

## RESERAPPORT

### Reserapport från CGSIC:s 55:e möte vid ION GNSS+ 2015, Tampa, Florida, USA, 14–18 september 2015

ERIK KATRIN

#### 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 55:e CGSIC-mötet anordnades i Tampa, Florida, USA, 14–15 september 2015 (figur 1) och det hade totalt samlat runt 200 deltagare. Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för CGSIC och var på mötet representerat av undertecknad.



**Figur 1:** Det 55:e CGSIC-mötet arrangerades på Tampa Convention Center, Florida, USA, 14–15 september 2015. Bild: Erik Katrin.

GPS har för närvarande (oktober 2015) 32 aktiva satelliter. Under det senaste året har tre GPS-satelliter skjutits upp (en under slutet av 2014 och två under 2015). De tio senaste satelliterna är av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen och resterande två block IIF-satelliter ska vara uppskjutna till februari 2016. Block III-satelliterna, med bl.a. en ny civil signal kallad L1C, har blivit lite försenade och den första satelliten kommer nu att finnas tillgänglig för uppskjutning från augusti 2016.

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 nu aktuella modellen och av nästa satellitmodell att skjutas upp. De operationella satelliterna av den nya satellitmodellen kommer dock att bli försenade, så i väntan på dessa kommer elva satelliter med motsvande kapacitet som de två testsatelliterna att tillverkas.

Det europeiska **Galileo** håller på att byggas upp. Sammanlagt finns det nu tio Galileo-satelliter i aktiv bana, men en av dem är för närvarande inte tillgänglig och kommer bara att kunna sända E1-signalen. De två Galileo-satelliter som sköts upp 22 augusti 2014 hamnade i helt fel bana, men 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. En konstellation med 18 satelliter skulle kunna uppnås under 2016 och 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 14 aktiva satelliter med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området blev klart 2012, där tjänsterna tillhandhålls fr.o.m. 2013. Satellituppskjutningar i nästa steg i utvecklingen av BeiDou till ett globalt system har påbörjats med hittills fyra satelliter under 2015.

Det japanska regionala tilläggsystemet **QZSS** har en satellit. Utbyggnaden ska under 2016–2017 forceras, så att en tjänst med ytterligare tre satelliter är klar 2018.

**IRNSS** är ett indiskt system som ska bli ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning. Systemet förväntas bli fullt utbyggt under 2016 med en konstellation av sju satelliter, där fyra hittills har skjutits upp.

## 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 informations-utbytet 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 övriga GNSS<sup>3</sup> upp, men denna information ges numera direkt 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 2015 års CGSIC-möte och ION GNSS+ 2015, med aktuell status m.m. för GPS i kapitel 2–3 och status för övriga GNSS i kapitel 4.

<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



**Figur 2:** Den översiktliga statusen m.m. för samtliga GNSS gavs under en av paneldiskussionerna vid ION GNSS+ 2015. Bild: Erik Katrin.

## 2 Statusen för GPS

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

För närvarande (oktober 2015) har GPS 32 aktiva satelliter och dessutom finns det åtta äldre satelliter i reserv. Under det senaste året har tre GPS-satelliter skjutits upp (en under slutet av 2014 och två under 2015).

De tio senaste satelliterna är av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen. 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>5</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>6</sup>-mätning.

Ytterligare två block IIF-satelliter finns tillverkade och uppskjutningarna av dessa är planerade att ske 30 oktober 2015 och tidigast 3 februari 2016. 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. den nya civila signalen L1C, har blivit lite försenade och den första satelliten kommer nu att finnas tillgänglig för uppskjutning från augusti 2016. Med detta block kommer interoperabiliteten med andra GNSS att bli bättre än vad åtkomst av L1 via C/A-koden medger. Man vill dock säkra bakåtkompatibiliteten och det

<sup>5</sup> ARNS = Aeronautical Radio Navigation Services

<sup>6</sup> RTK = Real Time Kinematic

finns idag inga planer på att sluta sända C/A-koden. Kontrakt för byggnation av 10 block III-satelliter 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 (oktober 2015).

