

Hur används GNSS-tekniken idag – och i framtiden

GIS-Samverkan Dalarna

Falun 14 mars 2018

Kent Ohlsson

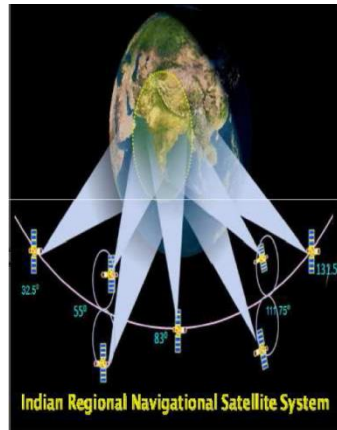
Vad är GNSS?



- GNSS
 - Global Navigation Satellite Systems
 - Samlingsnamn för satellitsystem för navigering och positionering
- GPS (NAVSTAR – GPS) (USA)
 - NAVigation Satellite Time And Ranging – Global Positioning System



Satellitesystem, forts.



準天頂衛星システム
Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)

- Glonass (Ryssland)
 - Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLObal NAvigation Satellite System)

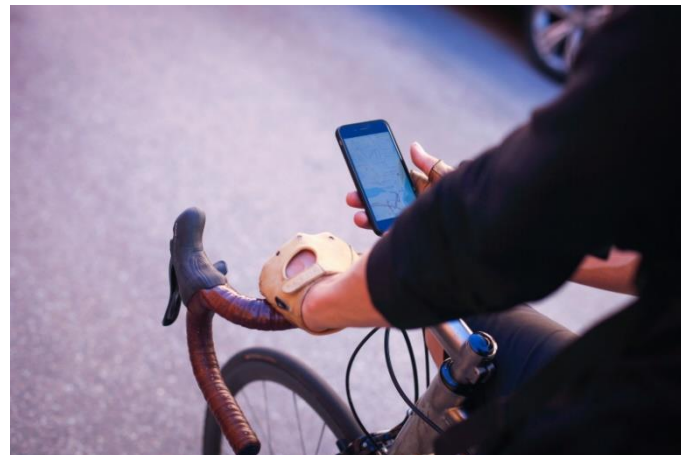
Kommande system:

- Galileo (EU)
- Beidou (Kina)
- QZSS (Japan)
- Navic (Indien)

Vad används GNSS till?



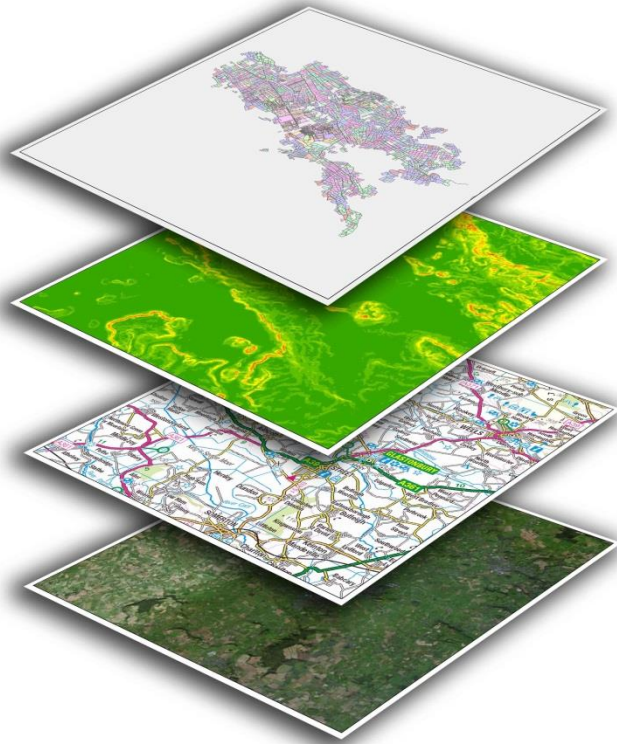
Mobiltelefoner, träningsappar mm



Fordonsnavigering



Kartläggning och uppdatering av geografiska databaser

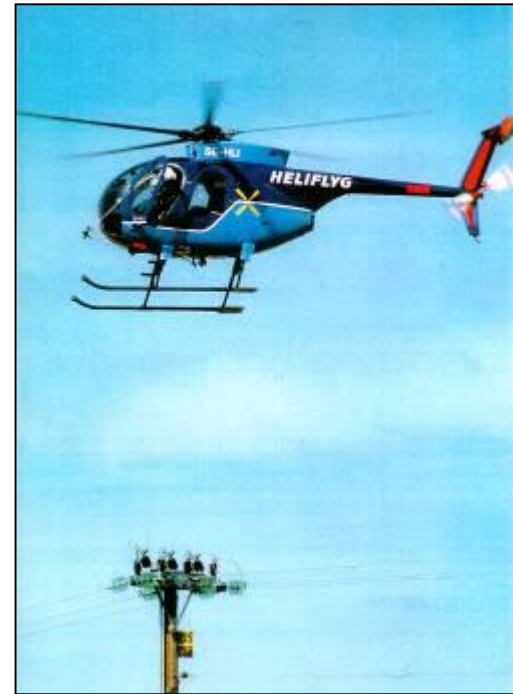


Fastigheter

Höjdmodell

Vägkarta

Satellitbild



Geografiska databaser – Virtuella miljöer



Kartläggning, bygg och anläggning

Inmätning och Utsättning



Dokumentation av avloppssystem och fiber m.m.



