



**Lantmäteriet**  
Lantmäteriverket - National Land Survey  
S - 801 12 GÄVLE · SWEDEN

**Tekniska skrifter - Professional Papers**

1982 : 13

ISSN 0280:5731

---

# BESTÄMNING AV LANDHÖJNINGEN I SVERIGE MED GEODETISKA METODER

av Martin Ekman, Leif Eliasson, Lennart Pettersson, Lars E Sjöberg

Gävle 1982

BESTÄMNING AV LANDHÖJNINGEN I SVERIGE  
MED GEODETISKA METODER

av

Martin Ekman, Leif Eliasson,  
Lennart Pettersson, Lars Sjöberg

(Bidrag till symposiet "Landhöjning och kustbygdsförändring"  
i Luleå 1982)

## Sammanfattning

Två precisionsavvägningar av Sverige har utförts, den första under åren 1886-1905, den andra 1951-1967. En redogörelse lämnas för mätning- och beräkningsförfarande, noggrannhet och de två höjdsystem, Rikets Höjdsystem 1900 (RH 00) resp 1970 (RH 70), som de två avvägningarna resulterat i. Vidare redogörs för bestämning av landhöjningen genom jämförelse mellan de båda avvägningarna med utnyttjande av vattenståndsobservationer vid våra kuster. En analys av resultatet härav visar att landhöjningsvärdena är behäftade med relativt stor osäkerhet, främst beroende på brister i den första precisionsavvägningen. I stora delar av Norrlands inland, där upprepad precisionsavvägning saknas, finns ingen som helst uppmätning av landhöjningen. Denna osäkerhet får med tiden ökande ogynnsamma konsekvenser både för användande av höjder för tekniskt bruk och för vetenskapliga studier av den fennoskandiska landhöjningen. För att kunna förse kommuner och andra avnämare med ett tätare och noggrannare höjdstöd och för att få underlag till en bättre landhöjningsbestämning har Lantmäteriverket påbörjat en tredje precisionsavvägning, utförd som motoriserad avvägning.

Slutligen påpekas att även tyngdkraftsfältet och havsytagens nivå (geoiden) ändras på grund av landhöjningen. Den absoluta (totala) landhöjningen uppskattas till maximalt 10,9 mm/år vid en geoidförändring av 0,7 mm/år. Studier pågår för uppmätning av tyngdkraftens förändring, och nya metoder presenteras för uppskattning av landhöjningens variationer.

## Summary

In Sweden two precise levellings have been carried out during the periods 1886-1905 and 1951-1967, respectively. Measuring and computation procedures and accuracy estimates are reported together with descriptions of the resulting height systems RH 00 and RH 70. A determination of the land uplift from the two precise levellings and tide gauge data is presented. An analysis of the result reveals that the land uplift values are rather uncertain, mainly due to the relatively low accuracy of the first precise levelling. Also, in major parts of Norrland there are no repeated levelings to support land uplift estimation. This uncertainty becomes more and more unfavourable both for routine use of height data and for scientific studies of the Fennoscandian land uplift. In order to improve our height system and knowledge of land uplift the National Land Survey has started a third precise levelling taking advantage of a new motorized technique.

Finally it should be pointed out that also the gravity field and the sea level (geoid) are changing due to the land uplift. The absolute (total) land uplift is estimated to 10.9 mm/yr as a maximum including a geoidal change of 0.7 mm/yr. Studies are being performed on the change of gravity, and new methods are presented on estimating variations of land uplift.

## 1 BAKGRUND

Förändringar i Östersjöns medelvattenstånd började intressera svenska vetenskapsmän redan i början av 1700-talet. Bland annat inhöggs vid denna tid vattenmärken i klippor längs kusten på förslag av Celsius. Dessa märken, representerande medelvattenytan vid inhuggningen, skulle göra det möjligt att i framtiden följa medelvattenytans förändringar. Den medelvattenyta märkena representerade var naturligtvis mycket osäker då den ej kunde beräknas ur mätningar utan måste uppskattas. Från mitten av 1800-talet förbättrades vattenståndsobservationerna längs den svenska kusten genom att dagliga avläsningar gjordes vid vissa fyrar. Därigenom kunde havets medelvattenyta vid var och en av stationerna beräknas. Höjdskillnaderna mellan de olika peglarnas nollpunkter var emellertid ej kända. För att bestämma dessa genomfördes kring senaste sekelskiftet Sveriges första precisionsavvägning. Med utgångspunkt från dessa höjdskillnader kunde medelvattenytans läge längs den svenska kusten studeras. Genom nätets utformning erhöill man dessutom ett enhetligt nät (riksnät) som kunde tjäna som utgångspunkt för andra mätningar. Efter omkring 70 år genomfördes en andra, noggrannare och mera omfattande precisionsavvägning. Dessa upprepade precisionsavvägningar gör det möjligt att bestämma landhöjningen i Sverige, även inne i landet.

## 2 ALLMANT OM PRECISIONSAVVÄGNING

Geodetiska riksnät av första ordningen tjänar två ändamål:

- att ge en grundläggande stomme och ett enhetligt system för landets mätningssväsens, för kartläggning och för övriga tekniska ändamål
- att ge bidrag till det internationella samarbetet för bestämning av jordens storlek, form och tyngdkraftsfält samt olika undersökningar inom andra geovetenskaper.