Block	Uppskjutningsår	Totalt antal	Antal aktiva
I	1978-1985	11	0
II	1989-1990	9	0
IIA	1990-1997	19	3
IIR	1997-2004	13	12
IIR-M	2005-2009	8	7
IIF	2010-	10	10
<b>Summa</b>	1978-	70	32

Kontrollsegmentet för GPS har moderniserats under de senaste åren och arbetet med det nya operationella kontrollsystemet kallat OCX<sup>7</sup> fortskrider, men är försenat. Införandet av OCX kommer att ske i flera steg (kallade block). Inga datum för införandet av dessa steg gavs vid mötet, men det första steget (som kommer att kunna hantera block III-satelliter inför den första uppskjutningen av en sådan satellit) är planerat att bli infört i maj 2016. Med OCX kommer även antalet satelliter som det teoretiskt är möjligt att använda att öka, då antalet PRN<sup>8</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 Steve Whitney, chef för GPS Directorate och major Roland Rainey Jr, befälhavare för 2nd Space Operations Squadron.

<sup>7</sup> OCX = Next Generation Operational Control System

<sup>8</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>9</sup> vid Los Angeles Air Force Base i Kalifornien (figur 3). Brigadgeneral William T Cooley har varit chef för GPS Directorate under de två senaste åren, men sedan 8 juli 2015 innehas chefskapet av överste Steve 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>10</sup>, Navigation Center och NOCC<sup>11</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>12</sup>



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

<sup>9</sup> SMC = Space and Missile Systems Center

<sup>10</sup> GPSOC = GPS Operations Center

<sup>11</sup> NOCC = National Operations Control Center

<sup>12</sup> 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 PNT<sup>13</sup> 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
- JSC<sup>14</sup>
- NASA<sup>15</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 femtonde) hölls 11–12 juni 2015. 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 européer (en från Norge och en Schweiz) och tre till är icke-amerikaner.

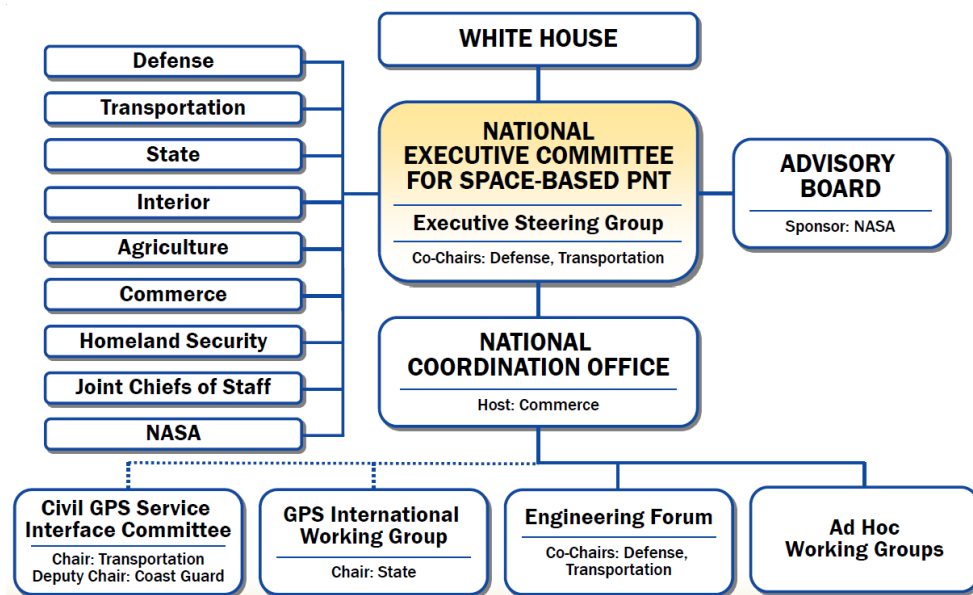
Den som vid CGSIC-mötet presenterade det arbete som pågår inom PNT-kommittén var *Harold W Martin III, Chef för NCO*<sup>16</sup>. NCO fungerar som ett PNT-sekretariat och det har till uppgift att i den löpande verksamheten stödja PNT-kommittén samt att vara den organisation som svarar på frågor om PNT-policyn.