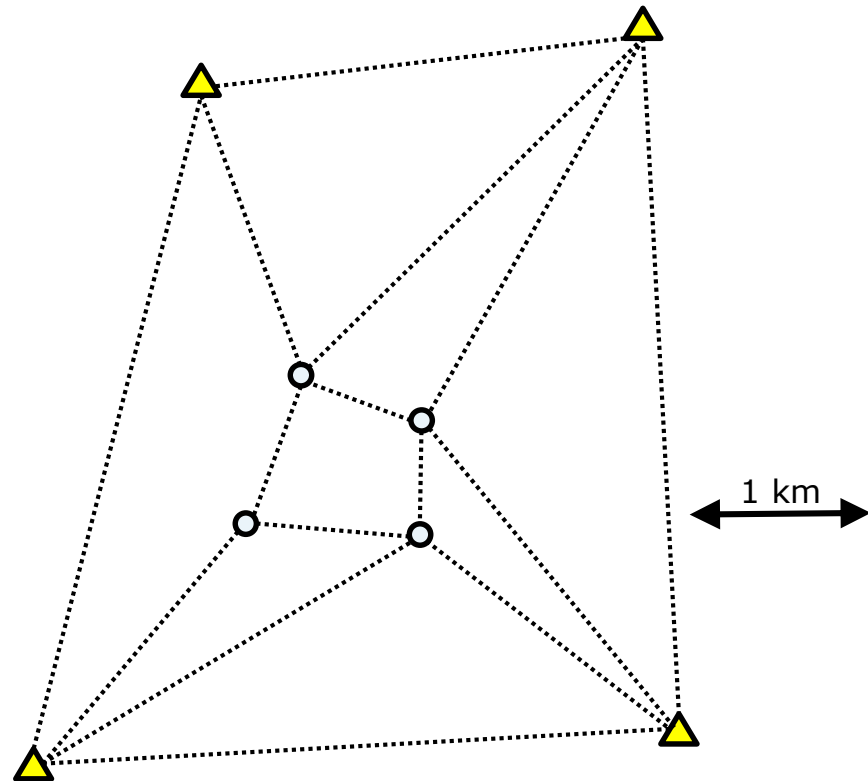
Lantmäteritillämpningar



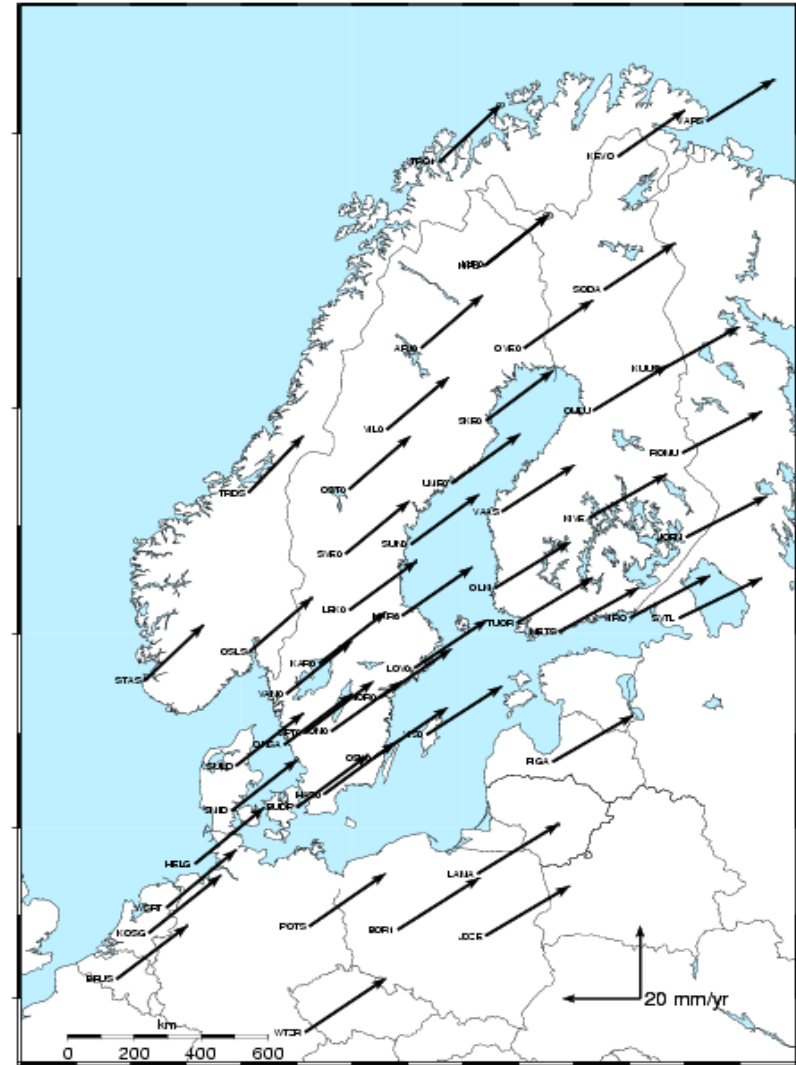
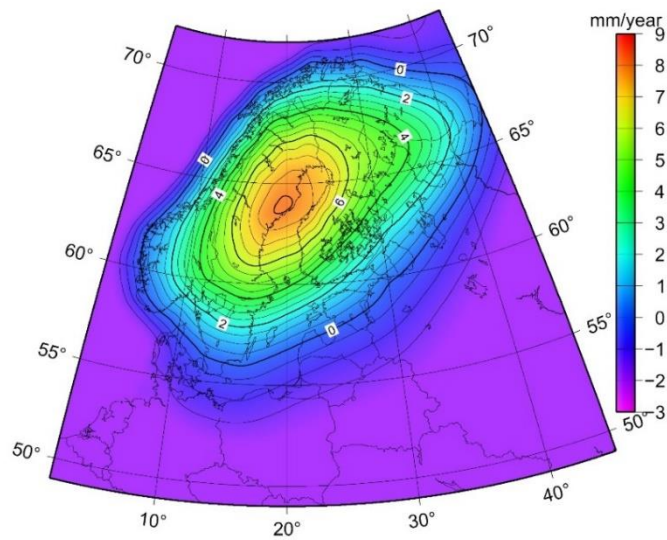
Maskinstyrning, volymberäkningar



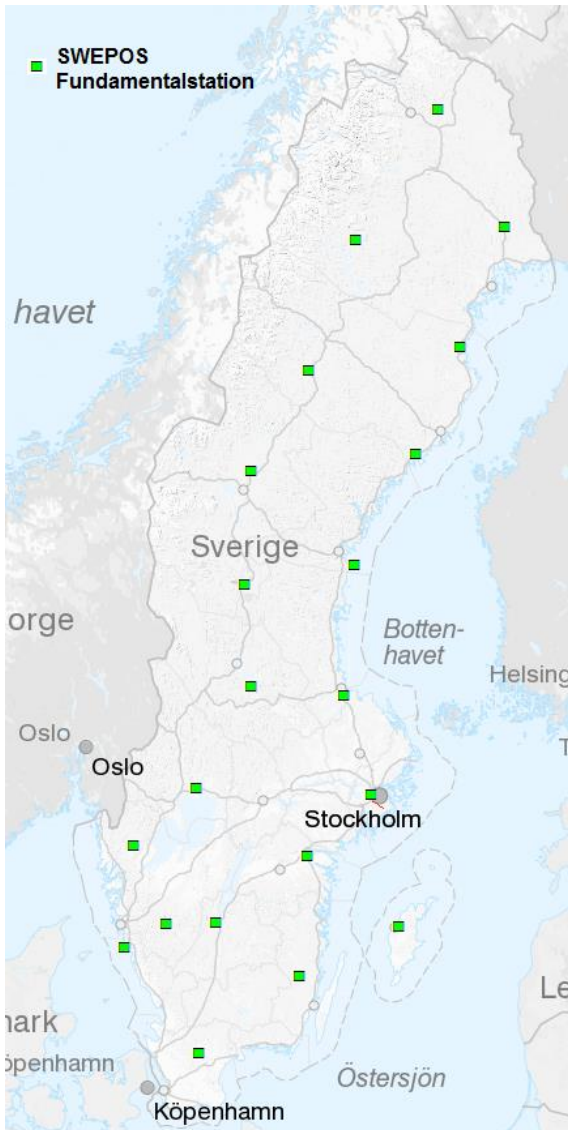
Stommätning



Forskning kring geodesi och geofysik



SWEREF 99



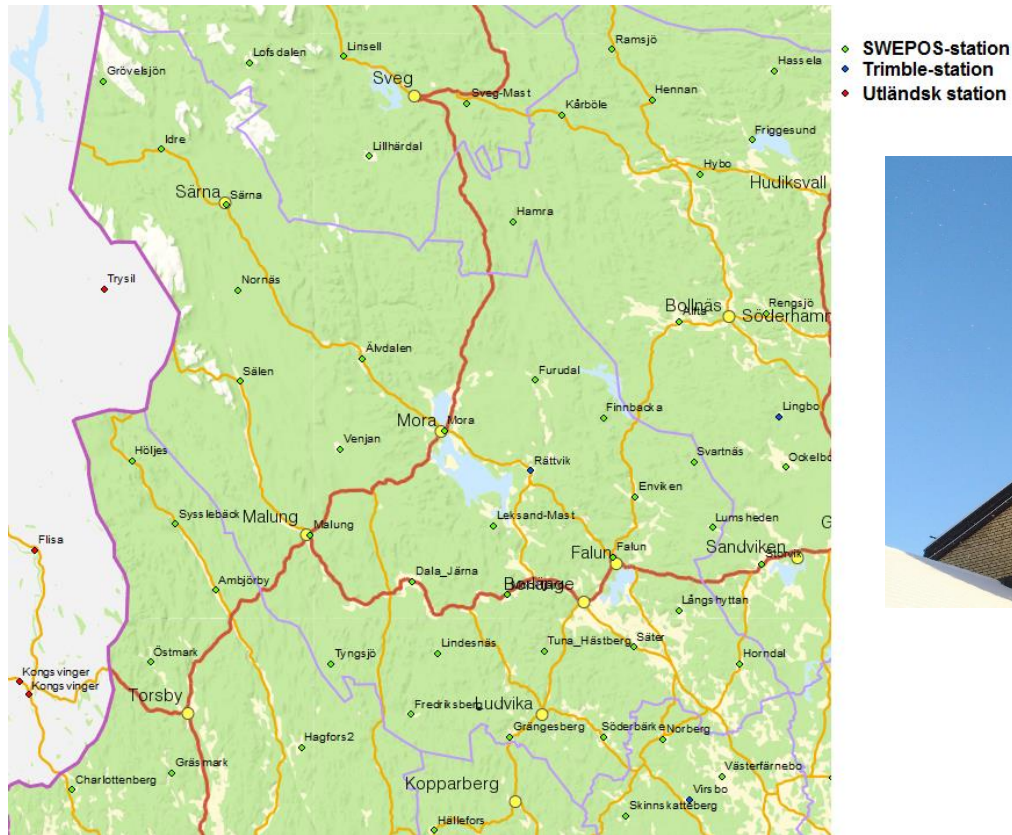
SWEREF 99 definieras med hjälp av de 21 fundamentalstationerna i SWEPOS-nätet.

SWEREF 99 baseras alltså på ett **aktivt referensnät**. Det finns inte några fysiska, markerade punkter som bär upp systemet, som då ett *passivt referensnät* utnyttjas.

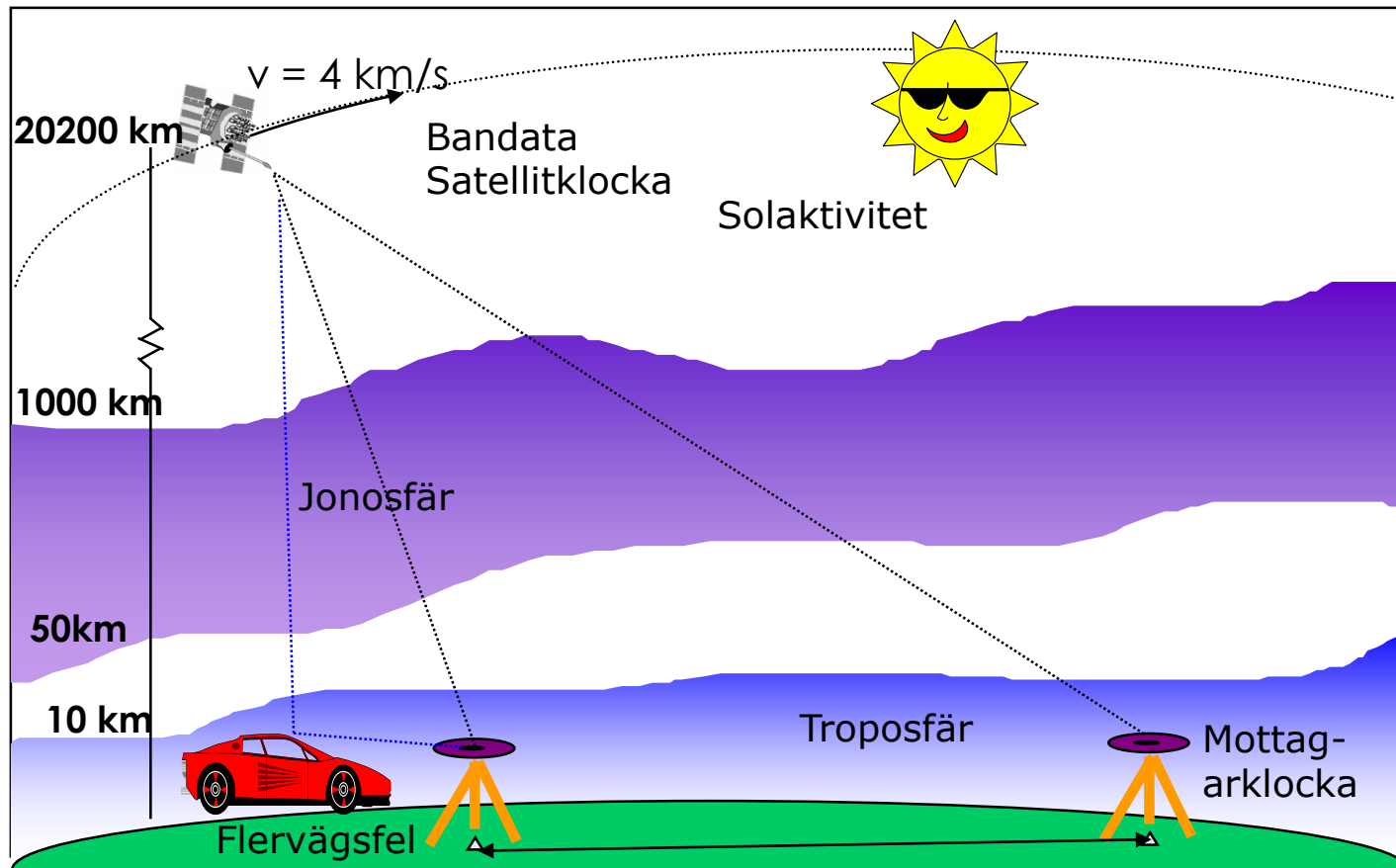
De 21 stationerna tillsammans med GNSS-antennerna, mottagarna, mm. bär tillsammans upp systemet.



