

PM

Artikel publicerad i Sveriges Kart- & Mätningstekniska Förenings (SKMF:s) tidskrift Sinus, nr 1 2018, sid 12-13

Om SWEN17_RH2000 – den nya nationella geoidmodellen

TINA KEMPE & JONAS ÅGREN

En bra geoidmodell är en förutsättning för noggrann höjdbestämning med GNSS. Sedan den förra nationella geoidmodellen publicerades för nio år sedan har förbättringsarbete pågått, bland annat genom omfattande tyngdkraftsmätningar i fjällen och på Vänern. GNSS/avvägningsobservationerna har också uppdaterats betydligt. I oktober 2017 släpptes SWEN17_RH2000.

Då GNSS-teknik används för positionsbestämning får man höjder relativt en referensellipsoid, d.v.s. över en förenklad jordmodell. För att överföra höjden över ellipsoiden till "höjden över havet", som har geoiden som referensyta, måste separationen mellan dessa ytor – geoidhöjden – vara känd. Geoidmodellen SWEN17_RH2000 omvandlar höjder över ellipsoiden i SWEREF 99 till höjder över havet i RH 2000.

Geoiden kan förenklat beskrivas som den yta som sammanfaller med den ostörda havsytan och dess tänkta förlängning under kontinenterna. Mer exakt är geoiden den ekvipotentialyta i jordens tyngdkraftsfält som bäst ansluter sig till havsytans medelnivå. Geoiden är en fysikalisk yta som kan bestämmas ur tyngdkraftsobservationer.

Olika typer av geoidbestämning

En gravimetrisk geoidmodell bygger på tyngdkraftsdata och är en kontinuerlig representation av geoiden, men den är inte direkt anpassad till svenska referenssystem.

Ett annat sätt att bestämma geoidhöjden är att bestämma höjder över ellipsoiden med GNSS, på punkter med avvägda höjder, vilket ger geoidhöjden. Geoidbestämning genom GNSS/avvägning ger geoidhöjder endast i enskilda punkter. Därför behövs någon form av interpolation för att få en kontinuerlig yta som medger beräkning av geoidhöjder också i nya punkter. En fördel med s.k. geometrisk geoidbestämning är att geoidhöjderna är direkt anpassade till svenska referenssystem.

Vanligtvis beräknas nationella geoidmodeller genom att anpassa en gravimetrisk geoidmodell till GNSS/avvägningsobservationer. Förutsatt att dessa har samma landhöjningsepok, och i övrigt är kompatibla med

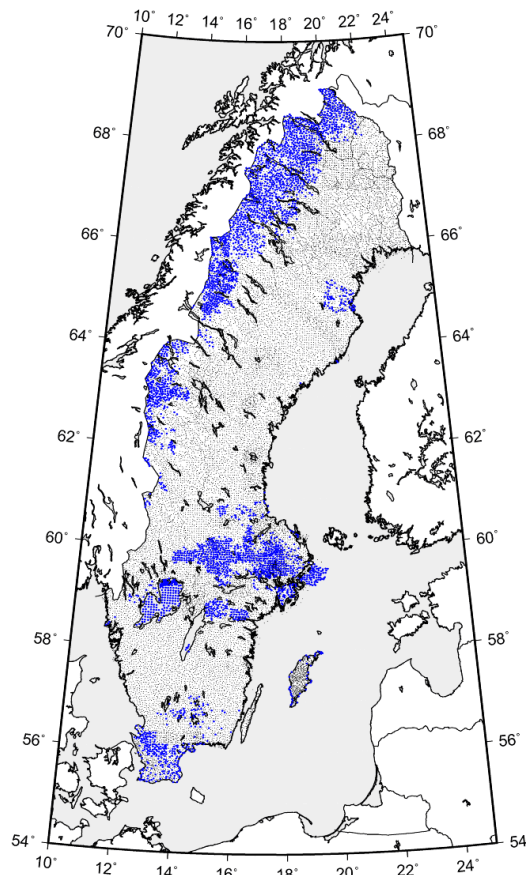
varandra, så görs detta lämpligast genom att först translatera den gravimetriska modellen. Därefter bestäms och adderas en jämn korrektionsyta – restfelsyta – för att modellera den kvarvarande systematiska skillnaden, som framförallt beror på långvågiga fel i höjdsystemet och i den gravimetriska geoidmodellen. Kombinationen ger också möjligheter till kontroll och utjämning av felen i de olika observationstyperna.