<sup>13</sup> PNT = Positioning, Navigation and Timing

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

<sup>15</sup> NASA = National Aeronautics and Space Administration

<sup>16</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>17</sup> Plan** är en plan från 2007 som klargör möjligheterna att kunna identifiera källor som kan störa GPS och hur effekterna kan mildras. I sammanhanget har ett system kallat Patriot Watch<sup>TM</sup> skapats för att hitta, analysera och informera om störningar.
- **Den federala radionavigeringsplanen** är den officiella källan för radionavigering i USA. Den senaste versionen är 2014 års version, som 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>17</sup> IDM = Interference Detection and Mitigation

sekretariatet) ansvarar för informationen, medan NOAA<sup>18</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>19</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>20</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>18</sup> NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration

<sup>19</sup> EU = Europeiska Unionen

<sup>20</sup> ICG = International Committee on GNSS



tredje FN<sup>21</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. nio större möten hållits och det senaste stora mötet hölls i Prag, Tjeckien, 9–14 november 2014 (Lilje, 2014). Nästa stora ICG-möte kommer att hållas i Boulder, Colorado, USA, 1–6 november 2015.

### 3.4 WAAS

WAAS<sup>22</sup> är ett amerikanskt satellitbaserat stödsystem för GPS som sänder ut data från geostationära satelliter på en GPS-liknande signal (s.k. SBAS<sup>23</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 avtal för dem finns t.o.m. 2016 respektive 2018. Två nya geostationära satelliter kommer att bli tillgängliga för WAAS. Den första (Eutelsat 117 West B) beräknas bli uppskjuten i slutet av 2015 och vara tillgänglig under 2017 och den andra förväntas bli tillgänglig under 2019.*

Utvecklingen för en övergång till tvåfrekvensmätningar med L1/L5 pågår och beräknas bli operationellt runt 2021.

### 3.5 NDGPS

Transportdepartementet ansvarar tillsammans med U.S. Coast Guard och Army Corps of Engineers för NDGPS<sup>24</sup>, som är en amerikansk DGPS<sup>25</sup>-tjänst där korrektionerna sänds ut från fasta referensstationer via radiosändare. *James Arnold, Transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology och löjtnant Torrey Jacobsen, Departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard, gav vid CGSIC-mötet en statusrapport för tjänsten. Den senare av dem är U.S. Coast Guards DGPS Program Manager. Tjänsten har sedan starten 1998 byggts ut till nästan nationell täckning med 84 referensstationer.*

Behovet av tjänsten har minskat och de ansvariga myndigheterna har nu i augusti 2015 lagt ett förslag på att reducera antalet referensstationer till 22 stycken, vilka då skulle täcka USA:s kustområden och de stora sjöarna. Det finns möjlighet att lämna synpunkter på förslaget fram till 16 november 2015 och nedsläckningen av stationerna planeras till 16 januari 2016.

<sup>21</sup> FN = Förenta Nationerna

<sup>22</sup> WAAS = Wide Area Augmentation System

<sup>23</sup> SBAS = Satellite Based Augmentation System

<sup>24</sup> NDGPS = Nationwide Differential Global Positioning System

<sup>25</sup> DGPS = Differential Global Positioning System

## 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. Det återstår cirka nio stycken sådana att skjuta upp och det är planerat att ske 2015–2016. 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. En uppgradering av programvaran i de aktiva satelliterna pågår även och under tiden en satellit uppdateras tas den tillfälligt ur bruk.

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. Att interoperabiliteten mellan olika GNSS är viktig påtalar 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>26</sup>), så sänds L3-signalen ut med s.k. kodåtskillnad (CDMA<sup>27</sup>), som GPS använder för samtliga signaler. För de moderniserade 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 har tillverkningen av ytterligare elva Glonass-K1-satelliter påbörjats för att bli uppskjutna fram till ungefär 2019. Den första Glonass-K2-satelliten kan bli uppskjuten under 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 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 (oktober 2014) 24 aktiva satelliter, 2 satelliter i reserv och 2 testsatelliter (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 nu är avstängda)

---

<sup>26</sup> FDMA = Frequency Division Multiple Access

<sup>27</sup> CDMA = Code Division Multiple Access

och därefter fyra s.k. IOV<sup>28</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 är för närvarande är inte tillgänglig och kommer bara att kunna sända E1-signalen. IOV-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.

En uppgradering av kontrollstationerna har gjorts under året med stor framgång, vilket har haft en direkt effekt på prestandan i systemet. Man har även utökat med fyra nya markövervakningsstationer bland annat en i Kiruna.

De två första FOC<sup>29</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.

Under 2015 har två uppskjutningar (fyra satelliter) skett (27 mars och 11 september) och nästa är inplanerad 17 december 2015. Under 2016 planeras två uppskjutningar, där en är planerad att ske med en fransk Ariane 5-raket (vilken kan ta fyra Galileo-satelliter). En konstellation med 18 satelliter skulle då kunna uppnås 2016. Det finns därefter kontrakt för uppskjutning av ytterligare åtta satelliter via två Ariane 5-uppskjutningar.

