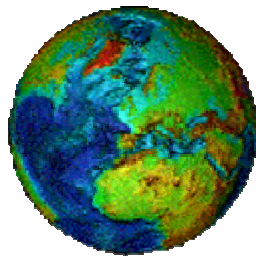


Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem



Geodesi 2000

**– svensk geodesiverksamhet
under kommande tioårsperiod**

Gävle 2001

LANTMÄTERIET



Geodesi 2000

December 2000

Lantmätarverket
Landskaps- och fästighetsdata
Göteborg
Lars Engberg
Totalt antal sidor 69

Förord

I rapporten redovisas resultatet av en utredning som Lantmäteriverket (LMV) beslutade om 1999. Syftet med utredningen har varit att ge underlag för inriktning av den geodetiska verksamheten under kommande tioårsperiod. Genom överlämnandet av rapporten till LMV anser vi att uppdraget är slutfört.

Rapporten innehåller en beskrivning av såväl behovet av en geodetisk infrastruktur, som dess uppbyggnad och beståndsdelar. Bakgrundsfakta, analyser och förslag redovisas område för område. Den ekonomiska redovisningen behandlar huvudsakligen kostnadsskattningar. Nyttan av den nya infrastrukturen har bara studerats översiktligt och kommer att behandlas utförligare i samband med redovisning av det uppdrag som lagts på Lantmäteriverket i regleringsbrevet för år 2001 rörande "övergång till ett enhetligt nationellt referenssystem".

Hans-Erik Wiberg
ordförande i styrgruppen

Lars E. Engberg
projektledare

Innehållsförteckning

Sammanfattning	vii
1 Inledning	1
1.1 Uppdraget	1
1.2 Bakgrund	1
1.3 Syfte, målgrupp	2
1.4 Arbetets uppläggning	3
2 Geodetisk infrastruktur	5
2.1 Lägesrelaterad information	5
2.2 Lägesangivelse	6
2.3 Geodetisk information	10
2.4 Geodesins roll som vetenskap	11
2.5 Offentligt åtagande	12
3 Verksamhetens inriktning	15
3.1 Referenssystem	17
3.2 Kartprojektion	23
3.3 Referensnät	24
3.3.1 Plana nät	25
3.3.2 Höjdnät	28
3.3.3 Tredimensionella nät	29
3.3.4 Tyngdkraftsnät	30
3.3.5 Aktiva referensnät	32
3.4 Geodetisk information	36
3.5 Forskning och utveckling	39
3.6 Kompetensförsörjning	41
3.7 Samordning och rådgivning	42
3.8 Internationellt samarbete	44
4 Ekonomi	49
4.1 Kostnader	49
4.1.1 Referenssystem	50
4.1.2 Referensnät	51
4.1.3 Geodetisk information	52

4.1.4	Forskning och utveckling	52
4.1.5	Samordning och rådgivning	53
4.1.6	Internationellt samarbete	53
4.1.7	Kostnadssammanställning	53
4.2	Nyttodiskussion	54
4.3	Finansiering	55
Bilagor	57
	Bilaga 1 Förkortningar	57
	Bilaga 2 Lantmäteriets hemsida	58

Sammanfattning

En över tiden hållbar geodetisk infrastruktur är en förutsättning för många viktiga samhällsfunktioner, bl.a. transporter, samhällsplanering, miljöövervakning, totalförsvaret, byggande, turism, jord- och skogsbruk.

I framtiden kommer flertalet samhällssektorer att kunna dra nytta av geografisk information för rumsliga analyser. Med hjälp av satellitteknik (GPS etc.) eller mobiltelefoni kommer även privatpersoner i stor utsträckning att kunna bestämma sitt läge i ett geodetiskt referenssystem, vilket betyder att övrig information, som är intressant, också bör finnas lägesbestämd i samma system. Enhetlighet blir en efterfrågad egenskap.

Med en väl utbyggd och kontinuerligt underhållen nationell infrastruktur med bl.a. geodetiska referenssystem kan läget bestämmas entydigt. De möjligheter, som dagens och morgondagens satellitnavigationssystem öppnar, att bestämma punkters lägen just där behovet finns, är av utomordentligt intresse. Det ställer dock väsentligt högre krav på den geodetiska infrastrukturen.

Vi blir också mer och mer beroende av vad som sker utanför landets gränser. Behovet av att sammanställa geografisk information inom Europa är redan idag påtagligt och kommer med all säkerhet att öka i framtiden. Samordningsbehovet är också stort inom landet bl.a. för att möjliggöra en utväxling av kommunal och statlig information.

Rapporten innehåller i kapitel 2 en beskrivning av såväl behovet av en geodetisk infrastruktur, som dess uppbyggnad och beståndsdelar. I kapitel 3 redovisas, efter en inledande allmän del, analyser och förslag område för område. De olika avsnitten inleds med en punktformad sammanfattning, följd av förslagen och därefter redovisas bakomliggande fakta och ställningstaganden. Av analyserna framgår att stora behov och förväntningar finns på svensk geodesi. Behoven gäller bl.a. enhetliga referenssystem, forskning och utveckling. Förväntningarna på satellitnavigationstekniken är synnerligen stora, samtidigt som behovet av samordning poängteras. I kapitel 4 behandlas ekonomin genom kostnadsskattningar, ny tobefskrivning och en finansieringsdiskussion.

De förslag som lämnas i Geodesi 2000 avser att bygga upp och säkerställa en långsiktigt hållbar geodetisk infrastruktur i Sverige. Bland förslagen kan nämnas följande:

- ett nytt globalt anpassat referenssystem införs i landet och till detta knyts även en för landet gemensam kartprojektion
- när Riksavvägningen slutförts införs även ett nytt höjdsystem och ett geoidhöjdsystem som kopplar ihop det tredimensionella referenssystemet med höjdsystemet
- det nationella riksnätet i höjd, ett resultat av Riksavvägningen, förtätas och à jourhålls
- RIX 95-projektet, etablering av samband mellan lokala och nationella referenssystem, fullföljs enligt plan
- det aktiva referensnätet, fasta referensstationer för GPS, drivs vidare på nuvarande nivå och nödvändiga utbyggnader sker i samverkan med användarna
- forskningsverksamheten förstärks bl.a. med industridoktorander och särskilda satsningar görs på transformations-, geoid- och landhöjningsfrågor
- en kraftfull rådgivningsinsats görs, bl.a. för att underlätta övergången till ett nytt referenssystem
- det internationella samarbetet, särskilt på europainivå, intensifieras.

Ett genomförande av de förslag som lämnas i Geodesi 2000 ger bättre förutsättningar för de lägesrelaterade aktiviteter, inom bl.a. transportnäring, samhällsplanering, miljöövervakning, totalförsvaret, byggande, turism, jord- och skogsbruk, vilka starkt bidrar till utvecklingen av det hållbara samhället.

1 Inledning

1.1 Uppdraget

För att ta fram underlag för välgrundade strategiska beslut inför det första decenniet på 2000-talet tillsatte Lantmäteriverket (LMV) hösten 1999 en utredning, som skall redovisa förslag till mål, strategi och handlingsprogram för svensk geodesiverksamhet under kommande tioårsperiod, särskilt avseende plan för Lantmäteriets investeringar i kompetens och utrustning samt förslag till organisatoriska åtgärder.

Målet är att vid utgången av det första decenniet på 2000-talet uppnå en geodetisk verksamhet i Sverige som gagnar möjligheterna till en effektiv lägesangivning och lägesbestämning för såväl informationsförsörjning, fastighetsbildning, modern projekterings- och anläggningsteknik som navigering samt att svensk geodesi, genom det internationella samarbetet, skall kunna bidra till studierna av förändringar i den globala miljön (global change).

1.2 Bakgrund

I IT-propositionen, (prop. 1999/2000:86) Ett informationssamhälle för alla, som överlämnades till riksdagen den 28 mars 2000, förslås mål, inriktning och prioritering av områden för IT-politiken. Av propositionen framgår att geografisk informationsteknik är en viktig del i utvecklingen mot informations- och kunskapssamhället. Tekniken ger förutsättningar för en mer rationell hantering av ärenden inom olika samhällssektorer bl.a. samhällsplanering, miljöövervakning, transportplanering och försvar.

Genombrottet för geografisk informationsteknik (GIT), liksom modern projekterings- och anläggningsteknik, ökar användningen av koordinater. Ny teknik ger också helt nya möjligheter till noggrann lägesbestämning för såväl kartläggning som navigering. All lägesangivelse förutsätter någon form av referenssystem; därmed ökar efterfrågan på enhetliga rikstäckande referensnät för lägesbestämning och på effektiva metoder för denna.

Även hantering och lagring av landskaps- och fastighetsinformation kräver tillgång till ett nationellt referenssystem. Geodesin utgör därför även, historiskt sett, ett av den svenska lantmäteriverksamhetens huvudområden.

Tidigare utredningar

I Geodesi 90 (LMV-Rapport 1990:1) redovisades stora behov och förväntningar på svensk geodesi. Geodesins roll i samhällsbyggandet markerades på olika sätt. Rapporten utmynnade i förslag till åtgärder och satsningar inom hela geodesiområdet.

Delar av förslagen konkretiserades ytterligare i LI94 (LMV-rapport 1993:3), som redovisade Lantmäteriets förslag till inriktning av verksamheten under 1990-talet. Även om förslagen som framförts i både Geodesi 90 och LI94 inte har kunnat genomföras i alla delar så har dessa rapporter utgjort värdefullt beslutsunderlag under den gångna tioårsperioden.

I två rapporter, "RIX 95 - En utredning om förtätning av de geodetiska riksnäten och anslutning av lokala stomnät" (LMV-rapport 1994:24) och "Finansiering av investeringar och drift av SWEPOS samt genomförande av förslagen i RIX 95" (LMV-rapport 1995:6), redovisas två regeringsuppdrag rörande dels åtgärder i riksnäten och finansiering av dessa, dels finansiering av ett nät av fasta referensstationer.

Verksamheter under förändring

Några idag stora och även prioriterade verksamheter kommer att avslutas under den kommande tioårsperioden, nämligen *SWEPOS-utvecklingens andra steg*, *Riksavvägningen* och *RIX 95*.

Resultatet av dessa verksamheter ger tillsammans med ny teknik möjlighet till nya metoder för lägesbestämning för såväl nuvarande användare som för helt nya användargrupper. Den allt mer ökade användningen av lägesbunden information inom nya grupper av användare leder till ökat utvecklingsbehov, rörande hantering av koordinater, koordinatsystem och referensnät. Den geodetiska infrastrukturen blir i många fall en av förutsättningarna för IT-baserade processer.

1.3 Syfte, målgrupp

Syfte

Utredningen avser att dels identifiera mål på nationell nivå, dels, i en strategi, peka ut de huvudsakliga åtgärder som behövs under tioårsperioden, dels ge underlag för planering av åtgärder inom organisationer och myndigheter.

Målgrupp

Utredningen har som målgrupp utpekat regeringen, myndigheter, högskolor m.fl. som har ansvar för geodetisk verksamhet, organ som beviljar forskningsmedel samt övriga som utövar geodetisk verksamhet eller använder geografisk information.

1.4 Arbetets uppläggning

Utredningsarbetet har bedrivits i projektform, med en styrgrupp bestående av Hans-Erik Wiberg, ordförande, Anders Olsson, Roger Ekman, Bertil Jansson och Lars E Engberg, projektledare.

I referensgruppen har ingått företrädare för Banverket, Sjöfartsverket, Vägverket, Sveriges Geologiska Undersökning, Forsvarsmakten, Kungliga Tekniska Högskolan, Sveriges Provnings- och forskningsinstitut, Västerås stad samt Lantmäteriets divisioner. Referensgruppen har samlats vid fyra tillfällen; projektets arbete har även presenterats och diskuterats vid två tillfällen i Lantmäteriets Kartråd.

2 Geodetisk infrastruktur

2.1 Lägesrelaterad information

En betydande del av vårt lands ekonomiska utveckling, sociala och miljömässiga välbefinnande – det hållbara samhället – är starkt beroende av lägesrelaterade aktiviteter. Exempelvis kan nämnas transporter, samhällsplanering, miljöövervakning, totalförsvaret, byggande, turism, jord- och skogsbruk.

Mycket av vad vi behöver göra inom dessa områden kan endast åstadkommas genom tillgång till information, om såväl geografin som de mänskliga aktiviteter som utövas i den. Informationen måste även vara lätt tillgänglig för samhället i stort dvs. såväl offentlig och privat sektor som enskilda medborgare.

Den lägesrelaterade eller rumsliga informationen beskriver företeelser som kan relateras till jordytan vare sig det är på land, i vatten eller i luften. Vegetation, naturtillgångar, markägande, jordart, luftkvalitet och befolkningsfördelning är exempel på rumslig information. Det är få områden av ekonomin som inte förlitar sig direkt eller indirekt på denna typ av information för planering, förvaltning eller rationalisering av verksamheten. Den lägesrelaterade informationen utgör idag ca 80 % av all information i samhället (ULI, U1998/4107/F).

Listan på användningsområden kommer att utökas under kommande år eftersom informationen mer och mer anpassas för användning inom nya områden, som exempelvis realtidstillämpningar inom trafikstyrning, miljöövervakning etc.

Tillförlitlighet, bl.a. aktualitet, är en förutsättning för framtida användning av lägesbunden information från olika databaser. Med möjligheten att hämta information i realtid, t.ex. via Internet, och lokalt kombinera information från olika databaser uppkommer kravet på en gemensam (rumslig) referens hos såväl uppgiftslämnare (producenter) som användare (konsumenter).

Ytterligare en förutsättning för att hålla databaser kontinuerligt uppdaterade är att förändringar registreras vid källan. Om denna registrering inte görs direkt i ett gemensamt geodetiskt referenssystem krävs en process med en eller flera transformationer, vilket oftast leder till en försämring av lägesnoggrannheten och vad värre är, risk för fatala fel (felaktig eller glömd transformation). Exempelvis måste

trafikhinder rapporteras in snabbt och i "rätt" system för att ett bilnavigeringssystem skall vara tillförlitligt.

Möjligheten att hämta information från olika databaser via Internet och sedan göra analyser av samvariation, såväl i rummet som över tiden, kan både ge ny kunskap och utgöra ett underlag i planeringssammanhang. För att dessa analyser skall kunna genomföras är det nödvändigt att alla uppgifter är redovisade i samma referenssystem. I annat fall krävs dessutom att varje användare själv rätt transformerar koordinatuppgifterna till ett gemensamt referenssystem.

I framtiden kommer de flesta samhällssektorer att kunna dra nytta av geografisk information och rumsliga analyser. Med hjälp av satellit teknik (GPS etc.) eller mobiltelefoni kommer även privatpersoner i stor utsträckning att kunna bestämma sitt läge i ett geodetiskt referenssystem, vilket betyder att övrig information, som är intressant, också bör finnas lägesbestämd i samma system.

Situationen idag är synnerligen diversifierad på referenssystemsidan, varje kommun har, i princip, sitt eget system. I många kommuner finns det t.o.m. fler än ett system, vilket är en konsekvens av kommunsammanslagningarna på 1970-talet. Nationellt kan vi också identifiera ett flertal olika system, som används i olika sammanhang. Görs ingenting åt denna verklighet kommer vi i Sverige att få svårigheter med användning av geografisk informationsteknik (GIT) i större omfattning.