Riksnät i höjd bestämmas genom precisionsavvägning. Sådan avvägning utföres med precisionsavvägningsinstrument och med stänger med noggrann gradering på invarband. Avvägningen utföres på sådant sätt att, i största möjliga utsträckning, olika felkällor elimineras eller kan korrigeras för. Bl a skall avståndet från instrumentet till bakre och främre stängen vara lika och ej överstiga 50 m, och siktlinjen bör ej gå närmare marken än 0,5 m. Trots alla försiktighetsåtgärder blir avvägningar behäftade med systematiska fel, vilka dock delvis elimineras på grund av att varje sträcka avväges i bägge riktningarna. Korrektioner anbringas för fel i stånglängd, för refraktion och för variation i lodlinjens riktning på grund av solens och månens inverkan. I vårt land ändras höjden på grund av landhöjningen, och mätningarna måste därför korrigeras till en viss epok.

Vid beräkningen av en precisionsavvägning måste hänsyn tagas till jordens tyngdkraftsfält. Tyngdkraften har en potential,  $W$ , som är en funktion av läget i rymden. Sammanbindes punkter med lika potential får man en  $s$  k nivåyta. På varje nivåyta är därför  $W = \text{konstant}$ . De olika nivåytorna omsluter varandra skalformigt och kan aldrig skära varandra. En ostörd sjöyta är en del av en nivåyta. Nivåytorna har den viktiga egenskapen att de överallt står vinkelrätt mot lodlinjen, dvs tyngdkraftens riktning. Höjd, eller riktigare, ortometrisk höjd,  $H$ , är avståndet räknat efter lodlinjen ned till havsytans nivå. Den ostörda havsytan, geoiden, är en nivåyta med

en konstant potential  $W = W_0$ . Mellan potentialdifferens, höjddifferens och tyngdkraft,  $g$ , råder relationen

$$dW = -g dH \quad (1)$$

Av (1) framgår att två nivåytor i regel ej är parallella, eftersom avståndet mellan dem beror på  $g$ , som varierar med läget. Konsekvensen av detta för avvägning framgår av Fig. 1.

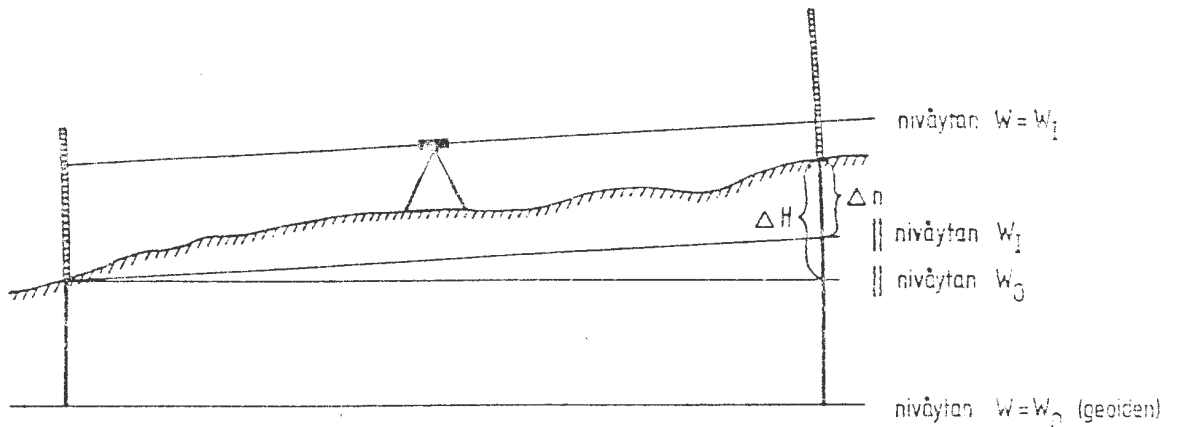


Fig. 1. Avvägning och tyngdkraftsfältets nivåytor.

I Fig. 1 är  $\Delta n$  den ur stångavläsningarna erhållna höjdskillnaden. På grund av nivåytornas lutning är emellertid den verkliga höjdskillnaden  $\Delta H$ . För att få korrekta och entydiga resultat måste man i stället för avvägda höjddifferenser  $\Delta n$  räkna med potentialdifferenser  $g \Delta n$ . I praktiken går detta till så att avvägda höjddifferensen mellan två konsekutiva fixpunkter multipliceras med medeltalet av tyngdkraften på dessa båda fixpunkter. Startar man från geoiden gäller för en punkt P

$$W_0 - W = \sum g \Delta n = C \quad (2)$$

där C är geopotentialtalet för P. Räknas höjd i meter och  $g$  i kilogal (1 kilogal =  $10 \text{ m/s}^2$ ) erhålles C i geopotentialenheter. På detta sätt bestämes C för alla fixpunkter. Dessa C förvandlas sedan till höjder genom division med  $\bar{g}$ , medelvärdet av tyngdkraften mellan P och geoiden räknat utmed lodlinjen. Eftersom det ej går att bestämma  $g$  inuti jorden, kan  $\bar{g}$  ej strikt bestämmas, vilket medför att korrekta ortometriska höjder strängt taget är omöjliga att beräkna. Beroende på den metod enligt vilken man söker uppskatta  $\bar{g}$  får man olika slag av höjder. Om man använder det normala (teoretiska) tyngdkraftsfältet vid beräkningen av  $\bar{g}$  erhålles ett slags höjd, som kallas normalhöjd.