En full konstellation med 30 satelliter är mer osäker och omfattas av EU:s nästa finansiella perspektiv. Den 11 december 2013 fastslogs det dock att Galileo-programmet ska få totalt 4,93 miljarder euro för detta perspektiv, vilket löper 2014–2020. Målet är att ha en full konstellation till dess och under tiden fram dit kommer det att vara vissa begränsningar i Galileos tjänster.

Egnos<sup>30</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. I 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>31</sup>

<sup>28</sup> IOV = In Orbit Validation

<sup>29</sup> FOC = Full Operational Capability

<sup>30</sup> Egnos = European Geostationary Navigation Overlay Service

<sup>31</sup> ICD = Signal In Space Interface Control Document

släpptes 27 december 2012 och i december 2013 släpptes version 2.0 med information om B2-signalen. BeiDou är uppdelat i tre steg:

- **Steg 1:** Ett regionalt demonstrationssystem utvecklades under åren 1994–2000, där fyra experimentsatelliter sköts upp 2000–2007.
- **Steg 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). Den äldsta satelliten från 2007 (går i global bana) är dock bara en testsatellit och den äldsta geostationära satelliten från 2009 är ur drift.
- **Steg 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 med en geostationär satellit med inklinations (30 mars), två satelliter i global bana (25 juli) samt ytterligare en satellit 30 september. En till satellit är planerad att bli uppskjuten innan slutet av året. Moderniseringsarna i denna generation av satelliter innefattar även signalmässiga förändringar.

#### 4.4 STATUSEN FÖR QZSS

Någon mer japansk QZSS<sup>32</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 IRNSS

IRNSS<sup>33</sup> är ett indiskt system som ska bli ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning över Indien med omnejd. Systemet förväntas bli fullt utbyggt under 2016 med en konstellation av sju satelliter (tre geostationära satelliter och fyra geosynkrona satelliter med inklinations). Fyra satelliter har hittills skjutits upp under 2013–2015 och nästa uppskjutning är planerad att ske i november 2015.

<sup>32</sup> QZSS = Quasi-Zenith Satellite System

<sup>33</sup> IRNSS = Indian Regional Navigation Satellite System

## 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.

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>34</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, Navtech, Walton-on-Thames, Storbritannien*

Aktuell bemanning i CGSIC:s underkommittéer är:

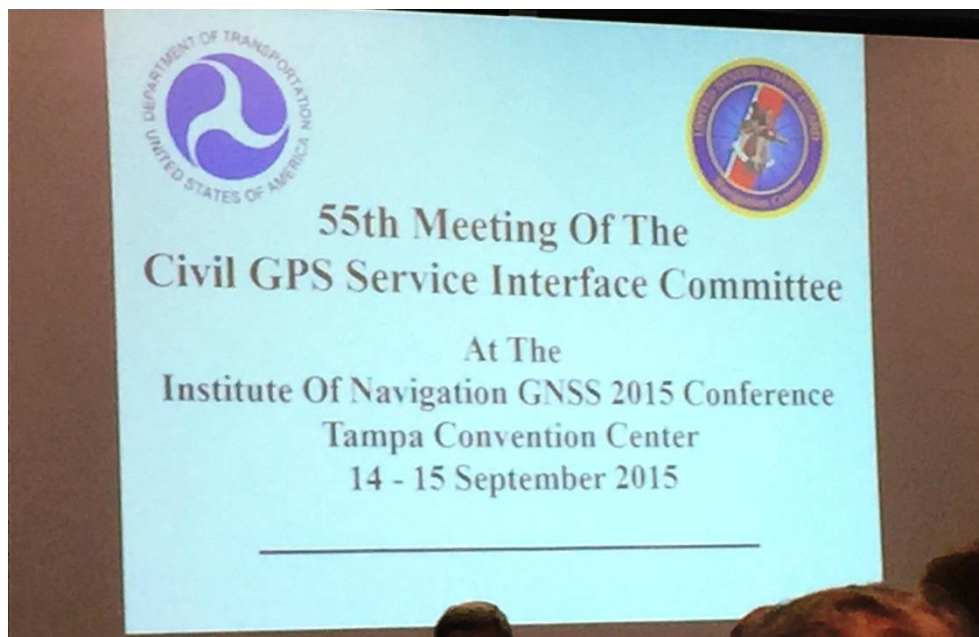
- **Ordförande i IISC:** *John Wilde, Navtech, Walton-on-Thames, Storbritannien*
  - **Regional vice ordförande i IISC för Europa:** *František Vejražka, Czech Technical University, Prag, Tjeckien*
  - **Regional vice ordförande i IISC för Asien:** *Hiroshi Nishiguchi, Japan GPS Council, Tokyo, Japan*