2.2 Lägesangivelse

En väsentlig del av den rumsliga informationen, dvs. informationen om vår tredimensionella omgivning, är läget. I dessa sammanhang har jordytans form en central betydelse eftersom informationen – på ett eller annat sätt – är knuten till denna. När läget i rummet skall bestämmas är det egentligen läget på eller invid jordytan som söks.

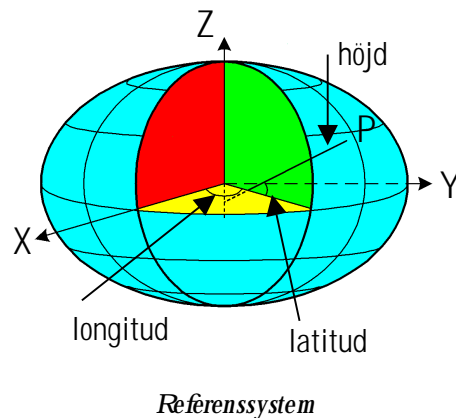
Med en väl utbyggd och kontinuerligt underhållen nationell infrastruktur med bl.a. geodetiska referenssystem kan läget bestämmas entydigt. De möjligheter, som dagens och morgondagens satellitnavigationssystem öppnar, att bestämma punkters lägen just där behovet finns, är av utomordentligt intresse. Det ställer dock väsentligt högre krav på den geodetiska infrastrukturen.

Geodetiska referenssystem med tillhörande geodetiska referensnät är en grundläggande beståndsdel i en nations infrastruktur. Nyttan av referenssystemet bestäms genom att identifiera de processer och produkter som är beroende av referenssystemets unika egenskaper,

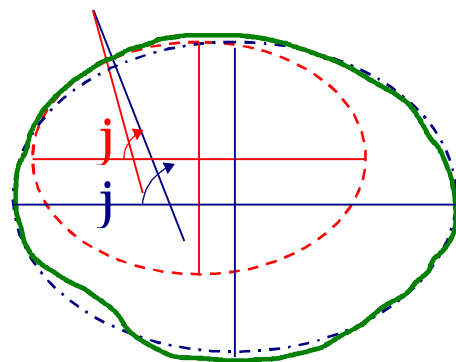
t.ex. att i en process eller applikation integrera geografiska data från flera olika källor eller med olika ursprung.

När den krökta jordytan skall avbildas på ett plan – som en karta på ett papper eller en dataskärm – måste avbildningen ske genom projektion på en yta som kan omvandlas till ett plan. Projektionen kan ske på olika ytor, som t.ex. en kon (Lambert m.fl.) eller cylinder (Gauss-Krüger, Mercator).

Innan jordytan över huvud taget kan projiceras på en yta måste den mätas upp och punkterna koordinatsätts (latitud, longitud och höjd). Själva uppmätningen måste göras relativt en fast och väldefinierad modelljord – en matematisk beskrivning av jorden och dess yta – ett så kallat geodetiskt datum. På grund av jordens oregelbundna form och ojämna fördelning av bergsmassiv och havsdjup har det inte varit möjligt att göra en enkel matematisk beskrivning av jorden, som passar lika bra överallt – och det är fortfarande inte möjligt.



Det har därför arbetats med många olika geodetiska datum – globala såväl som lokala – för att dels få en sammanhängande beskrivning, dels uppnå den bäst möjliga lokala anpassningen. Den moderna globala mätningstekniken (GPS) kräver globalt anpassade datum. Därför behöver vi i Sverige, liksom i alla andra länder, ett globalt anpassat tredimensionellt referenssystem, ett höjdsystem och i vissa fall behövs en geoidmodell (höjdkorrektionsmodell) för att kunna konvertera rent geometriska höjder till fysikaliska höjder.



Olika datum med olika referensellipsoider

- lokal anpassning
- global anpassning

Referenssystem

Det ökande utbytet av data och de universella mätmetoderna medför krav från aktörer på gemensamma referenssystem, som alla använder. Dagens och framförallt morgondagens krav på de geodetiska referenssystemen är att de är globala och inte lokala.

De referenssystem som definieras idag bygger på internationella, globala system. Eftersom jordklotet inte är en statisk kropp kommer absolutläget för punkter att förändras med kontinentalplattornas rörelser; i Norden har vi även, på grund av den tidigare nedisningen, en betydande landhöjning. Det blir därför nödvändigt att kontinuerligt följa (monitorera) dessa rörelser och beräkna deras påverkan på de olika referenssystemen.

Referensnät

Ett geodetiskt referenssystem realiseras i ett referensnät – ett nät av punkter med koordinater bestämda i referenssystemet.

Hittills har de geodetiska referensnäten, dvs. näten av noggrant lägesbestämda punkter, varit *passiva*. Användarna har måst söka upp de markerade punkterna för att ansluta sina egna mätningar och på så sätt bestämma läget i det geodetiska referenssystemet.

Användningen av satellitnavigationsteknik har lett till att en ny typ av nät – *aktiva referensnät* – etablerats. Karaktäristiskt för det aktiva nätet är att referenspunkterna i nätet permanent är försedda med mätutrustning och att mätdata överförs till användaren. De aktiva näten utgör också en nödvändig förutsättning för kontinuerlig kontroll av jordskorpanns rörelser.

Satellitnavigation

Satellitnavigation är ett hjälpmedel som kan användas för att bestämma läge, rörelse och noggrann tid. Tjänsten kan användas på land, till sjöss, i luften och även i rymden. Idag är GPS det vanligaste satellitnavigationssystemet men andra system finns, GLONASS, eller är på planerings- och konstruktionsstadiet, Galileo. I denna rapport används i många fall benämningen GPS då det är satellittekniken i stort som avses.

Satellitssystemet kan sägas vara ett slags dynamiskt aktivt referensnät. Signaler från flera satelliter uppfångas av en mottagare och används för att beräkna läge, hastighet och tid. Användarens mottagare "mäter" avståndet mellan mottagarens antenn och satelliten. Avståndet till varje satellit beräknas ur gångtiden för signalen. Mätning mot

fyra satelliter ger det tredimensionella läget (läget i rummet) och tiden (den fjärde dimensionen).

Vid absolutmätning bestäms positionen, i satelliternas referenssystem, enbart genom avståndsmätning direkt mot satelliterna. Noggrannhetsnivån är 5-10 m (medelfel i plan - sämre i höjd) när SA-störningen numera är bortkopplad (2000-05-02). Genom att använda sig av relativ mätning kan positionsnoggrannhet på några centimeter eller bättre erhållas.

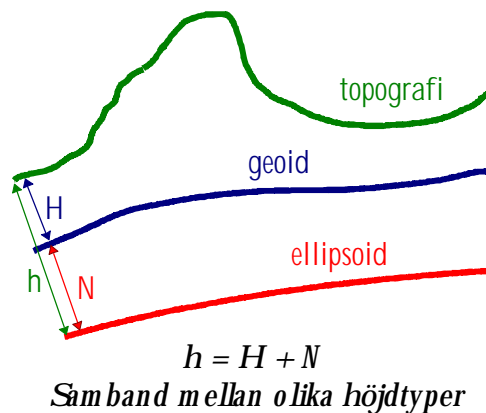
De farhågor som finns beträffande den framtida tillgängligheten till signalerna från GPS-satelliterna är till stor del obefogade. Policyuttalanden från USAs regering rörande GPS framtid, den stora civila användningen i USA och även borttagandet av SA-störningen visar att systemets tillgänglighet är garanterad.

Höjdsystem

Vatten är av central betydelse för de flesta mänskliga aktiviteter och rinner, som alla vet, från en punkt med högre höjd till en punkt med lägre höjd. Höjden är inte alltid en strikt geometrisk storhet utan oftast en fysikalisk storhet beroende av tyngdkraften.

Vi anger höjden "över havet" och havet utgörs i dessa sammanhang av en nivåyta den s.k. *geoiden*. Oregelbundenheterna i jordens tyngdkraftsfält gör även att geoidens form är oregelbunden.

Genom att utnyttja satellitnavigationstekniken erhålls tredimensionella positioner där den vertikala komponenten beskriver punktens geometriska höjd över referensellipsoiden. Denna typ av höjd kan avvika från höjden över havet med flera tiotal meter.



För att kunna omvandla höjder över ellipsoiden till höjder över havet krävs kännedom om geoidens form.

Geoidmodeller

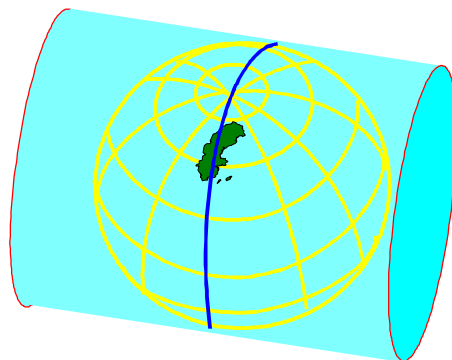
Kunskap om jordens tyngdkraftsfält är en förutsättning för att kunna beskriva geoiden i förhållande till en modelljord (referensellipsoid) eller annorlunda uttryckt - en förutsättning för att satellitnavigationstekniken skall kunna användas för bestämning av "höjder över havet".

En beskrivning av geoiden, i numerisk form, kräver insikter i såväl ren som tillämpad matematik och fysik för modellbildning och i numerisk analys för det praktiska utförandet.

Från att helt ha förlitat sig på terrestra observationer används numera en kombination av terrestra data och satellitdata.

Kartprojektion

Många tillämpningar kräver att den krökta jordytan (referensellipsoiden) avbildas på ett plan med en kartprojektion. Ingen projek- tion är fri från avbildningsfel, valet av projek- tion görs utifrån de olika egenskaper som dessa har.



Transversal cylinderprojektion

Varje kartprojektion orsakar deformationer som till sin storlek växer med avståndet från någon centralpunkt eller centrollinje. För att begränsa deformationernas storlek är det vanligt att göra en zonindelning, dvs. ett system av projektioner.

2.3 Geodetisk information

LMVs geodetiska arkiv omfattar:

- 10 000 Handskrifter, beräknings- handlingar, protokollböcker
- 2 000 Punktkartor
- 3 800 Moderna triangelpunkter
- 275 - " -, B-punkter
- 850 - " -, C-punkter
- 2 500 RIX 95-punkter
- 12 300 Äldre triangelpunkter
- 8 000 Planstödpunkter
- 45 000 Moderna höjdfixpunkter
- 70 000 Äldre höjdfixpunkter
- 29 000 Tyngdkraftspunkter
- 5 900 Barometerpunkter
- 2 000 Riksgränspunkter
- 170 Astronomiska punkter

Geodetisk information är dels uppgifter om referenssystemen och deras samband med andra system, dels uppgifter om referensnäten i form av koordinatuppgifter, punktbeskrivningar, mätdata etc.

Av alla dessa uppgifter kan mycket göras tillgängligt via Internet. Det finns dock vissa begränsningar från såväl säkerhets- som kvalitetssynpunkt.

Säkerhet, sekretess

Många uppgifter har tidigare varit belagda med sekretess.

Idag är endast en mindre del av militärgeografiskt intresse, såsom höjd-, djup- och tyngdkraftsdata, som ej framgår av allmänna kartor, sjökort eller andra öppna källor, hemliga.

Kvalitet

I dagens (manuella) geodetiska arkiv har de som beställer uppgifter möjlighet att få hjälp med bedömning av vilken kvalitet (noggrannhet, etc.), som t.ex. plankoordinater och höjduppgifter har eller med vilken kvalitet en viss transformation kan utföras.

Många användare har inte tillräcklig kunskap för att själva bedöma uppgifternas kvalitet eller om de är användbara i den tänkta tillämpningen. Det betyder att möjligheten till användarstöd är nödvändig.

Avgifter

Uppgifter rörande referenssystemen och data från de passiva referensnäten tillhandahållas idag utan annan kostnad än uttagskostnad.

Data från det aktiva nätet, s.k. SWEPOS-data, ingår också i den geodetiska informationen. Enligt tidigare beslut tas avgifter ut av användarna för att bidra till driftskostnaden.

2.4 Geodesins roll som vetenskap

Geovetenskaperna är ett samlingsbegrepp på de vetenskaper som utforskar jordklotets historia, struktur, sammansättning, egenskaper och resurser samt de processer som verkar på jordklotet.

Geodesi, som är en av geovetenskaperna, har flera uppgifter att lösa såsom uppmätning av jorden, lägesbestämning i stort, och kartläggning av jordens tyngdkraftsfält. För att kunna lösa dessa uppgifter på ett bra sätt krävs ett tvärvetenskapligt samspel med övriga vetenskaper. På samma sätt behöver andra vetenskaper geodesin för att lösa sina uppgifter. Aktuella exempel är:

- samröre med geodynamik för studier kring rörelser i jordskorpan,
- geofysik för att förklara mekanismer kring landhöjningen,
- meteorologi för att dels öka mätnoggrannheten i GPS-mätningar och dels använda GPS för att kartlägga förhållanden i atmosfären.

Internationellt diskuteras det också i termer av global övervakning av vad som sker med vår planet (global change). Här ger geodesin även bidrag till studierna av förändringar i den globala miljön, ex.vis klimatförändringar.

2.5 Offentligt åtagande

Omfattningen och avgränsningen av det offentliga åtagandet är av grundläggande betydelse. I den förvaltningspolitiska propositionen (prop. 1997/98:136) framhöll regeringen att en enkel, säker och kostnadseffektiv tillgång till samhällets *grundläggande information* är ett offentligt åtagande av väsentlig betydelse för den offentliga förvaltningen, för medborgarna och för företagen.

För att kunna bedöma vad offentligt åtagande innebär måste huvuddragen utvecklas närmare. En enkel, säker och kostnadseffektiv tillgång till samhällets grundläggande information kräver ett utpekat ansvar för uppbyggnad, förvaltning och tillhandahållande.

Det offentliga åtagandet för olika verksamheter har utretts och diskuterats under lång tid. I en promemoria "Samhällets grundläggande information - Inventering, Analys, Förslag" (Ds 2000:34) har en arbetsgrupp inom Regeringskansliet sammanfattat denna diskussion och bl.a. föreslagit en modell för att analysera om en viss information i samhället är grundläggande och därmed ett *offentligt åtagande*. Den föreslagna modellen utgår från

□ *Informationens egenskaper*

Informationen skall vara av grundläggande karaktär, dvs.

- förekomsten är frekvent,
- användningen mångsidig, och
- behovet av informationen är beständig i tiden.

□ *Behovet av informationen*

Finns behovet till större delen inom eller utom den offentliga förvaltningen eller är informationen allmänt efterfrågad.

□ *Särskilda motiv för ett offentligt åtagande - när behovet finns utanför förvaltningen*

Flera motiv kan finnas, som exempel nämns samhällsekonomiskt motiv och demokratiskt motiv.

En tillämpning av prövningsmodellen visar klart att den geodetiska informationen är ett offentligt åtagande.