### 3 PRECISIONSAVVÄGNINGAR I SVERIGE

#### 3.1 Första precisionsavvägningen 1886-1905

År 1885 beviljade riksdagen medel för upprättande av ett nät av självregistrerande pglar (mareografer) längs våra kuster samt för bestämning av höjdskillnaderna mellan dessa. Följande år påbörjades den första preci-

sionsavvägningen med det senare ändamålet som huvudsyfte. Man beslöt att utforma nätet som slutna polygoner för att dels erhålla en bättre kontroll av mätningarna och dels få en mera passande omfattning. Nätet kom att omfatta 33 linjer i 12 slutna polygoner med en total längd av 4857 km. Nätets utsträckning framgår av Fig 2. Samtliga linjer dubbelmättes med för den tiden gällande krav på precisionsavvägning. Mätningarna påfördes korrektion för stånglängdsvariationer (trästänger användes). Eftersom man på den tiden inte kunde mäta tyngdkraften på fixpunkterna, använde man i stället för verkliga tyngdkraftsvärden enbart normaltyngdkraftfältet.

Nätet utjämnades enligt minsta kvadrat-metoden. Höjdsystemet definierades genom att man fastställde ett värde på den normalhöjdpunkt som upprättades på Riddarholmen i Stockholm. Dess höjd angavs till 11,800 m över medelvattenytan år 1900, vilket utgör ett medelvärde härlett ur de bästa vattenståndsobservationer som dessförinnan gjorts vid Sveriges kuster (Rosén, 1906). För detta höjdsystem har benämningen Rikets Höjdsystem 1900, RH 00, fastställts. Utjämnings av nätet gav medelfelet 4,4 mm/ $\sqrt{\text{km}}$  för dubbelmätta sträckor.

I samband med landhöjningsberäkningarna beräknades första precisionsavvägningen på nytt med förbättrade korrektioner för tyngdkraftens variationer. Dessutom infördes en liten korrektion för refraktionens inverkan.

### 3.2 Andra precisionsavvägningen 1951-1967

En rad argument för en ny precisionsavvägning framfördes på 1930- och 1940-talen. Några av dessa var

- att det första nätet var för gles exempelvis i det inre av Norrland
- att många fixpunkter med tiden hade gått förlorade
- att den noggrannhet, som nåddes i första precisionsavvägningen, genom den tekniska utvecklingen blivit möjlig att avsevärt förbättra
- att genom landhöjningen kom den ursprungliga nollnivån att avvika alltmer från den aktuella medelvattenytan och detta med olika belopp i olika delar av landet
- att genom en andra precisionsavvägning skulle landhöjningen inne i landet kunna bestämmas längs gemensamma linjer.

På dessa grunder beslöts att en andra precisionsavvägning skulle genomföras. Arbetet med denna påbörjades 1951. Den andra precisionsavvägningen fick betydligt större omfattning än den första, se Fig. 3. Nätet omfattar 95 linjer i 27 slutna polygoner med en total längd av 10 350 km. Samtliga fixhåll mättes minst en gång i vardera riktningen med en kassationsgräns av  $2\sqrt{L}$  mm, där fixpunktsavståndet  $L$  anges i km. Mätningarna påfördes korrektioner för

- stånglängdsvariationer
- refraktionens inverkan
- solens och månens inverkan på lodlinjen (ofta benämnd astronomisk korrektion).

Före utjämnings räknades de mätta och korrigerade höjdskillnaderna om till geopotentialdifferenser. För detta ändamål bestämdes tyngdkraften i samtliga fixpunkter antingen genom direkt mätning eller interpolation.