<sup>34</sup> IISC = International Information Subcommittee

- **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>35</sup>*
- **Ordförande i Timing Subcommittee:** *Włodzimierz Lewandowski, BIPM<sup>36</sup>, Paris, Frankrike*
- **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 55:E CGSIC-MÖTET

Det 55:e CGSIC-mötet hölls 14–15 september 2015 på Tampa Convention Center i Tampa, Florida, USA (figur 7–8), vilket även föregående möte 2014 gjorde (Norin, 2014a). Årets möte hade totalt samlat runt 200 deltagare, där många var internationella och övriga kom från olika departement, myndigheter och organisationer i USA.



**Figur 7:** Det 55:e CGSIC-mötet hölls på Tampa Convention Center, Florida, USA, 14–15 september 2015, vilket var i samma lokaler som hela ION GNSS+ 2015 hölls i. Bild: Erik Katrin.

Powerpoint-presentationerna från mötet finns utlagda på [www.gps.gov/cgsic/meetings/2015](http://www.gps.gov/cgsic/meetings/2015).

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.

<sup>35</sup> NGS = National Geodetic Survey

<sup>36</sup> BIPM = Bureau International des Poids et Mesures (internationella byrån för vikt och mått)

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:** Tampa, där 2015 års CGSIC-möte hölls, är beläget där Hillsborough-floden rinner ut i Tampabukten. Bild: Dan Norin.

### 5.3 UNDERKOMMITTÉEN INTERNATIONAL INFORMATION SUBCOMMITTEE

Sessionen för IISC vid årets CGSIC-möte hade samlat ca 50 åhörare. Ingen av presentationerna behandlade status m.m. för något enskilt GNSS. Flera av presentationerna belyste vikten av identifiering av störningar av GNSS som idag lätt görs med enkel elektronik som kan köpas över Internet. *John Wilde, Navtech*, berättade om detektering av störningar på flygplatser och *Joseph Rolli, Harris Corporation*, berättade om systemet Signal Sentry, som används för identifiering av störningar. I presentationen nämndes att tester av systemet bland annat görs i norrbottniska Vidsel.

Vid underkommitténs session vid fjolårets CGSIC-möte gavs en presentation om svenska GNSS-tillämpningar m.m. (Norin, 2014b).

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". Ett kommande regionalt möte finns inplanerat, nämligen 16 november 2015 i Kyoto, Japan, i samband med symposiet "IS-GNSS 2015", som hålls där 16–19 november 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.

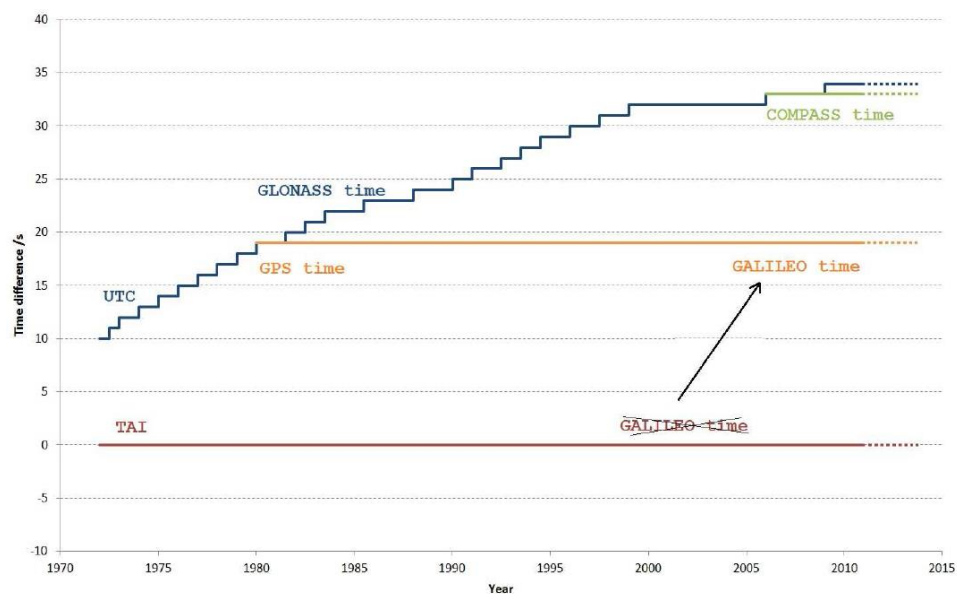
Vid tiden för årets CGSIC-möte (september 2015) fanns det 2013 fasta referensstationer i det nordamerikanska (huvudsakligen USA) nätet som