Ansvar och roller idag

Enligt lantmäteriinstruktionen skall Lantmäteriverket "ansvara för de geodetiska rikssystemen och stöd för mätning som innefattar satellitbaserad lägesbestämning och navigering". För verksamhet under riksnätsnivån är det inte angivet i någon författning vad kom-

munen eller respektive organisation eller projekt har för ansvar. Dock är underförstått att kommunen har ansvar för att de grundläggande stornät som behövs för samhällsbyggandet har tillräcklig omfattning och kvalitet.

I Mätningkungörelsen (MK) anges att respektive producent också har ett ansvar att beakta behovet av samordning. Det har inte närmare utvecklats hur långt denna samordning skall sträcka sig. Lantmäteriverket har enligt MK en tillsynsroll som dock ej under senare tid egentligen utövats annat än genom utgivning av Handbok till mätningkungörelsen (HMK).

Den idealiserade strukturen av hierarkiska geodetiska stornät avspeglar sig på den nuvarande rollfördelningen. Riksnäten handhas av staten genom Lantmäteriverket och bruksnäten handhas av kommunerna samt i vissa fall även andra statliga organisationer, som ban- och vägverk. Länken mellan riksnäten och bruksnäten, anslutningsnäten, har till övervägande del varit en kommunal uppgift. Slut användningen för samhällsplanering och byggande har i de flesta fall utgått från bruksnäten.

3 Verksamhetens inriktning

För att ge en bakgrund till de förslag som presenteras senare ges inledningsvis i detta avsnitt exempel på behov och användning av geodetisk information. Här redovisas även mål och strategi för att uppnå en hållbar geodetisk infrastruktur. Analys- och förslagsdelen är uppdelad på flera områden och varje område inleds med en punktformad sammanfattning följt av förslagen. En del slutsatser och förslag är så uppenbara att någon textförankring inte har ansetts meningsfull. Om inte annat anges så avses förslagen genomföras under den närmaste tioårsperioden.

Behov och användning

Behovet av koordinatsatt geografisk information är omfattande¹, den används inom många kommunala förvaltningar, av länsstyrelser och andra myndigheter, av skogsbolag, elnätsföretag, m.fl. Information som en organisation har till uppgift att samla in och förvalta används även av någon annan. En förutsättning för en rationell hantering är att data kan utväxlas mellan olika organisationer på ett smidigt sätt, vilket ställer krav på enhetliga referenssystem. En del kommuner planerar, eller har redan påbörjat arbetet, att ersätta nuvarande system med ett nytt enhetligt referenssystem.

Användning av digital geografisk information i kombination med lägesbestämning kommer sannolikt att öka kraftigt de närmaste åren. Mobila realtidstillämpningar inom bl.a. transportsektorn blir möjliga på ett helt annat sätt på grund av den snabba utvecklingen av mobil datakommunikation. Inom sjöfart och luftfart finns redan system för utsändning av rörliga enheters positioner till såväl trafikledningscentraler som till andra rörliga enheter varigenom trafiken kan följas i en kartbild. Genom internationella beslut anpassar Sjöfartsverket och Luftfartsverket sina produkter och tjänster till ett globalt referenssystem. För landmobila tillämpningar är en liknande teknikutveckling möjlig, men här finns inte motsvarande internationella samordning av infrastrukturen. I regeringens proposition "Transportpolitik för en hållbar utveckling" (1997/98:56) anges bl.a. "brist på viss grundläggande infrastruktur (geodetiska nät, referensstationer m.m.)" som ett hinder för en snabb introduktion av transportinformatik.

¹ Den lägesdatadefinitionen utgör idag ca 80% av all information i samhället (ULI, U 1998/4107/F)

Teknikutveckling under den närmaste tioårsperioden

Följande punkter utgör exempel på teknikutveckling som kommer att få betydelse för framtida geodetisk verksamhet.

- *maskinstyrning (transporter, byggverksamhet, lager)*

Maskinstyrning, ex.vis styrning av entreprenadmaskiner baserad på koordinater från projekteringen, i kombination med GPS möjliggör en direkt användning av det nationella referenssystemet.

- *mobilt Internet för distribution av geodetisk information på ett rationellt och kostnadseffektivt sätt*

Tillgång till mobilt Internet medför nya möjligheter såväl för distribution av geodetisk information som för nya tillämpningar där lägesinformationen kommer att vara en väsentlig nyckelinformation.

- *satelliter för registrering av jordens tyngdkraftsfält*

Satelliter i omlopp kring jorden påverkas av jordens tyngdkraftsfält, vilket ger oregelbundenheter i omloppsbanan. Detta förhållande är självklart störst för satelliter i låga banor. Analys av satellitbanorna ger information om tyngdkraftsfältets variationer.

I början av den kommande tioårsperioden kommer en rad satellit-system, som bidrar till utökad kunskap om jordens tyngdkraftsfält att skjutas upp. De tre som är mest lämpade för denna uppgift är Champ, Grace och Goce. Data från dessa satelliter kommer främst att ge bättre globala geoidmodeller.

- *satellitnavigationsteknik*

Dagens satellitnavigationsteknik har möjliggjort införande av ett globalt referenssystem med så hög noggrannhet att det räcker både för geografisk information och detaljmätning med centimeternoggrannhet.

- *efter 2003 kommer nästa generation av GPS-satelliter och Galileosatelliter att skjutas upp*

Såväl förbättrad teknik som det utökade antalet satelliter ger förbättrade förutsättningar för positionsbestämning och navigering med satellitteknik.

- *integration av olika sensorer och positioneringssystem – digitalkameror, laserscanning, radar, lasergyron, fiberoptiska gyron, GPS-mottagare etc.*

Genom integrationen erhålles lägesbestämningen mer eller mindre direkt vid datafångsten, vilket i sin tur ställer större krav på referenssystemen.

Mål och strategi

Sverige behöver en över tiden hållbar geodetisk infrastruktur. Det är angeläget att utveckla formerna för införande och förvaltning av stabila referenssystem och referensnät utgående från de nya förutsättningar som satellitbaserad lägesbestämning och nätet av fasta referensstationer ger.

3.1 Referenssystem

Geodesi 2000 har funnit att

- det finns en mångfald av plana referenssystem, på såväl nationell som lokal nivå,
- det finns en mångfald av höjdsystem på lokal nivå,
- det finns rekommendationer på Europainivå beträffande val av referenssystem,
- moderna referenssystem förvaltas bl.a. genom kontinuerlig övervakning,
- inget internationellt organ har egna medel för att utforma och förvalta ett globalt referenssystem, utan detta sker genom insatser av de nationella kartmyndigheterna,
- den pågående Riksavvägningen slutförs inom några år,
- vi behöver fortsättningsvis höjder över havet,
- nya geoidmodeller behöver utvecklas,
- två olika system för tyngdkraft används inom landet

Geodesi 2000 föreslår att

- ett nytt tredimensionellt referenssystem baserat på ETRS 89 införs i Sverige,
- det nya referenssystemet övervakas kontinuerligt med hjälp av SWEPOS-nätet,
- ett nytt höjdsystem baserat på den slutförda riksavvägningen definieras och införs på nationell nivå,
- höjdkorrektionsmodellen, omfattande geoid och landhöjning, förbättras kontinuerligt och anpassas till referenssystemen,
- tyngdkraftsvärdena i detaljnätet konverteras från RG 62 till RG 82,
- Sverige genom LMV aktivt deltar i arbetet med det globala referenssystemet,
- LMV och andra intressenter utarbetar och genomför program för sin övergång till det nya gemensamma referenssystemet

Historiskt sett har de flesta länderna i världen baserat sin kartframställning och annan verksamhet med lägesanknytning på referenssystem som är unika för landet. Av flera skäl är de horisontella referenssystemen och höjdsystemen åtskilda. Utvecklingen av rymdbaserad teknik har möjliggjort användning av tredimensionella globala referenssystem.

Horisontella system

I Sverige används för det horisontella läget på nationell nivå tretton olika referenssystem; RT 90 samt de tolv regionsystemen RT R01 - RT R12. I vissa sammanhang figurerar även det äldre systemet RT 38 och i södra Sverige ett ännu äldre system benämnt RT P. Systemen finns realiserade på riksnätet i plan eller delar därav.

Beträffande projektionssystem används i översiktliga tillämpningar (skalor $\leq 1:10\,000$) ett gemensamt projektionsplan för hela Sverige med medelmeridian 2,5 gon V om Stockholms gamla observatorium ($15^{\circ}48'29''.8$ öster om Greenwich). För att minimera deformationerna orsakade av projektionen används vid detaljerade tillämpningar ytterligare fem projektionszoner.

Varje referenssystem ger i kombination med respektive projektionszon upphov till ett separat koordinatsystem. Följaktligen finns det för RT 90 liksom för RT 38 sex olika plana koordinatsystem, ett

för varje projektionszon. Eftersom regionsystemen täcker mindre områden finns för de flesta regionerna koordinater i projektionszonen 2,5 gon V samt eventuellt ytterligare någon eller några zoner. Sammantaget leder detta till ca 40 olika koordinatsystem på riksnivå.

Etableringen av de kommunala systemen har skett under en lång tidsrymd. Sedan 1900-talets början har de större kommunerna genomfört egna trianguleringar, framförallt täckande centralorten (de gamla städerna). En del av dessa trianguleringar är anslutna till rikets system, då främst RT 38 , RT P eller något regionsystem. Det sammantagna antalet lokala horisontella system med anknytning till kommunal verksamhet rör sig sannolikt om flera hundra.

De horisontella kommunala systemen är genomgående räknade i ett projektionsplan eller som helt fristående plana system, dvs. utan koppling till någon referensellipsoid.

Många tillämpningar, även på lokal nivå, karaktäriseras idag och i framtiden av sambearbetning av geografisk information från olika huvudmän. Denna mångfald av system för lägesredovisning utgör ett hinder för rationellt utnyttjande av lägesbunden information. Ett genomförande av projektet RIX 95, se avsnitt 3.3.1 *Plana nät*, ger bl.a. förutsättningar för övergång till ett för landet gemensamt referenssystem.

Även de tredimensionella systemen, se nedan, kan användas för angivande av det horisontella läget genom att utnyttja latitud och longitud. Det behövs dock en kartprojektion knuten till detta system för att möjliggöra en mer praktiskt användning, se vidare avsnitt 3.2 *Kartprojektion*.

Höjdsystem

Den första precisionsavvägningen resulterade i höjdsystemet RH 00, den andra i systemet RH 70. För punkter i den tredje precisionsavvägningen beräknas fortlöpande höjder i RH 70. För att kunna särskilja dessa höjder från höjderna i det ursprungliga RH 70, betecknas de nya punkternas höjder med RHB 70.

I arbetet med slutbearbetningen av den tredje precisionsavvägningen måste vi aktivt följa den europeiska utvecklingen. På förfrågan av EU-kommissionen, har en arbetsgrupp, organiserad av det europeiska samarbetsorganet MEGRIN, rekommenderat EU-kommissionen att anta det höjdsystem som tas fram inom EUREF genom EUVN/UENL-samarbetet. Kommissionen uppmanas vidare att befrämja dess användning inom medlemsländerna.

De kommunala höjdsystemen är sannolikt fler än de plana systemen. De har ofta sitt ursprung i rikets höjdsystem RH 00 eftersom många lokala nät är mycket gamla och RH 00 fram till 1970-talet var det rikssystem som fanns tillgängligt. På grund av den ojämna kvaliteten i RH 00 måste dock dessa lokala system betraktas som mer eller mindre lokala. I en kommun med flera lokala höjdnät anslutna till RH 00 har man således i praktiken flera olika höjdsystem.

Geoidhöjdsystem

För omvandling av höjder över ellipsoiden, som erhålles i ett tredimensionellt referenssystem, till "höjder över havet", som är de som brukas av flertalet användare, krävs en höjdkorrektionsmodell (geoidhöjdsystem). Noggrannheten i höjden är direkt beroende av noggrannheten i korrektionsmodellen.

Idag används geoidhöjdsystemet SWEN 98L, för omvandling av höjder över ellipsoiden i SWEREF 93 till höjder över havet i RH 70. Geoidhöjdsystemet är beroende av såväl geoidens form som landhöjningen. Tidigare användes ett geoidhöjdsystem benämnt RN 92.

Tyngdkraftssystem

På samma sätt som för horisontella system och höjdsystem, finns det olika referenssystem för tyngdkraft. Idag används ett äldre tyngdkraftssystem, RG 62, för kartläggning av tyngdkraft i Sverige. Ett nytt tyngdkraftssystem, RG 82, har etablerats i ett nollte ordningens nät. Uppbyggnad av ett nytt första ordningens nät pågår. En vidare diskussion redovisas under avsnittet 3.3.4 *Tyngdkraftsnät*.

Tredimensionella system

Användningen av globala tredimensionella referenssystem har fått stor internationell spridning. Idag är denna typ av system standard inom sjöfarten och det civila flyget liksom vid internationell försvarssamverkan.

Efter förfrågan från EU-kommissionen har det europeiska samarbetsorganet MEGRIN lämnat en rekommendation till EU-kommissionen att anta det globalt anpassade systemet ETRS 89 som standard för lägesrelaterad information inom EU-arbetet. Vidare rekommenderar MEGRIN ökad nationell användning av ETRS 89 inom alla sina medlemsländer.

Etablering av globalt anpassade tredimensionella referenssystem fordrar tillgång till koordinerade mätdata från alla delar av jorden. Inom IGS (International GPS Service) samlas mätdata från ett antal fasta referensstationer för GPS in och bearbetas. IERS (International Earth Rotation Service) sammanställer mätdata från olika tekniker, beräknar på grundval av dessa i stort sett årligen nya globala referenssystem, ITRF (International Terrestrial Reference Frame), och publicerar koordinater för några hundra stationer över världen. På grund av bl.a. kontinentaldrift ändras koordinaterna för en punkt i ITRF över tiden.

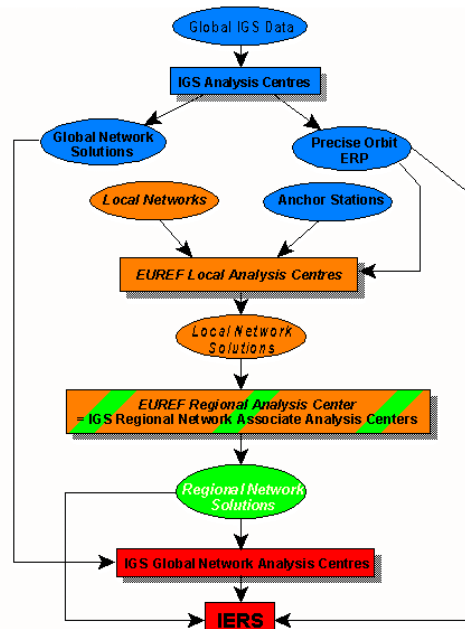
I Europa har EUREF sett behovet av ett globalt anpassat referenssystem, som inte ändras över tiden inom Europa. Därför har ETRS 89, som i princip sammanfaller med ITRF för år 1989, tagits fram.

På internationell nivå finns inget organ som har egna medel för att utforma och förvalta ett globalt referenssystem. Den internationella verksamheten byggs upp genom att de nationella kartmyndigheterna bidrar med sina egna resurser, se även avsnitt 3.3.5 *Aktiva referensnät*.

Flera enskilda länder har gått eller är i färd med att gå över till något globalt system. Våra grannländer Danmark, Finland och Norge har infört det europeiska systemet och inom övriga delar av världen har USA och Kanada samt Australien infört motsvarande system.