Gravimetrisk geoidmodell

Den gravimetriska modell som ligger till grund för SWEN17_RH2000 är NKG2015, som har tagits fram i ett nordiskt-baltiskt samarbete inom Nordiska kommissionen för geodesi (NKG). I projektet har NKG:s tyngdkraftsdata bas moderniserats, felsökts och uppdaterats med

nya tyngdkraftsobservationer från hela Norden och Baltikum. Dessutom har olika beräkningsmetoder testats. Nya moderna geopotentialmodeller har utnyttjats från satellitsystemen GRACE och GOCE.

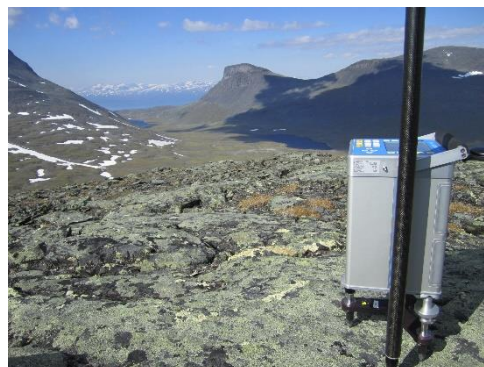
För Sveriges del har nya tyngdkraftsobservationer gjorts främst i fjällen och på Väner; se figur 1. Den slutgiltiga modellen beräknades med den metod som utvecklats av professor Lars E Sjöberg och hans grupp vid KTH. De



Figur 1: Sedan 2010 har drygt 3400 nya tyngdkraftsmätningar gjorts.



Figur 2: Vid tyngdkraftsmätningarna på Väner användes svåvare för transport mellan punkterna. Foto: Lars Engberg.



Figur 3: Tyngdkraftsmätning i fjällen. Foto: Andreas Engfeldt.

nya mätningarna har gett förbättringar som är klart signifikanta i fjällen medan deras inverkan är mindre i resten av landet där de tidigare tyngdkraftsmätningarna var bättre och terrängen är flackare.

Förbättrad GNSS/avvägning

Jämfört med beräkningen av den tidigare nationella geoidmodellen SWEN08_RH2000 så har GNSS/avvägningsobservationerna uppdaterats betydligt. Kärnan är nu Lantmäteriets s.k. SWEREF-punkter, som är bestämda med chokeringantenn under 2x24 timmars mätning. GNSS-observationerna beräknades i det s.k. Bernprogrammet med den vid tidpunkten bästa metoden. De allra flesta punkterna är nyligen beräknade ytterligare en gång med Bernprogrammet, samt en gång med programmet GAMIT-GLOBK.

De 195 SWEREF-punkter som är avvägda och stabila valdes ut för beräkningen av SWEN17_RH2000. Av dessa är merparten även s.k. försäkringspunkter, vilket innebär att de mäts om vart sjätte år. Höjder över ellipsoiden har sedan tagits fram genom ett viktat medelvärde av de olika mätningarna och beräkningarna.

Utöver detta har 20 avvägda SWEPOS®-stationer använts, liksom 35 punkter som beräknats med SWEPOS projektanpassade beräkningstjänster för Trafikverksprojekten Ostlänken, Sundsvall och Södertörn. Punkterna har mätts med chokeringantenn under 4 timmar och bestämts med L1-baserad beräkningstjänst, vilket har visat sig stämma förvånansvärt bra med 48-timmarsbestämningarna vid SWEREF-punkterna.

Beräkning av SWEN17_RH2000

SWEN17_RH2000 beräknades med den metod som skisserades ovan genom att anpassa den gravimetriska geoidmodellen NKG2015 till ovanstående nya GNSS/avvägningsobservationer genom att skatta en jämn restfelsyta med metoden kollokation.