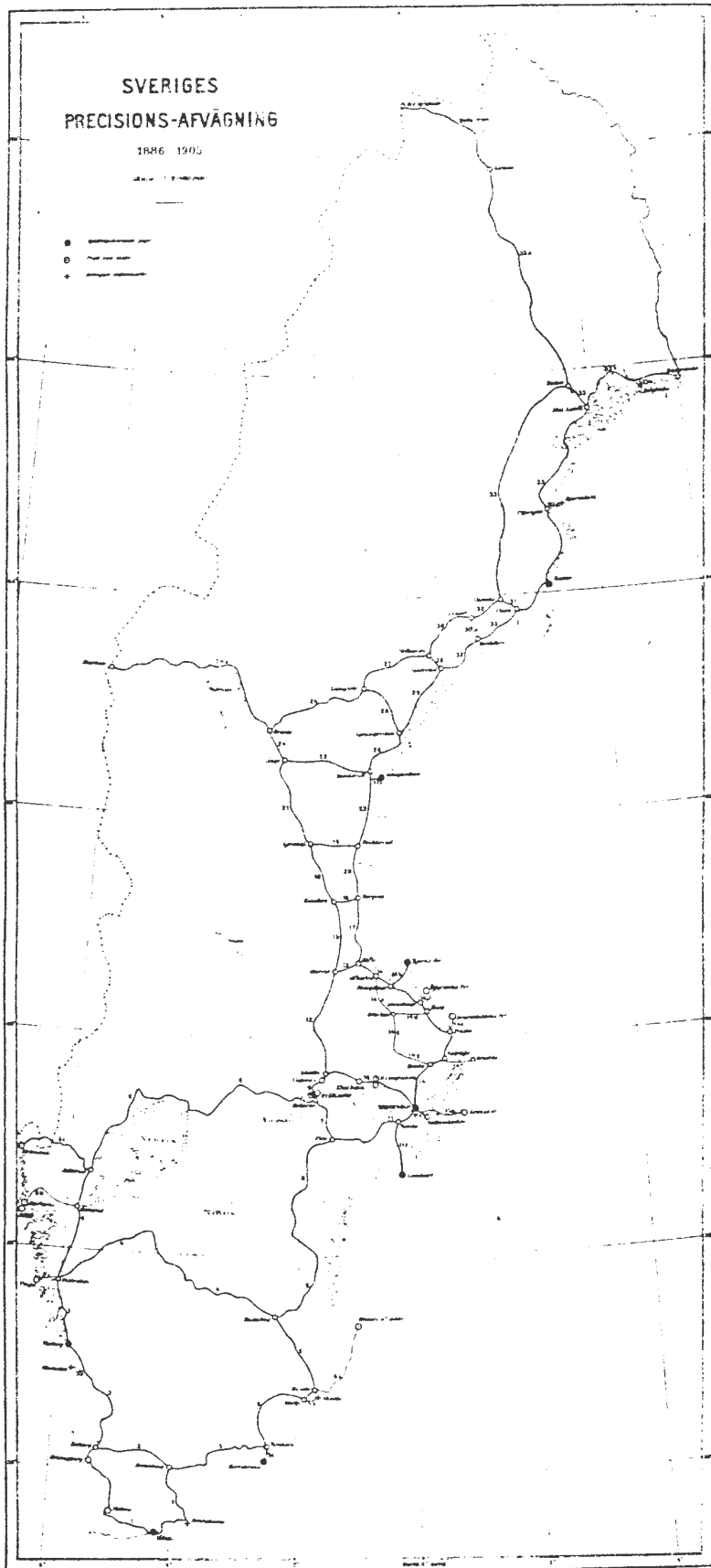


Fig. 2. Sveriges första precisionsavvägning.



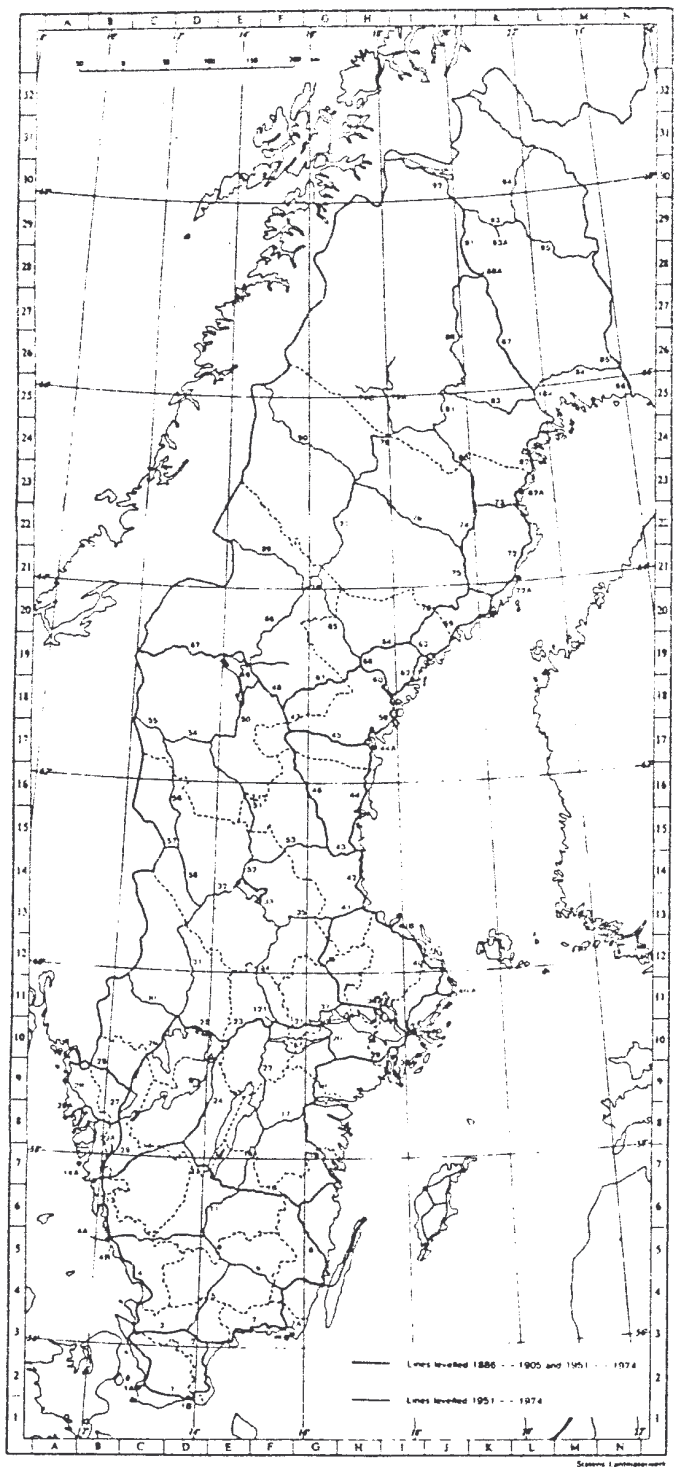


Fig. 3. Sveriges andra precisionsavvägning.