Det svenska tredimensionella referenssystemet med global anpassning, SWEREF 93, grundas på mycket noggranna koordinater på 21 av de fasta referensstationerna för GPS som ingår i SWEPOS. När detta system skapades fanns inte några enhetliga principer för hur beräkningen av koordinater i ETRS 89 skulle ske. Systemet är därför inte optimalt anpassat till senare framtagna europeiska system.

Under år 2000 har ett nytt svenskt system, SWEREF 99, som ersätter SWEREF 93, tagits fram och godkänts enligt det europeiska regel-

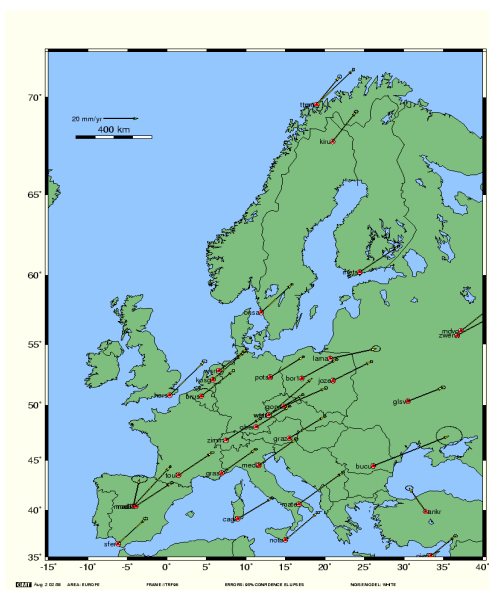


Samband mellan EUREF, IGS IERS

verket. Överensstämmelsen med våra grannländer är på nivån 1 cm för SWEREF 99, jämfört med nivån 5 cm för SWEREF 93.

Förvaltning av referenssystem

Historiskt sett har det varit ny teknik och förbättrade mätmetoder som gjort det nödvändigt att byta ut gamla geodetiska koordinat- och referenssystem mot nya med högre global-, regional- och lokal noggrannhet. Idag är det i stället rörelser i själva jordskorpan som på sikt kommer att deformera de moderna referenssystem, som vi etablerar nu.



Europas rörelser i ITRF96 (från SD PAC)

Kontinentalplattornas rörelser medför att Europa rör sig i ost-nordostlig riktning med en hastighet av ca 22 millimeter per år, dvs. SWEREF 99 (och ETRS 89) kommer med tiden avvika från ITRF med detta belopp.

Viktigare är dock de rörelser som finns inom Europa. I Norge, Sverige och Finland uppgår landhöjningen, orsakad av den senaste nedisningen, som högst till 10 millimeter per år. Landhöjningen orsakar också horisontella rörelser, ibland benämnda landtöjning. Dessa postglaciala rörelser kommer successivt

att deformera referenssystemet, och efter en tid, ca 15-25 år, även att menligt påverka nya mätningar. Det gäller även det nya höjdsystemet.

Genom att bearbeta och analysera registreringar från fasta referensstationer tillsammans med motsvarande registreringar från andra stationer inom Norden, inom Europa och även globalt, kan de geodynamiska rörelserna detekteras och modelleras. Ett nät av fasta referensstationer, vilket för Sveriges del är SWEPOS-nätet, är därför en nödvändig del av den geodetiska infrastrukturen för förvaltning av de geodetiska referenssystemen.

3.2 Kartprojektion

Geodesi 2000 har funnit att

- det globala referenssystemet uttrycker normalt lägen som latitud, longitud och höjd över ellipsoiden. I flertalet fall kommer den dagliga tillämpningen vara baserad på plana projicerade xy-system. Dessa skall då vara direkt härledda ur det tredimensionella referenssystemet,
- det finns behov av ett antal projektionszoner för detaljerade tillämpningar,

Geodesi 2000 föreslår att

- **frågor om kartprojektion anpassad till ett globalt referenssystem utreds omgående genom tillsättning av en utredningsgrupp med bred representation**

Många tillämpningar kräver att den krökta jordytan avbildas på ett plan med en kartprojektion. Primärt ges punkternas horisontella lägen av latitud- och longitudvärden relativt en lämpligt vald jordmodell (referensellipsoiden). Latituder och longituder relaterade till ellipsoidytan är emellertid krångliga att arbeta med i vissa sammanhang. För kartframställning och annan praktisk verksamhet avbildar man därför den buktiga ellipsoidytan på ett plan med hjälp av en kartprojektion. Ingen projektion är fri från avbildningsfel, valet av projektion görs utifrån de olika egenskaper som dessa har. Varje kartprojektion orsakar deformationer som till sin storlek växer med avståndet från någon centralpunkt eller centrallinje. För att begränsa deformationernas storlek är det vanligt att göra en zonindelning, dvs. ett system av projektioner.

Om ett nytt referenssystem skall införas och användas för kartläggningsändamål, behövs också en kartprojektion. Val av kartprojektion kräver en bred förankring och den bör utredas separat. För lokal mätning och kommunaltekniska tillämpningar behövs också ett system av projektionszoner motsvarande dagens indelning med sex projektionszoner.

Idag finns ett antal kommuner som står i begrepp att byta referenssystem, bl.a. i spåren efter RIX 95. För att nå framgång i bytet av referenssystem är det en stor fördel om bytet kan göras till det nya uppgraderade SWEREF-systemet. Den praktiska tillämpningen kräver därför ett system av kartprojektioner för användning i den kom-

munala verksamheten. Vissa förberedande arbeten, som utvärdering och upprätning av geometrin i de lokala systemen, kan dock utföras utan att beslut om kartprojektion fattats.

Frågor om kartprojektion berör många grupper i samhället, och innehåller många aspekter som också är av icke teknisk art. En särskild arbetsgrupp med bred förankring bör etableras och påbörja sitt arbetet så snart som möjligt.

3.3 Referensnät

Geodetiska referensnät används idag av en bredare grupp än den krets av geodeter och mätningstekniker som tidigare var ganska ensamma direkta användare; andra grupper var indirekta användare genom att framförallt utnyttja analoga kartor för hantering av geografiska data.

Teknikutveckling, såväl för lägesbestämning, som för hantering av geografiska data, leder till att det blir fler och framför allt nya grupper som utför lägesbestämning och lägesangivning. Mättekniken har blivit enklare, vilket innebär att fler kan mäta i egen regi, och uppbyggnaden av geografiska databaser förutsätter koordinatsatt information.

Utvecklingen inom satellitnavigationstekniken har inneburit nya möjligheter att utföra lägesbestämning noggrant – någon eller några centimeter – över långa avstånd. Lägesbestämning i realtid kan idag göras med absolutmätning på noggrannhetsnivån 5-10 m eller med DGPS på meternivå. Mätning på centimeternivå kan utföras med RTK i realtid på avstånd upp till 10 km, med nätverks-RTK i realtid upp till 60-80 km eller med statisk mätning och efterberäkning på långa avstånd (några hundra km). En förutsättning är dock att referenssystemen har tillräcklig regional noggrannhet.

Många nya tillämpningar är helt baserade på satellitteknik och inom traditionella tillämpningar öppnar tekniken nya möjligheter. Ett exempel på det senare är fastighetsbildning utanför tätort, där markbundna referensnät inte alltid etableras längre. Här har satellittekniken gjort det möjligt att noggrant och kostnadseffektivt ansluta mätningar till ett nationellt referenssystem, vilket gör det möjligt att säkerställa fastighetsgränserna numeriskt.

Satellittekniken påverkar naturligtvis behoven av referensnät och referenssystem. Möjligheten att mäta utan direktsikt och med hög noggrannhet över längre avstånd innebär att man kan ha betydligt glesare referensnät än tidigare. Det ställer dock betydligt större krav

på referensnätens regionala och nationella noggrannhet. Satellittekniken ger också nya möjligheter att etablera mycket homogena referensnät med hög noggrannhet över långa avstånd (centimeternoggrannhet över hundratals mil) och anslutning till ett globalt referensnät.

Satellitnavigationstekniken är i grunden tredimensionell, vilket ställer krav på tredimensionella referenssystem, även om tillämpningarna många gånger är tvådimensionella. Vidare har den nya tekniken infört en ny typ av referensnät, *aktiva referensnät*, bestående av punkter som permanent är utrustade med mätinstrument – fasta referensstationer.

Etablering av moderna referenssystem kräver internationell samverkan. För att till skapa ett nationellt referenssystem med global anpassning krävs tillgång till uppgifter av högsta kvalitet för satellitbarnorna. Mätdata hämtas inte bara från stationer inom landet utan även från omkringliggande länders nät. Omvänt gäller att det internationella samfundet är beroende av data från de enskilda länderna för att kunna tillhandahålla noggranna bandata och korrektionsmodeller för t.ex. kontinentalplattornas rörelser och andra fenomen som berör jordens dynamik.

Näten av referensstationer, permanent försedda med utrustning för registrering av satellitsignalerna, utgör en väsentlig del av en modern geodetisk infrastruktur.

Ett speciellt problem som drabbar de nordiska länderna är den postglaciala landhöjningen. Korrektioner för landhöjningen finns inte med i de globala korrektionsmodellerna utan här är vi hänvisade till att utveckla egna modeller. Även i detta sammanhang spelar de nordiska näten av fasta referensstationer en betydelsefull roll.

3.3.1 Plana nät

Geodesi 2000 har funnit att

- kommunala plannät ansluts genom projektet RIX 95 till riksnätet i plan, men vad händer sedan ...?
- ett fullföljande av RIX 95 är en förutsättning för att åstadkomma samband mellan lokala och nationella system,
- fortsatta arbete på lokal nivå krävs för att få bättre samband mellan lokala och nationella referenssystem,

- de nya punkterna från RIX 95 och gamla GPS-vänliga punkter ur riksnätet i plan kommer att fylla en viktig funktion under tioårsperioden. Kraven på markeringarnas stabilitet och GPS-lämplighet bör vara anpassade efter detta,
- det behövs undersökningar och utvärderingar av kommunala nät,
- utvärderingen av de lokala systemen grundas lämpligen på punkter inmätta i RIX 95 och referenssystem SWEREF 93 eller dess senare uppgradering, SWEREF 99,
- LMV:s tillsynsroll i detta sammanhang behöver aktiveras (gäller både plan och höjdnät),
- tidpunkten för när och till vilket system som övergång skall ske bör övervägas noggrant

Geodesi 2000 föreslår att

- **det pågående projektet RIX 95 fullföljs enligt plan,**
- **utvärderingen av de kommunala näten aktivt understöds av LMV och Svenska Kommunförbundet (SK),**
- **inget annat underhåll i det befintliga riksnätet i plan görs under perioden, än fullföljandet av RIX 95**

Den tredje rikstrianguleringen avslutades 1982 och utgör grunden för RT 90. Hittills gjorda studier visar att relativa medelfelet i punkternas koordinater är ca 1-2 ppm, dvs. 10-20 cm på 10 mil. En jämförelse mellan RT 90 och SWEREF 93 visar att RT 90 är inhomogent. Dessa inhomogeniteter medför att moderna mätningar – med satellitteknik – i många fall måste deformeras för att passa in. På sikt kommer en fortsatt användning av RT 90 som "det nationella systemet" att leda till betydande svårigheter.

RIX 95-projektet

RIX 95 avser dels anslutning av lokala nät för att etablera överföringssamband mellan kommunala och nationella system, dels en förtätning och GPS-anpassning av det plana riksnätet. Därutöver ges satsningen ett facit för kontroll av lokala stomnäts homogenitet.

För genomförandet tillskjuts finansieringsmedel från Lantmäteriverket, Banverket, Vägverket, Forsvarsmakten och Telia AB. Sjöfartsverket bidrar med egna arbetsinsatser och transporter för mätningssarbeten inom kustområden. Svenska Kommunförbundet (SK) rekom-

menderar kommunerna att bidra till projektets genomförande genom att fritt ställa nödvändig information om aktuella stornät till projektets förfogande. Den totala kostnaden uppskattades, i 1995 års penningvärde, till 54 Mkr exklusive sjötransporter. Verksamheten har fram till och med år 2000 förbrukat 21,8 Mkr, exklusive Sjöfartsverkets insatser och LMVs utvecklingsinsatser.

RIX 95 påbörjades 1995 och beräknas vara klart 2005, finansieringsavtalen är dock ettåriga och problem med finansieringen kan inte uteslutas. Risk föreligger därmed att tidsplanen inte kan hållas, dvs. att det tar mer än 10 år att förverkliga målen, vilket bl.a. kan påverka införandet av den nationella digitala registerkartan (NDRK). Genomförs projektet som planerat kommer riksnätet att kompletteras med ca 5 500 punkter, varav flertalet är identiska med kommunala punkter. GPS-mätningar utförs på samtliga punkter och nätet ansluts även till SWEPOS och punkter i riksnätet i höjd (Riksavvägningen). Beräkningen ger koordinater i RT 90 och SWEREF 99 samt höjder i RH 70. Slutligen bestäms transformations samband mellan rikssystemen och kommunala system.

Det är inte självklart att "RIX 95-punkterna", på samma sätt som i tidigare passiva nät, å jourhålls. Frågan om framtida underhåll av punkterna är till stor del avhängig av utvecklingen av positions tjänster baserade på aktiva referensnät.

Lokala nät

Noggrannheten i lokala nät är, liksom i riksnätet i plan, sett över längre avstånd och i relation till dagens teknik, inte tillräcklig, vilket ex.vis medför problem vid användning av RTK-mätning. Genom RIX 95 erhålles en första indikation på systemdeformationer i det lokala nätet. En övergång till ett nytt gemensamt (globalt) referenssystem kräver i allmänhet ytterligare analys.

På kommunal nivå måste, vilket också ingick i förutsättningarna för RIX 95, ett fortsatt arbete bedrivas för att blottlägga de lokala nätens systemdeformationer. I annat fall kommer ett byte av referenssystem endast att leda till samma problem som tidigare men med andra koordinater.

Många av landets kommuner kommer att behöva rådgivning och stöd i arbetet med utvärdering och upprätning av referensnäten. Lantmäteriverket och Svenska Kommunförbundet bör tillsammans verka för att nödvändiga resurser avsätts för detta arbete.

3.3.2 Höjdnät

Geodesi 2000 har funnit att

- den pågående riksavvägningen slutförs inom kort,
- många lokala höjdnät av god kvalitet saknar bra anslutning till riksavvägningen,
- behovet av traditionella höjdnät kommer att finnas kvar under överskådlig tid,
- transformation mellan det nya höjdsystemet och höjd över ellipsoiden, t.ex. vid GPS-mätning, kräver en nationell geoidmodell. För att minska felen i denna omräkning behövs bättre geoid- och landhöjningsmodeller än vad vi har idag

Geodesi 2000 föreslår att

- **den pågående riksavvägningen slutförs enligt plan varvid ett nytt riksnät i höjd etableras,**
- **det nya riksnätet i höjd à jourhålls efter en fastställd plan,**
- **en selektiv förtätning av riksnätet i höjd bör göras för att ytterligare underlätta anslutning av lokala höjdnät,**
- **kommunala, och andra lokala, höjdnät bör anslutas till det nya riksnätet i höjd**

se även 3.1 Referenssystem

I slutet på 1970-talet påbörjades en tredje rikstäckande precisionsavvägning, i fortsättningen kallad Riksavvägningen. Ett av huvudskälen till att genomföra Riksavvägningen var att skapa anslutningsmöjligheter för lokala nät. Enligt nuvarande plan kommer mätningarna, såväl nyproduktion som eventuella ommätningar att vara avslutade år 2003.

