

Lantmäteriets geodesistrategi



2018-2025

LANTMÄTERIET





Vårt uppdrag är att tillgodose samhällets behov av en enhetlig, hållbar geodetisk infrastruktur samt säkerställa dess tillgänglighet och användning.

Förord

**SUSANNE ÅS SIVBORG,
GENERALDIREKTÖR LANTMÄTERIET**

Lantmäteriet har av regeringen fått det nationella samordningsansvaret för geodata och i det ingår den geodetiska infrastrukturen. Denna sätter grunden för all annan verksamhet genom att tydliggöra vilka koordinat-, höjd- och tyngdkraftssystem som ska användas i Sverige. Därmed ingår det i vårt uppdrag att ansvara för de nationella geodetiska referensnäten och att verka för en nationell enhetlig geodetisk infrastruktur. Geodesin är en av våra nyckelverksamheter.

Geodata, det vill säga data med någon form av lägesanknytning, blir allt viktigare för samhällsutvecklingen. Den nuvarande nationella geodatastrategin är vägledande för alla aktörer i Sverige när det gäller effektiv hantering av geodata. Denna geodesistrategi har fokus på den nationella geodetiska infrastrukturen och kompletterar därmed den nationella geodatastrategin.

Den nationella geodesiverksamheten är av stor betydelse för ett effektivt samhälle och har de senaste decennierna genomgått en avsevärd förändring. Den globala geodetiska infrastrukturen har blivit mer påtaglig när Förenta Nationerna har intresserat sig för området. Inte minst noterade vi detta i samband med att FN i februari 2015 antog resolutionen

”*Global Geodetic Reference Frames for Sustainable Development*”. Denna resolution sträcker sig långt in i ett lands nationella ansvar. För att kunna fortsätta skapa mervärde, måste Lantmäteriets geodesiverksamhet både hålla jämna steg med teknikutvecklingen och vara med i det internationella samarbetet inom geodesiområdet.

Den främsta uppgiften för Lantmäteriets enhet för Geodetisk infrastruktur är att tillhandahålla tillförlitliga geodetiska referensnät för lägesbestämning och tyngdkraft samt att utföra geodetiska mätningar av den dynamiska jorden. Sådana mätningar bidrar även till forskning om klimatförändringar, naturkatastrofer och andra händelser som påverkar samhället. Dessutom är vårt nationella referensnät SWEPOS® ett effektivt stöd vid lägesbestämning med modern satellitbaserad teknik.

Lantmäteriets strategiska plan för geodesiverksamheten sträcker sig fram till år 2025 och är avstämd med vår omvärld. Den är en efterföljare till våra tidigare strategiska planer Geodesi 90, Geodesi 2000 och Geodesi 2010, som alla har bidragit till att driva den svenska geodesin framåt.







Lantmäteriets geodesiverksamhet

Lantmäteriet har en omfattande verksamhet för geodetiska frågor och dessa är samlade i enheten för Geodetisk infrastruktur. Förutom förvaltning av de nationella referensnäten bedrivs en omfattande utvecklings-, forsknings-, stöd- och supportverksamhet, inklusive drift och utveckling av referensstationsnätet SWEPOS®. Lantmäteriet har en samordnande roll för geodetisk verksamhet i Sverige och representerar den svenska geodesin även i internationella sammanhang. Viktiga framgångsfaktorer är att ytterligare utveckla samarbetet med systerorganisationer, slutanvändare, tjänste- och teknikleverantörer och utbildnings- och forskningsinstitut, både nationellt och internationellt. Inriktningen av det geodetiska arbetet på Lantmäteriet finns att hämta från myndighetens instruktion.

Den nationella geodatastrategin har en vision att Sverige ska ha en väl fungerande infrastruktur för geodata. Grundläggande geodata är öppna, aktuella, rikstäckande, standardiserade, av efterfrågad kvalitet, lättillgängliga samt effektiva att använda. Lantmäteriets mål för geodesiverksamheten harmonierar väl med den nationella geodatastrategin och ger förutsättningar för att uppfylla den nationella geodatastrategin.

Geodesiverksamheten i Sverige

Geodesiverksamheten i Sverige omfattar, förutom Lantmäteriets enhet för Geodetisk infrastruktur, även experter i landets kommuner, andra statliga myndigheter (främst Sjöfartsverket och Trafikverket), privata företag samt universitet och högskolor. Tillsammans verkar vi, var och en inom sitt område, för att skapa en enhetlig och hållbar geodetisk infrastruktur och för att åstadkomma effektivt nyttjande av denna. Det är av yttersta vikt att det finns geodetisk kompetens tillgänglig hos alla intressenter. Däremot är sektorn begränsad i stor-

lek varför prestigelös samordning och samarbete är viktigt.

Lantmäteriets målsättning är att vi ska verka tillsammans utifrån våra olika förutsättningar för att fortsätta utveckla den unika geodetiska infrastrukturen som finns i Sverige. Det är också vår önskan att vi ska utveckla samarbetet för att säkra en förvaltning av dokumentserien Handbok i mät- och kartfrågor (HMK).

Den nationella geodetiska infrastrukturen

Betydelsen av en geodetisk infrastruktur skulle kunna grupperas i följande tre kategorier:

1. en funktion för geodetiska referensnät att vara grundläggande för rumsrig infrastruktur genom att utgöra grund för mätning och kartläggning
2. en realisering av ett geodetiskt referenssystem för noggrann mätning och övervakning av globala processer som havsnivåhöjning och plattetektonik
3. en utvidgning till en infrastruktur som medger en explosionsartad utveckling av teknik för lägesbestämning för industriell tillämpning och massmarknadsanvändning.

Lantmäteriets bidrag

Grunden för geodetisk infrastruktur utgörs av referenssystem, inklusive deras definitioner, konventioner och regler för användning. I Sverige har vi SWEREF 99 i plan och tredimensionellt, RH 2000 i höjd och RG 2000 för tyngdkraft som kompletteras av geoid- och landhöjningsmodeller samt transformationssamband. Referenssystemen realiserar i form av referensnät, som kan vara passiva eller aktiva. De passiva referensnäten representeras av markeringar; som exempel realiserar RH 2000 av ett nät omfattande cirka 50 000 fixpunkter. Det aktiva nationella referensnätet för mätning med GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) är SWEPOS som genom fundamentalstationerna realiserar SWEREF 99 och tillsammans med övriga stationer möjliggör bland annat nationella nätverks-RTK-tjänsten. Den senare möjliggör genom distribu-



tion av korrektioner i realtid lägesbestämning i plan och via aktuell geoidmodell i höjd.