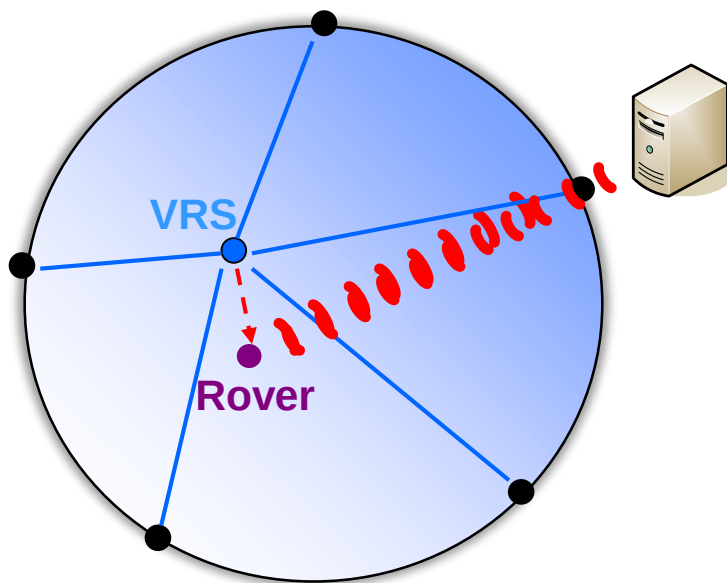
Referensstationer för Nätverks-RTK



Felkällor vid GNSS-mätning



Nätverks-RTK: Virtuell referensstation (VRS)



- Rovern skickar in sin **ungefärliga position** till driftcentralen via GSM/mobilt Internet
- Utifrån positionen väljs de närmaste omkringliggande referensstationer ut för beräkning av korrektionsmodell
- "Färdig" interpolerad korrektionsdata för alla felkällor skickas till rovern
- Rovern applicerar data som om det kom från en permanent referensstation
- Ny VRS krävs vid för lång förflyttning från den ursprungliga VRS:en

● Referensstation

Svenska realtidssystem för GNSS

- **SWEPOS** (Lantmäteriet)

- Nätverks-RTK
- DGNSS (Öppna data)



- **Samarbetspartners**

- Nätverks-RTK
- Data från referensstationsnätet

HxGN SmartNet



Trimble VRS Now

- **Sjöfartsverkets DGPS-tjänst**

- Referensstationer längs svenska kusten



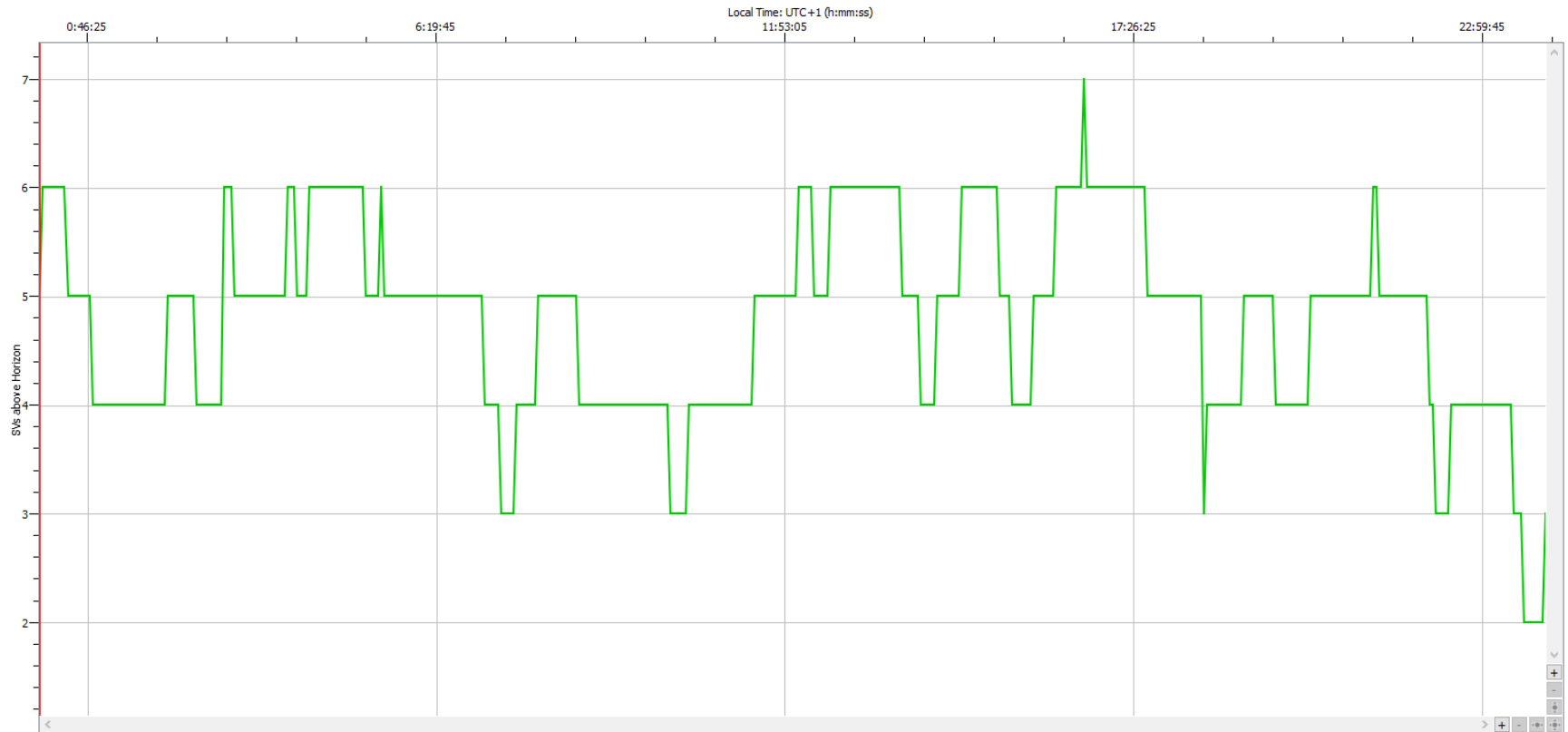
Galileo



Satellitmodell	År	Antal	Antal aktiva
Prov	2005–2008	2	0
Prototyp	2011–2012	4	3
FOC	2014–	18	11

- Initial service 2016
- 14 aktiva satelliter i dagsläget
- Full konstellation med 30 satelliter 2020