Riksavvägningen anpassas så långt det är möjligt till de lokala behoven. Eftersom det i Riksavvägningen efter hand beräknas brukshöjder i RH 70 (benämnda RHB 70) ställs dock krav på samband till äldre precisionsavvägningar. Nya linjer måste därför lokaliseras i närheten av de äldre precisionslinjerna. Här kan inga större avvikelser göras eftersom varje åtkomlig äldre punkt behöver anslutas. Vid lokaliseringen av dessa linjer måste därför anslutningskravet i allmänhet väga tyngre än önskemålen från de lokala användarna.

De brister och olägenheter som uppstår för de lokala användarna genom ovan redovisade restriktioner är lätta att åtgärda genom för-tätning av riksnätet i ett andra steg. Ett svagt riksnät med dålig kontakt med äldre höjdsystem eller ett nät med undermåliga markering-ar går däremot inte att förbättra i efterhand.

Genomförandet av Riksavvägningen skapar på detta sätt en grund för att ansluta många av de lokala näten. Därefter återstår dock ett mycket stort arbete innan de lokala näten faktiskt är anslutna till det nya höjdsystem som Riksavvägningen ska resultera i. Målet måste vara att alla användare kan arbeta i ett gemensamt system med den teknik som är mest ändamålsenlig för de behov som finns. Avvägning bedöms, även ganska långt framåt i tiden, vara den mest noggranna metoden att realisera höjdsystemet i en ny punkt. Ett visst underhåll av avvägningsnätet är därför motiverat.

På lokal (kommunal) nivå kommer det att behövas anslutning till det nya nationella höjdsystemet. Ett mål är att alla kommunala höjd-nät ligger i samma höjdsystem som det nationella. Höjdsystemen bör åtminstone ha en koppling till det nationella systemet för att kunna utbyta data, och för att kunna använda nationella geoidmodeller vid GPS-mätning etc.

För att få framgång vid införande av det nya höjdsystemet, behö-ver de som har lokala (kommunala) höjdsystem få tillgång till råd-givning och hjälp med åtgärder. Detta är angeläget för att få till stånd en anslutning och helst byte från det lokala systemet till det nya nationella höjdsystemet.

3.3.3 Tredimensionella nät

Geodesi 2000 har funnit att

- Sverige har ett tredimensionellt referensnät av hög kvalitet

Det tredimensionella nätet i Sverige utgörs av 21 punkter i nätet av fasta referensstationer, det s.k. SWEPOS-nätet. Dessa punkter är bä-rare såväl av referenssystemet SWEREF 93 som dess efterföljare SWEREF 99.

Utöver dessa 21 fundamentala punkter är övriga stationer i SWEPOS-nätet bestämda i SWEREF-systemen. Vidare bestäms inom RIX 95-projektet s.k. SWEREF-punkter direkt mot SWEPOS-nätet, dessutom beräknas även koordinater i SWEREF 99 för alla övriga punkter i projektet.

På grund av rörelser i jordskorpan, såväl horisontella som vertikala, måste punkterna i nätet av fundamentalpunkter kontinuerligt övervakas. En sådan övervakning kan åstadkommas genom att bearbeta de kontinuerliga registreringarna på de fasta referensstationerna i SWEPOS-nätet.

Förslag som bl.a. berör detta område finns under avsnitten 3.1 *Referenssystem* och 3.3.5 *Aktiva referensnät*.

3.3.4 Tyngdkraftsnät

Geodesi 2000 har funnit att

- det återstår ca 140 punkter innan första ordningens tyngdkraftsnät är komplett,
- det återstår drygt 2000 punkter att mäta i detaljnätet för tyngdkraft,
- vi är beroende av det nordiska samarbetet för beräkning av geoidmodeller,
- när en ny nordisk geoidmodell, inom en mycket snar framtid, kommer att beräknas, bör detaljnätet för tyngdkraft ha färdigmätts,
- kunskap om tyngdkraftfältets variationer är en nödvändig del av den geodetiska infrastrukturen

Geodesi 2000 föreslår att

- den påbörjade etableringen av första ordningens tyngdkraftsnät slutförs under de närmaste åren samt att detaljnätet fullbordas i god tid före nästa geoidberäkning,
- tyngdkraftsvärdena i detaljnätet konverteras från RG 62 till RG 82,
- LMV samverkar med de svenska högskolorna i en ansökan om medel för en absolutgravimeter och bidrar ekonomiskt till denna anskaffning,
- LMV i samverkan med de svenska högskolorna deltar i planläggning och periodisk mätning av ett nordiskt nät av referenspunkter för studium av tyngdkraftsfältets förändringar

Tyngdkraften måste vara känd av flera skäl, den direkta användningen inom geodesiområdet är vid beräkning av höjder över havet

ur avvägningar och vid beräkning av geoidmodeller. För den senare tillämpningen är vi starkt beroende av våra grannländer för såväl dataförsörjning som beräkningskapacitet.

Variationen i tyngdkraftsfältet används också såväl vid malmprospektering som vid geologisk kartering. Ibland behövs kännedom om tyngdkraften av tekniska skäl, exempelvis vid användning av känsliga mätinstrument i vilka balansvikter ingår.

Tyngdkraften mäts med gravimeter, det finns två helt olika typer, för absolut respektive relativ tyngdkraftsmätning. Det har genomförts en del absolutmätningar av tyngdkraften i de nordiska länderna, varav tre i Sverige genom Finska Geodetiska Institutets försorg.

Huvuddelen av tyngdkraftsmätningarna i landet utförs med relativ mätning. Det är därför nödvändigt att ha rikstäckande nät av tyngdkraftspunkter. I Sverige finns idag ett nollte ordningens nät, 25 punkter, som är anslutet till absolutpunkterna inom Norden. En första förtätning med ett första ordningens nät omfattande ca 200 punkter är under uppbyggnad, ca 70 % återstår. Det finns även rester av ett äldre första ordningens nät. För praktisk användning är dessa nät alldeles för glesa, varför det pågår en förtätning med detaljpunkter varav det återstår mätning under ca två säsonger.

Mätningar av tyngdkraften sker inte bara över landområden utan även över havsområden. Genom mätningar på isen tillsammans med Sveriges Geologiska Undersökning och det Finska Geodetiska Institutet och mätningar i ett nordiskt samarbete från fartyg (1996) och flygburet (1999) är såväl Bottenhavet som Östersjön och sjöarna Vänern och Vättern täckta med detaljnät.

Tyngdkraftsmätningar utefter landhöjningslinjen 63° N utförs regelbundet i ett samarbete inom Nordiska Kommissionen för Geodesi, som även har tagit fram ett förslag till ett glest yttäckande "nät" av absolutbestämda punkter. Chalmers Tekniska Högskola, genom Onsala Rymdobservatorium, och Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har planer på att införskaffa en absolutgravimeter, vilket skulle vara av stor betydelse för etableringen av de nationella tyngdkraftsnäten och svensk forskning inom geodynamikområdet. Eftersom Lantmäteriverket har ansvaret för tyngdkraftsnäten på riksnivå bör LMV ekonomiskt bidra till anskaffandet av en absolutgravimeter och samverka med berörda högskolor i en ansökan om medel för inköp. Vidare bör LMV och högskolorna i samverkan delta i planläggning och periodisk mätning av ett nordiskt nät av referenspunkter för studium av förändringar i tyngdkraftsfältet.

3.3.5 Aktiva referensnät

Geodesi 2000 har funnit att

- ett nät av fasta referensstationer är idag en naturlig del i en nationell infrastruktur,
- en del kommuner börjar att etablera egna fasta referensstationer,
- det finns en stor potential i tekniken med nätverks-RTK,
- för övervakning av referenssystemen är fasta referensstationer nödvändiga,
- delar av SWEPOS ingår i EUREF Permanent Network (EPN)
- data från fasta referensstationer är av vetenskapligt intresse, bl.a. inom meteorologi

Geodesi 2000 föreslår att

- driften av det nationella nätet av referensstationer, SWEPOS, säkerställs,
- data från SWEPOS även fortsättningsvis levereras till EPN,
- formerna för distribution av och avgifter för SWEPOS-data bör ses över,
- den påbörjade utvecklingen av SWEPOS mot en realtids cm-tjänst skall fortsätta, som komplement driftsätts en snabb efterberäkningstjänst,
- etablering av permanenta referensstationer bör ske i samverkan såväl nationellt som över nationsgränserna,
- Sverige bör, via LMV, aktivt verka för att standarder tas fram för nätverks-RTK

Även om punkttätheten inte är densamma som i de passiva näten finns det analogier mellan dessa och det aktiva referensnätet. Det är därför logiskt att Lantmäteriverkets ansvar för riksnäten även omfattar det aktiva referensnätet. Den starka kopplingen mellan riksnätsfrågorna och den vetenskapliga geodesin motiverar även LMVs vetenskapliga engagemang inom detta område

Frågan om vem som skall sköta distributionen av data från referensstationsnätet till användarna har diskuterats tidigare. I LI 94 gjordes bedömningen att datadistributionen i realtid inte borde ha

LMV som huvudman. En förnyad diskussion om de framtida formerna för distributionen bör genomföras.

SWEPOS

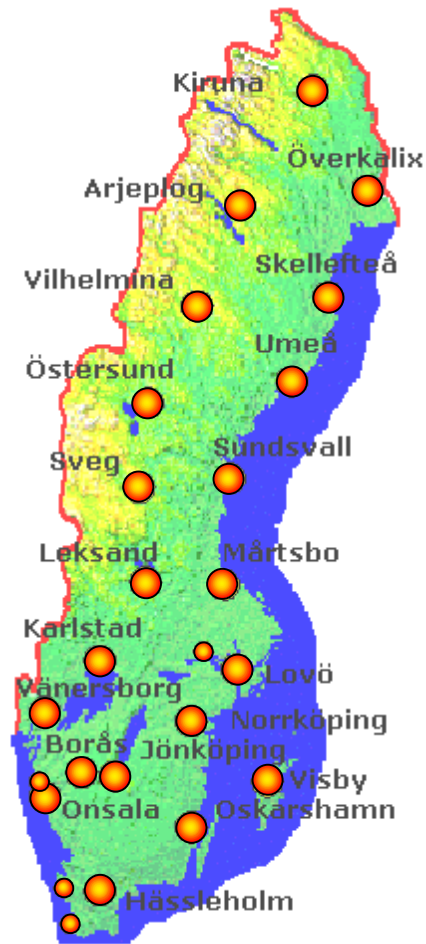
SWEPOS är ett nationellt nät av 25 fasta referensstationer i Sverige, avståndet mellan stationerna är c:a 200 km.

De ursprungliga 21 fundamentalpunkterna, som är bärare av de nationella tredimensionella referenssystemen SWEREF 93 och SWEREF 99, ingår i nätet. Den kontinuerliga registreringen på dessa fundamentalpunkter möjliggör en kontroll av de geodynamiska rörelsernas (t.ex. landhöjning) inverkan på referenssystemet. Vidare kan SWEPOS-nätet i samverkan med andra internationella aktörer användas för övervakning av satellitsystemet.

Data från SWEPOS-nätet kan även användas för relativ lägesbestämning med satellitteknik såväl i realtid som genom efterberäkning.

Idag sänds DGPS-korrekationer baserade på SWEPOS-data dels över RDS-kanalen på FM P3/P4-nätet via Epos-tjänsten som drivs av Teracom, dels över DARC-kanalen på P3-nätet via Datacast-tjänsten som drivs av Generic Mobile, dels via satellittjänsten Omnistar som drivs av Fugro-Seastar. De data som sänds ut är pseudoavståndskorrekationer och ger mätnoggrannheten (medelfel) 0,5-5 m, noggrannheten är beroende av använd GPS-mottagare.

För realtidsmätningar med centimeternoggrannhet sänds data idag, från åtta SWEPOS-stationer på DARC-kanalen på FM P4-nätet, via Teracoms Ciceron-tjänst.



SWEPOS

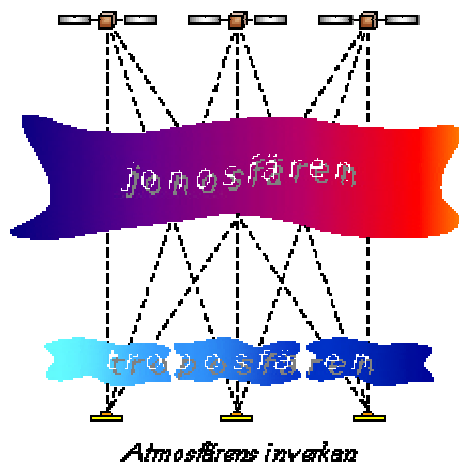
Fullständiga mätningar, dvs. både kod- och bärvågsmätningar, behövs för att kunna erhålla cm-noggrannhet eller bättre. Data för efterbearbetning kan fås via Internet.

Under perioden från 1995 till 1999 har totalt 47 Mkr satsats på SWEPOS-nätet inklusive viss utveckling av tillämpningar. Lantmäteriverket svarar för drift och utveckling, men finansiering av investeringar och drift (29 Mkr) har hittills skett av en större grupp, bestående av Banverket, Försvarmakten, Lantmäteriverket, Luftfartsverket, SJ, Sjöfartsverket, Telia och Vägverket. Utvecklingen, inklusive kunskapsuppbyggnad, har finansierats genom LMVs ordinarie anslag. För närvarande saknas intressentavtal för fortsatt finansiering av SWEPOS.

På uppdrag av generaldirektörerna för "kartverken" i de nordiska länderna har samordnings- och samverkansmöjligheter studerats vad avser aktiva referensnät i Norden. En ansökan om medel för samordning av näten i Danmark, Norge och Sverige ska lämnas in till Nordiska rådet.

Nätverks-RTK

Olikheter i jonosfär och troposfär mellan bas och rörlig enhet är ett förhållande som utgör en begränsning, för ett utökat avstånd till referensstationen, i RTK-tekniken.



I ett nätverkskoncept samverkar flera referensstationer för att tillgängliga data skall kunna utnyttjas optimalt. I en nätverkslösning beräknas en modell för störningarna från jonosfär och troposfär utifrån observationer på referensstationerna. Denna modell tillsammans med bärvågsdata för RTK-mätning distribueras sedan till användarna, som kan korrigera sina data med hänsyn till sitt läge.

I samarbetsprojektet NeW-RTK, där Lantmäteriverket, Onsala Rymdobservatorium och Teracom deltar, studeras möjligheterna att skapa en nationell tjänst med dm- eller cm-noggrannhet i realtid. Byggstenarna i projektet är SWEPOS (eventuellt förtätat med ytterligare stationer), förbättrade jonosfärs- och troposfärsmodeller samt

datakanalen DARC (Data Radio Channel). Projektet har etablerat en testmiljö för test av olika mjukvaror för nätverks-RTK.