Efter utjämning av geopotentialdifferenser måste nollnivå, epok och slag av höjd definieras. För andra precisionsavvägningen fastställdes 1968 att

- nollnivån skulle utgöra densamma som antogs vid utjämningen av de europeiska avvägningsnäten 1960, nämligen medelvattenytan i Amsterdam, vilken gav värdet 2,949 geopotentialenheter för dåvarande fixpunkten J-DK-S-1 i Helsingborg
- det för varje punkt (utifrån denna utgångspunkt) erhållna geopotentialtalet skulle räknas om till normalhöjd för epoken 1970.

För detta höjdsystem har benämningen Rikets Höjdsystem 1970, RH 70, fastställts (Pettersson, 1968). Det bör observeras att de båda höjdsystemen RH 00 och RH 70 utgör två helt olika system fr a beroende på

- att olika avvägningar ligger till grund för systemen
- att nollnivån har bestämts enligt olika principer
- landhöjningens inverkan.

Det ur utjämningen erhållna medelfelet för andra precisionsavvägningen uppgick till 1,63 mm/ $\sqrt{\text{km}}$ .

Eftersom mareograferna är förbundna genom avvägningen, kan medelvattenytans läge vid mareograferna jämföras. Det visar sig att medelvattenytan lutar i förhållande till geoiden, så att medelvattenytan i Bottenviken ligger 0,2 m högre än i Skagerack.

#### 4 BERÄKNING AV LANDHÖJNINGEN

##### 4.1 Definitioner

Med observerad landhöjning menar vi vanligtvis en punkts höjning relativt medelhavsytans nivå. Denna nivå är emellertid inte fixerad utan ändras med tiden, dels p g a en allmän höjning av världshavens nivå, som sammanhänger med polarisarnas avsmältning (eustatisk effekt, ungefär + 1 mm/år), dels p g a de massförändringar och därmed sammanhängande tyngdkraftsförändringar som landhöjningen förorsakar (geoidens förändring, maximalt + 0,7 mm/år; Ekman, 1977; Sjöberg, 1982b). En punkts absoluta landhöjning (relativt jordens masscentrum) är därför summan av observerad landhöjning, eustatisk effekt och geoidförändring (max 9,2 + 1,0 + 0,7 = 10,9 mm/år).

##### 4.2 Beräkning av landhöjningen i Sverige

Den observerade landhöjningen i Sverige har beräknats ur observationer vid 10 mareografstationer och resultaten från de två första precisionsavvägningarna. Ur årsmedelvärdena av vattenståndet vid en mareografstation beräknade för flera decennier kan landhöjningen bestämmas med en noggrannhet av 0,2 - 0,3 mm/år.

För beräkning av landhöjningen inne i landet har de två precisionsavvägningarna reducerats till epokerna 1892.0 respektive 1960.0. Reduktionerna har utförts iterativt genom växelvis utjämning av de två precisionsavvägningarna med mellanliggande korrigeringar av observationerna för landhöjningen. I Fig. 4 visas dels läget för de 10 mareografstationerna, dels de använda precisionsavvägningslinjerna. Från precisionsavvägningarna har sedan differenser i landhöjning bestämts för varje linje mellan knutpunkterna (36 st). Medelfelet för en sådan differens är  $0,069 \sqrt{d}$  mm/år, där  $d$  är avståndet i km mellan knutpunkterna. De 10 mareografobservationerna och 36 avvägningsdifferenserna har sedan utjämnats samtidigt för bestämning av landhöjningen i alla knutpunkterna. Slutresultatet av landhöjningsberäkningen redovisas i Fig. 4 (Rikets Allmänna Kartverk, meddelande

