> 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. Tills för några år sedan togs även statusen för alla övriga GNSS<sup>3</sup> upp, men denna information ges numera huvudsakligen under det stora årliga symposiet ION<sup>4</sup> GNSS+ (figur 2), som CGSIC-mötet är en integrerad del av. Denna reserapport är gemensam för 2016 års CGSIC-möte och ION

<sup>1</sup> GPS = Global Positioning System

<sup>2</sup> CGSIC = Civil GPS Service Interface Committee

<sup>3</sup> GNSS = Global Navigation Satellite Systems

<sup>4</sup> ION = Institute Of Navigation

GNSS+ 2016, med aktuell status m.m. för GPS i kapitel 2-3 och status för övriga GNSS i kapitel 4.



**Figur 2:** Den översiktliga statusen m.m. för samtliga GNSS gavs under en av paneldiskussionerna vid ION GNSS+ 2016. Bild: Anders Alfredsson.

En annan organisation som brukar passa på att hålla möte i anslutning till ION GNSS+ är RTCM SC-104<sup>5</sup> och så skedde även 2016 (Hedling, 2016).

## 2 Statusen för GPS

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

För närvarande (november 2016) har GPS 31 aktiva satelliter och dessutom finns det sex äldre satelliter i reserv. Under det senaste året har två GPS-satelliter skjutits upp (en under slutet av 2015 och en under 2016). Det innebär att samtliga tolv satelliter av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen, nu är uppskjutna. L2C-signalen finns med sedan föregående modell (block IIR-M). L5 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 ARNS<sup>6</sup> används. Signalen ger således möjlighet till större tillförlitlighet, men även till utveckling av nya tekniker med en positionsosäkerhet på centimeternivå, liksom till internationell interoperabilitet. L5-signalen kan även hjälpa till att förkorta initialiseringstiden vid RTK<sup>7</sup>-mätning.

31 december 2014 inleddes rutinmässiga sändningar på C-koden med ett nytt förbättrat satellitmeddelande kallat CNAV. CNAV finns på L2C och även på L5, men på L5-signalen är den fortfarande satt som "unhealthy".

Block III-satelliterna, med bl.a. en ny civil signal kallad L1C, har blivit lite försenade och den första satelliten är nu planerad att bli uppskjuten tidigast i september 2017. Med detta block kommer interoperabiliteten med

<sup>5</sup> RTCM SC-104 = Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104

<sup>6</sup> ARNS = Aeronautical Radio Navigation Services

<sup>7</sup> RTK = Real Time Kinematic

andra GNSS att bli 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 2022 är klara och en upphandling för satellit 11-32 är på gång att utlysas. Fr.o.m. den nionde block III-satelliten är tanken att kommande satelliter ska kunna skjutas upp två och två.

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 (november 2016).

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
<b>Summa</b>	1978-	72	31

Kontrollsegmentet för GPS har moderniserats under de senaste åren och arbetet med det nya operationella kontrollsystemet kallat OCX<sup>8</sup> fortskrider, men är ordentligt försenat. Införandet av OCX kommer att ske i flera steg (kallade block) och det första steget (som kallas block 0 och kommer att kunna hantera uppskjutning och uppstart av block III-satelliter) är planerat att bli infört först i mars 2018. Under tiden tittar man på möjligheter att provisoriskt hantera uppskjutning och signaler från block III-satelliter innan OCX är på plats. Med OCX kommer även antalet satelliter som det teoretiskt är möjligt att använda att öka, då antalet PRN<sup>9</sup>-koder som systemet kan hantera kommer att gå från dagens 32 till troligen 64 stycken.