Ett annat samarbetsprojekt, SKAN-RTK, mellan skånekommuner, Banverket, Vägverket, Lantmäteriverket och Lunds Tekniska Högskola genomför under hösten 2000 test med nätverks-RTK i Skåne-regionen. Det befintliga SWEPOS-nätet har kompletterats med två tillfälliga referensstationer och GSM används som distributionskanal.

Diskussioner pågår om ett motsvarande samarbetsprojekt i Mälardalsområdet. Liknande projekt förekommer också i Norge, Tyskland, Schweiz, Spanien och Kanada.

En nationell RTK-tjänst, byggd på nätverklösning, är idag en vision. Simuleringar indikerar att en positioneringstjänst med centimeternoggrannhet i horisontell led idag behöver ett nät av referensstationer med inbördes avstånd på 60-80 km. För etablering av en nationell tjänst i Sverige söder om en linje Karlstad-Gävle och vidare utefter norrlandskusten skulle det krävas ytterligare 50 referensstationer utöver dagens 25 SWEPOS-stationer. På längre sikt blir det kanske möjligt att öka avstånden till ca 100 km vilket grovt sett skulle halvera utbyggnadsbehovet.

Lokala referensstationer

Några kommuner och även andra aktörer har planer på att etablera egna referensstationer. Kommunala fristående referensstationer med utsändning av korrektionsdata finns idag i Göteborg. Om många aktörer etablerar egna referensstationer kommer vi efter en tid att få en situation som liknar den vi idag har på referensnätssidan – en besvärande mångfald. Genom att låta dessa stationer samverka i ett nationellt nätverk skulle effekten i stället bli den motsatta – ett gemensamt referensnät.

Kontinuerlig övervakning

Från fem av stationerna i SWEPOS-nätet levereras data för bearbetning tillsammans med data från andra fasta stationer i Europa, Onsala Rymdobservatorium är beräkningscentra för hela det nordiska blocket inom EUREF Permanent Network, EPN.

Data från hela EUREF-nätet sambearbetas dels för fortlöpande kontroll av stationernas globala rörelser, vilket spelar en avgörande roll för referensnätets fortlevnad, dels för att bidra till beräkning av noggranna banparametrar för GPS- och GLONASS-satelliterna. På så sätt byggs det upp ett världsomspännande nätverk av fasta referensstationer till nytta för såväl beräkning av bandata, som kontroll

av globala rörelser. Kontinuerliga tidsserier möjliggör detektering och modellering av dessa långsamma rörelser.

Meteorologiska tillämpningar

Vattenånga i atmosfären har stor betydelse för jordens energibalans. Med hjälp av signalerna från GPS-satelliterna kan mängden vattenånga i atmosfären uppskattas. GPS-data ger en mycket god tids- och rumsupplösning för att studera variationer i atmosfärens fuktighet.

Vattenånga är en viktig parameter såväl vid framtagandet av väderprognoser som vid arbete med klimatmodeller, och har alltid varit en besvärlig parameter att mäta kontinuerligt, speciellt i högre luftlager och inte bara nära marken. Därför kan den nya metoden att använda GPS-signaler för beräkning av vattenångeinnehållet i atmosfären, som ytterligare ett hjälpmedel för väderleksprognoser, bli ett viktigt komplement till övriga SWEPOS-uppgifter.

3.4 Geodetisk information

Geodesi 2000 har funnit att

- det pågår arbete med att omforma det geodetiska arkivet till ett geodetiskt informationssystem,
- utlämning av information från geodetiska arkivet i många fall behöver kompletteras med rådgivning,
- data från SWEPOS-nätet används till flera olika produkter inom navigation och positionsbestämning med GPS. De täcker både realtidsanvändning och efterhandstillämpningar

Geodesi 2000 föreslår att

- en "nationell geodetisk hemsida" etableras med ingång dels till geodetiska arkivet, där den geodetiska basinformationen finns, dels till SWEPOS samt länkar till motsvarande kommunal information,
- rådgivning i anslutning till geodetiska arkivet och Internet-tjänsterna alltjämt bibehålls,
- utbudet av SWEPOS-tjänster löpande anpassas efter användarnas krav och behov

Geodetisk information traditionellt beskriven som uppgifter rörande de geodetiska referenssystemen och referensnäten, har numera ut-

ökats med data från de aktiva referensnäten. Den ökade användningen av lägesbaserad information medför att helt nya grupper blir beroende av informationen. Hittills har, beträffande Lantmäteriverket, informationen funnits tillgänglig genom geodetiska arkivet respektive SWEPOS driftcentral.

Den nyligen etablerade geodesisidan på Lantmäteriets hemsida² är en början till en "nationell geodetisk hemsida".

Geodetiska arkivet

Inom LMV finns det ett omfattande geodetiskt arkiv. Arkivets uppgift är att svara för

- arkivering av data som kommer från de arbeten som utförs av LMV dels för och i anslutning till de olika riksnäten, dels vid övriga geodetiska arbeten
- arkivservice till användare inom och utom Lantmäteriet. Servicen avser information angående geodetiska förhållanden och tillhandahållande av koordinater, punktbeskrivningar och andra data rörande punkter i arkivet
- arkivvård i form av à jourhållning av lagrade geodetiska uppgifter och handlingar

Arbete pågår med att skapa datorstöd för en databashantering av all (levande) information i det geodetiska arkivet. Vissa uppgifter av militärgeografiskt intresse, såsom höjd-, djup- och tyngdkraftsdata, som ej framgår av allmänna kartor, sjökort eller andra öppna källor är hemliga. Datorstödet utformas så att det är möjligt att göra informationen tillgänglig via Internet.

I dagens (manuella) geodetiska arkiv har de som beställer uppgifter möjlighet att få muntlig information om vilken kvalitet (noggrannhet) som t.ex. plankoordinater och höjduppgifter har eller med vilken kvalitet en viss transformation kan utföras. Många användare (informationshämtare) har inte kunskap nog för att själva bedöma uppgifternas kvalitet och om de är användbara i den tänkta tillämpningen. Det finns sålunda ett behov av råd och stöd i samband med utlämning av uppgifter från geodetiska arkivet.

Inom RIX 95 tas det fram transformationssamband mellan lokala och nationella system, dessa samband ingår som en del i geodetiska arkivets information och skall kostnadsfritt redovisas via Internet.

² Se bilaga 2

SWEPOS-data

Alla data från SWEPOS kvalitetskontrolleras. För DGPS-korrekationer innebär kontrollen en jämförelse mellan en DGPS-korrigerad position och den sanna positionen samt kontroll av residualernas storlek vid beräkningen av positionen. Om DGPS-data ej kommer in från en station till SWEPOS-servrarna skickas ett larm till tjänstgörande operatör. För efterberäkningsdata sker kontrollen genom att data från varje referensstation ingår i minst en baslinje som beräknas en gång per timme.

Inkomna rådata översätts till ett standardiserat format, s.k. RINEX-format, och kvalitetskontrolleras. Kvalitetskontrollen gäller i huvudsak att förväntade satellitmätningar – enligt prognosen – är med och att själva mätningarna är av god kvalitet. Saknas det epoker i mätdata kompletteras detta med motsvarande data från aktuell station innan det läggs ut på FTP. Olika typer av data, rå-, RTK- eller DGPS-data, från valfritt antal stationer kan specificeras för varje distributör. I framtiden kan det även bli aktuellt att via Internet distribuera realtidsdata till slutanvändare.

För efterberäkning finns data, som innehåller registreringar för en timme eller ett helt dygn, tillgängliga i RINEX-format via FTP-server. Data med tidsintervall 1 sek och 15 sek kan hämtas senast en timme efter det att registreringen är gjord. Arbete pågår med att etablera en beräkningstjänst där envar får automatstöd för bearbetning av data från en egen mottagare tillsammans med data från ett urval av SWEPOS-stationerna. Koordinater samt kvalitetskontroll levereras sedan tillbaka via e-post.

All SWEPOS-data arkiveras på DLT-band som har en livslängd på runt 20 år.

Övrig information

Varje organisation som har etablerat någon form av referensnät förfogar givetvis över geodetisk information. Frågan om ett centralt geodetiskt arkiv har vid flera tidpunkter varit aktuell men fallit bl.a. av kostnadsskäl.

Genom att inrätta en nationell geodetisk hemsida från vilken uppgifter från både "geodetiska arkivet" och SWEPOS-data är tillgängliga skapas plattformen för en gemensam geodetisk informationstjänst. Med länkar till övriga informationslämnare kan vi bidra till att sprida kännedom om den geodetiska infrastrukturen.

3.5 Forskning och utveckling

Geodesi 2000 har funnit att

- forskning och utveckling inom geodesiområdet behöver utökas vid LMV,
- det behövs en ökad kontakt mellan institutionsforskningen och LMV,
- forskarkompetensen inom LMV behöver förstärkas,
- geodesiforskningen inom LMVs systerorganisationer inom Norden har en större omfattning än i vårt land,
- det behövs utökad kunskap om olika metoder för överföring av kartdata i samband med förändring av koordinatsystem

Geodesi 2000 föreslår att

- **det vid Lantmäteriverket inrättas forskningstjänster inom geodesi,**
- **det avsätts resurser för studium, såväl teoretiskt som praktiskt, av olika metoder för överföring av "kartdata" i samband med förändring av koordinatsystem,**
- **det tillskapas resurser för uppbyggnad av kunskap och kompetens inom delområdena geoidmodellering och geodynamik, med särskild inriktning mot landhöjningsproblematik,**
- **det avsätts resurser för fortsatt utveckling av nätverks-RTK,**
- **det avsätts resurser för utveckling inom multisensorsområdet, dvs. kombination av olika sensorer**

Forskning och utveckling inom geodesin i Sverige bedrivs på vissa universitet och högskolor samt på LMV. Utveckling av närmast mätningsteknisk art bedrivs även på vissa andra ställen. Någon klar ansvarsfördelning finns inte uttalad, men i praktiken har en uppdelning skett så att högskole- och universitetssidan har sin tyngdpunkt på forskning medan LMV, förutom viss forskning, tidigare har inriktat sig mer mot utveckling.

Lantmäteriverket har ett instruktionsenligt ansvar för de geodetiska riksnäten. För att på bästa sätt kunna fullgöra detta uppdrag krävs såväl egna forsknings- och utvecklingsinsatser som samverkan med universitet och högskolor. Att enbart förlita sig på aktiviteten vid universitet och högskolor är vanskligt, med tanke på den nära

kopplingen mellan den vetenskapliga geodesin och verksamheten inom de nationella kartmyndigheterna som har varit och fortfarande är vanlig internationellt. Utbytet med såväl andra myndigheter som vetenskapliga institutioner förutsätter att LMV bidrar med egen kunskap. Den rådgivnings- och stödverksamhet som bedrivs av LMV skall också stå på vetenskaplig grund.

Forskning vid universitetsinstitutioner är i större utsträckning beroende av enskilda forskares möjlighet att få anslag; försvinner forskaren, eller beviljas ej vidare anslag avslutas forskningsprojektet. Ett område med hög forskningspotential kan efter en viss tid vara "dött" från forskningssynpunkt, verksamheten har övergått i en mer rutinbetonad fas. Av bl.a. dessa skäl är det nödvändigt att LMV kan upprätthålla en tillräckligt hög forskningsaktivitet. Den långsiktighet, som präglar uppbyggnaden och förvaltningen av den geodetiska infrastrukturen kräver även långsiktighet i forskningen.

Som ansvarig myndighet för de geodetiska riksnäten ställs även krav på LMV att delta i internationellt vetenskapligt arbete med knytning till riksnäten. Det är insatser av varierande slag, t.ex. att representera Sverige i olika vetenskapliga kommissioner, delta i deras arbete och medverka i internationella mätkampanjer. Insatserna är särskilt stora gentemot de nordiska länderna där ett samarbete etablerats. Det nordiska samarbetet sker huvudsakligen inom den Nordiska kommissionen för geodesi, NKG, eller dess arbetsgrupper. Det är här värt att notera att i våra systerorganisationer i Norden är forskningsverksamheten inom geodesiområdet mer omfattande än hos oss.

För att säkerställa behovet av kompetens för förvaltning av den geodetiska infrastrukturen behöver LMV öka forsknings- och utvecklingsinsatserna inom geodesiområdet exempelvis genom att dels inrätta "industridoktorandtjänster", dels skapa en mer forskningsvänlig miljö. Av den tidigare texten framgår att de delområden som för närvarande bedöms som intressanta från LMVs geodesisympunkt är geoidmodellering och geodynamik, med särskild inriktning mot landhöjningsproblematik, studium, såväl teoretiskt som praktiskt, av olika metoder för överföring av "kartdata" i samband med förändring av koordinatsystem samt utveckling av nätverks-RTK. Därutöver kan det vara av intresse från allmän kartläggningssynpunkt att studera utvecklingen inom det s.k. multisensorsområdet.

3.6 Kompetensförsörjning

Geodesi 2000 har funnit att

- många yrkesgrupper är nya användare av geodetisk information,
- geodesi är ett utpräglat specialistområde,
- det finns behov av höjd kompetensnivå för personal inom mätning- och kartverksamhet,
- det finns behov av certifiering

Geodesi 2000 föreslår att

- **det utarbetas regler för certifiering av personal inom mätning- och kartverksamhet,**
- **certifikaten skall kunna begränsas såväl tidsmässigt som behörighetsmässigt**

se även 3.5 Forskning och utveckling

I takt med den ökade användningen av lägesrelaterad information kommer allt fler användare i kontakt med geodetisk information. Problemställningar som förr endast var intressanta för ett fåtal experter är nu aktuella för många.

Kombinationen av nya och gamla uppgifter redovisade i olika referenssystem medför ökade krav på kunskap om dessa system. För att förstå och lösa olika problemställningar är det nödvändigt att bygga upp kompetens omfattande såväl äldre som nyare tekniker. I denna kompetens måste ingå såväl teoretisk kunskap som praktisk erfarenhet.

Samhällets intresse av att mätning- och kartverksamheten bedrivs med högt ställda krav på kvalitet, den snabba teknikutvecklingen och komplexiteten i frågor som hänger samman med uppbyggnad av geografiska databaser gör att det finns anledning att ställa höga kompetenskrav på den personal som ansvarar för databasuppbyggnaden.

Tidigare, under en lång följd av år, har kravet på teoretisk kompetens hos såväl praktiska utövare av mätningverksamhet som hos personer med verksamhetsansvar negligerats. Det har i sin tur inneburit att områdets status har sjunkit.

Mätning används idag som kvalitetssäkring och kvalitetskontroll vilket medför ett ökat behov av certifiering av dessa yrkesgrupper. Felaktigheter vid stora byggprojekt leder till höga extrakostnader.

Många organisationer övergår idag från egenregiverksamhet till upphandling av tjänster även inom mätningsektorn. Möjligheten för beställarna att både kunna ställa krav på och bedöma utförarnas kompetens underlättas med någon form av certifiering. Även utförarna har intresse av certifiering bl.a. genom medlemskapet i EU.