Galileo-tillgänglighet idag 14 mars, Falun



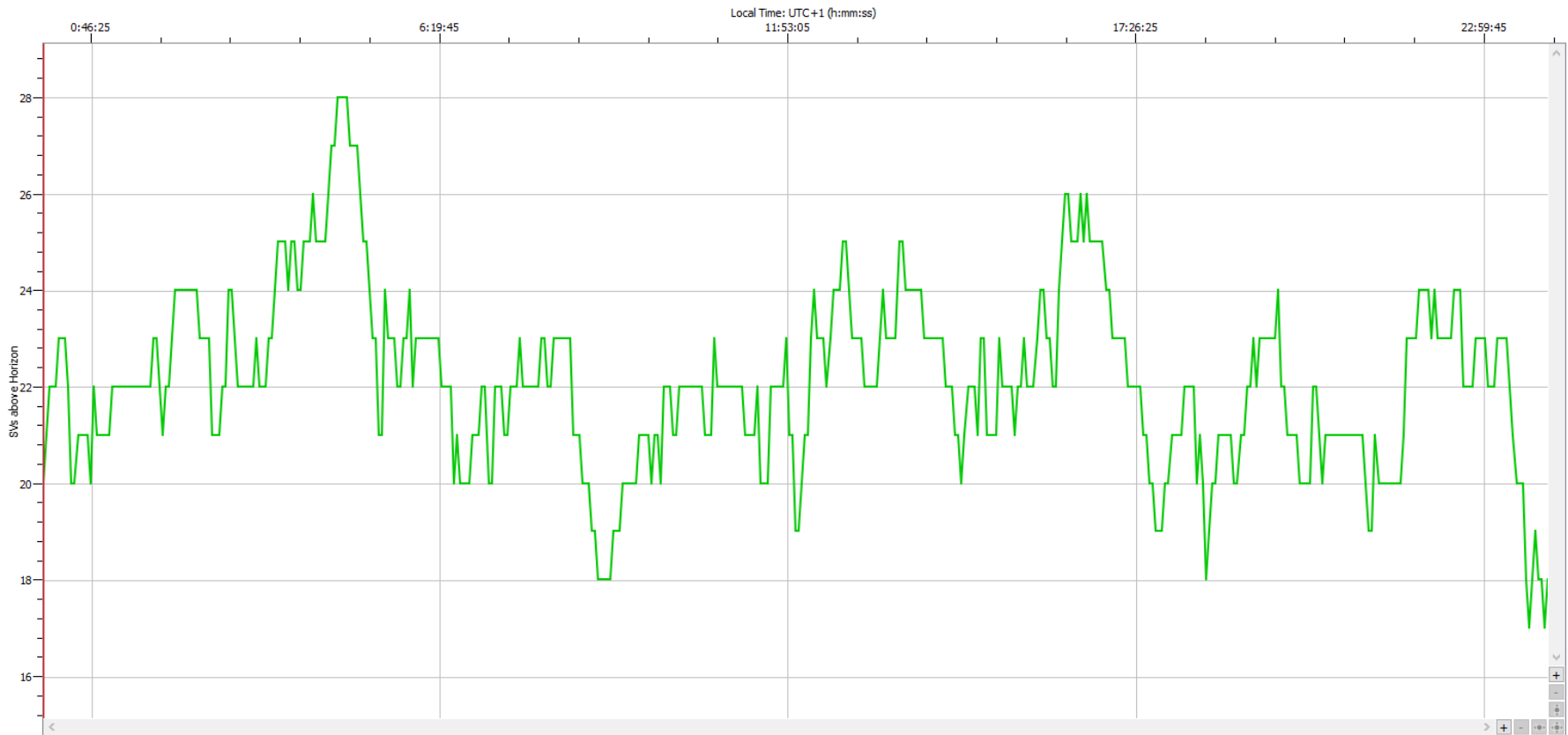
Modernisering av GPS-systemet



Satellitmodell	År	Signaler	Antal aktiva
BLOCK IIR	1997-2004	L1 C/A-kod L1 P-kod L2 P-kod...	12
BLOCK IIR-M	2005-2009	... L2C ...	7
BLOCK IIF	2010-2016	... L5 ...	12
GPS III/IIIF	2018-	... L1C	0
Summa			31

- Även andra uppgradering av klockor mm

Satellit-tillgänglighet (GPS+Glonass+Galileo) idag 14 mars, Falun





- Stationerna i SWEPOS-nätet uppgraderade för Galileo och nya GPS-signaler
- Ny anslutningspunkt med Galileo och nya GPS-signaler infört i SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst 1 feb 2018

Testmätningar pågår för fullt

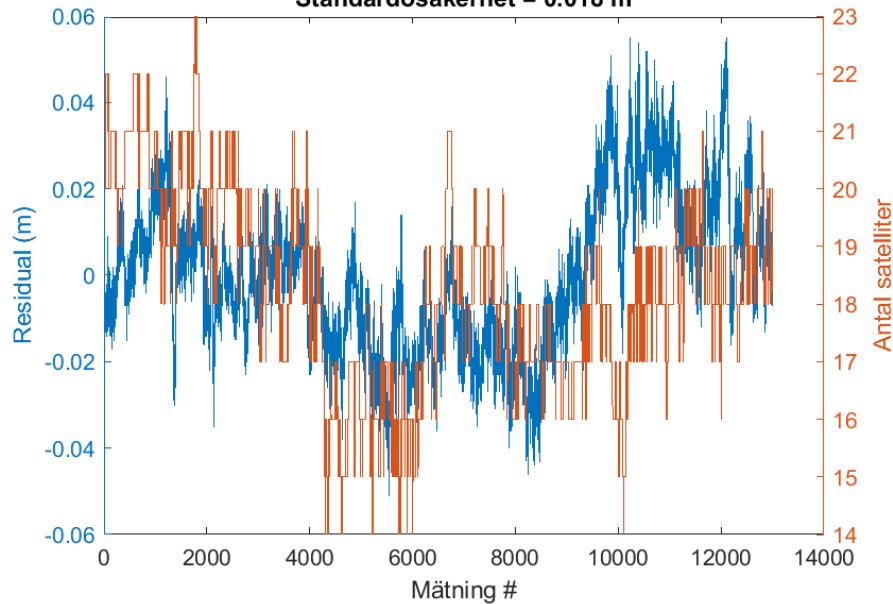


Testmätningar pågår för fullt

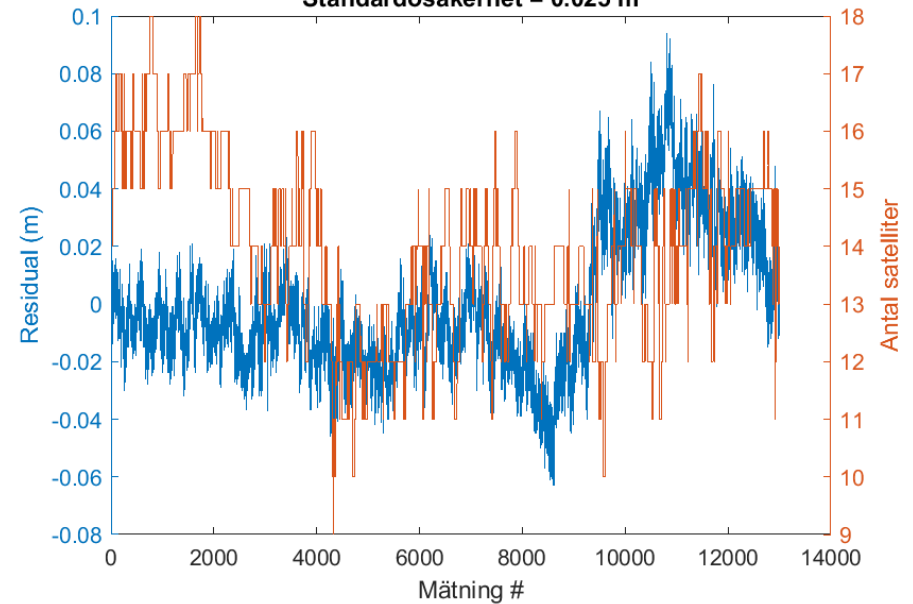
	Antal mätningar	U N (m) 68 %	U E (m) 68 %	U Höjd över ellipsoiden (m) 68 %	PDOP (medel)	Antal satelliter (medel)
Taket (GGG)	10057	0,002	0,002	0,007	1,4	18,7
Taket (GG)	11709	0,003	0,002	0,007	1,4	16,4
Skog (GGG)	12998	0,007	0,005	0,018	1,4	18,3
Skog (GG)	12992	0,007	0,006	0,025	1,4	15,6

Tidsserie höjd för mätningarna i skogen

180306 allt mårtsbo Antal mätningar = 12998
Tidsserie Residualer Höjd alla fixlösningar
Standardosäkerhet = 0.018 m



180306gg mårtsbo Antal mätningar = 12992
Tidsserie Residualer Höjd alla fixlösningar
Standardosäkerhet = 0.025 m

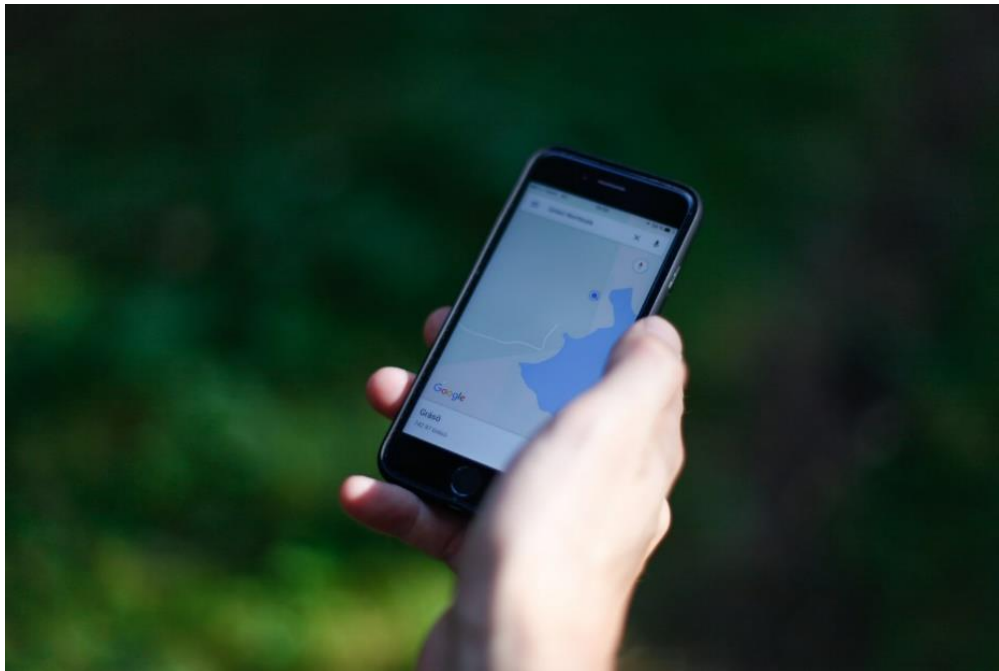


Fördelar med RTK-teknik med flera GNSS

- Fler satelliter
- Ökad tillgänglighet
 - Öppen miljö
 - Skogsmiljö
 - Stadsmiljö
- Redundans
- Något lägre mätosäkerhet, främst i höjd