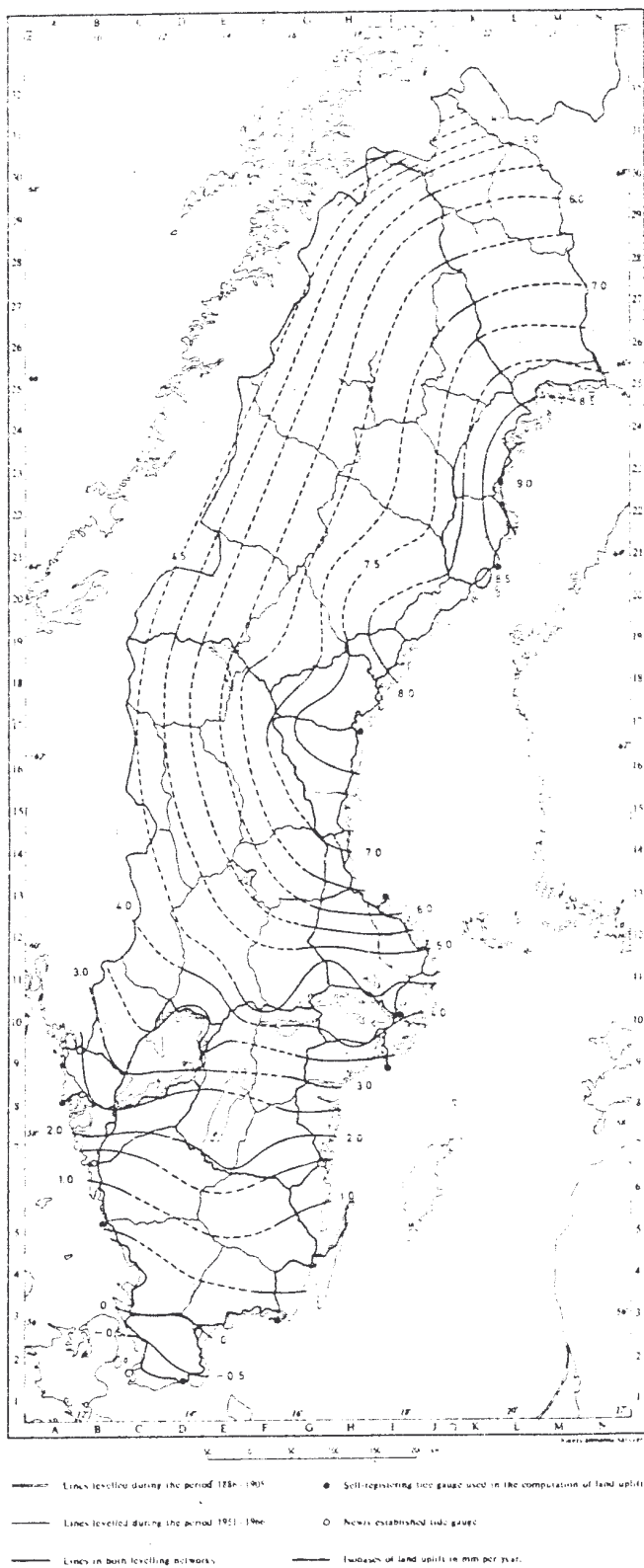


Fig. 4. Observerad landhöjning i Sverige (mm/år).

n:r A 40, 1974; Ussisoo, 1977). Medelfelet i knutpunktsbestämningarna är av storleksordningen 0,6 - 0,7 mm/år, vid mareografstationerna 0,1 - 0,2 mm/år. Observera att i Norrlands inland finns mycket få observationer! Dessutom bör påpekas att dessa feluppskattningar inte inkluderar eventuella kvarstående systematiska fel. Man kan med fog påstå att vi i dag inte har ett tillräckligt observationsunderlag för en tillfredsställande beräkning av landhöjningen i hela landet.

#### 4.3 Landhöjningen i Norden

På liknande sätt som i Sverige har landhöjningen bestämts också i de andra nordiska länderna. Landhöjningen i Norden framgår av Fig. 5 på nästa sida. I en enhetlig utjämnning av precisionsavvägningsnäten i hela Västeuropa har de nordiska länderna uteslutits från utjämningsens första etapp beroende på, att beräkningarna av landhöjningen gjorts med något olika metoder. Inom Nordiska Kommissionen för Geodesi finns en särskild grupp, som behandlar denna fråga - liksom frågan om de nya riksavvägningar, som nyligen påbörjats i de nordiska länderna, i Danmark, Norge och Sverige i form av motoriserad avvägning.

### 5 DEN NYA RIKSAVVÄGNINGEN

Första och andra precisionsavvägningen har successivt kompletterats för olika ändamål med huvudlinje- och detaljnät. Deras kvalité varierar inom vida gränser beroende bland annat på ändamålet med mätningarna och tillgänglig teknik. Punkter i de kompletterande näten är därför av begränsad användbarhet som utgångspunkter för moderna mätningar då högsta noggrannhet krävs. Till detta kommer att uppskattningsvis 30% av totalt cirka 100 000 punkter har förstörts under årens lopp vid t ex vägbyggen, och att av återstoden cirka 30% bedöms som mindre stabila. En inte obetydlig del av återstoden är belägen så att den inte kan nås utan besvär. Av dessa skäl tillsattes 1974 en projektgrupp inom Lantmäteriverket för att studera frågor kring den framtida uppbyggnaden av riksnätet i höjd. Denna grupp föreslog i sin slutrapport 1976 en omfattande förnyelse av de befintliga precisions- och huvudnäten. Olika alternativ för denna förnyelse diskuterades. Det slutliga förslaget innebär ett kombinerat huvudlinjenät och precisionsnät mätt med samma noggrannhet och beräknade i ett sammanhang. Därmed kan en av svagheter i första resp. andra precisionsnätet, den svaga nätuppbyggnaden, till stor del elimineras. Dessutom får varje teknisk användare av riksnätet i höjd betydligt närmare till goda fixpunkter. Ur vetenskaplig synpunkt innebär det dessutom, att underlag för en förfinad landhöjningsberäkning skapas genom ett tätt, yttäckande nät med goda fixpunkter.

Det kombinerade precisions- och huvudnätet omfattar totalt mer än 40 000 km dubbelavvägda sträckor. Projektgruppen studerade därför olika alternativ för att mäta dessa så snabbt och ekonomiskt som möjligt. Därvid befanns motoriserad avvägning dels snabbare och dels cirka 20% billigare än konventionell teknik. Denna nya teknik, som kommer från Östtyskland, infördes i Sverige 1974 och har sedan dess avsevärt förbättrats vid Lantmäteriverket (Becker, 1980). Mätningarna i det nya nätet påbörjades 1979 med 3 motoriserade lag. Den ursprungliga tanken att med 7 motoriserade lag utföra mätningarna på 10 år har fått överges av ekonomiska skäl. Mätningarna utföres nu av 6 lag, och man räknar med att de skall vara avslutade 1995-96.