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

<sup>8</sup> OCX = Next Generation Operational Control System

<sup>9</sup> PRN = Pseudo Random Noise

### 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 SMC<sup>10</sup> vid Los Angeles Air Force Base i Kalifornien (figur 3). 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 3:** 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 GPSOC<sup>11</sup>, Navigation Center och NOCC<sup>12</sup> (figur 4):

- **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, FAA<sup>13</sup>



**Figur 4:** Användarsupporten för GPS är uppdelad i tre olika organisationer.

#### 3.2 PNT-POLICYN

På liknande sätt som GNSS har blivit en etablerad term för GPS och liknande satellitsystem, så har PNT<sup>14</sup> blivit en etablerad benämning för

<sup>10</sup> SMC = Space and Missile Systems Center

<sup>11</sup> GPSOC = GPS Operations Center

<sup>12</sup> NOCC = National Operations Control Center

<sup>13</sup> FAA = Federal Aviation Administration

<sup>14</sup> PNT = Positioning, Navigation and Timing

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
- JSC<sup>15</sup>
- NASA<sup>16</sup>

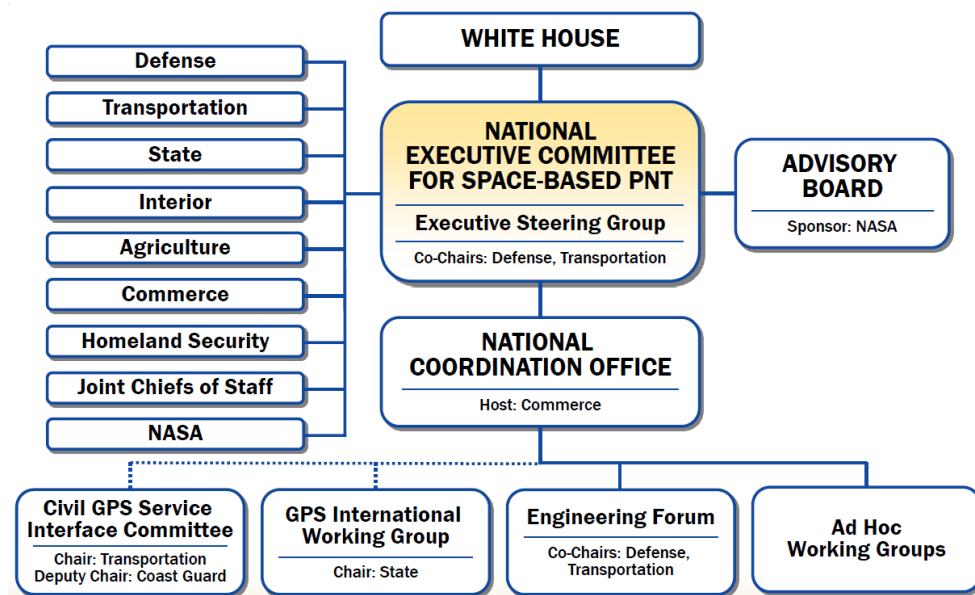
Vidare finns det ett Advisory Board som ger råd till PNT-kommittén och till USA:s regering (figur 5). Advisory Board har inrättats av NASA och består av upp till 25 experter inom olika områden knutna till PNT. Det första mötet hölls 29–30 mars 2007 och det senaste (det sjuttonde) hölls 18–19 maj 2016. Under perioden 2015–2017 ingår 25 personer, där 20 kvarstår från föregående period och 5 är nya. Ny ordförande är *John Stenbit, MITRE Corporation*. Två i gruppen är europeer (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 *Harold W Martin III, Chef för NCO*<sup>17</sup>. 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.

<sup>15</sup> JSC = Joint Chiefs of Staff (den kommitté som består av försvarsgrenscheferna i den amerikanska försvarsmakten)

<sup>16</sup> NASA = National Aeronautics and Space Administration

<sup>17</sup> NCO = National Coordination Office for Space-Based PNT



Figur 5: Organisationen runt PNT-kommittén. Bild: [www.gps.gov](http://www.gps.gov).

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

- **National Space-Based PNT Strategy** är ett strategidokument som tas fram av PNT-kommittén. Det implementerar visionen i PNT-policyen.
- **Five-Year National Space-Based PNT Plan** är en femårig plan som tas fram av PNT-kommittén. Den verkställer innehållet i PNT-policyen 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. Policyen 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 IDM<sup>18</sup> 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 källan för radionavigering i USA. Den senaste versionen är 2014 års version blev helt klar i maj 2015. Den finns tillgänglig på [www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadionavigationPlan2014.pdf](http://www.navcen.uscg.gov/pdf/FederalRadionavigationPlan2014.pdf).

