

# **Geodeettiset havaintojärjestelmät: tulevatko geodeettiset aineistot helposti kaikkien saataville?**

**Markku Poutanen**

Geodeettinen laitos,  
Geodeetinrinne 2, 02430 Masala  
Markku.Poutanen@fgi.fi

**Tiivistelmä.** Geodeettiset havaintoaineistot ovat joskus vaikeasti saatavia tai niiden tulkinta on ollut hankalaa. Monet käyttävät geodeettisten mittausten tuottamaa aineistoa edes tietämättä niiden alkuperää. Eri havaintoverkoilla on myös ollut hyvin vähän yhteisiä pisteitä, esimerkkinä geodeettiset runkoverkot ja korkeusverkot. Ongelma on ollut sama sekä globaalisti että paikallisesti. Nyt geodeettinen yhteisö on rakentamassa havaintojärjestelmiä, joiden tarkoitus on parantaa sekä aineistojen saatavuutta ja dokumentointia, että tehdä mittauksia ja mittausten menetelmiä nykyistä paremmin tunnetuksi. Samalla pyritään turvaamaan perusverkkojen ja jatkuvien havaintojen tulevaisuus useiden vuosikymmenien päähän ja integroimaan eri havaintomenetelmät saumattomasti toisiinsa. Maailmanlaajuisen GGOS (*Global Geodetic Observing System*) järjestelmän pohjoismaisena vastineena on NGOS (*Nordic Geodetic Observing System*), joka on globaalien verkkojen paikallinen tihennys. Suomi on mukana tässä Pohjoismaiden geodeettisen komission käynnistämässä hankkeessa.

**Avainsanat:** geodeettiset aineistot, havaintojärjestelmät, GGOS, NGOS

## **1. Johdanto**

Geodeettisten mittausten menetelmien kehitys on viimeisten vuosien aikana ollut varsin nopeaa. Satelliittipaikannus GPS mullisti koordinaattien mittaukset, ja nyt on painovoiman ja korkeusmittausten vuoro. Erityisesti globaalien muutosten tai luonnonkatastrofien tutkiminen edellyttää paitsi tarkkoja ja verifioitavia mittauksia ja pienten muutosten havaitsemista, ennen kaikkea vuosia vakaana pysyviä vertausjärjestelmiä ja seurantaverkkojen turvaamista. Moderneja vertausjärjestelmiä tarvitsevat myös paikalliset toimijat. Tietojen yhteiskäyttö esimerkiksi EU-maiden välillä edellyttää yhteisesti sovittuja sääntöjä Unionin sisällä, eivätkä maiden vanhat paikalliset järjestelmät ole tällaiseen sopivia. Esimerkkinä saumattoman tietojenvaihdon tarpeesta on vaikkapa Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiiviehdotus EU:n paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta (Inspire 2004).

Mittausten tekijöiden ja käyttäjien joukko on laajentunut. Aiemmin mittauksia teki ja käytti suhteellisen harvalukuinen geodeettisen koulutuksen saanut asiantuntijajoukko. Nyt monella mittaajalla tai tulosten käyttäjällä on vain hyvin minimaalinen tieto taustalla olevasta geodeettisesta koneistosta ja sen käytöstä. Tämä asettaa entistä suuremmat vaatimukset sekä aineistolle että niiden luotettavuudelle ja oikeellisuudelle. Vaarana on myös geodeettisen koulutuksen alasajo ja rappeutuminen, kuten joidenkin maiden esimerkit näyttävät osoittavan. Samalla geodeettisten perusmittausten ja havaintoverkkojen lakkauttaminen uhkaa globaalien järjestelmien ylläpitoa tulevaisuudessa. Säästöjen nimissä tehdään poliittisia päätöksiä, jotka tulevaisuudessa osoittautuvat tuhoisiksi. Tätä kehitystä vastaan pyritään vaikuttamaan mm.

GGOS:n tapaisilla rakenteilla. Tavoitteena on pyrkiä turvaamaan globaalit ja alueelliset geodeettiset perusverkot ja rakenteet YK:n tiedeohjelmiin liitetyillä valtioiden välisillä sopimuksilla, jolloin yksittäisten valtioiden mielivaltaiset toimet eivät olisi mahdollisia.

Vuodesta 2004 lähtien Kansainvälisen geodeettisen assosiaation (IAG) käynnistämä projekti GGOS (*Global Geodetic Observing System*) (GGOS, 2006) on ollut mukana valmistelussa GEOSS-suunnitelmaa (*Global Earth Observation System of Systems*). YK:n alainen GEOSS perustuu valtioiden väliseen sopimukseen jonka päämääränä on yhdistää Maata tutkivat eri havaintojärjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi, joka paremmin auttaa ymmärtämään maapalloa ja sen kehitystä, luonnonkatastrofeja ja saattamaan maapallosta kerättävä tieto nykyistä paremmin käyttäjien saataville. Käytännön toteutusta varten perustettiin vuonna 2005 *Group on Earth Observations* (GEO), yhteensä 66 jäsenvaltion, Euroopan Komission ja 43 muun organisaation sopimuksella. Myös IAG on GGOS:n kautta mukana GEO-hankkeessa (GEO, 2006).