Som en del i den geodetiska infrastrukturen ingår därmed också de officiella geoidmodeller och transformationssamband som Lantmäteriet har tagit fram, inklusive modellerna för landhöjning. SWEPOS är unikt ur ett globalt perspektiv eftersom data tillhandahålls för såväl produktionsmätning i form av detaljmätning, maskinstyrning och precisionsnavigering, som för vetenskapliga studier av rörelser i jordskorpan. SWEPOS består av två sorters stationer, där klass A är de mest stabila stationerna och kan användas för till exempel studier av geodynamiska rörelser medan klass B är enklare stationer etablerade på byggnader och främst avsedda för SWEPOS nätverks-RTK-tjänst. Till den geodetiska infrastrukturen hör också våra system för support av SWEPOS, för tillhandahållande av observationsdata och efterberäkning och för det digitala geodetiska arkivet.

Vi stödjer rationell användning av modern geodetisk infrastruktur och mätteknik genom rådgivning. Främst sker det genom en uppdaterad hemsida och de publicerade dokumenten HMK-Geodesi. Denna dokumentserie är tänkt att revideras regelbundet. I revisionen ingår avstämningar med omvärlden och en välutvecklad teknik- och metodutveckling.

I förvaltningen av den geodetiska infrastrukturen ingår, för att säkerställa dess hållbarhet över tiden, såväl mätningar för ajourhållning av passiva nät som kontinuerliga observationer av det aktiva nätet samt analyser av dessa mätningar.

Andras bidrag

I den geodetiska infrastrukturen ingår även den globalt betydelsefulla fundamentalstationen Onsala rymdobservatorium samt det svenska nätet av vattenståndsmätare för observation av havsvattenstånd.

ONSALA RYMDOBSERVATORIUM

Lantmäteriet har ett starkt och genuint intresse av ett utökat samarbete med Onsala rymdobservatorium.

Målsättningen för observatoriet är att tillhandahålla observationsresurser i världsklass för de svenska och internationella samfunden. Institutionen för rymd-, geo- och miljöveten-

skap på Chalmers tekniska högskola är värd för observatoriet.

Vid Onsala rymdobservatorium finns idag fyra stora radioteleskop som används för astronomiska observationer både som fristående teleskop och tillsammans med radioteleskop i övriga världen. Den senare tekniken benämns Very Long Baseline Interferometry (VLBI). VLBI-tekniken används även för geodetiska observationer för att studera jordskorpan dynamik. Vid observatoriet finns också annan utrustning för rymdgeodesi och gravimetri samt en mareograf.

Inom forskningsverksamheten görs bland annat mätningar för att bestämma rörelser i jordskorpan, mätningar/studier av tyngdkraftsfältets förändring till följd av bland annat landhöjningen samt jordens rotationsparametrar och mängden vattenånga i atmosfären, huvudsakligen med hjälp av GNSS och VLBI. Onsala är ett av de observatorier som har den längsta historiken för mätning av jordens rörelser. Observationer av kontinenternas rörelser (plattetektonik) är av väsentlig betydelse bland annat vid realisering av ITRS (International Terrestrial Reference System, det internationella referenssystemet).

OBSERVATION AV HAVSVATTENSTÅND

De vattenståndsmätningar som görs i Sverige av SMHI och Sjöfartsverket är en värdefull del av den geodetiska infrastrukturen. Det officiella svenska nätet för mätning av havsvattenstånd består idag av 55-60 stationer. SMHI har ansvaret för lagring av data från stationerna samt kvalitetssäkring (höjdavvägningar och kvalitetskontroller) medan Sjöfartsverket ansvarar för insamling och distribution av data till SMHI samt drift och underhåll på stationerna. I länderna kring Östersjön finns flera långa, obrutna serier av sådana observationer och de svenska tidsserierna är några av världens längsta.

ÖVRIGA BIDRAG

Sveriges kommuner bidrar genom sina stommät till att komplettera den geodetiska infrastrukturen i Sverige. Det är dessa stommät som är, och har varit, utgångspunkter för den svenska fastighetsindelningen. De har också varit en förutsättning för den kommunala primärkartläggningen.

Avslutningsvis kan också nämnas att tjänsteleverantörer, genom egna stationer och tjänster, bidrar till den geodetiska



stomnät som är, och har varit, utgångspunkter för den svenska fastighetsindelningen. De har också varit en förutsättning för den kommunala primärkartläggningen.

Avslutningsvis kan också nämnas att tjänsteleverantörer, genom egna stationer och tjänster, bidrar till den geodetiska infrastrukturen. Detta görs i nära samarbete med Lantmäteriet och med Lantmäteriets geodetiska infrastruktur.

Samhällets behov av geodetisk infrastruktur

En väl fungerande geodetisk infrastruktur bidrar till stor nytta för samhället. De senaste åren har användningen av GNSS ökat snabbt och det är idag otänkbart att gå tillbaka till en situation utan dessa system för lägesbestämning.

Samhällsnyttan realiseras främst genom kostnadsbesparingar hos användarna. Den ger betydande bidrag till samhället genom att ge förutsättningar för att knyta information till ett bestämt läge. När allt fungerar så märker omvärlden knappt av den geodetiska infrastrukturen.

Med geodetisk infrastruktur som grund kan olika aktörer i samhället, var för sig, samla in lägesbundna data som sedan kan användas, bearbetas och analyseras tillsammans. Flera olika områden är idag beroende av denna infrastruktur, exempelvis:

- lägesbestämning och navigering
- skapa infrastruktur för transporter och all form av byggnation
- kartläggning och sjömätning
- insamling, utbyte, användning och kvalitetssäkring av geodata
- effektiv användning av modern mätningsteknik
- mätning av vattenstånd och rörelser i jordskorpan
- rättssäkert plangenomförande baserat på dokumenterade och över tiden säkra lägesangivelser
- lagar, förordningar, andra författningar och domslut som innehåller koordinat- och/eller höjdangivelser.