Webbaserad information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns sedan 2012 samlad på [www.gps.gov](http://www.gps.gov) (Figur 6). NCO (PNT-

<sup>18</sup> IDM = Interference Detection and Mitigation

sekretariatet) ansvarar för informationen, medan NOAA<sup>19</sup> driver själva webbplatsen.



**Figur 6:** Information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns på hemsidan på [www.gps.gov](http://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.

- **EU<sup>20</sup>:** 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. Ett
- **Ryssland:** Diskussioner mellan USA och Ryssland pågår kontinuerligt, men de ligger för närvarande på is.
- **Kina:** Möten har hållits även tidigare, men det första större bilaterala mötet om samarbete hölls 19 maj 2014 i Peking och det andra hölls 4–5 juni 2015 i Washington DC, USA.
- **Japan:** Det hålls årliga möten i positiv anda, det senaste i april 2015.
- **Indien:** Samverkan har återupptagits och några möten har hållits under de senaste två åren.
- **Övriga stater:** Det förs även GNSS-relaterade diskussioner med en hel del andra stater.

För att stärka utvecklingen och främja användningen av GNSS, särskilt i utvecklingsländer, har ICG<sup>21</sup> bildats, se vidare om ICG på [www.unoosa.org/oosa/en/SAP/gnss/icg.html](http://www.unoosa.org/oosa/en/SAP/gnss/icg.html). Kommittén blir allt viktigare för det multilaterala samarbetet och den har sitt ursprung i den

<sup>19</sup> NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration

<sup>20</sup> EU = Europeiska Unionen

<sup>21</sup> ICG = International Committee on GNSS



tredje FN<sup>22</sup>-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. elva större möten hållits och det senaste av dem hölls i Sotji, Ryssland, 6–11 november 2016.

### 3.4 WAAS

WAAS<sup>23</sup> är ett amerikanskt satellitbaserat stödsystem för GPS som sänder ut data från geostationära satelliter på en GPS-liknande signal (s.k. SBAS<sup>24</sup>). WAAS används främst för flygtillämpningar och det har varit helt operationellt sedan juli 2003.

*Deborah Lawrence, Transportdepartementet, FAA*, kunde vid CGSIC-mötet informera om att WAAS använder 38 referensstationer, vilket det gjort sedan 2007. Referensstationerna är belägna inom USA, Mexico och Canada. 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 blir tillgänglig under 2018. Den andra på 125° W (SES-15) förväntas bli tillgänglig under 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 NDGPS<sup>25</sup>, som är en amerikansk DGPS<sup>26</sup>-tjänst där korrektionerna sänds ut från fasta referensstationer via radiosändare. *Kapten Russell Holmes, U.S. Coast Guard Navigation Center*, gav vid CGSIC-mötet en statusrapport för tjänsten som efter starten 1998 byggdes ut till nästan nationell täckning med 84 referensstationer.

Behovet av tjänsten har dock minskat och antalet referensstationer är sedan 4 augusti 2016 reducerat till 46 stycken, vilka täcker USA:s kustområden och de stora sjöarna. Man kommer att fortsätta utvärdera tjänsten och dess alternativ. Eventuellt kommer antalet referensstationer att reduceras ytterligare.

## 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.

<sup>22</sup> FN = Förenta Nationerna

<sup>23</sup> WAAS = Wide Area Augmentation System

<sup>24</sup> SBAS = Satellite Based Augmentation System

<sup>25</sup> NDGPS = Nationwide Differential Global Positioning System

<sup>26</sup> DGPS = Differential Global Positioning System

Under sista kvartalet 2016 kommer fyra referensdokument för Glonass att publiceras.