Framtida tillämpningar - Massmarknad

- RTK med mobiltelefonen – utan extern antenn



Framtida tillämpningar - Autonoma fordon



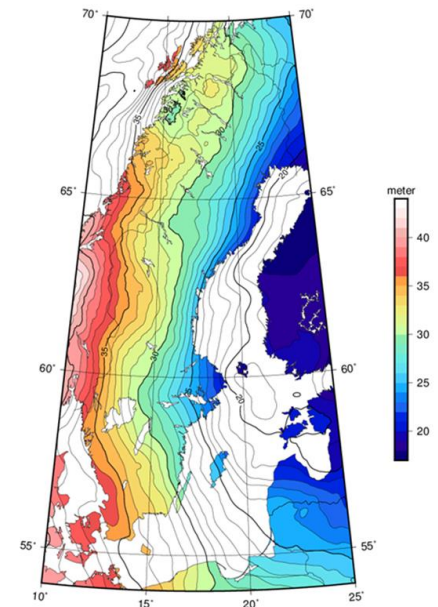
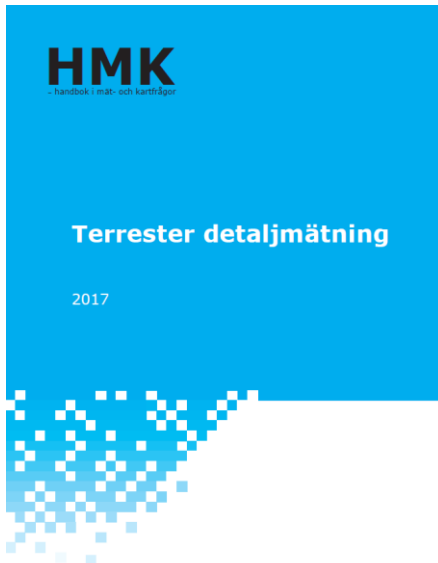
PPP – Precise Point Positioning

- Försöker uppskatta påverkan från varje felkälla för sig
- Kräver inte ett lika tätt nät av referensstationer
- Ger koordinater i ett globalt referenssystem
- Transformerar till SWEREF 99

Frågor så långt?

HMK Handbok i mät- och kartfrågor & SWEN17_RH2000

GIS-Samverkan Dalarna
Falun 14 mars 2018
Kent Ohlsson



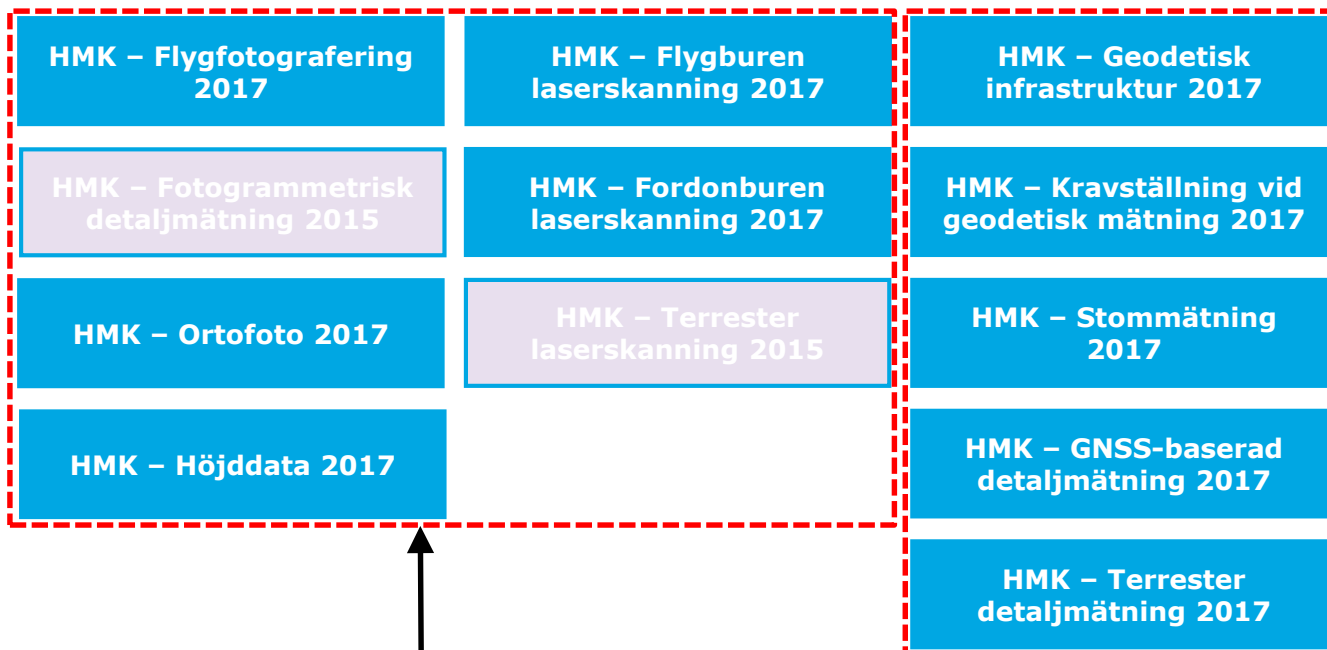
HMK - Handbok i mät- och kartfrågor – ett stöd vid insamling och kvalitetssäkring av geodata



- Riktlinjer för insamling och kvalitetskontroll av geodata (t.ex. GNSS, flygfoto och laserskanning från olika plattformar)
- Målgruppen yrkesverksamma inom "samhällsmätning":
 - Kommunal kart- och planläggning
 - Viss bygg- och anläggningsverksamhet
 - Fastighetsbildning
- Innehåller stöd för både beställare och utförare
- Krav- och rekommendationsrutor
- HMK är inte bindande såvida inte detta anges i upphandlingsunderlag eller regelverk

HMK-dokument som publicerades 2017

Övergripande



Geodatainsamling

Geodesi

www.lantmateriet.se/hmk

Startsida

Om oss

Jobb och framtid

Diariet och informationsredovisning

Rättsinformation

Vår samverkan med andra

Återförsäljare

Våra kurser

VÅR SAMVERKAN MED ANDRA

Digitalt först

Fastighetstaxering - äldre
taxeringsvärdenForskning, utbildning och
kulturverksamhet

Geodata för blåljus

Geodatasamverkan

Handbok i mät- och
kartfrågor, HMK

Tekniska rapporter

Nyhetsbrev och relaterad
information

Referensbibliotek

Gamla HMK-serien

Frågor och svar

Kontakta HMK

Hydrografi i nätverk

Internationell samverkan

Kommunala
lantmäterimyndigheter

Kommunsamverkan

Mark- och fastighetsrådet

Namnvårdsgruppen

Nationell strandlinje

Nationella geodata i 3D

Samverkansövning med geodata

[Startsida](#) » [Om Lantmäteriet](#) » [Vår samverkan med andra](#) »

Handbok i mät- och kartfrågor, HMK

Handbok i mät- och kartfrågor, HMK

Lantmäteriet har ett nationellt samordningsansvar för geodata. Vi ger stöd i mät- och kartfrågor i form av digitala handböcker.

[HMK-nytt](#) (2017-12-21) beskriver eventuella förändringar som utförts i de olika dokumenten mellan versionsutgivningarna. Justeringarna är av karaktären uppdaterade länkar och mindre textändringar – men omfattar inte krav och rekommendationer.



Nu har även HMK-Ordlista kommit ut i en uppdaterad version för 2017

Frågor och synpunkter på HMK-arbetet kan skickas till hmk@lm.se.

Alla dokument presenteras i pdf-format.



[Tidigare versioner](#)

HANDBOK I MÄT- OCH
KARTFRÅGOR

Ny version 2017

De nya dokumenten finns nu
tillgängliga för gratis
nedladdning.