För att förse olika tekniska användare av nätet med höjduppgifter på ny-mätta punkter så snabbt som möjligt skall nätet beräknas i regioner. Varje region omfattar i princip en fältarbetssäsong. Beräkningarna för tekniskt bruk skall göras i system RH 70. Införandet av detta system ligger så nära i tiden att ytterligare ett nytt system skapar en rad praktiska problem. För vetenskapliga ändamål, t ex landhöjningsberäkningar, skall en gemensam utjämnung av hela nätet göras när samtliga mätningar är utförda. Försöks-utjämnungar som gjorts vid Lantmäteriverket pekar på ett medelfel av storleksordningen  $0,8 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$  i det nya nätet (Sjöberg 1981a).

## 6 LANDHÖJNINGENS INVERKAN PÅ TYNGDKRAFTEN

Landhöjningen påverkar tyngdkraften dels på grund av den vertikala rörelsen och dels på grund av massförflyttningar inne i jorden. Så skulle t ex under antagande att jordskorpan höjer sig utan att massa tillkommer tyngdkraften minska  $0,31 \mu\text{gal}$  per mm landhöjning ( $1 \mu\text{gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ). Antager man i stället att mantelmassa med densiteten  $3,27 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  tillkommer, skulle motsvarande ändring bli  $0,17 \mu\text{gal}/\text{mm}$ . Studium av tyngdkraftens sekulära ändring kan således ge bidrag till kännedomen om de masstransporter, som äger rum i jorden i samband med landhöjningen. För detta ändamål har i nordiskt samarbete upprättats fyra gravimetriska landhöjningslinjer, se Fig. 5. Inom varje linje bestäms tyngdkraftsdifferenserna med största

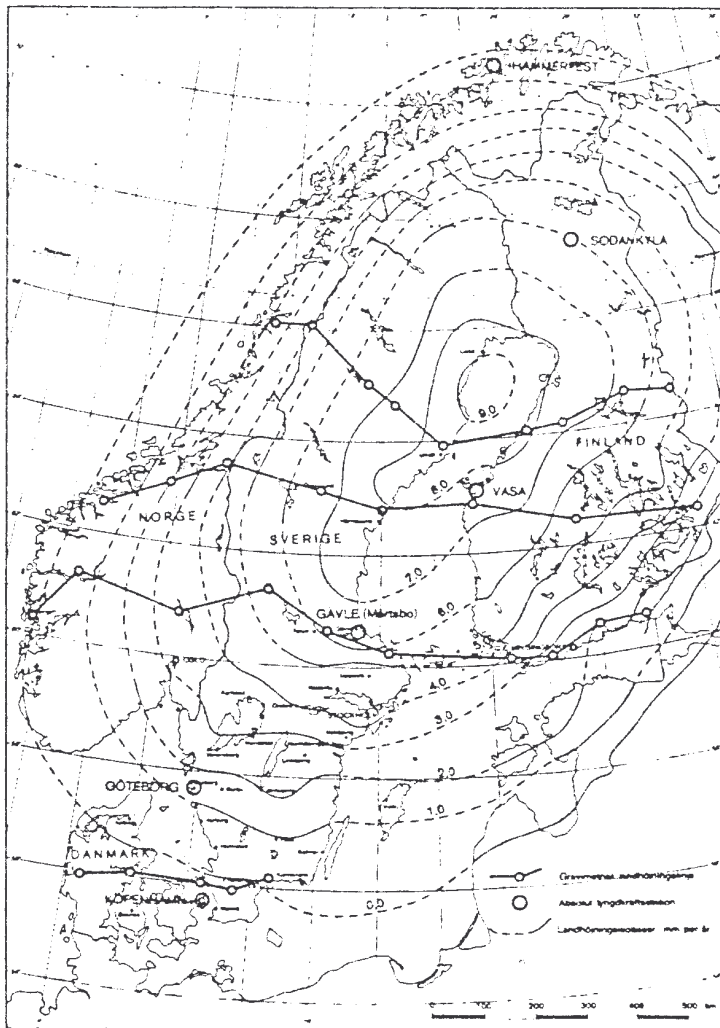


Fig. 5. Gravimetriska landhöjningslinjer och absoluta tyngdkraftsstationer.



möjliga noggrannhet (medelfel normalt 3-4  $\mu\text{gal}$ ; Pettersson, 1979). Dessa mätningar upprepas med 5-10 års mellanrum. Eftersom stationerna har olika landhöjning, kan man förvänta att tyngdkraftsdifferenserna ändras med tiden. Mätningar på linjerna har förutom av Lantmäteriverket och motsvarande myndigheter i Danmark, Finland och Norge utförts av Uppsala universitet och tyska och schweiziska institutioner. Endast på de två nordligaste linjerna har mätningar utförts under olika år. Tidsintervallen är dock ännu för korta för att signifikanta värden på tyngdkraftsändringarna skall kunna erhållas. Ovan angivna mätningar kan endast ge relativa tyngdkraftsändringar. År 1976 gjorde emellertid en italiensk grupp absolutbestämning på sex stationer i Norden (medelfel ca 10  $\mu\text{gal}$ ), se Fig. 5. Genom att upprepa dessa kommer det i framtiden bli möjligt att även bestämma tyngdkraftens absoluta ändring.