Produktionen av satelliter av den aktuella Glonass-modellen som heter Glonass-M är slutförd sedan ett drygt år. Det återstår sju 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 sedan 15 februari 2016. 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 (FDMA<sup>27</sup>), så sänds L3-signalen ut med s.k. kodåtskillnad (CDMA<sup>28</sup>), 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 bli försenat och som en orsak till det har exportrestriktioner till Ryssland från västvärlden nämnts i andra sammanhang. I stället pågår tillverkning av ytterligare nio Glonass-K1-satelliter för att bli uppskjutna fram till ungefär 2018. Den första Glonass-K2-satelliten kommer att produceras 2018 med målet av få den uppskjuten under 2019.

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 och man har även utökat samarbetet med Kina (bl.a. genom att kunna ha kontrollstationer för Glonass och BeiDou på respektive lands territorium).

Sammanfattningsvis har Glonass i dag (november 2016) 24 aktiva satelliter, 2 satelliter i reserv 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. IOV<sup>29</sup>-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 kan bara sända E1-signalen. IOV-satelliterna opereras från de två markstationerna i Oberpfaffenhofen i Tyskland och Fucino i Italien.

---

<sup>27</sup> FDMA = Frequency Division Multiple Access

<sup>28</sup> CDMA = Code Division Multiple Access

<sup>29</sup> IOV = In Orbit Validation

Oberpfaffenhofen sköter kontroll och banpositionering av satelliterna, medan Fucino står för själva signalhanteringen.

De två första FOC<sup>30</sup>-satelliterna sköts slutligen upp 22 augusti 2014. En frusen bränsleslang orsakade dock under uppskjutningen en misstänkning av en motor för attitydkontrollen, vilket ledde till att satelliterna hamnade i helt fel bana. Banan blev alldeles för elliptisk och med för låg inklinering. Genom ett antal manövreringar av satelliterna har man dock fått de i mindre elliptiska banor, där förutsättningar för att de operativt ska kunna användas är mycket bättre. Testutsändning från de två satelliterna inleddes 2 augusti 2016.

Ytterligare tolv FOC-satelliter har skjutits upp 2015–2016. I den senaste uppskjutningen 17 november 2016 sköts för första gången fyra satelliter upp samtidigt med en fransk Ariane 5-raket ifrån Kourou i Franska Guyana. Uppskjutningen skapade en konstellation med 18 satelliter, vilket gör att "Initial Services" ska kunna förklaras mot slutet av 2016 (även om alla satelliter enligt ovan inte är helt funktionsdugliga). Det finns därefter kontrakt för uppskjutning av ytterligare åtta satelliter via två Ariane 5-uppskjutningar.

En full konstellation med 30 satelliter är mer, men målet är att ha en full konstellation till 2020 och under tiden fram dit kommer det att vara vissa begränsningar i Galileos tjänster.

Egnos<sup>31</sup> är ett europeiskt satellitbaserat stödsystem för GNSS liknande det amerikanska WAAS (s.k. SBAS), se avsnitt 3.4 om WAAS. Under början av hösten 2015 upphörde den geostationära satelliten Inmarsat-4F2 att sända ut data för Egnos och i stället har SES-5 (vilken sköts upp i juli 2012) börjat användas. Runt slutet av 2016 planeras det för att börja använda ytterligare en geostationär satellit 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<sup>32</sup> släpptes 27 december 2012 och i november 2016 släpptes version 2.1 med specificering av de öppna signalerna B1I- och B2I-signalerna. 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

<sup>30</sup> FOC = Full Operational Capability

<sup>31</sup> Egnos = European Geostationary Navigation Overlay Service

<sup>32</sup> ICD = Signal In Space Interface Control Document

geosynkrona satelliter med inklinations). Den äldsta satelliten från 2007 (går i global bana) är dock bara en testsatellit och den äldsta geostationära satelliten från 2009 är ur drift. BeiDou-2 har kompletterats med en geostationär satellit och en geosynkron satellit med inklinations under 2016.

- **BeiDou-3:** Ett globalt system med 35 satelliter ska vara klart senast 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 2015-2016 med två geostationära satelliter med inklinations och tre satelliter i global bana. Moderniseringarna i denna generation av satelliter innefattar även signalmässiga förändringar.