 [Aktuella HMK-dokument](#)

Gällande dokument

Kortnamn

[HMK – Introduktion 2017](#)

HMK-Introduktion 2017

[HMK – Geodatakvalitet 2017](#)

HMK-Geodatakvalitet 2017

[HMK – Ordlista och förkortningar december 2017](#)

HMK-Ordlista dec 2017

[HMK – Flygfotografering 2017](#)

HMK-Flygfoto 2017

[HMK – Flygburen laserskanning 2017](#)

HMK-FlyLas 2017

[HMK – Fordonsburen laserskanning 2017](#)

HMK-ForLas 2017

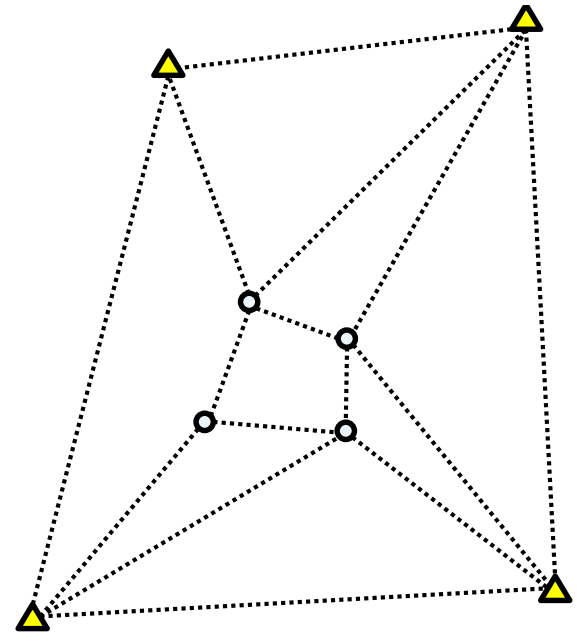
HMK – Geodetisk Infrastruktur 2017

- Geodesi, koordinatsystem, kartprojektioner och koordinattransformationer
- Nuvarande och tidigare nationella referenssystem
- Lokala referenssystem
- Nationell geodetisk infrastruktur
- Lokal geodetisk infrastruktur



HMK – Stommätning 2017

- **Uppdragsplanering och förberedelser**
 - Anslutning och utformning av stomnät
 - Mätinstrument – konfigurering m.m.
- **Stommätning med GNSS**
 - Statisk GNSS-mätning
 - Beräkning och kontroll
- **Terrester Stommätning**
 - Totalstation
 - Avvägning
 - Beräkning och kontroll
- **Modern Stomnätsförvaltning**
 - Behovsanpassad stomnätsförvaltning
 - Stomnätsstrategier
- **Förväntad lägesosäkerhet**
- **Dokumentation**
- **Instrumentkontroller**



HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017



- **Uppdragsplanering och förberedelser**
 - Kartläggning av geodetisk infrastruktur, lokal mätmiljö, satellitplanering
 - Mätinstrument – konfigurering m.m.
 - Verifiering av mätmetod
- **Genomförande av detaljmätning**
 - Inmättnings- och utsättningsmetodik
 - Faktorer att beakta vid RTK-mätning (direkt och indirekt bedömning av kvaliteten)
- **Kontroller**
- **Dokumentation**
- **Förväntad mätosäkerhet**



HMK – Terrester Detaljmätning 2017

HMK
Handbok i läro- och kartläggning

Terrester detaljmätning

2017

- **Uppdragsplanering och förberedelser**
 - Kartläggning av geodetisk infrastruktur, lokal mätmiljö
 - Georeferering
 - Mätinstrument – konfigurering m.m.
- **Genomförande av detaljmätning med totalstation**
 - Stationsetablering
 - Inmättnings- och utsättningsmetodik
- **Genomförande av detaljmätning med avvägningsinstrument**
 - Inmättnings- och utsättningsmetodik
- **Kontroller**
- **Dokumentation**
- **Förväntad lägesosäkerhet**



LANTMÄTERIET



HMK – Kravställning vid geodetisk mätning 2017

A.2 Exempel på ifylld mall för kommun

0 Teknisk specifikation (HMK-GeKrav 2017, kapitel 2)

Geodetisk mätning ska planeras och genomföras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av [HMK – Kravställning av geodetisk mätning 2017](#) och [HMK – Ordlista och förkortningar 2017](#).

1 Allmän beskrivning av uppdrag (HMK-GeKrav 2017, avsnitt 2.1)

Produkter/tjänster:

Uppdraget omfattar nyetablering av anslutningsnät i plan för tätort. Anslutningsnätet ska utformas som ett GNSS-nät.

Produkternas användning:

Kommunalt nät för vidare behovsanpassad förtätning och etablering av bruksnät.

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-GeKrav 2017, avsnitt 2.2)

Existerande utgångsmaterial inklusive egenskaper:

- Befintliga stompunkter (RDX95 m.m.) för anslutning och teknikkontroll
- Förslagna lägen för nypunkter, KMZ-fil
- Markeringsinstruktion, pdf

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper:

3 Specifikation av stommätning (HMK-GeKrav 2017, avsnitt 2.3)

Krav på stommätstyp:

Anslutningsnät i plan, utformat som GNSS-nät.

Krav på utformning och anslutning:

- Yttäckande över tätort enligt utgångsmaterialet, med anslutning till riksnät i plan (SWEREF 99).
- Punktavstånd ej överstigande 2 km.

Krav på markering av nypunkter:

Enligt utgångsmaterialet

Krav på georefererad lägesosäkerhet i plan:

≤ 10 mm standardosäkerhet för nypunkter

Krav på lokal lägesosäkerhet i plan:

≤ 10 mm standardosäkerhet mellan närliggande punkter

Särskilda förutsättningar och krav:

- **Beställarens kravställning av geodetisk mätning**
 - Underlagsmaterial
 - Stommätning
 - Detaljmätning
 - Genomförande
 - Leverans
- **Utförarens val av geodetisk mätmetod och genomförande**
- **Beställarens kontroll**
- **Mallar**
 - Teknisk specifikation
 - Dokumentation



Referensgrupp för HMK Geodesi



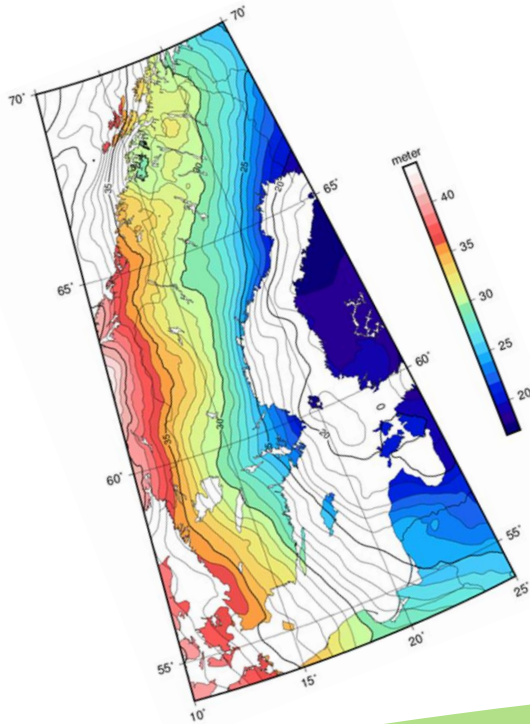
- **Ca 20 deltagare med god "branschspridning"**
 - Möten 1-2 ggr per år
- **Syfte/målsättningar**
 - Dialog kring innehållet i HMK Geodesi
 - Fackgranskning
 - Erfarenhetsutbyte
- **Mindre arbetsgrupp tar fram nya dokument**
- **Alla är välkomna att lämna synpunkter:**
hmk@lm.se

Plan för framtida arbete med HMK

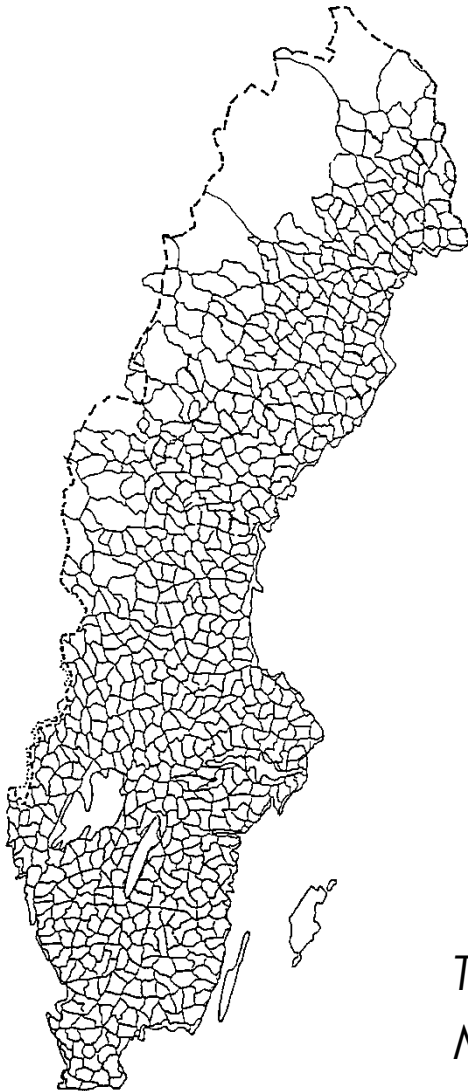
- **Våren 2018:** Inventera uppdateringsbehovet
 - Vad saknas i dagens dokument?
 - T.ex. georeferering av punktmoln
 - Teknikutveckling av instrument mm
 - Stomnätsförvaltning & mätstrategifrågor
 - Upplägget – Tydligare kravställning och metodbeskrivningar
 - Samla underlag för skattning av mätosäkerhet
- **Utbildningar/seminarier**
 - Konferenser
 - Kommunträffar
 - Kurser
- **Nästa uppdatering publiceras i början av hösten 2019**

SWEN17_RH2000 – ny nationell geoidmodell

**– ersätter tidigare
SWEN08_RH2000**



Nationella höjdnätet RH 2000



- **RH 2000** realiseras med ett ***passivt* nät** av ca 50 000 höjdfixar i den tredje precisionsvägningen
- $H=0$ är NAP (Normaal Amsterdams Peil)
- Medelfelet efter utjämningen ca $1 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$
- Ajourhålls enligt särskilda kriterier