Mycket av vår Internetanvändning utgår direkt eller indirekt från en karta, flyg- eller satellitbild. Idag anser vi det självklart att via en sökning på Internet få information om och var

närmaste affär finns. Lägesinformationen ska kunna kopplas till en applikation som baseras på någon form av kartstöd och därmed kan vi få hjälp att hitta till denna plats. Genom att underlaget georefererats, och vårt läge bestäms i samma referenssystem, kan vi få hjälp att ta oss fram till målet.

Ett helt annat sammanhang där information kopplas till en position är i klimat- och miljödebatten, där havsytagens variation över tiden diskuteras och där observationers läge behöver beskrivas. Snart är det självklart att GNSS-teknik stöttar en användare vid sömlös navigering mellan inomhus- och utomhusmiljöer eller som stödsystem till autonoma fordon.

Redan nu kan mobiltelefonens position bestämmas med en osäkerhet under meternivå och snart kommer utvecklingen av autonoma fordon att ställa höga krav på positionsbestämning i realtid. Den geodetiska infrastrukturen är en självklarhet utan att användarna är medvetna om det – så länge den fungerar!

Den geodetiska infrastrukturen är också en viktig del av den svenska krisberedskapen. Tillgång till enhetliga koordinat- och höjdsystem säkerställer utbytet av geodata mellan de aktörer som agerar i krissituationer.



Enhetliga referenssystem

ENHETLIGA REFERENSSYSTEM

För alla geodata i Sverige ska läget anges i SWEREF 99 och RH 2000. Detta underlättar och effektiviserar datautbyte samt säkrar kvalitet. Enhetliga referenssystem är därför grundläggande vid standardisering av geodata. Införandet av enhetliga referenssystem i kommuner och myndigheter pågår och bör slutföras inom kommande år.

Den geodetiska informationen i form av våra nationella referens-, koordinat-, höjd- och tyngdkraftssystem är fritt tillgänglig. Det som eventuellt kostar är de tjänster som är kopplade till tillhandahållandet.

Att värdera vad enhetliga referenssystem ger i form av effektivisering är svårt. Bara det faktum att användarna kan vara säkra på att de får koordinater i ett visst koordinatsystem och slipper hantering av transformationer effektiviserar hanteringen och minskar kostnaderna. Risken att göra fel minskar och kvaliteten bibehålls!

Enhetlighet på europeisk nivå styrs idag via EU:s direktiv om geografisk miljöinformation Inspire, som har definierat att datautbyte inom Europa ska ske i de europeiska referenssystemen ETRS89 och EVRS. De svenska referenssystemen SWEREF 99 respektive RH 2000 är de svenska realiseringarna av dessa system. Genom att använda dem så använder vi därmed de europeiska systemen samt följer den europeiska överenskommelsen.

GNSS-baserade tillämpningar med låg mätosäkerhet

GNSS-användningen i Sverige ökar stadigt. Samhällsnyttan är stor och potentialen framöver är än större. GNSS-användning med låg mätosäkerhet kommer att bli allt enklare att åstadkomma. Idag kännetecknas det främst av nätverks-RTK (*Real Time Kinematic*), men tillgången till noggrann GNSS-posi-

tion för gemene man via till exempel mobiltelefon är bara några år bort. Inom fastighetsbildning, maskinstyrning, sjöfart och jordbruk gör användning av noggrann GNSS stor skillnad.

Enkla överslagsräkningar indikerar kostnadsreduktioner på flera hundra miljoner kronor årligen hos användarna. Då är ändå besparingarna lågt räknade. Där finns en stor potential för samhället. Här nedan ges några exempel från olika sektorer och användare.

INFRASTRUKTURPROJEKT

Ett aktivt referensnät i samband med större väg- och järnvägsbyggen har visat sig vara kostnadsbesparande och effektivt. Entreprenören har ständig tillgång till referensnätet och behöver inte besöka utlagda punkter. Tillgängligheten och tillförlitligheten är stor och leder till stora tidsvinster.

Trafikverket har rapporterat en kostnadsbesparing på 32 miljoner kronor vid infrastrukturprojektet BanaVägiVäst och för entreprenörerna är kostnadsbesparingarna mångdubbelt mer. Detta projekt var ett av de första där Trafikverket använde Lantmäteriets nät av fasta referensstationer (SWEPOS) som leverantör av referensnätet och motsvarande tjänst har även använts vid andra infrastrukturprojekt; där nu Ostlänken – snabbjärnväg från Järna till Linköping – är det senaste exemplet på sådant projekt. Arbetet med järnvägen har påbörjats och som infrastruktur för lägesbestämning och maskinstyrning finns SWEPOS. Kostnaden för infrastrukturen är mycket låg i förhållande till den kostnadsreduktion som det kommer att innebära för såväl Trafikverket som dess entreprenörer.

PRECISIONSJORDBRUK

Jordbruk är en annan sektor där noggrann lägesbestämning av maskiner kan bidra till lägre bränsleåtgång, mindre gödselmängder och andra åtgärder som tillsammans effektiviserar verksamheten och ger högre avkastning. Inom jordbrukssektorn i Sverige rapporteras kostnadsbesparingar och ökade intäkter på några hundra kronor per hektar och år. Med tanke på att Sverige har närmare 3 miljoner hektar jordbruksmark och att noggrann lägesbestämning bör vara användbar på en stor del av denna så ligger värdet på flera hundra miljoner kronor per år.



SJÖFART

Ett större fartyg i Östersjön kan ge 200 000 kronor i ökad inkomst vid varje hamnanlöp om fartyget kan lastas så att det går en decimeter djupare. Det betyder att med stöd av bättre information om bottenförhållanden, fartygets position i vertikalled och tydlighet kring vilket referenssystem som används kan det finnas oerhört stora vinster att göra. Lantmäteriet deltar i ett större EU-finansierat projekt (*Famos, Finalizing Surveys for the Baltic Motorways of the Sea*), rörande kartläggning av Östersjöns djup, och bidrar till arbetet med en gemensam referensyta för Östersjön samt utveckling av mätmetoder.