#### 4.4 STATUSEN FÖR QZSS

Någon mer japansk QZSS<sup>33</sup>-satellit har inte skjutits upp efter den första som sköts upp 11 september 2010 (geosynkron satellit med inklinations). QZSS är inte ett separat system, utan är ett tilläggsystem som ska "bättra på" GPS-konstellationen i Japan med omkringliggande områden. Planerna är efter den lyckade starten att forcera utbyggnaden under 2016-2017 och att 2018 ha en tjänst klar med ytterligare tre satelliter (en geostationär satellit och två geosynkrona satelliter med inklinations) samt ha etablerat fler 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

Navic<sup>34</sup> 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 IRNSS<sup>35</sup> 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.

## 5 CGSIC

### 5.1 CGSIC:S ORGANISATION

Det civila inflytandet över GPS 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 ge civilt användarstöd till i första hand den marina navigations- och transportsektorn, jämför avsnitt 3.1 och figur 4. Navigation Center ligger dock administrativt inte under transportdepartementet, utan under U.S. Coast Guard inom departementet för nationell säkerhet. Sedan 2012 finns all webbaserad information om CGSIC på [www.gps.gov](http://www.gps.gov). Det ska dock sägas att Navigation Center fortsätter att handha CGSIC och att ge den civila operationella användarsupporten för GPS.

<sup>33</sup> QZSS = Quasi-Zenith Satellite System

<sup>34</sup> Navic = Navigation Indian Constellation

<sup>35</sup> IRNSS = Indian Regional Navigation Satellite System

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 (IISC<sup>36</sup>)**
- **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*
- **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:

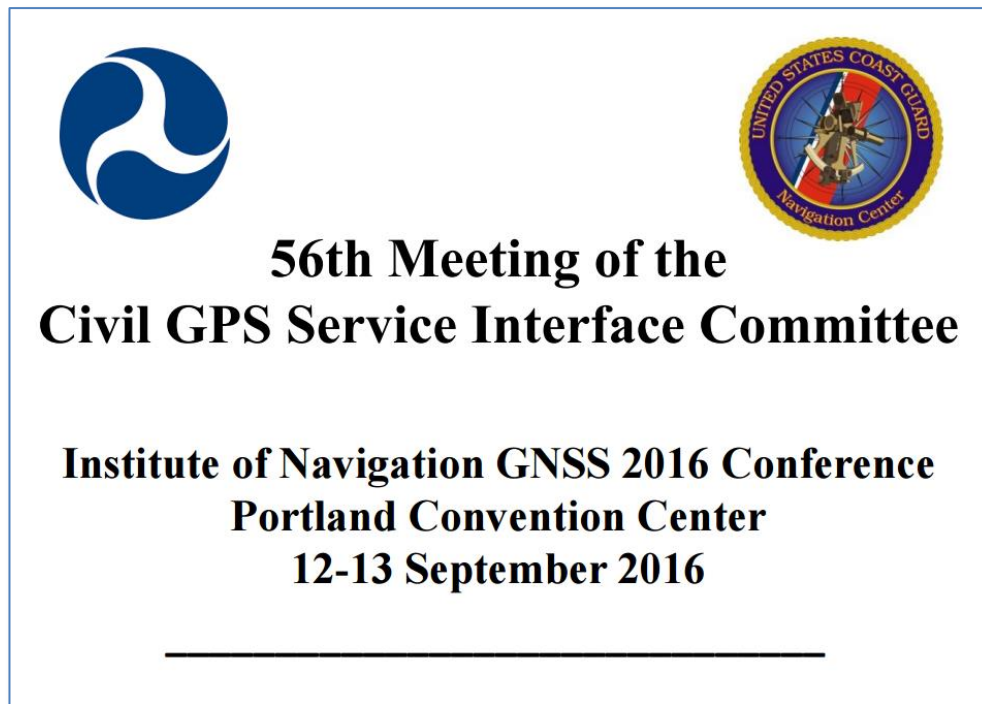
- **Ordförande i IISC:** *John Wilde, Navblue, Hersham, Storbritannien*
  - **Regional vice ordförande i IISC för Europa:** *František Vejražka, Czech Technical University, Prag, Tjeckien*
  - **Regional vice ordförande i IISC för Asien:** *Hiroshi Nishiguchi, Japan GPS Council, Tokyo, Japan*
  - **Regional 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:** *Giovanni Sella, Handelsdepartementet, NOAA, NGS<sup>37</sup>*
- **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*