För att utvärdera geoidmodellen har korsvalidering använts. Det innebär att en GNSS/avvägningsobservation i taget utesluts. För varje borttagen observation beräknas en ny geoidmodell och den uteslutna observationen jämförs med vad som skattats ur modellen. Förfarandet upprepas tills alla observationer uteslutits. Skillnaderna mellan skattningarna och de givna geoidhöjderna från GNSS/avvägningsobservationerna ger ett realistiskt mått på osäkerheten över korta avstånd.

Korsvalideringen visar att standardosäkerheten för SWEN17_RH2000 överlag är så bra som 8-10 mm på land – fastlandet, Öland och Gotland. I Trafikverksprojektområdena kan standardosäkerheten vara något lägre; ca 5 mm. Geoidmodellen är något sämre längst upp i norr nära gränsen mot Norge samt i Vättern. Modellen är troligen också lite sämre i de "alla högsta fjällen i nordväst" eftersom det är svårare att modellera geoiden i bergsområden.

SWEN17_RH2000 är sämre till havs än på land, med en standardosäkerhet på ca 2-3 cm i kustnära vatten och ~5-10 cm längre ut. För närvarande pågår arbete med att förbättra geoidmodellen i Östersjön i EU-projektet FAMOS.

Osäkerhetsangivelserna uttrycks som standardosäkerheter (tidigare kallade för medelfel) och det är alltså inga maximala fel som redovisas. Standardosäkerheten är mått på geoidmodellens osäkerhet. Vid höjdbestämning med GNSS tillkommer dessutom osäkerheten i själva GNSS-höjdmätningen.

Förhållandet mellan SWEN17_RH2000 och SWEN08_RH2000

Anledningen till att nya modeller introduceras är att det gradvis blir möjligt att beräkna bättre modeller. Nya observationer tillkommer successivt och beräkningsmetoderna förbättras efter hand.

Lantmäteriet rekommenderar att den senaste geoidmodellen används, men det bör observeras att förbättringarna innebär att nymätta höjder inte alltid blir kompatibla med höjder räknade med en äldre geoidmodell. För att bedöma om de gamla höjderna behöver korrigeras, bör man sätta skillnaderna ifråga (se figur 4 nedan) i relation till mätosäkerheten i övrigt och bedöma om de är signifikanta. Skillnaderna mellan SWEN17_RH2000 och SWEN08_RH2000 beror framför allt (men inte bara) på de förbättrade data som använts (se ovan).

T.ex. användes ca 1350 GNSS/avvägningsobservationer från det s.k. RIX 95-nätet vid beräkningen av SWEN08_RH2000, medan enbart de högkvalitativa SWEREF-, SWEPOS- och Trafikverks-punkterna utnyttjades vid beräkningen av SWEN17_RH2000.