VÄDERPROGNOSER

I samarbete med SMHI och Chalmers beräknar Lantmäteriet atmosfärens innehåll av vattenånga genom utnyttjande av aktiva referensnät i norra Europa. Beräkningen baseras på GNSS-observationer från närmare 700 fasta referensstationer och används dels i meteorologiska vädermodeller, dels för forskning om klimatets förändring över tiden.

FASTIGHETSBLDNING

Användning av GNSS inom fastighetsbildning har bidragit till att mätning i samband med förrättningar genomförs på kortare tid.

Tilläggs kan att det näst intill vore ogörligt att utan GNSS-teknik och SWEPOS-tjänster mäta in och staka ut gränser på otillgängligt belägna fastigheter i glest befolkade delar av landet, där utgångspunkter på marken saknas.

Våra referenssystem – en del av de internationella systemen

Våra referensnät är inte bara sammanlänkade inom Norden utan, än viktigare, är också realiseringar av de europeiska referenssystemen ETRS89 respektive EVRS. Det tredimensionella referenssystemet, ETRS89, används inom hela Europa

och förvaltas av den internationella geodesiassociationens (IAG) europeiska grupp Euref och nås genom EPN (Eurefs permanenta nät), ett forskningsstyrkt nätverk av kontinuerligt registrerade GNSS-stationer med kända koordinater i ETRS89. Euref har verkat för gemensamma referenssystem sedan slutet av 1980-talet. De nationella systemen idag i Europa är därför en nationell representation av de internationella systemen. Med stöd av EuroGeographics och EU:s miljödirektiv Inspire utgör detta referenssystem idag ryggraden i alla geografiska och geodetiska projekt inom europeiskt territorium, på såväl nationell som internationell nivå. ETRS89 är, i sin tur, den europeiska realiseringen av det globala referenssystemet.

Sveriges nationella geodetiska infrastruktur ingår därför i den internationella. Vi bidrar kontinuerligt med geodetiska observationer som används till de globala geodetiska referenssystemen. Bidraget från Onsala rymdobservatorium kan inte nog understrykas. Lantmäteriets verksamhet med dataleveranser och analys av geodetiska data är av väsentlig betydelse för den internationella geodetiska infrastrukturen, främst till den europeiska. Alla internationella bidrag har av tradition varit frivilliga även om vi kan notera en viss förändring mot formalisering och reglering i avtal.

Det europeiska höjdsystemet EVRS förvaltas också av Euref. Systemet är uppbyggt med nationella avvägnings- och landhöjningsdata för att underlätta utbyte av höjdinformation inom Europa. Utvecklingen av globalt höjdsystem pågår inom IAG. Likt ITRS finns det ett internationellt höjdsystem, IHRS där H står för Height. Även IHRS kommer att realiseras genom referensnät. Allt fler internationella tjänster och projekt kommer att leverera höjder i ett internationellt höjdsystem. Viktigt för oss blir att utveckla och publicera en relation mellan RH 2000 och detta internationella höjdsystem.







Enhetens internationella verksamhet

Med anledning av att våra nationella referenssystem har sådan stark internationell koppling påverkas vår utveckling av den internationella. Därför blir internationell samverkan betydelsefull, nödvändig och en naturlig del i vårt arbetssätt. Samverkan sker genom direkta myndighetsuppdrag, som att företräda Sverige i internationella organisationer som FN, men även att aktivt medverka i geodesiorganisationer som IAG.

Mellan nationella och internationella referensnät finns ett ömsesidigt beroende. De nationella näten är realiseringar av de internationella referenssystemen, som i sin tur behöver observationer från de nationella näten. Detta beroende har intensifierats under de senaste decennierna, och utvecklingen fortsätter i samma riktning. Arbetet bygger på frivillig medverkan (egenfinansiering) från alla involverade organisationer. Under senare år har vi dock sett en förskjutning till mer formella överenskommelser på FN- och EU-nivå kring internationell geodetisk infrastruktur. Denna förändring bedöms fortsätta under perioden.

Lantmäteriet kommer att fortsätta sitt engagemang kring de FN-relaterade initiativ som finns för att säkra en hållbar global geodetisk infrastruktur, främst genom United Nations Global Geospatial Information Management Subcommittee on Geodesy (UNGGIM SCoG) samt United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA) och dess International Committee on GNSS (ICG). FN antog dessutom under 2015 resolutionen "Global Geodetic Reference Frames for Sustainable Development" och vi kommer att bidra till att Sverige implementerar denna i så stor utsträckning som möjligt.

Lantmäteriets internationella engagemang kommer att öka under de kommande åren och till stor del styra vår inriktning. Förutom nyss nämnda UNGGIM SCoG är den viktigaste samarbetspartnern IAG samt dess undergrupp i Europa, Eureref. Även andra globala eller regionala organisationer är viktiga att delta aktivt i för att kunna bedriva en effektiv geodesiverksamhet och kompetensförsörjning i Sverige. Ett exempel

är FIG, den internationella lantmätarföreningen.

Ambitionen med det nordiska samarbetet är att få NKG (Nordiska Kommissionen för Geodesi) att bli en plattform där vi kan samordna våra resurser i fler gemensamma projekt och stärka Nordens roll inom det europeiska geodesiarbetet.

European Plate Observing System (Epos) är ett område som kommer att påverka oss. Epos är en långsiktig plan, initierad och finansierad på EU-nivå, för att underlätta tillgång till och utbyte av observationer för forskning rörande den europeiska geodynamiken. Lantmäteriets observationer är en viktig komponent i detta.

Lantmäteriet har genom åren haft en aktiv och omfattande tjänsteexport. Genom denna bidrar Lantmäteriet till att utveckla mottagarländernas geodesiverksamhet, vilket i sin tur är en förutsättning för att internationella projekt ska bli framgångsrika.