<sup>36</sup> IISC = International Information Subcommittee

<sup>37</sup> NGS = National Geodetic Survey

## 5.2 NOTERINGAR FRÅN DET 56:E CGSIC-MÖTET

Det 56:e CGSIC-mötet hölls 12–13 september 2016 på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA (figur 7–8), medan föregående möte 2015 hölls i Tampa, Florida (Katrin, 2015). Årets möte hade totalt samlat runt 150 deltagare, där många var internationella och övriga kom från olika departement, myndigheter och organisationer i USA.



**Figur 7:** Det 56:e CGSIC-mötet hölls på Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA, 12–13 september 2016, vilket var i samma lokaler som hela ION GNSS+ 2016 hölls i. Bild: CGSIC.

Powerpoint-presentationerna från mötet finns utlagda på [www.gps.gov/cgsic/meetings/2016](http://www.gps.gov/cgsic/meetings/2016).

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:** Oregon Convention Center, Portland, där 2016 års CGSIC-möte hölls. Bild: Anders Alfredsson.

### 5.3 UNDERKOMMITTÉEN INTERNATIONAL INFORMATION SUBCOMMITTEE

Vid sessionen för denna underkommitté vid årets CGSIC-möte gavs bl.a. presentationer om statusen för BeiDou och QZSS. Vid det näst senaste CGSIC-mötet gavs en presentation om svenska GNSS-tillämpningar m.m. (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 26 mars 2015 som en dryg timmes officiell session under symposiet "Munich Satellite Navigation Summit 2015".

### 5.4 UNDERKOMMITTÉEN FÖR SURVEYING, MAPPING AND GEOSCIENCES

Sessionen för denna underkommitté vid CGSIC-mötena är bl.a. ett forum för frågor som rör fasta referensstationer. Vid tiden för årets CGSIC-möte (september 2016) fanns det 1942 fasta referensstationer i det nordamerikanska (huvudsakligen USA) nätet som kallas CORS<sup>38</sup> Network, vilket är en minskning med 71 stationer under det senaste året. Nätet förvaltas av NOAA och dess NGS, även om de själva bara äger ett fåtal av stationerna. Nätet används främst för efterberäkningstillämpningar samt tjänster kopplade till den automatiska beräkningstjänsten OPUS<sup>39</sup>.

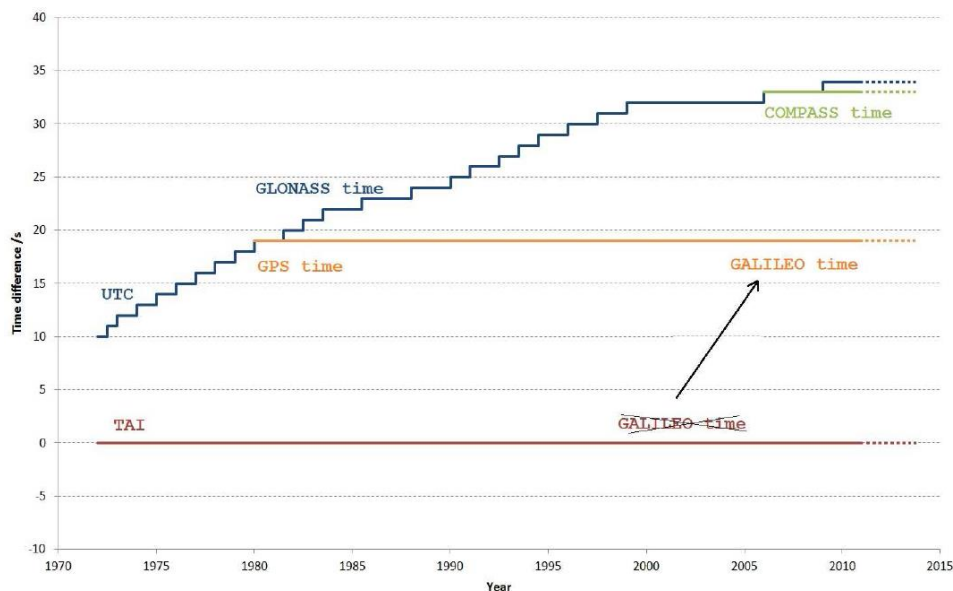
<sup>38</sup> CORS = Continuously Operating Reference Station