Euroopan Komission ja Euroopan avaruusjärjestö ESan yhteinen ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvä GMES-hanke (*Global Monitoring for Environment and Security*) (GMES, 2006) tulee EU:n sisällä olemaan merkittävä tekijä lähivuosina. Geotiedon tuottajat joutuvat ottamaan huomioon myös sen tuomat vaatimukset ja mahdollisuudet.

## 2. Pohjoismainen havaintojärjestelmä NGOS

GGOS tulee lähimmän vuosikymmenen aikana olemaan geodesian tärkein linkki tutkimuksen ja laajan käyttäjäkunnan välillä. GGOS pitää tuottamansa datan, loppukäyttäjän tuotteet ja järjestelmien parametrit korkeimmalla mahdollisella tarkkuus- ja luotettavuustasolla siitä riippumatta millaisia, mahdollisesti vaatimattomiakin tarpeita käyttäjillä saattaa olla. Suuri osa tarvittavasta infrastruktuurista on jo olemassa. GGOS nojaa IAG:n geodeettisiin palveluihin (IAG, 2006), jotka toimivat kansallisten tutkimus- ja kartastolaitosten vapaaehtoistyön turvin. Tämä on sekä voima että heikkous. Suurimpana vaarana on että tällä tavalla ei voida taata järjestelmien olemassaoloa seuraavien 30-40 vuoden ajalle. GGOS:n toiminta ja rakenne tuleekin lähivuosien aikana tarkentumaan.

Pohjoismaiden geodeettinen komissio (NKG) perusti vuonna 2003 NGOS-työryhmän (*Nordic Geodetic Observing System*) (NGOS, 2004) valmistelemaan pohjoismaista geodeettista havaintojärjestelmää. NGOS:n tavoitteena on olla GGOS:n alueellinen tihennys, joka käsittää Fennoskandian ja Itämeren ympäristön, likimain viime jääkauden kattamalta alueelta, Islannin, Grönlannin ja Huippuvuoret (kuvat 1 ja 2) (Poutanen *et al.*, 2005a, b, 2006).



**Kuva 1.** Pohjoismaisen havaintojärjestelmän NGOS:n suunnitellut pisteet. Suurin osa on pysyviä GPS-asemia, joilla valtaosassa tehdään myös säännöllisiä painovoimahavaintoja absoluuttigravimetreilla.



**Kuva 2.** Fennoskandian alueen NGOS-verkko. Ylösalaiset kolmiot tarkoittavat pysyviä GPS-asemia, tavalliset kolmiot absoluuttipainovoimapisteitä ja ympyrät mareografeja.

NGOS:n tavoitteena on tarjota kuvan 1 esittämältä alueelta geodeettista havaintoaineistoa ja niistä johdettuja tuloksia. Tarkkuus ja laajuus on riittävä kaikkiin globaaleihin ja alueellisiin tarkoituksiin ja pääpaino on maankuoren liikunnoilla, erityisesti maannousussa, alueellisten vertausjärjestelmien luomiseen ja ylläpitoon tarvittavissa mittauksissa sekä satelliittimittausten verifiointiin käytettävissä maanpintahavainnoissa. NGOS:n sisältämät havaintomenetelmät ja data-aineistojen nykyinen saatavuus on esitetty taulukossa 1.

Aivan kuten GGOS:n tapauksessa, myöskään NGOS ei sinänsä sisällä omaa mittaus- tai havaintotoimintaa, vaan työt kanavoidaan joko olemassa olevien NKG:n työryhmien tai kansallisten laitosten kautta. Tärkein tehtävä on metatiedon tuottaminen ja eri osapuolten yhdysiteenä toimiminen, jotta käyttäjien tarvitsemat aineistot saadaan mahdollisimman kattavasti kuvattua. Pyrkimyksenä on tiedon laaja vapaa saatavuus, mutta esteeksi voivat tulla kansalliset ja kaupalliset rajoitukset. Perustavinta laatua oleva aineisto, kuten VLBI-, SLR- ja IGS:n ja EPN:n verkkoon kuuluvat GNSS-asemien aineistot ovat vastaavien kansainvälisten organisaatioiden kautta saatavilla.