Användning av SWEN17_RH2000

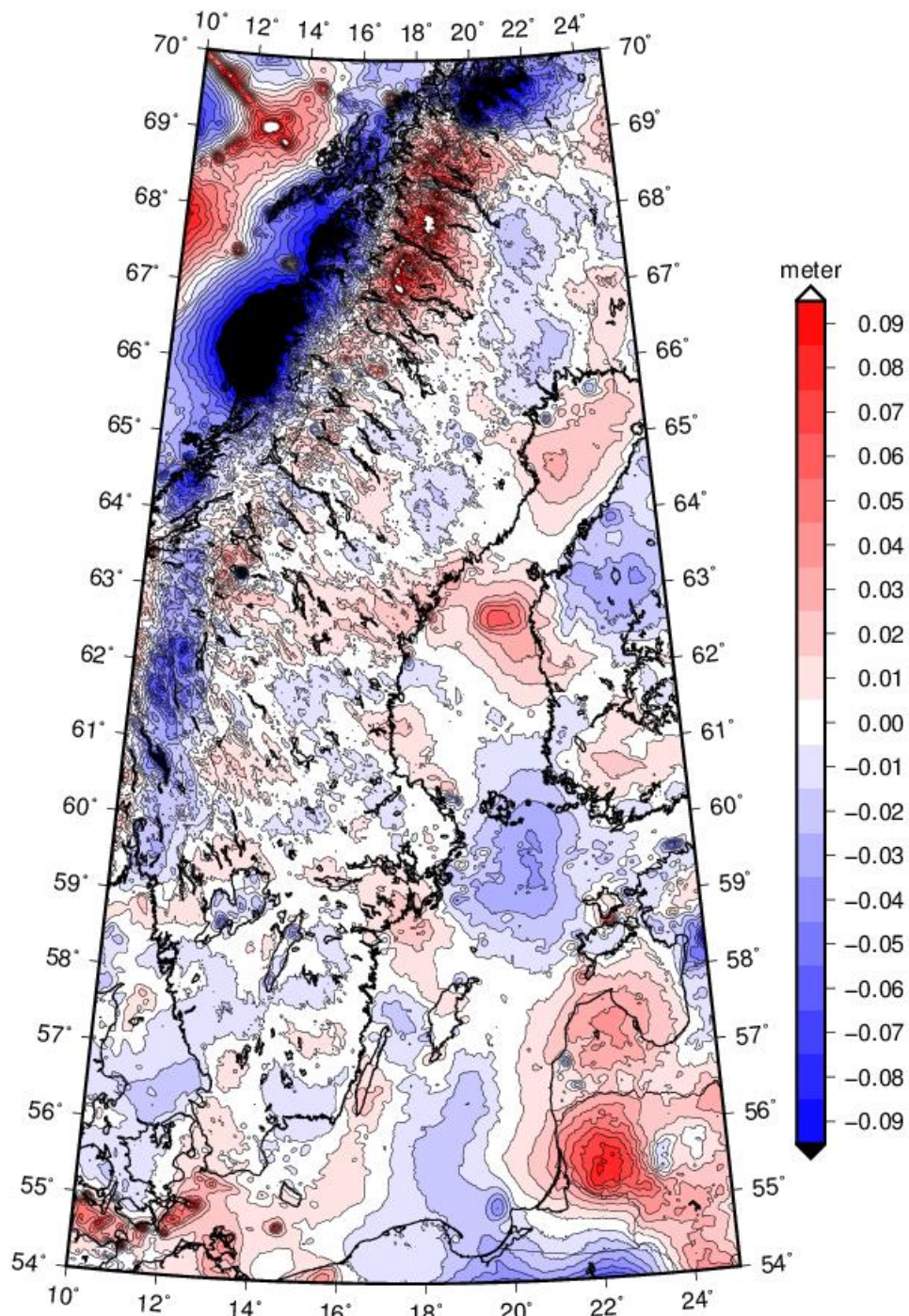
SWEN17_RH2000 representeras av geoidhöjder i ett grid som sträcker sig från 54° till 70° i latitud och från 10° till 25° i longitud. En skillnad jämfört med tidigare geoidmodeller är att gridet är dubbelt så tätt, vilket har valts för att inte gå miste om högfrekvent information i den underliggande gravimetriska geoidmodellen. Geoidhöjden för en godtycklig punkt beräknas genom en lämplig interpolationsmetod, t.ex. bikubiska splines. Bilinjär interpolation från de fyra närmaste gridnoderna ger aningen större interpolationsfel, men fortfarande mycket litet jämfört med geoidmodellens osäkerhet. Lantmäteriet tillgängliggör geoidmodellen i tre olika format; ett binärt format och två olika textformat.

På samma sätt som tidigare har en systemmodell kallad SWEN17_RH70 beräknats för det tidigare nationella höjdsystemet RH 70.

MER INFORMATION

SWEN17_RH2000 finns att ladda hem från Lantmäteriets webbplats, <http://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Om-geodesi/Transformationer/Geoidmodeller/>.

En mer utförlig beskrivning av modellen kommer att publiceras i en Lantmäterirapport.



Figur 4: Skillnaden mellan SWEN17_RH2000 och SWEN08_RH2000. Ekvidistansen är 1 cm.