En dynamisk jord

Att säkerställa en hållbar nationell geodetisk infrastruktur är en utmaning eftersom jordklotet inte är en stel kropp utan står i ständig förändring under påverkan av yttre och inre krafter. Kontinentaldrift och jordbävningar är bekanta fenomen. I Norden märker vi av landhöjningen, som är ett resultat av den senaste istiden. Jordskorpan, som trycktes ned av den kilometertjocka isen är på väg upp för att återta sitt jämviktsläge.

De dynamiska processerna deformerar jordskorpan vilket resulterar i att inbördes lägen mellan objekt på marken förändras över tiden. Utöver den vetenskapliga användningen är denna kunskap av stor betydelse för underhållet av våra nationella referenssystem och för klimatanpassningen. Landhöjningen har sitt maximum på 10 mm per år i Umeåtrakten medan den horisontella komponenten gör Sverige cirka 1 mm vidare per år. Från att ha varit stabil under lång tid började havsnivåns höjning accelerera i och med industrialismens intåg i mitten på 1800-talet. För närvarande beräknas havsnivåförändringen längs Sveriges kustlinje uppgå till drygt ett par millimeter per år.





Förändringen av jordytan innebär också att vår kontinentalplatta rör sig cirka 2,5 cm/år åt nordost. Alla dessa rörelser måste vi hantera genom att definiera våra referenssystem till en viss epok, det vill säga en bestämd tidpunkt. Referenssystemens koordinater (och tyngdkraftsvärden) motsvarar då situationen vid just den tidpunkten. Framtida positionstjänster av mer global karaktär kommer att utmana detta tankesätt. Att koordinater förändras och att vårt läge idag inte är detsamma som igår är något vi måste förhålla oss till. Internationellt diskuteras just nu dynamiska referenssystem och denna fråga är egentligen mycket större än enbart ett geodetiskt problem. Användning av våra geodata kommer i allt större utsträckning att ske i kombination med globala positionstjänster och då kommer geodata förväntas visa Sverige som det ser ut vid en given tidpunkt.

Den postglaciala landhöjningen i norra Europa, där Sverige ligger mitt i de centrala delarna, är det område i världen med bäst förutsättningar att studera hur jorden reagerar på en sedan länge bortsmält inlandsis. Det gör vi med kontinuerliga GNSS-tidsserier och med noggranna, upprepade tyngdkraftsmätningar. Dessa observationer tilldrar sig världens intresse eftersom de bidrar till kunskap om hur jorden fungerar. Kunskapen används i områden med nutida inlandsisar som smälter, till exempel på Grönland och Antarktis, för att separera effekten av dagens avsmältning från effekten av den senaste istiden och därmed kunna göra säkrare prognoser för framtida klimatrelaterade havsnivåändringar.

Geodesin i klimatforskningen

Men vad är klimat egentligen och vad är skillnaden mellan väder och klimat? Den korta versionen lyder: "Klimat är vädret i medeltal". Med litet fler ord kan man uttrycka det som att klimatdata beskriver variationer i vädrets egenskaper under en längre tid och över ett större område. Geodesin kan bidra såväl till väderprognoser som till klimatforskningen. Några effekter av människans påverkan på klimatet är högre temperatur, snabbare glaciäravsmältning och en höjning av havsnivån. I

Sverige reduceras effekterna av den globala havsnivåökningen av landhöjningen. För att kunna göra säkra prognoser av effekterna av framtida havsnivåökningar i känsliga områden längs den svenska kusten krävs alltså noggrann kännedom om landhöjningen. Lantmäteriet har idag expertis och erfarenhet kopplad till både landhöjning och havsnivåförändringar. Med vår kompetens, tillsammans med annan expertis nationellt och internationellt, är vi en viktig aktör i den svenska miljö- och klimatforskningen.

För att kunna bedriva en effektiv klimat- och miljöforskning krävs att observationer kan kopplas till en position på jordklotet. En gemensam nämnare blir då de internationella referenssystemen ITES och INES.

GNSS-data från SWEPOS-stationerna används för att kontinuerligt beräkna innehållet av vattenånga i atmosfären. Vattenånga låter ofarligt, men är en av de starkaste växthusgaserna. Vid noggrann GNSS-mätning måste man korrigera för vattenånga men för väderprognoser och studier av klimatförändringar är gasen en viktig ingångsparameter. Det som är brus för den ene är värdefull information för den andre.

GNSS-baserade positioneringstjänster idag och imorgon

Under de senaste åren har GPS och Glonass moderniserats och Galileo utvecklats. Det europeiska systemet Galileo finns sedan januari 2018 i SWEPOS-tjänsterna. Även det kinesiska systemet Beidou utvecklas och kommer att vara tillgängligt och användbart för användare i Sverige om några år. Med nya satellitsystem blir tekniken än mer användbar för lägesbestämning i miljöer med begränsad sikt till satelliterna, till exempel stadsmiljö med höga byggnader eller skogbevuxen terräng. De nya satellitsystemen i kombination med nya satellitsignaler från GPS och Glonass gör positionsbestämningen snabbare och mera tillförlitlig. Kombinationen av fler GNSS är ett område som det forskas mycket inom och bland annat har Lantmäteriet för närvarande (2018) en egen industridoktorand inom området.



EN ÖKAD ANVÄNDNING

Användningen av GNSS-teknik ökar, inte bara inom detaljmätning och förrättningsmätning utan även i sektorer som maskinstyrning, jordbruk och för ledningsdokumentation. SWEPOS-nätet har därför med tiden förtätats, vilket ger förutsättningar för lägre mätosäkerhet och redundans i systemet. Den stora vinsten för en lokal användare, som en kommun, kommer när man kombinerar teknikanvändningen med att införa de nationella referenssystemen och säkrar kvaliteten i sina geodata och arbetssätt. Vartefter nya satellitsignaler och system blir tillgängliga för mätning kommer mätmöjligheterna att öka och mätosäkerheten i höjdmätning att minska.