<sup>39</sup> OPUS = Online Positioning User Service

## 5.5 UNDERKOMMITTÉEN FÖR TIMING

Sessionen för denna underkommitté vid CGSIC-mötena diskuterar bl.a. tidsskalor. Tidsskillnaden mellan UTC<sup>40</sup> och internationell atomtid, TAI<sup>41</sup>, är för närvarande 36 sekunder. Nästa skottsekund kommer att införas 31 december 2016. 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 beslut skulle fattas vid "World Radiocommunication Conference" (WRC-15), som hölls 2-27 november 2015 i Geneve, Schweiz. Beslutet har dock skjutits ännu mer på framtiden.

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.



**Figur 9:** Illustration av relationerna mellan de olika tidsskalorna. Observera att de två senaste införda skottsekunderna för UTC saknas, så skillnaden mellan UTC och TAI är nu 36 sekunder. Bild: Włodzimierz Lewandowski, BIPM<sup>42</sup>.

## 5.6 UNDERKOMMITTÉEN FÖR U.S. STATES AND LOCAL GOVERNMENT

Sessionen för denna underkommitté vid årets CGSIC-möte behandlade sedvanligt amerikanska frågeställningar. Det senaste egna underkommittémötet hölls 19 november 2015 i Portland, Oregon.

## 6 Noteringar från ION GNSS+ 2016

Symposiet ION GNSS+ 2016 hölls på Oregon Convention Center, Portland, USA, 12-16 september 2016, vilket var 29:e året i rad som ION:s

<sup>40</sup> UTC = Coordinated Universal Time

<sup>41</sup> TAI = International Atomic Time

<sup>42</sup> BIPM = Bureau International des Poids et Mesures (internationella byrån för vikt och mått)



satellitdivision arrangerade detta världsledande internationella tekniska GNSS-möte. Symposiet hade samlat 986 anmälda deltagare från 36 olika länder från alla sex världsdelar.

Från Lantmäteriet deltog Anders Alfredsson, Martin Håkansson och Gunnar Hedling. Övriga svenska deltagare var Jouni Rantakokko (FOI), Anna Jensen (KTH), Jens Laursen (ESA) samt Bo Gustafson (Datagrid/TAG). Från övriga nordiska länder fanns det elva anmälda från Norge (varav två från Kartverket), tre från Finland (varav två från FGI<sup>43</sup>) samt två från Danmark.

ION GNSS+ 2016 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). Sedan 2015 är sessionerna med presentationer uppdelade i sessioner med höga krav på den skriftliga dokumentationen "Research and Innovations Sessions" och i sessioner med låga eller inga krav alls på en slutlig skriftlig artikel "Applications and Advances Sessions".

På tisdag eftermiddag deltog Anders Alfredsson och Martin Håkansson på en välbesökt tutorial anordnad av Google. Ämnet var "Raw GNSS Measurements from Android phones" och kursen gick igenom hur hårdvara och operativsystem har utvecklats för att kunna hantera rådata från GNSS. Möjligheten att utveckla appar för olika former av korrektionstjänster finns alltså nu och kommer att bli något vi kommer att se mer av framöver.

På mässan som hölls under symposiet deltog 48 utställande företag och organisationer (figur 10). Det innebär att antalet utställare efter några års nedgång nu har stabiliserat sig, men är ändå oroande lågt för arrangörerna. Det är nu 2-3 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. Datagrid med svensk anknytning hade inte heller någon egen monter, utan var närvarande tillsammans med navXperience. GNSS-instrumenttillverkarna var dock representerade under sessionerna, t.ex. hade Trimble och Topcon varsin presentation, medan Leica Geosystems inte hade med någon.