kallas CORS<sup>37</sup> Network, vilket är en minskning med 22 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>38</sup>. Den tämligen nyligen lanserade speciella tjänsten OPUS-Projects klarar av nätutjämnning.

## 5.5 UNDERKOMMITTÉEN FÖR TIMING

Sessionen för denna underkommitté vid CGSIC-mötena diskuterar bl.a. tidsskalor. Den senaste skottsekunden för UTC<sup>39</sup> infördes 30 juni 2015, vilket gör att tidsskillnaden mellan UTC och internationell atomtid, TAI<sup>40</sup>, är 36 sekunder. 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 är att ett beslut ska fattas vid nästa "World Radiocommunication Conference" (WRC-15), som hålls 2–27 november 2015 i Geneve, Schweiz.

Det enda GNSS som har en tidsskala som följer UTC är Glonass, men med vissa problem. Tidsskalorna för Galileo, QZSS och IRNSS 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>37</sup> CORS = Continuously Operating Reference Station

<sup>38</sup> OPUS = Online Positioning User Service

<sup>39</sup> UTC = Coordinated Universal Time

<sup>40</sup> TAI = International Atomic Time



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

Sessionen för denna underkommitté vid årets CGSIC-möte behandlade sedvanligt amerikanska frågeställningar. Ett par presentationer tog även upp automatisering, bland annat i en presentation av *Ken Bays, Oregons transportdepartement*, kring maskinstyrning och i en av *James Arnold, Transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology*, kring automatiserade fordon. Det senaste egna underkommittémötet hölls 6 juni 2014 i Baltimore, Maryland, och nästa kommer att hållas 19 november 2015 i Portland, Oregon.

## 6 Noteringar från ION GNSS+ 2015

Symposiet ION GNSS+ 2015 hölls på Tampa Convention Center i Tampa, Florida, USA, 14–18 september 2015, vilket var 28:e året i rad som ION:s satellitdivision arrangerade detta världsledande internationella tekniska GNSS-möte. Symposiet hade samlat 959 anmälda deltagare från 30 olika länder från alla sex världsdelar.

Från Lantmäteriet deltog Erik Katrin och Gunnar Hedling. Övriga svenska deltagare var Isaac Skog (KTH), Anna Jensen (KTH), Björn Lindquist (Combain Mobile AB), Rikard Windh (Combain Mobile AB) samt Bo Gustafson (Datagrid/TAG). Från övriga nordiska länder fanns det åtta anmälda från Norge (varav två från Kartverket), åtta från Finland (varav tre från geodetiska institutet) samt tre från Danmark (varav en från DTU Space).

ION GNSS+ 2015 inleddes de två första dagarna med CGSIC-mötet och den andra dagen hölls även inledningssessionen. Den tredje till den femte dagen hölls parallella sessioner med presentationer och ett antal paneldiskussioner. Paneldiskussionerna behandlade bl.a. statusen för och utvecklingen av olika GNSS (se kapitel 2 och 4 om detta). Nytt för i år var att sessionerna med presentationer var uppdelade i "Systems and applications-sessioner" och "Peer-reviewed-sessioner", där kraven på den skiftliga dokumentationen av presentationer till "Peer-reviewed-sessioner" är höga. För presentationer som blivit antagna till en "Systems and applications-session" finns överhuvudtaget inget krav på en slutlig skriftlig artikel.