Framtida behov av positionsbestämning ökar och det är tydligt att allt fler användare kommer att kunna få en noggrann position allt enklare. Mobiltelefonindustrin har i stort sett all nödvändig teknik för att kunna göra den med centimeternoggrannhet. Vi noterar också att självkörande fordon redan idag är en del av samhället. Noggrann bestämning av bilens läge kommer att fordras och det kommer att ställa krav på oss som tjänsteleverantör och som ansvarig för den geodetiska infrastrukturen, att säkerställa noggrann och korrekt positionering.

LANTMÄTERIET I TÄTEN

För att GNSS-tekniken ska kunna utnyttjas fullt ut av användarna krävs att Lantmäteriet är steget före, förbereder SWEPOS för att kunna hantera alla signaler, har ett tätt samarbete med industrin, samt bedriver teknik- och metodutveckling och påvisar för- och nackdelar med olika metoder. Lantmäteriet behöver fortsatt ha en aktiv omvärldsbevakning för att kunna ta rätt beslut i en snar framtid.

Den geodetiska infrastrukturen behöver utvecklas för att kunna stötta framtida positionsbestämning, vare sig det är genom Lantmäteriets tjänster eller av någon annan som använder vår infrastruktur. Under kommande period kommer mätmetoder som inte utnyttjar den svenska geodetiska infrastrukturen direkt, som till exempel PPP (Precise Point Positioning), att bli intressant för fler användare. Lantmäteriet bör inom kort ta ställning till om vi ska utveckla en egen PPP-tjänst för svenska användare. Dock ska det påpekas att även en teknik som PPP kräver ett tätt nät av permanenta stationer

för att kunna uppnå den prestanda som förväntas. PPP ger positioner i aktuell epok men inte primärt i de svenska referenssystemen. SWEREF 99 och RH 2000 kommer fortfarande vara våra nationella system under överskådlig tid, men många användare kommer att vilja göra positionsbestämning i aktuell epok, det vill säga så som vår dynamiska jord ser ut just då. Nätverks-RTK är den positionsteknik som kommer att användas under det kommande decenniet, men andra tekniker kommer att ha utvecklats för att stötta positionsbestämning, till exempel via mobiltelefoner.

Lantmäteriet bör tillhandahålla data såväl i form av positionstjänster för slutanvändare som rådata för vidaredistribution via olika aktörer. Den samverkan som idag finns med användare, instrumentleverantörer, nordiska systerorganisationer och universitet/högskolor, för drift och utveckling av SWEPOS ska fortsätta. Lantmäteriets ambition med SWEPOS är att infrastrukturen ska kunna ta emot och hantera alla de signaler som är tillgängliga via GNSS och säkerställa att de även kan användas för att utveckla och förbättra Lantmäteriets och andras tjänster.

För att svenska användare ska kunna ta till sig fyra olika GNSS och det europeiska stödsystemet Egnos krävs att Lantmäteriet är aktivt i monitorering av dessa olika system. Lantmäteriet behöver ständigt övervaka deras status och kvalitet för att kunna stötta svensk GNSS-användning.

Det finns flera leverantörer av noggranna positioneringstjänster. Genom ett bra samarbete med andra leverantörer av nätverks-RTK-tjänster har vi enats om vikten av att ha en stark gemensam geodetisk infrastruktur som grund och att det är Lantmäteriets. Därför bygger övriga tjänster på observationer i realtid från Lantmäteriets nationella geodetiska infrastruktur.

Lantmäteriet samordningsroll idag och imorgon

Lantmäteriet har av regeringen fått ett nationellt samordningsansvar för geodataområdet, inklusive geodesiområdet.



Utvecklingen och det framgångsrika nyttjandet av den geodetiska infrastrukturen är frukten av samverkan mellan Lantmäteriets experter och företrädare för andra statliga myndigheter, kommuner, privata företag, universitet och högskolor. Till skillnad från situationen i många andra europeiska länder har vi, utan styrande lagregler, introducerat såväl nya referenssystem som ett nationellt aktivt referensnät, SWEPOS, till nytta för alla användare. Detta har åstadkommit tack vare god samordning och ett gott samarbete. En del i detta är SWEPOS referensgrupp med representanter från Lantmäteriet, andra myndigheter, kommuner och privata aktörer.

OPARTISKA OCH OBJEKTIVA RÅD

Den mätningstekniska kompetensen i kommuner och statliga myndigheter är begränsad, samtidigt som GNSS-teknik är lättillgänglig och ger stora möjligheter. Risken för osäkra resultat ökar dock när val av mätmetodik inte alltid förstås eller prioriteras. Opertiska och objektiva råd om mätningsteknik och mätmetodik kan vara av avgörande betydelse för den aktuella tillämpningen. En viktig dokumentserie i detta avseende är Handbok i Mättnings- och Kartfrågor (HMK) där den fackmannamässiga hanteringen av mättnings- och kartteknik beskrivs. Syftet är att bidra till en mer standardiserad hantering av mät- och kartfrågor i landet. Förvaltningen av dessa handböcker kombinerat med stöd kring stomnätstrategier och teknik- och metodutveckling är mycket viktiga områden. Med stöd av HMK-dokumenterna kan vi bidra till att mättningsverksamheten i stat och kommun ger resultat med hög kvalitet och användbarhet. Som ett led i detta har Lantmäteriet etablerat HMK-Geodesi referensgrupp med representanter från flera olika sektorer. Gruppens roll är att stötta oss i att förvalta och utveckla HMK-Geodesi.

SAMVERKANSGRUPP FÖR GEODETISK INFRASTRUKTUR

Som ett resultat av Svensk Geoprocess har Samverksgrupp Geodetisk infrastruktur bildats med deltagare från Lantmäteriet och kommuner. Under kommande år är tanken att den ska utvecklas till att inkludera geodetiska frågeställningar för det offentliga Sverige.