---

<sup>43</sup> FGI = Finnish Geospatial Research Institute, Finland



**Figur 10:** ION GNSS+ 2016 hölls på Oregon Convention Center, Portland, USA, 12–16 september 2016. Mässan som hölls under symposiet hade samlat 48 utställande företag och organisationer. Bild: Anders Alfredsson.

Med framförandena vid paneldiskussionerna undantagna så hölls sammanlagt 246 presentationer under symposiet och många var intressanta. Ingen presentation vid årets symposium var svensk, men Anna Jensen, KTH, ledde en av paneldiskussionerna ("High-accuracy GNSS – how good does it get?"). Lantmäteriet medverkade således inte med någon presentation i år, vilket man gjort vid två tillfällen under de fem senaste åren (Emardson et al., 2011, Norin et.al., 2012).

Ett återkommande ämne under årets seminarium var hur viktigt det är med integritetsinformation. Nya tillämpningsområden där användarna saknar mätningbakgrund eller utgörs av självkörande bilar gör att integriteten blir mer och mer viktig. Utvecklingen av mottagare, algoritmer samt mjukvaror kommer att drivas av massmarknaden snarare än av mätbranschen. Det kommer alltså krävas mer anpassningar och acceptering av produkter anpassade för massmarknaden för traditionella användargrupper.

Flera presentationer behandlade Precise Point Positioning (PPP), bland annat presenterade *D Laurichesse, CNES* och *A Blot, CS-SI* hur konvergenstiden kan minskas genom att använda en tredje frekvens från de nya GNSS-systemen.

I en av sessionerna som handlade om stödsystem och integritet presenterade *J Ostolaza, GMV, Spanien*, ett egenutvecklat stödsystem liknande WAAS och Egnos för Sydafrika. På tolv månader har systemet utvecklats till att ha en testsignal utsänd från satellit med korrekationer baserade på markstationer i Sydafrika. Bearbetningen av data sker i Storbritannien och signalen sänds ut av satelliten Artemis via Cypern. I samma session presenterade även *Ahmed El-Mowafy, Curtin University* en metod för att monitorera integriteten i integrerade sensorer främst avsedda för fordon.

*Topcon Technology Center* i Ryssland höll en intressant presentation om tester med en ny typ av antenn anpassad för RTK. Resultatet från testerna är att antennen, som är i form av en vertikal stång med en diameter på 3 cm och en längd på 30 cm, hanterar flervägsfel på ett bra sätt.

*G Tobías, GMV* presenterade ett arbete som gjorts med att ta fram en fungerande demo-version för utnyttjande av Galileos "Commercial Service" (CS). Demon syftar till att visa hur CS kan komma att användas av kommersiella aktörer för att utnyttja en egen kanal på Galileos E6-band.

## **7 Nästa CGSIC-möte**

Nästa CGSIC-möte, det 57:e, kommer även det att hållas i Portland, Oregon, 25–26 september 2017 som en integrerad del av ION GNSS+ 2017, vilket hålls 25–29 september 2017.

Nästa europeiska IISC-möte är inte inplanerat.

## **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**

Emardson R, Jarlemark P, Johansson J, Bergstrand S, Hedling G (2011): Error sources in network RTK. ION, ION GNSS 2011, 19–23 september 2011, s. 2175–2178, Portland, Oregon, USA.

Hedling G (2016): Reserapport från RTCM SC-104-mötet i Portland, Oregon, USA, 12–13 september 2016. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

Norin D, Sunna J, Lundell R, Hedling G, Olsson U (2012): Test of RTCM version 3.1 network RTK correction messages (MAC) in the field and on board a ship for uninterrupted navigation. ION, ION GNSS 2012, 17–21 september 2012, s. 1147–1157, Nashville, Tennessee, USA.

Katrin E (2015): Reserapport från CGSIC:s 55:e möte vid ION GNSS+ 2015, Tampa, Florida, USA, 14–18 september 2015. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

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.