3.7 Samordning och rådgivning

Geodesi 2000 har funnit att

- ansvaret för den geodetiska infrastrukturen är utspridd på flera nivåer och organisationer,
- det finns en efterfrågan på rådgivning och stöd inom geodesiområdet från andra statliga myndigheter, kommuner och näringslivet i övrigt,
- en övergång till enhetliga referenssystem innebär ett stort arbete för kommuner och andra aktörer med egna referensnät och referenssystem,
- geodesidokumenterna i HMK-serien är i behov av omarbetning,
- det finns behov av opartiska utvärderingar av nya instrument och metoder

Geodesi 2000 föreslår att

- LMV får i uppgift att utarbeta metoder för konvertering av databaser vid införande av ett nytt enhetligt referenssystem,
- LMV får i uppgift att aktivt stödja landets kommuner vid införande av ett nytt enhetligt referenssystem
- HMK-seriens geodesidokument omarbetas, uppdateras och överförs till webbaserad form,
- LMV får i uppgift att delta i utarbetandet av normer för kontroll av instrument och metoder,
- LMV inom ramen för det offentliga åtagandet ger råd och stöd till de myndigheter och organisationer som så önskar,
- publicering av rapporter och annan information sker via Internet

Lantmäteriverket har ett instruktionsenligt ansvar och åliggande att "ge stöd och råd inom verksamhetsområdet". En del av denna verksamhet konkretiseras genom utgivandet av handböcker (HMK) och rapporter (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem). I Mätningkungörelsen (MK) (1974:339) finns regler om geodetisk verksamhet som avses i de författningar som MK omfattar.

Beträffande ansvar för referensnät är i lantmäteriinstruktionen angivet att Lantmäteriverket ansvarar för riksnäten. För övriga nät under riksnättnivån är det inte i någon författning angivet vad kommunen eller respektive organisation har för ansvar. I praxis har kommunen dock ansvarat för de lokala geodetiska nät som behövs för samhällsbyggandet.

I en situation med gemensamma referenssystem och referensnät för alla nivåer behöver även ansvarsfrågan diskuteras. En större samordning medför att utrymmet för egna lösningar blir mindre. Vi kan se samma tendens som en effekt av den internationella samordningen.

Statliga myndigheter med egen geodetisk verksamhet förlitar sig på att Lantmäteriet vid behov kan bistå med råd och stöd rörande såväl systemfrågor som frågor kring teknik och metoder. Även kommunerna behöver ha råd och stöd, särskilt beträffande frågor kring referensnät och referenssystem. Att kunna tillgodose dessa önskemål ingår som en del i en hållbar geodetisk infrastruktur - svårigheten är att avgöra var gränsen mellan fria tjänster och betaltjänster går.

För att en satsning på gemensamma referenssystem skall bli lyckosam måste realiseringen av dessa göras likformigt över hela landet. Kunskapen om kartprojektioner, och särskilt frågeställningar kring val av kartprojektion, är idag inte särskilt utbredd. Det medför i sin tur behov av att dels utarbeta normer och anvisningar för olika tillämpningar, dels aktivt ge stöd till olika organisationer vid övergången till nya system oavsett om det gäller byte av projektion eller införande av ett nytt höjdsystem.

Det kommer att fordras en kraftig insats från Lantmäteriverket beträffande rådgivning till såväl landets kommuner som många statliga myndigheter, särskilt i en inledningsfas.

Den ökande användningen av koordinater på grund av GPS- och GIS-teknikens utbredning i samhället har lett till en ökad efterfrågan av rådgivning från såväl det privata näringslivet som privatpersoner. Nya användargrupper inom vitt skilda delar av samhällssektorn behöver råd och stöd, ex.vis bygg- och anläggningsverksamhet och na-

vigering. En väl utvecklad webbtjänst kan vara till stor nytta i dessa sammanhang.

Geodesidokumenterna i HMK-serien, Stommätning, Detaljmätning, Markering och GPS har varit uppskattade men är nu i behov av uppdatering och omarbetning.

3.8 Internationellt samarbete

Geodesi 2000 har funnit att

- internationellt engagemang är väsentligt för den egna verksamheten,
- internationellt samarbete förutsätter ett ömsesidigt utbyte

Geodesi 2000 föreslår att

- Sveriges engagemang inom EUREF förstärks,
- svensk medverkan i nordiska och internationella geodesiprojekt sker i minst samma utsträckning som idag

Den geodetiska verksamheten är till sin natur internationell, det finns ett klart samordningsbehov av geodetiska frågor; den tekniska utvecklingen utanför Sveriges gränser har också fått en allt större betydelse för verksamheten. LMV har inom geodesiområdet haft ett omfattande internationellt samarbete genom såväl direkta myndighetsuppgifter, t.ex. att företräda Sverige som nation i vissa internationella organisationer, som mer fackmässiga kontakter oftast organiserat i form av intresseföreningar. Det är viktigt att båda sidorna, representation respektive erfarenhetsutbyte, av det internationella engagemanget upprätthålls.

Ett internationellt samarbete förutsätter ett ömsesidigt givande och tagande och en någorlunda jämn balans mellan insatserna från olika länder.

De för svensk del viktigaste internationella organisationerna beskrivs kortfattat nedan. Ett speciellt nära samarbete har etablerats med de nordiska myndigheter som har motsvarande uppgifter som LMV, huvudsakligen inom ramen för Nordiska kommissionen för geodesi (NKG).

Officiella organisationer där LMV är medlem

CERCO <http://www.cerco.org/>

Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle (CERCO), är primärt inrättad som kontaktorgan för cheferna för kartmyndigheterna i Europa och har som främsta syfte att underlätta utbyte av information i gemensamma frågor mellan myndigheterna. I särskilda arbetsgrupper bedrivs speciella utredningar t.ex. Wg VIII som behandlar geodesi. I praktiken förlitar sig denna arbetsgrupp i hög grad på arbetet inom EUREF, se vidare under EUREF nedan.

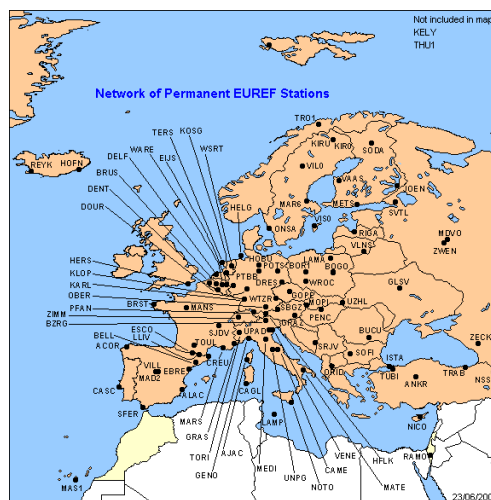
Organisationer där LMV är representerat

IAG <http://www.gfy.ku.dk/~iag/>

Internationella Associationen för Geodesi (IAG,) är en av sju associationer inom Internationella Unionen för Geodesi och Geofysik (IUGG), som ytterst sorterar under UNESCO. Det långsiktiga vetenskapliga arbetet inom IAG bedrivs i permanenta kommissioner och subkommissioner. Som exempel kan nämnas EUREF, se nedan. För närvarande pågår en diskussion inom IAG kring associationens struktur.

EUREF <http://www.euref-iag.org/>

EUREF (European Reference Frame,) är en subkommission inom IAG tillhörande Commission X, Global and Regional Geodetic Networks. I EUREF ingår representanter både från de nationella kartmyndigheterna (jfr CERCO ovan) och från universitetsvärlden, vilket visar på den nära kopplingen mellan operationell verksamhet och vetenskap inom geodesin. Uppgiften för EUREF är etablering och underhåll av "the European Reference Frame" genom



EUREF nätverk av fasta stationer, EPN

- ett nät av permanenta referensstationer för GPS – EUREF Permanent Network (EPN), se bild,

- GPS-kampanjer för att skapa ett yttäckande nät av referensstationer,
- beräkning av ett europeiskt höjdnät (UELN - Unified European Levelling Network / EVS - European Vertical System) och dess integration med EUVN - European Vertical GPS Reference Network.

Deltagande i såväl EUREF som övriga delar av IAGs aktiviteter är av väsentlig betydelse för utvecklingen av den nationella geodetiska infrastrukturen. Ett aktivt deltagande är dessutom en möjlighet att påverka denna utveckling i lämplig riktning.

NKG <http://www.fgi.fi/>

Nordiska Kommissionen för Geodesi (NKG, bedriver arbete inom tillämpad vetenskaplig geodesi som syftar till samordning mellan de nordiska länderna. Till kommissionen finns knutna arbetsgrupper för behandling av specifika ämnesområden. NKG har visat sig värdefull för att skapa och upprätthålla den kontakt mellan de olika länderna för ett väl fungerande samarbete.

FIG <http://www.fig.net/figtree>

Fédération Internationale des Géomètres (FIG,) är den internationella lantmätarunionen bestående av de nationella lantmätareföreningarna, Sverige är medlem genom Sveriges Lantmätareförening (SLF). FIG är den enda internationella organisation som representerar alla "lantmäteriverksamheter", dess ändamål är att tillförsäkra att dessa verksamheter och de som utövar dem uppfyller både samhällets och marknadens behov.

Arbetet inom FIG är organiserat i nio kommissioner för olika ändamål. Det är närmast kommission 5 - Positioning and Measurement och kommission 6 - Engineering Surveys som sysslar med geodetiska problem. Inom kommissionerna bildas arbetsgrupper för speciella frågor.

ISO

Den internationella standardiseringskommissionen (ISO) sysslar med frågor som berör geodesi och mätningsteknik. För närvarande finns ett 40-tal ISO-standarder som berör detta område.

CGSIC

Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC) är det amerikanska transportdepartementets organ för kontakt med civila GPS-användare och för informationsutbytet mellan GPS-användare. CGSIC har inrättat underkommittéer för speciella frågeställningar, t.ex. International Information Subcommittee (IISC). Såväl CGSIC som IISC är öppna för alla intresserade. Lantmäteriet har åtagit sig att vara kontaktorganisation för Sverige och är regelbundet representerat i organisationens möten.

Galileo

Galileo är ett initiativ av den europeiska unionen, EU, och det europeiska rymdorganet, ESA. Det omfattar utvecklingen, införandet och driften av ett "state-of-the-art" system för global satellitnavigation. Galileo kommer att drivas under civil kontroll.

Under år 2000 genomförs en definitionsfas och beslut om utveckling och uppbyggnad av systemet förväntas i december 2000. Systemet kommer enligt senaste uppgifter att bestå av ca 30 satelliter i medelhög bana. Marksegmentet kommer att innehålla kontrollstationer i ett globalt nät. Galileo kommer också att vara ett i huvudsak civilt system och kompatibelt med GPS. Enligt nuvarande planer kommer Galileo att vara helt utbyggt år 2008.

Näringsdepartementet och dess underställda myndigheter handlägger Galileo-frågor i samråd med bl.a. Lantmäteriverket. Det är angeläget att tillvarata geodesins och närliggande områdets intressen i utvecklingsfasen genom deltagande i Galileorelaterade verksamheter.

4 Ekonomi

Att noggrant beräkna de samhällsekonomiska effekterna av geodetisk verksamhet stöter på nästan oöverstigliga svårigheter. Den främsta anledningen härtill är att den geodetiska infrastrukturen i hög grad är inriktad på system och information avsedda att användas under lång tid och för en mängd olika ändamål.

Ett väsentligt förhållande som måste observeras innan olika slags ekonomiska bedömningar görs är att uppbyggnaden och förvaltningen av en geodetisk infrastruktur – oavsett vilket land det gäller – alltid ställer krav på ett systematiskt genomförande. Brister i denna infrastruktur kan i många fall inte repareras genom en tillfällig insats för ett akut behov utan att kostnaderna ökas avsevärt och slutresultatets kvalitet trots detta blir sämre än om arbetet utförts i sitt rätta sammanhang.

Av än större betydelse är dock att geodetiska data utgör en integrerad del av underlaget för många viktiga verksamheter inom olika områden av samhällsbyggnad, teknik och forskning. Dessa data måste därför i Sverige – liksom i alla jämförbara länder – finnas tillgängliga för att inte handlingsfriheten för beslutsfattare och nyttjare i olika situationer skall minskas.

Mot denna bakgrund är det uppenbart att det också från samhällsekonomisk synpunkt finns starka motiv för den geodetiska verksamheten. På samma sätt som för många andra verksamheter visar sig nyttan av den geodetiska infrastrukturen först då olika användare utnyttjar den. I en viss situation kan geodetiska data och en rätt tolkning av dem ha mycket stort ekonomiskt värde, medan under andra förhållanden värdet av samma uppgifter kan vara avsevärt mindre.

4.1 Kostnader

För att få en uppfattning om kostnaderna måste dess uttryckas i relevanta och enhetliga termer. I detta sammanhang brukar åtskillnad göras mellan samkostnader och särkostnader.

Till samkostnader räknas sådana kostnader som främst är volymberoende och därigenom inte direkt påverkbara av vilken operativ verksamhet som för tillfället bedrivs. Hit hör administrativa och arbetsledningskostnader på olika nivåer. Andra kostnader, som sorteras in under samkostnader är lokalkostnaderna. Dessa är visserligen direkta men påverkas inte av om den bedrivna verksamheten inriktas på tyngdkraftsmätning eller avvägning.

I ett längre perspektiv är samkostnaderna naturligtvis påverkbara eftersom de är relaterade till verksamhetens volym och huvudinriktning. Vissa verksamhetsgrenar ställer t.ex. större krav på lokalutrymme och arbetsledning än andra.

Särkostnader, som i dagligt tal brukar benämnas rörliga kostnader, är däremot till sin storlek direkt beroende av den bedrivna verksamhetens inriktning. De utgörs i huvudsak av lönekostnader, köpta varor och tjänster, rese- och traktamentskostnader samt driftskostnader i anslutning till produktionen.

I avsnitten 4.1.1 – 4.1.6 redovisade kostnader är att betrakta som särkostnader.

4.1.1 Referenssystem

Kostnader för nytt referenssystem och kartprojektion

Införande av ett nytt nationellt referenssystem, SWEREF 99, som ett gemensamt enhetligt referenssystem och därmed även en ny kartprojektion leder till kostnader av olika slag. I punkterna nedan är olika åtgärder listade:

- byte av koordinater på fasta referensstationer
- omräkning av s.k. SWEREF-punkter
- omräkning av RIX 95-punkter
- utredning inför val av kartprojektion
- metodutveckling för omräkning av "kartdata", se även FoU
- byte av koordinatvärden i kommunala databaser
- byte av koordinatvärden i statliga databaser
- byte av koordinatvärden i övriga databaser

De första fyra punkterna faller helt på Lantmäteriverket, övriga åtgärder kommer kostnadmässigt inte att belasta enbart LMV. Preliminära kostnadsuppskattningar visar att den sammanlagda kostnaden för referenssystembyte skulle bli av storleksordningen 150 Mkr, varav ca 15 Mkr belastar LMVs geodesiverksamhet.

Kostnader för införande av nytt höjdsystem

Införande av nytt höjdsystem innebär kostnader för att dels etablera själva höjdsystemet, dels införa systemet hos användarna. En uppdelning av kostnadsposterna kan göras på följande sätt:

- Hantera geoid- och landhöjningsfrågor, se även FoU
- Byte i kommunerna
- Byte i statliga verk

Den första punkten faller helt på Lantmäteriverket övriga åtgärder kommer kostnadsmissigt inte att belasta enbart LMV. Preliminära kostnadsuppskattningar visar att den sammanlagda kostnaden för höjdsystembyte, exklusive slutberäkning av Riksavvägningen, skulle bli ca 115 Mkr, varav ca 18 Mkr belastar LMVs geodesiverksamhet.