*Tredje precisionsavvägningen
Motoriserad avvägning*



Geoiden

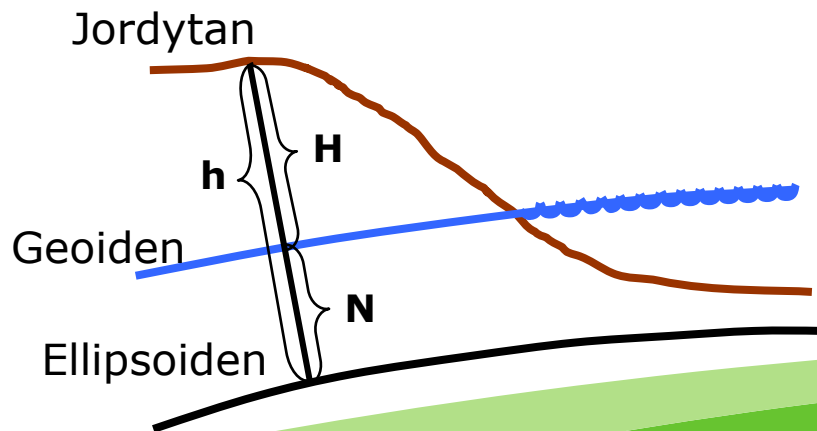
- En bra geoidmodell är en förutsättning för **höjdbestämning med GNSS**,

$$H = h_{\text{GNSS}} - N_{\text{Geoidmodell}}$$

- Höjdosäkerheten beror både på geoidmodellen och på GNSS-höjdmätningen,

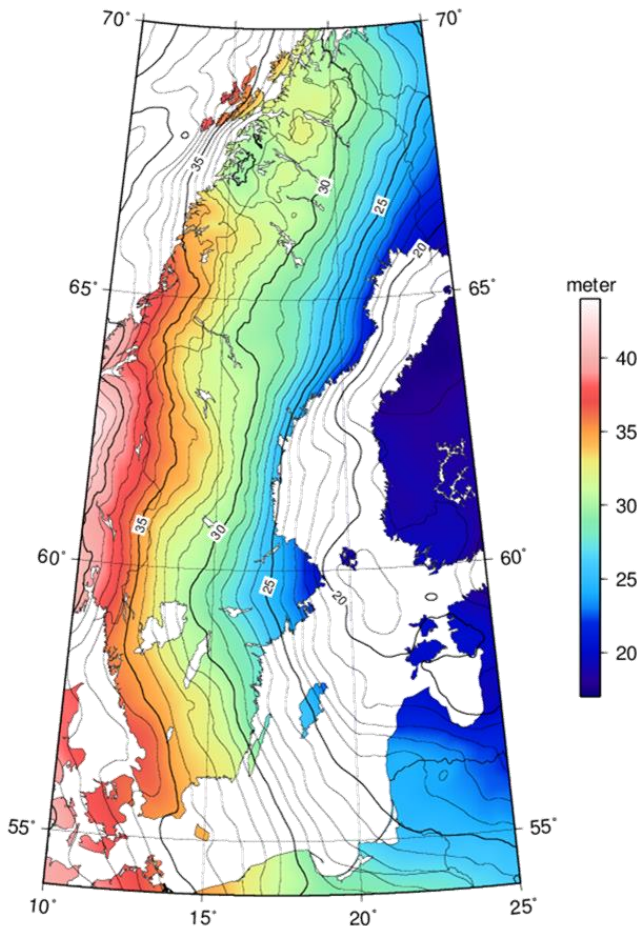
$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{\text{GNSS}}^2 + \sigma_{\text{geoidmodell}}^2}$$

- Nio år sedan **SWEN08_RH2000** publicerades, sedan dess har det pågått arbete med att förbättra geoidmodellen
- **SWEN17_RH2000** släpptes i november



Den tidigare geoidmodellen SWEN08_RH2000

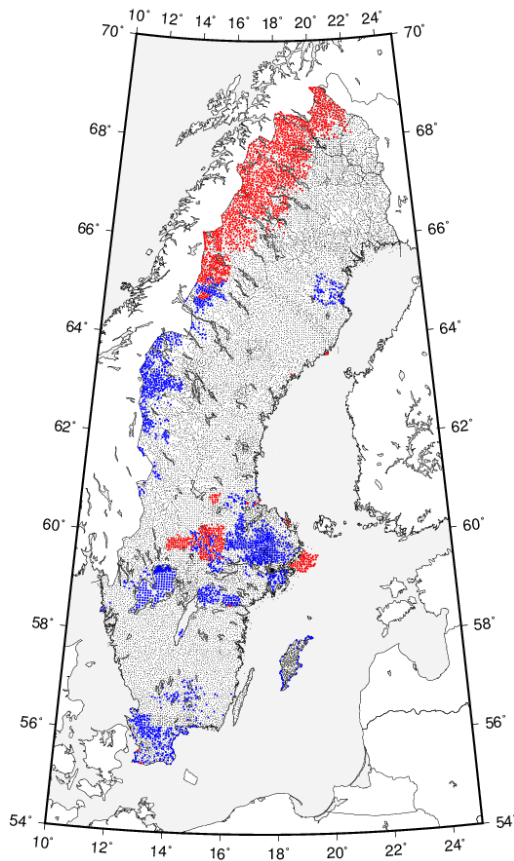
- Gravimetriska geoidmodellen KTH08 anpassad till SWEREF 99 och RH 2000
- *Standardosäkerheten* (68 %) är 10-15 mm utom i vissa delar av fjällvärlden och längs kusterna



$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{GNSS}^2 + \sigma_{\text{geoidmodell}}^2}$$

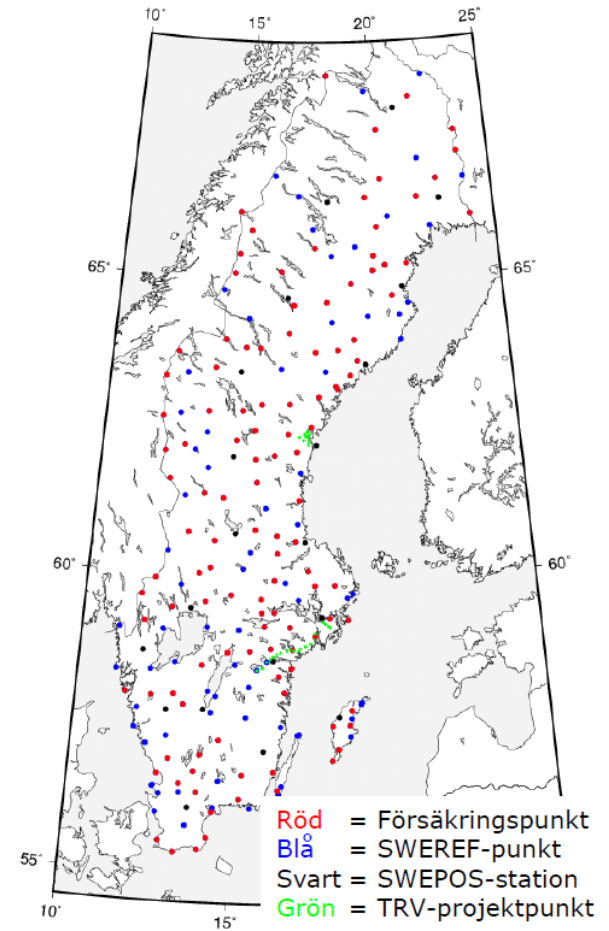
3441 nya tyngdkraftsmätningar observationer (blå 2010-2013, röd 2014-2017)