Fokus just nu är att slutföra införandet av SWEREF 99 och

RH 2000 hos kommuner och myndigheter. Nästan alla kommuner har infört SWEREF 99, men införandet av RH 2000 kommer att behöva pågå några år till. Kommuner behöver stöd i hur de ska kunna arbeta effektivt i framtiden när det gäller frågor kring stomnätunderhåll, mätningsteknik och kvalitet i de kommunala stomnäten. Införandet av nya referenssystem, ett förtätat SWEPOS tillsammans med ett större utnyttjande av nätverks-RTK visar på att kommuner och Lantmäteriet behöver fortsätta sitt samarbete kring mätstrategier. Lantmäteriets uppgift är att ge kommunerna det stöd de behöver för att ta aktiva beslut i framtagandet av en kommunal mätstrategi, som beskriver deras långsiktighet kring sin förvaltning av koordinat- och höjdsystem inklusive stompunkterna. Motsvarande resonemang kan översättas till Lantmäteriets egen verksamhet och framförallt då kopplat till kvaliteten i fastighetsregistret. Vilken positionskvalitet behöver vi ha på våra gränspunkter? Frågan är redan aktuell och blir än mer utmanande om vi går mot koordinatbaserad fastighetsbildning.

PROJEKTET FAMOS

Under de senaste åren har frågor rörande gemensamma referenssystem blivit allt mer aktuella, med Östersjön som ett bra exempel. Lantmäteriets ansvar för den nationella geodetiska infrastrukturen är inte begränsad till land utan innefattar även hav och luft. Tillsammans med Sjöfartsverket är Lantmäteriet involverat i projektet Famos. Det gör att Östersjön numera är en naturlig del i vårt dagliga arbete. Fokus är att säkerställa en referensyta för djupangivelser som sammanfaller med nollnivån i RH 2000. I praktiken realiseras den med en förbättrad geoidmodell, (vilket åstadkoms genom bland annat mer tyngdkraftsmätning) och GNSS-mätmetodik. Vi ser framför oss att samarbetet mellan Lantmäteriet, Sjöfartsverket och andra myndigheter kring frågor som rör Östersjön kommer att öka under kommande år.

Vi tror att behovet av råd och stöd i olika former och via olika media kommer att vara minst lika stort framöver. FoU-verksamheten tillsammans med praktisk erfarenhet är förutsättningar för att Lantmäteriet även fortsättningsvis ska kunna vara aktivt inom detta område.



Lantmäteriets forskning inom geodesi

Enligt Lantmäteriets instruktion ska forskning bedrivas inom geodesi. Lantmäteriets geodetiska forskningsverksamhet har sin grund i referenssystemens förvaltning, användning och hållbarhet över tiden samt teknik och metoder för lägesbestämning. Forskningen behandlar bland annat landhöjning och andra geodynamiska effekter. Den är inriktad på att utveckla modeller av jordskorpans förändring och hur det påverkar referenssystemen och våra geodetiska observationer. Förändring av tyngdkraften, tillsammans med andra observationer, kan beskriva jordytans förändring och därmed bidra till att förstå hur jorden fungerar. Ett nära samarbete inom forskningen vid Kungliga Tekniska Högskolan, Chalmers tekniska högskola, Högskolan i Gävle, Högskolan i Väst och RISE är en viktig del i det nationella ansvar som Lantmäteriet har.

Positionsbestämning och navigering är idag en självklarhet för varje användare av en "smartphone". Teknikutvecklingen fortsätter och möjligheterna har långt ifrån nått sina begränsningar. Inom geodesiområdet karaktäriseras denna utveckling av värdeord som mindre, fler, enklare, snabbare, noggrannare, mer flexibla, billigare och mer integrerade. Möjligheten till positionsbestämning på centimeternivå kommer att finnas betydligt mer lättillgängligt även för gemene man. Det betyder också att många av de som idag använder nätverks-RTK fortsättningsvis kommer att använda betydligt billigare tjänster via mobiloperatörerna. Noggrann positionsbestämning med mobila enheter baserad på teknik som använder GNSS kommer att ställa krav på kvalitetssäkring, spårbarhet och referenssystemshantering. GNSS-utveckling och GNSS-modernisering kommer att möjliggöra nya mätmetoder. Vi måste följa med i utvecklingens framkant för att kunna ge råd till användarna. Referenssystemen på land, till havs och i luften kommer att vara sömlösa på ett helt annat sätt, vilket ställer krav på att säkra deras tillgänglighet och hållbarhet. Vi tror också att geodesins bidrag till miljö- och klimatforskningen kommer att tydliggöras och stärkas.

Lantmäteriet kommer att fortsätta bedriva en aktiv forsk-

ning kopplat till vårt ansvarsområde. Exempel på planerad forskning under åren fram till 2025 är att vi ska:

- bedriva fortsatt FoU rörande teorier och metoder för geoidmodellering samt fenomen som påverkar geoiden som till exempel isavsmältning och havens volymförändring och dess påverkan på havsytans form
- säkerställa att vi officiellt får det nationella ansvaret för riksmätplatsen för tyngdkraft
- bedriva fortsatt FoU beträffande geofysiskt baserade modeller för landhöjningen
- vidareutveckla teorier och metoder för att implementera modeller av jordskorpans deformationer och tyngdkraftsfältets förändring
- genomföra FoU-insatser för att minska osäkerheten i vår geodetiska infrastruktur
- bedriva fortsatt FoU kring tillämpad GNSS – bland annat vad gäller effekterna av fler satellitsystem, för att öka tillgängligheten och minska mätosäkerheten
- vara aktiva i metodutveckling för att på effektivaste sätt utnyttja ny teknik och nya kombinationer av modern och traditionell teknik
- delta i FoU kring exempelvis rymdväder för att säkerställa lägre mätosäkerhet vid mätning med nätverks-RTK
- ta fram metoder för att ange mätsystemens kvalitet och tillförlitlighet, för att hjälpa användarna att ha kontroll över sin mätprocess
- kontinuerligt ha en eller två egna industridoktorander igång.