## 7 ALTERNATIVA METODER FÖR BESTÄMNING AV LANDHÖJNINGEN

Ovan angivna metoder för bestämning av landhöjningen har nackdelen att de bara ger medelvärden för ändringar över relativt långa tidsrymder (flera decennier). I själva verket torde höjningen fortgå ryckvis och det bör finnas ett intresse för att registrera variationerna med korta intervall eller helst kontinuerligt. En metod som prövats i Finland är att mäta den relativa höjdändringen mellan två peglar i bägge ändarna av en långsträckt sjö. Liksom vid pegelmätning vid kuster störs emellertid observationen av olika effekter, och noggrannheten torde därför vara tämligen låg för korta tidsintervall. Alternativt kan man använda s k "long water-tube tilt meter", som mäter ändringen i en vattenytas nivå med tiden. Om tuben görs 1 km lång skulle eventuella lutningsförändringar hos vattenytan kunna studeras veckovis.

Det finns några existerande och flera tilltänkta rymd- och satellitmetoder för uppmätning av en punkts absoluta höjd över jordens masscentrum eller punkters höjdskillnader. Metoderna kan vanligtvis mycket lätt upprepas så att höjdändringar kan beräknas. I en radiointerferometrisk metod (VLBI) erhålles en relativ bestämning av två avlägsna punkters position både i plan och höjd med en noggrannhet av några eller någon centimeter via radiosignaler från avlägsna galaxer. I Sverige finns VLBI-utrustning på Råö och planeras för EISCAT, Kiruna. Även mobila system har utvecklats. Vid satellit-lasermetoden mäts avståndet instrument - satellit, och ur samtida mätningar vid två markstationer kan markpunkternas inbördes positioner bestämmas med samma noggrannhet som vid VLBI. I Finland har ett sådant instrument konstruerats under begränsad medverkan av Lantmäteriverket och f n byggs där ytterligare ett instrument. Flera satellitburna lasersystem är under utveckling, som torde kunna ge relativa punktbestämningar av  $\pm 1$  cm. Om ca 10 år torde dock ett annat satellitsystem benämnt GPS (Global Positioning System) att vara den dominerande metoden för relativ punktbestämning med hög noggrannhet (1-2 cm). För fler detaljer kring dessa metoder hänvisas till Sjöberg (1981 b) och (1982 a).

## 8 ÅTERSTÄENDE LANDHÖJNING

Ur analyser av tyngdkraftsfältet kan man göra grovuppskattningar av den återstående landhöjningen. Dessa har, för området med maximal landhöjning, givit resultat mellan 100 och 200 m (Ekman, 1977; Balling, 1980; Bjerhammar m fl, 1980).

## REFERENSER

Balling, N., 1980. The Land Uplift in Fennoscandia, Gravity Field Anomalies and Isostasy, Symposium on Earth Rheology Isostasy and Eustasy, Stockholm.

Becker, J.-M., 1980. Le Nivellement Motorisé en Suède, Techniques et Résultats à ce jour, Second International Symposium on Problems Related to the Redefinition of North American Vertical Geodetic Networks, Ottawa.

Bjerhammar, A., m. fl., 1980. A Geodetic Determination of Viscosity, Institutionen för geodesi, Kungl. Tekniska Högskolan, Stockholm.

Ekman, M., 1977. Beräkning av geoidens rörelse i samband med den post-glaciala landhöjningen i Fennoskandia, Lantmäteriverkets Tekniska Skrifter 1977/5.

Pettersson, L., 1968. Landets precisionsavvägning - höjdsystem 1970, Rikets Allmänna Kartverk, Meddelande N:r B 12, Stockholm.

Pettersson, L., 1979. De svenska mätningarna på de nordiska linjerna för bestämning av sekulär ändring i tyngdkraften, Åttonde nordiska geodetmötet, Oslo.

Rosén, P. G., 1906. Sveriges precisionsafvägning 1886-1905, Stockholm.

Sjöberg, L., 1981 a. Analysis of Systematic and Random Errors in the Swedish Motorized Precise Levelling Technique, Lantmäteriverkets Tekniska Skrifter 1981/2.

Sjöberg, L., 1981 b. Geodetiska satellitmetoder - en översikt, Lantmäteriverkets Tekniska Skrifter 1981/6.

Sjöberg, L., 1982 a. Rapport från Third International Geodetic Symposium on Satellite Doppler Positioning, intern rapport inom Lantmäteriverket.

Sjöberg, L., 1982 b. Studies on Land Uplift and its Implications on the Geoid in Fennoscandia, Rapport från Avdelningen för geodesi, Uppsala Universitet, Nr 14.

Ussisoo, I., 1977. Computation of Land Uplift and Mean Sea Level in Sweden, Geologiska Föreningens Förhandlingar, Volym 99, Nr 568, Stockholm.

Sveriges andra precisionsavvägning 1951-1967, Rikets Allmänna Kartverk, Meddelande Nr A 40, Stockholm (1974).