### 3 Havaintojärjestelmien tulevaisuus

Globaalit ja alueelliset geodeettiset havaintojärjestelmät ovat vasta muotoutumassa. NGOS seuraa tarkasti GGOS:n kehitystä ja pyrkii noudattamaan niitä käytäntöjä ja suosituksia joita GGOS:n yhteydessä muodostuu. Käyttäjän kannalta tärkeintä tulee olemaan laaja metatiedon lähde, jota kautta pääsy havaintoaineistoihin toivottavasti yksinkertaistuu. Useiden havaintomenetelmien yhdistäminen, yhteydet muihin havaintojärjestelmiin ja laadun varmentaminen tuovat huomattavan lisäarvon. Jos pyrkimykset valtioiden väliseen sopimukseen onnistuvat, on seurauksena verkkojen ja havaintojärjestelmien turvaaminen pitkälle tulevaisuuteen. Nykyinen suuntaus poliittisen ja taloudellisen mielivallan varassa ei ennen pitkää voi olla kestävä kehitystä. GGOS ja sitä kautta myös NGOS on geodesian mahdollisuus ja turva myös tulevaisuudessa jotta tarkat ja luotettavat vertausjärjestelmät säilyvät kaikkien käytettävissä.

**Taulukko 1.** NGOS:n komponentit, data ja osapuolet

<b>Tekniikka</b>	<b>Asemat</b>	<b>Vastaavat laitokset<sup>1</sup></b>	<b>Datan arkistointi / saatavuus<sup>2</sup></b>
VLBI	Metsähovi, Onsala, Ny Alesund	FGI, OSO, SK	IVS / tulokset vapaasti saatavilla
SLR	Metsähovi (+ Riga)	FGI	ILRS / tulokset vapaasti saatavilla
GNSS	lukuisia (pysyvät), kampanjat	FGI, LM, OSO, SK, KMS, DNSC	IGS, EPN, OSO, kansalliset laitokset / osittain vapaasti saatavilla (EPN)
DORIS	Metsähovi, Ny Alesund	FGI, SK	IDS, CNES / tulokset vapaasti saatavilla
Vaaitus	kansalliset vaaitusverkot	FGI, LM, SK, KMS, DNSC	Pohjoismainen datapankki ja UELN / luvanvarainen saatavuus
Mareografit	useita	SMHI, FIMR, SK, DMI	PSML, kansalliset laitokset / vapaasti saatavilla (PSML), luvanvaraisia, kaupallisia
Absoluuttipainovoima	kolme laitetta Pohjoismaissa, useita pisteitä, kampanjat	FGI, UMB, LM	ei yhteistä datapankkia, luvanvarainen saatavuus
Suprajohtava gravimetri	Metsähovi, Ny Alesund	FGI, NMA	GGP / järjestöön kuuluville vapaasti saatavilla
Jousigravimetrit	useita, kansalliset verkot	FGI, LM, SK, KMS, GTK	kansalliset datapankit, luvanvarainen saatavuus

<sup>1</sup>**Laitosten lyhenteet:**

DMI	Danish Meteorological Institute
DNSC	The Danish National Space Center
FGI	Finnish Geodetic Institute
FIMR	Finnish Institute of Marine Research
GTK	Geological Survey of Finland
KMS	National Survey and Cadastre of Denmark
LM	National Land Survey of Sweden
SK	Norwegian Mapping Authority
SMHI	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
UMB	Norwegian University of Life Sciences

<sup>2</sup>**Datapankit:**

CNES	Centre National d'Etudes spatiales
EPN	European Permanent GNSS Network
GGP	Global Geodynamics Project
IDS	International DORIS Service
IGS	International GNSS Service
ILRS	International SLR Service
IVS	International VLBI Service
OSO	Onsala Space Observatory
PSML	Permanent Service of the Mean Sea Level
UELN	Unified European Levelling Network

**Lähdeviitteet**

GEO (2006): <http://www.earthobservations.org/>

GGOS (2006): <http://www.ggos.org/>

GMES (2006): <http://www.gmes.info/>

IAG (2006): <http://www.iag-aig.org/>

Inspire (2004): <http://www.ec-gis.org/inspire/>

NGOS (2004): <http://www.nkg.fi/nggos.html>

Poutanen M., P. Knudsen, M. Lilje, T. Nørbech, H.- P. Plag, H.-G. Scherneck, (2005a): NGOS. Report of the NKG Task Force. <http://www.nkg.fi/nggos.html>. 30 s.

Poutanen M., P. Knudsen, M. Lilje, T. Nørbech, H.- P. Plag, H.-G. Scherneck, (2005b): NGOS – The Nordic Geodetic Observing System. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, vol. 2, number 2, 79-100.

Poutanen M., P. Knudsen, M. Lilje, T. Nørbech, H.- P. Plag, H.-G. Scherneck, (2006): The Nordic Geodetic Observing System (NGOS). *Proceedings of the IAG Dynamic Planet Symposium, Cairns 2005*, IAG symposium vol. 130, s. 749-756. Springer Verlag, *Painossa*.