Våra nyckelaktiviteter

Lantmäteriet ska kontinuerligt:

- säkerställa att den geodetiska infrastrukturen, inklusive kompetens, håller rätt kvalitet och omfattning för överskådliga behov
- förvalta och ajourhålla de geodetiska referenssystemen SWEREF 99, RH 2000 och RG 2000 på land, till havs och i luften
- säkerställa att Sverige har en geoidmodell som möter användarnas behov
- genomföra beslutade absolutgravimetrimätningar
- fortsätta förtätningen av referensstationsnätet SWEPOS enligt fastställt plan för att säkerställa tillgängligheten och utveckla användningen av GNSS i realtid
- säkerställa en infrastruktur som möjliggör utveckling och modernisering av GNSS-användningen
- bedriva FoU-verksamhet för referenssystemens förvaltning och hållbarhet över tiden samt metod- och teknikutveckling för lägesbestämning
- aktivt följa och stödja utveckling inom GNSS- och geodesiområdet i övrigt
- bidra till det internationella geodetiska samarbetet genom dataleveranser och aktivt deltagande i arbetsgrupper
- aktivt delta i och vid behov initiera standardiseringsarbete inom det geodetiska området
- aktivt delta i interna och externa projekt, till exempel Famos och NKG
- ha en aktiv stöd- och rådgivningsverksamhet
- föra en dialog med kommunerna för att förstå deras behov.

Under 2018 behöver vi fokusera på:

- att ta beslut om nya ajourhållningsplaner för RH 2000, försäkringspunkterna, RG 2000 och mareografer
- att tydliggöra vårt samarbete med Onsala rymdobservatorium
- att ta beslut om strategi för vårt bidrag från SWEPOS till internationella intressen såsom Gloss, Epos med flera
- att ta fram en inriktningsstrategi kring enhetens roll i klimat-

forskningen

- att säkerställa att transformations samband till aktuell ITRF-epok kontinuerligt finns tillgängligt
- att utveckla arbetet för referensgruppen för HMK
- att utveckla stöd för GNSS-mätning med Galileo-systemet
- att utvärdera GPS-signalerna L2C och L5.

Under 2019 behöver vi fokusera på:

- att genomföra nya ajourhållningsplaner för våra passiva och aktiva riksnät
- att etablera en industridoktorand kopplat till VLBI vid Chalmers tekniska högskola och en industridoktorand inom geoidmodellering vid Kungliga Tekniska Högskolan
- att ta ett inriktningsbeslut kring InSAR och den geodetiska infrastrukturen i Sverige i perspektivet av att EU-GMS (*Ground Motion Service*) kommer att genomföras. En förstudie ska genomföras som belyser fördelar, nackdelar, kompetens, kostnader med mera
- att genomföra revision av HMK-Geodesi
- att publicera en rapport kring framtida positionstjänster baserade på SWEPOS och enhetliga referenssystem
- att utreda användarnas behov av och form för yrkescertifiering
- att säkerställa att Lantmäteriet blir ansvarigt för tyngdkraft i Sverige, inklusive riksmätplats
- att utveckla vår kunskap om och modeller över ishistoriken.

Under 2020 behöver vi fokusera på:

- att ta ett inriktningsbeslut rörande dynamiska och semidynamiska referenssystem
- att offentliga beställare och förvaltare av geodata ska ha infört SWEREF 99 och RH 2000
- att publicera en relation mellan RH 2000 och IHRF XX
- att ha infört global GNSS-beräkning som stöd för EPN och GNSS-analys inom NKG
- att utveckla stöd för GNSS-mätning med Beidou-systemet.

Tillstånd 2025

REFERENSSYSTEM OCH INFRASTRUKTUR

År 2025:

- har Sverige en hållbar, gränslös, sammanhållen geodetisk infrastruktur på land, i luften och till havs med enhetliga, globalt anpassade referenssystem
- är SWEREF 99, RH 2000 och RG 2000 de nationella referenssystemen för position, höjd och tyngdkraft och används av alla kommuner och informationsägande myndigheter
- har Lantmäteriet en nationell geodetisk infrastruktur inkluderande egna GNSS-baserade tjänster som andra leverantörer kan bygga egna tjänster utifrån
- är det med stöd av transformationer och modeller också möjligt att effektivt arbeta i, och få tillgång till våra geodata i ITRF och IHRF i aktuell epok
- har vi säkerställt våra geodetiska referenssystemers hållbarhet genom fortlöpande tidsserieanalyser och modellering av landhöjningen och andra geodynamiska effekter
- har vi säkerställt livslängden på SWEREF 99, bland annat genom ständig utveckling av det aktiva referensnätet
- har vi säkerställt fortlevnaden av RH 2000 genom aktiv förvaltning av det passiva referensnätet
- har vi en sömlös geoidmodell med hög och känd kvalitet både på land och till havs.

ANVÄNDARNA

År 2025:

- är GNSS den dominerande tekniken och kombinationen av flera olika mätningstekniker har utvecklats starkt
- har noggrann positionsbestämning och navigering i realtid fått ökad och breddad användning samt är en självklarhet både inomhus och utomhus, för alla
- har alla tillgång till Sveriges referenssystem - sekundsnabbt, överallt och alltid, ofta utan att vara medvetna om det
- har vi säkerställt tillgången till våra referenssystem och vår information genom tjänster, i form av både positionsbestämnings- och arkivtjänster
- möjliggör vår nationella geodetiska infrastruktur tjänster

för massmarknaden i form av positionsbestämning på centimeternivå i realtid

- finns en massmarknad för system baserade på noggrann GNSS integrerad med andra sensorer, t.ex. i förarlösa fordon
- har komplexiteten i byggande, mätning och fastighetsbildning accelererat och allt hanteras i tre dimensioner.

LANTMÄTERIETS ROLL OCH STÄLLNING

År 2025:

- bedriver Lantmäteriet fortsatt forskning inom geodesiområdet
- har Lantmäteriet stärkt sin samordningsroll genom att fokusera även på kompetensförsörjning och innovationscentrum
- har Lantmäteriet även framledes ansvaret att säkerställa en nationell geodetisk infrastruktur
- har Lantmäteriet en aktiv roll i arbetet med den internationella geodetiska infrastrukturen, för att säkerställa våra nationella referenssystem och för att bidra till förverkligandet av FN-resolutionen om "Global Geodetic Reference Frame for Sustainable Development"
- har Lantmäteriet en aktiv samordnings- och rådgivningsroll inom geodetisk mätningsteknik och referenssystem, både nationellt och internationellt
- har Lantmäteriet stärkt sin roll, både nationellt och internationellt, inom såväl geodynamiken som miljö- och klimatforskning.

LANTMÄTERIET