Kostnader för ändring av tyngdkraftsystem

Det föreslagna bytet av tyngdkraftsystem uppskattas kostnadsmissigt till 0,5 Mkr.

4.1.2 Referensnät

Nedan redovisas de åtgärder som krävs i såväl de passiva som aktiva referensnäten.

Kostnader för åtgärder i de passiva näten

Kostnaden för slutförande, enligt plan, av RIX 95 uppskattas till 28 Mkr, varav 15 Mkr enligt nuvarande modell ska intressentfinansieras. Riksavvägningens slutförande uppskattas till 25 Mkr, varav 5 Mkr för slutberäkning. Den föreslagna å jourhållningen och förtätningen av riksnätet i höjd beräknas under aktuell tioårsperiod kosta 76 Mkr.

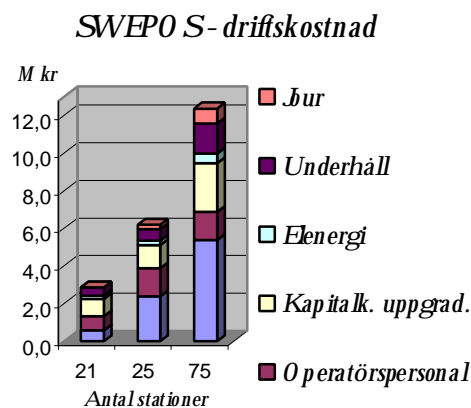
För att utföra de återstående mätningarna i tyngdkraftsnäten, som i stort sett måste ske under år 2001, krävs ca 2 Mkr. Därutöver behövs ca 3 Mkr för delfinansiering av en absolutgravimeter.

Kostnader för åtgärder i det aktiva referensnätet

Det aktiva referensnätets fortbestånd är nödvändigt för den kontinuerliga övervakningen av våra referenssystem dels för egen del, dels som bidrag till den internationella geodetiska infrastrukturen. Genom det redan etablerade SWEPOS-nätet har vi möjlighet att både sköta övervakningen och tillhandahålla data för realtidstjänster.

Den årliga kostnaden för att, enbart för övervakningsändamål, driva stationerna på de 21 fundamentalpunkterna i SWEPOS-nätet har uppskattats till 2,9 Mkr. Dagens SWEPOS-nät, med 25 punkter för realtidstjänst, kostar årligen 6,2 Mkr, varav datakommunikation uppgår till 2,4 Mkr.

För ett utbyggt SWEPOS-nät med 75 stationer, för att klara en RTK-tjänst i södra Sverige och längs norrlanskusten, uppskattas driftskostnaden till 12,4 Mkr, varav 5,4 Mkr utgör kostnad för datakommunikation. Utbyggnaden med 50 stationer kräver en investering på 25,3 Mkr. Med en uppbyggnadsperiod på 5 år skulle den årliga kapitalkostnaden för de första fem åren i genomsnitt bli 5 Mkr och under resterande del av perioden 1 Mkr. Driftskostnaden under de första fem åren skulle i genomsnitt bli 10,2 Mkr.



4.1.3 Geodetisk information

För arkivhållning, tillhandahållande och viss utveckling uppskattas de årliga kostnaderna till 2 Mkr.

4.1.4 Forskning och utveckling

Förslaget att inrätta s.k. industridoktorandtjänster vid Lantmäteriverket, dvs. finansiering av forskarutbildning fram till licenciat/doktorsexamen, görs med avsikt att säkerställa tillgången på forskarkompetens inom geodesiområdet. För att uppnå detta tillstånd krävs en kontinuerlig och långsiktig satsning. En lämplig nivå är tre heltidsdoktorander på 10 år, vilket på lång sikt motsvarar 1,4/år och ger en total kostnad på 10,5 Mkr under tioårsperioden.

De utpekade satsningarna på metoder för byte av koordinatsystem, landhöjningsproblematik och nätverks-RTK är till sin karaktär olika.

För att utveckla metoder för byte av koordinatsystem krävs en omedelbar och intensiv insats av storleksordningen 4 manår. Landhöjningsproblematik m.m. är en långsiktig verksamhet som kommer att vara aktuell inte bara under aktuell tioårsperiod utan under lång tid framåt med ett årligt genomsnitt på 1,5 manår. Arbete med utveckling och standardisering av nätverks-RTK är å andra sidan en mer närliggande verksamhet, vår bedömning är att det under de närmaste två åren krävs insatser motsvarande 4 manår. Sammantaget skulle dessa behov under tiden fram till år 2010 motsvara 16 Mkr, varav hälften under de inledande två till tre åren.

Övriga instruktionsenliga forskningsuppgifter motsvarar en årlig kostnad uppgående till 1 Mkr.

4.1.5 Samordning och rådgivning

De stora utmaningarna under tioårsperioden är införande av nya referenssystem och ny teknik, vilket medför ett stort behov av råd och stöd. Kostnaderna för detta finns medräknade i respektive införandekostnader.

Kostnaden för den föreslagna omarbetningen av HMK-seriens geodesidokument uppskattas till 2 Mkr.

Utöver dessa stora uppgifter finns dock ett mer kontinuerligt behov av rådgivning inom området. Kostnaderna för detta uppskattas till 0,6 Mkr om året.

4.1.6 Internationellt samarbete

Det internationella samarbetet består grovt sett av två delar, att företräda Sverige i olika internationella organ och att i det dagliga arbetet med referensnät etc. samverka över nationsgränserna.

Här redovisas enbart kostnader för den första delen. Den del som innefattas i det dagliga arbetet är inräknad i respektive verksamhet.

Kostnaderna för deltagande i nordisk, europeisk och övrig internationell samverkan är uppskattade till 0,6 Mkr per år.

4.1.7 Kostnadssammanställning

Verksamhet	Totalt behov under 10års- perioden	Årsbehov under 1:a delen	Årsbehov under 2:a delen
	Mkr	Mkr	Mkr
Referenssystem (Mkr)	45	5	4
Referensnät	329	41	25
Geodetisk information	30	3	3
Forskning och utveckling	49	5	4
Samordning och rådgivning	10	1	1
Internationellt samarbete	10	1	1
Befintlig verksamhet	20	2	2
Totalt	493	58	40

I tabellen på föregående sida redovisas en sammanställning av de totala kostnaderna, dvs. samkostnader är pålagda.

4.2 Nyttodiskussion

Varje nation har en "kartmyndighet" därför att, vare sig våra användare vet det eller ej, inget land kan administreras eller utvecklas utan en aktuell och allsidig bild av vad som skall förvaltas och förbättras. I den meningen är det geodetiska referenssystemet lika vitalt som operativsystemet, som ett datorsystem är beroende av, och lika osynligt för användaren. Bekymret är bara, att när ett land har kartlagts så länge någon kan minnas, har den geodetiska infrastrukturen tagits för självklar för såväl allmänhet som politiker, till den grad, att den inte värderas eller stöds på samma sätt, som andra delar av den nationella infrastrukturen.

Det är svårt att i monetära termer beskriva nyttan av en geodetisk infrastruktur, vars roll är att säkerställa nationell samstämmighet och noggrannhet för all geografisk information.

Ny teknik leder inte bara till mer effektiv produktion, utan öppnar också möjligheter till mer innovativ produkt- och tjänsteutveckling. I en ideal värld svarar tekniken mot användarnas behov men oftast är den skaparen av nya behov. De som tillhandahåller information måste hålla sig à jour med utvecklingen och genom att "se åt sidorna" ha nya produkter redo när användarna "knackar på dörren".

Flertalet effekter av en god geodetisk infrastruktur är indirekta, dvs. det är inom andra verksamheter som nyttan uppstår. Exempelvis kommer ett enhetligt referenssystem att underlätta förvaltningen av den grundläggande geografiska informationen genom att i större utsträckning tillåta "à jourhållning vid källan".

ULI har i sitt remissvar över betänkandet Forskningspolitik (SOU 1998:128) fört fram att de årliga kostnaderna för att producera, à jourhålla och hantera geografisk information bedömts uppgå till 4 miljarder kronor (U1998/4107/F). De förslag som framförs i denna rapport beträffande geodesiverksamheten vid Lantmäteriverket och de insatser som krävs för en övergång till för landet gemensamma referenssystem omsluter under tioårsperioden mellan 0,8 och 0,9 miljarder. Det innebär att kostnaderna balanseras om effekten av föreslagna åtgärder skulle minska de ovan angivna årliga kostnaderna med 2 - 2,25 %.

Nytta av referenssystembyten

Nyttoeffekten av ett referenssystembyte är svår att precisera i monetära enheter eftersom den faller ut i många olika situationer, under lång tid och hos många användare.

Ett nyttoskattning skulle kunna göras genom att beräkna vilka kostnader som orsakas av nuvarande komplexitet och därmed försvinner. Frågan är om alla användare kan presentera sådana uppgifter.

Nyttan av en nationell RTK-tjänst

En nationell RTK-tjänst kan på sikt reducera behovet av i terrängen markerade punkter. Det innebär även att den årliga kostnaden för underhåll av riksnätet i plan reduceras. För närvarande är de medel som eljest var avsedda för underhållsåtgärder i riksnätet i plan en del av LMVs finansiering av RIX 95-projektet.

På sikt kommer, om referenssystembytet slår igenom, även behovet av lokala stornät att reduceras. Det medför i sin tur sänkta underhållskostnader för landets alla kommuner. I rapporten Geodesi 90 uppges att den sammanlagda kostnaden för underhåll av kommunala stornät var i storleksordningen 100 Mkr/år, vilket idag skulle motsvara ca 125 Mkr/år.

Den stora vinsten erhålles dock genom att själva mätoperationen i många fall kan förenklas. Datainsamlingen kan göras av representanter från respektive disciplin, dvs. den kunnige inom sakområdet gör även lägesbestämningen.

4.3 Finansiering

These "national interest" services – unavoidable and intrinsically "infrastructural" investments – have to be publicly funded, and should not be an intolerable burden on the expenditure budget of an Agency. (John Leonard, CERCO)

Finansieringsformerna spelar en central roll för den fortsatta utvecklingen av den geodetiska infrastrukturen. I en promemoria "Samhällets grundläggande information – Inventering, Analys, Förslag" (Ds 2000:34) har en arbetsgrupp inom Regeringskansliet anfört följande: "Vi anser att grundläggande information som huvudregel bör finansieras via anslag. Det finns flera motiv till denna slutsats."

Intäktsmöjligheter

Inom detta område, geodetisk infrastruktur, finns inte några stora intäktsmöjligheter för LMV. Den enda verksamhet som kan ge någon direkt intäkt är SWEPOS-data (nationell RTK-tjänst). Däremot kan införandet av ett gemensamt referenssystem leda till ökad efterfrågan på geografisk information, vilket ger ökade indirekta intäkter.

Genom att ett enhetligt referenssystem ger förutsättning för en mer rationell hantering av geografisk information kommer sannolikt vinsterna att öka. Den ökade vinsten medför ökade skatteintäkter för staten.

Intressent- och beställarfinansiering

I REGGIT-gruppens rapport (M 1995:C/97-16) redogörs för erfarenheter av såväl intressent- som beställarfinansiering. Lantmäteriverket har tidigare till REGGIT redovisat verkets erfarenheter från sådan finansiering (PM 1997-02-25, dnr 209-97-415). I promemorian redovisas att finansiell samverkan med enstaka intressenter vid databasuppbyggnad har fungerat väl. Däremot har gruppvis ordnad finansiering varit förknippad med mycket stora problem, detta trots stöd i vissa fall av regeringsbeslut om samordningens inriktning.

Beställarfinansiering, innebär att anslag förs till vissa sektorsmyndigheter som sedan fungerar som beställare av tjänster inom sitt verksamhetsområde. Denna modell har uppenbarligen haft vissa positiva effekter inom statistikområdet i form av ökad medvetenhet om statistikens betydelse och värde samt en successiv tillväxt av tillförda resurser från vissa sektorer, t.ex. kommunikationsområdet.

REGGIT-gruppen gör i stort sett, i sin rapport (M 1995:C/97-16) från maj 1997, bedömningen beträffande finansiering, att något reellt alternativ till huvudsaklig fortsatt anslagsfinansiering inte synes föreligga beträffande de renodlade geografiska databaserna.

Slutsats

En samlad bedömning ger vid handen att starka skäl – främst verksamhetens långsiktiga natur och svårigheten att identifiera direkta intäkter – talar för en hög grad av anslagsfinansiering.

Bilagor

Bilaga 1 Förkortningar

EPN	EUREF Permanent Network
ETRS 89	Ett europeiskt tredimensionellt system. (Ellipsoid GRS 1980) Systemet är en förtätning av det globala systemet ITRF 89.
EUREF	European Reference Frame (tidigare RETrig), subkommission i IAG
DGPS	Differentiell GPS. Relativ GPS mätning, vanligen underförstås relativ kodmätning.
GLONASS	GLObal NAVigation Satellite System. Rysk motsvarighet till GPS. Både civilt och militärt tillgängligt.
GPS	Global Positioning System. Amerikanskt satellitbaserat navigationssystem uppbyggt av USAs försvarsmakt.
IAG	Internationella Associationen för Geodesi
IERS	International Earth Rotation Service
IGS	International GPS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRF 89	Ett internationellt (globalt) tredimensionellt system. (Ellipsoid GRS 1980)
IUGG	Internationella Unionen för Geodesi och Geofysik
NKG	Nordiska Kommissionen för Geodesi
RG 82	Rikets tyngdkraftssystem 1982. Tyngdkraftssystem för det tredje fundamentala tyngdkraftsnätet i Sverige, det s.k. 0:te ordningens nät, uppmätt 1981-82.
RH 00	Rikets höjdsystem 1900. Höjdsystem för den första precisionsavvägningen i Sverige, 1886-1905. Som nollnivå valdes medelvattenytan i Stockholm år 1900.
RH 70	Rikets höjdsystem 1970. Höjdsystem för den andra precisionsavvägningen i Sverige, 1951-67. Systemets nollnivå definieras av Normal Amsterdams Peil (NAP).

RT 38	Rikets koordinatsystem 1938. (Bessels ellipsoid) Koordinatsystem använt för redovisning av den andra rikstrianguleringen 1903-50.
RT 90	Rikets koordinatsystem 1990. (Bessels ellipsoid) Koordinatsystem använt för redovisning av den tredje rikstrianguleringen 1967-82.
RTK	Real Time Kinematic. Kinematisk relativ bärvågsmätning i realtid.
SWEREF 93	Ett svenskt tredimensionellt system. (Ellipsoiden GRS 1980) Systemet är en förtätning av det europeiska systemet ETRS 89. För tekniskt bruk kan det anses vara ekvivalent med WGS-84.
SWEREF 99	Ett svenskt tredimensionellt system. (Ellipsoiden GRS 1980) Systemet är en förtätning av det europeiska systemet ETRS 89, genomförd enligt EUREFs normer.

Bilaga 2 Lantmäteriets hemsida

Adressen till Lantmäteriets hemsida är www.lantmateriet.se.



För att få fram geodesisidan välj först "OM LANTMÄTERIET" och därefter "Geodesi och GPS".