På mässan som hölls under symposiet deltog 47 utställande företag och organisationer (figur 10). Det innebär att antalet utställare var 11 lägre än vid förra årets symposium. Då antalet utställare redan vid förra årets symposium var lägre än tidigare år, så är detta klart oroande för arrangörerna. Vid förra årets symposium saknades ett par av de stora GNSS-instrumenttillverkarna, men nu saknades nästan alla, både de inom surveying-området och de mer riktade mot massmarknaden. De som fanns på plats inskränkte sig i princip till NovAtel och Septentrio. Datagrid med svensk anknytning hade inte heller någon egen monter, utan var närvarande tillsammans med TAG, vilka använder chip från Datagrid i sina surveying-utrustningar. GNSS-instrumenttillverkarna var dock representerade under sessionerna, t.ex. hade Trimble med tre

presentationer och Leica Geosystems hade med en presentation, medan Topcon Positioning Systems inte hade med någon.



**Figur 10:** ION GNSS+ 2015 hölls på Tampa Convention Center, Florida, USA, 14–18 september 2015. Mässan som hölls under symposiet hade samlat 47 utställande företag och organisationer. Bild: Erik Katrin.

Med framförandena vid paneldiskussionerna undantagna så hölls sammanlagt 260 presentationer under symposiet och många var intressanta. En presentation vid årets symposium var svenskt. Den hölls av Isaac Skoog från KTH och behandlade GNSS-navigering av satelliter (Skoog et al., 2015). Lantmäteriet medverkade således inte med någon presentation i år, vilket man gjort under två av de fyra senaste åren (Emardson et al., 2011, Norin et al., 2012).

Ett återkommande ämne under årets seminarium var hur man upptäcker och hanterar störningar av GNSS, både oavsiktligt och avsiktligt riktade störningar. Även behovet av en backup till GNSS diskuterades då många samhällsviktiga funktioner numera är beroende av data från GNSS. Ett återkommande förslag är att använda sig av eLoran, vilket är ett markbaserat lågfrekvent system (100 kHz) som kan användas för både navigering och tidstillämpningar. Dock har det inte prestanda för att ersätta precisionspositionering likt RTK.

*Curtin University* i Perth, Australien, hade en presentation om PPP<sup>41</sup>-RTK baserad på enfrekvensmätning med L5 eller motsvarande från GPS, IRNSS, QZSS och Galileo. Glonass som använder FDMA till skillnad mot övriga system som alla använder CDMA användes inte. PPP-RTK var ett populärt ämne redan under förra årets symposium (Norin, 2014a).

*André Hauschild* och *Oliver Montenbruck*, DLR<sup>42</sup>, höll en intressant presentation om vad man kan mäta om man ansluter en vanlig GNSS-

<sup>41</sup> PPP = Precise Point Positioning

<sup>42</sup> DLR = Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

mottagare till en fem meter stor parabolantenn. Mycket små men ack så viktiga fel.

En hel del presentationer rörde atmosfäriska effekter på GNSS och i en av dem presenterade *Yang Su, Illinois Institute of Technology*, intressanta scintillationsmätningar från jonosfärnätet "Poker Flat" i Alaska, vilket varit operationellt sedan 2013. Flera presentationer kom in på de speciella jonosfäreffekterna i det arktiska området, särskilt med tanke på det ökande intresset för detta område, både ur ekonomisk (t.ex. sjöfart) och andra synvinklar.

*Alissa M Fitzgerald, AM Fitzgerald & Associates*, gav en bra översiktspresentation om Mems<sup>43</sup> med acceleratörer och gyron i halvledarteknik. Ett annat område inte direkt kopplat till GNSS som behandlades en hel del var användningen av UAV<sup>44</sup> i diverse tillämpningar.

## 7 Nästa CGSIC-möte

Nästa CGSIC-möte, det 56:e, kommer även det att hållas i Portland, Oregon, 12–13 september 2016 som en integrerad del av ION GNSS+ 2016, vilket hålls 12–16 september 2016.

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.

Lilje M (2014): The ninth meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems (ICG-9). FIG<sup>45</sup>, 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.

Norin D (2014a): Reserapport från CGSIC:s 54:e möte vid ION GNSS+ 2014, Tampa, Florida, USA, 8–12 september 2014. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

<sup>43</sup> Mems = Mikroelektromekaniska system

<sup>44</sup> UAV = Unmanned Aerial Vehicle

<sup>45</sup> FIG = Fédération Internationale des Géomètres (Internationella lantmätarfederationen)

Norin D (2014b): 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.

Skog I, Wahlberg B, Larson R, Bodin P, Rathsman P (2015): GNSS receiver based navigation of satellites in geotransfer orbits. ION, ION GNSS+ 2015, 14-18 september 2015, 15 sidor, Tampa, Florida, USA.