Ny nordisk gravimetrisk geoidmodell NKG2015

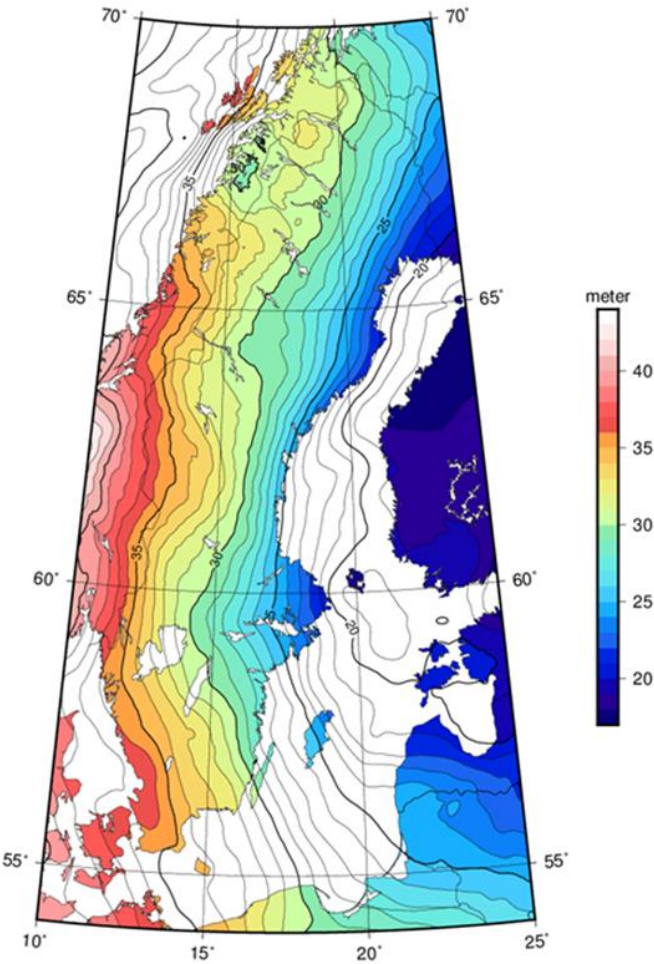


Förbättrade data med GNSS/Avvägning

- Statisk GNSS-mätning på avvägda höjdfixar

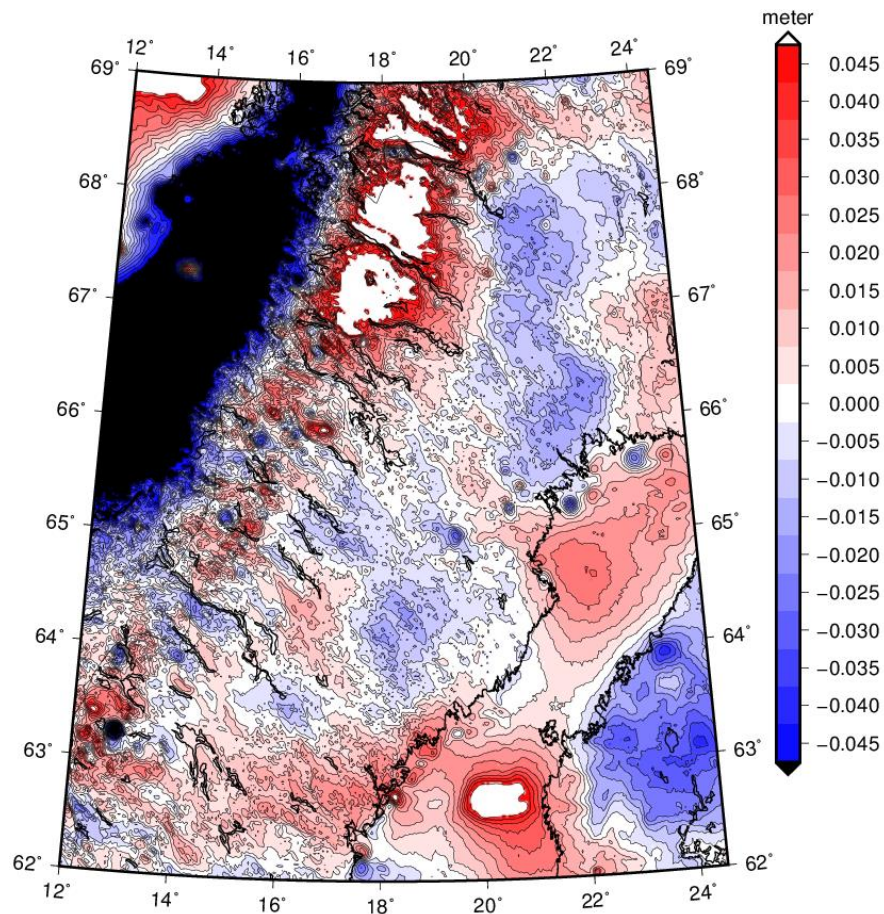
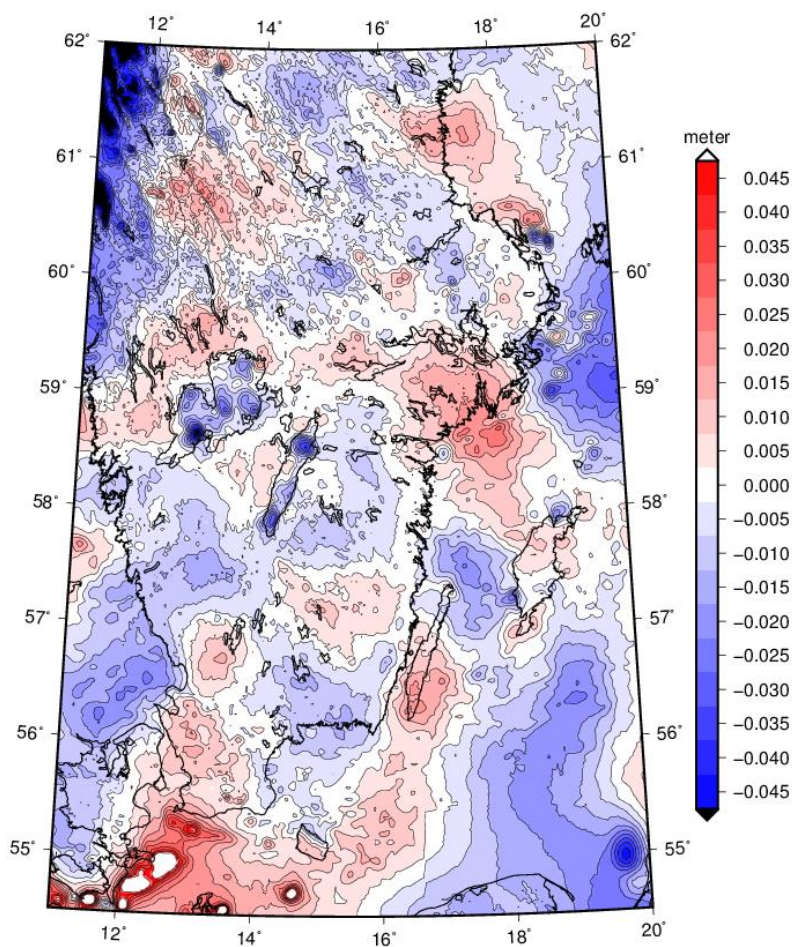


Beräkning av SWEN17_RH2000



- Beräknad med liknande metod som SWEN08_RH2000
- Gravimetriska geoidmodellen NKG2015 istället för KTH08
- Förbättrad GNSS/avvägning för anpassning av den gravimetriska geoidmodellen till RH 2000
- Dubbelt så hög upplösning som för SWEN08_RH2000 (0.01 x 0.02 grader)
- Standardosäkerheten (68 %) uppskattas till 8-10 mm på fastlandet, Öland och Gotland (lite sämre i vissa områden)
- Exempel Nätverks-RTK (68 %):
$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{GNSS}^2 + \sigma_{geoidmodell}^2}$$
$$\sigma_{GNSS} = 14 - 18 \text{ mm}, \sigma_{SWEN17_RH2000} = 8 - 10 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_H = 16 - 21 \text{ mm}$$

Skillnad mellan SWEN17_RH2000 och SWEN08_RH2000



5 mm ekvidistans

SWEN17 kan laddas ner från Lantmäteriets hemsida eller fås via instrumentleverantörerna

- Lantmäteriet publicerar modellerna i tre olika format:
 - En ASCII-fil (*.txt) i det så kallade GRAVSOFT-formatet (Forsberg 2003).
 - En ASCII-fil (*.dat) med ett rutnätsvärde per rad tillsammans med dess latitud och longitud.
 - En binärfil (*.grd) för programmet GTRANS.
- Leica och Trimble-format

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Om-geodesi/Transformationer/Geoidmodeller/>

Filer från Lantmäteriet

SWEN17_RH2000

- [SWEN17_RH2000.grd \(zip: 3,7 MB\)](#)
- [SWEN17_RH2000.dat \(zip: 6,0 MB\)](#)
- [SWEN17_RH2000.txt \(zip: 3,7 MB\)](#)

SWEN17_RH70

- [SWEN17_RH70.grd \(zip: 3,7 MB\)](#)
- [SWEN17_RH70.dat \(zip: 6,0 MB\)](#)
- [SWEN17_RH70.txt \(zip: 3,7 MB\)](#)

Kontrollpunkter

- [Kontrollpunkter för interpolation med bikubiska splines \(pdf\)](#)
- [Kontrollpunkter för bilinjär interpolation \(pdf\)](#)

Filer från instrument- och programvaruleverantörer

SWEN17_RH2000

- Filen [SWEN17_RH2000 i gem-format \(zip: 3,7 MB\)](#) innehåller SWEN17_RH2000 i Leicas geoidmodellsformat, för användning i LGO eller Leicas GNSS-mottagare
- Filen [SWEN17_RH2000 i ggf-format \(zip: 3,7 MB\)](#) innehåller SWEN17_RH2000 i Trimbles geoidmodellsformat, för användning i Trimbles kontorsprogramvara eller GNSS-mottagare

SWEN17_RH70

- Filen [SWEN17_RH70 i gem-format \(zip: 3,7 MB\)](#) innehåller SWEN17_RH70 i Leicas geoidmodellsformat, för användning i LGO eller Leicas GNSS-mottagare
- Filen [SWEN17_RH70 i ggf-format \(zip: 3,7 MB\)](#) innehåller SWEN17_RH70 i Trimbles geoidmodellsformat, för användning i Trimbles kontorsprogramvara eller GNSS-mottagare

Interaktiv beräkning av geoidhöjd

[Beräkna geoidhöjd](#) med SWEN17-modellerna.

Tack för att ni lyssnade Frågor?

Kent Ohlsson

kent.ohlsson@lm.se

HMK

hmk@lm.se

Svarsgrupp Geodesi

geodesi@lm.se

026-63 39 32

www.lantmateriet.se/geodesi

www.lantmateriet.se

www.linkedin.com/company/lantmateriet

www.facebook.com/lantmateriet

SWEPOS-driften

swepos@lm.se

026-63 37 53

www.swepos.se

Digitalt geodetiskt arkiv

dga@lm.se

Kundcenter:

kundcenter@lm.se,

+46 (0)771 63 63 63