

God mätsed eller "Hur man utnyttjar tidigare generationers samlade erfarenheter"

Lars E Engberg, Lars.E.Engberg@lm.se
Clas-Göran Persson, Clas-Goran.Persson@lm.se
Bägge verksamma på Lantmäteriet

"God mätsed" är inte knuten till någon speciell mätmetod eller mätutrustning utan kan tillämpas i alla sammanhang. God mätsed avser alltså "sanningar" som är mer eller mindre allmänt giltiga. Det är egentligen bara fråga om sunt förnuft i kombination med ett kvalitetstänkande som genomsyrar hela mätprocessen. Som utgångspunkt till beskrivningen ges en historisk tillbakablick.

Bakgrund och syfte

Vad är det som gör att vi aktualiserar detta med "God mätsed" just nu? Anledningarna är flera, bl.a.:

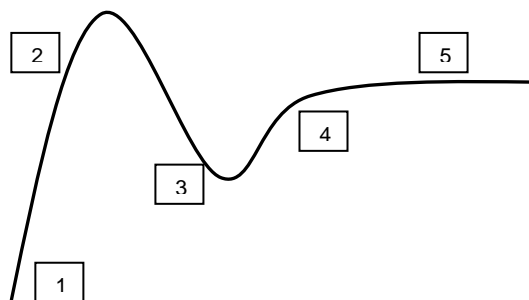
- Det är mer än 15 år sedan de första geodesibanden i HMK (Handbok till mätning-kungörelsen) togs fram. HMK genomsyndes av god mätsed och var vägledande för en hel mätningsslag. Men nu är böckerna till stor del föråldrade och utgör inte längre detta stöd.
- Genom GPS-/GNSS-teknikens utveckling har mätmetoderna helt förändrats. Vad som är god mätsed i samband med RTK-mätning är inte självklart – åtminstone inte för den yngre generationen, som inte vet om någon annan mätteknik.
- Den nya tekniken har gjort det enkelt för alla att göra positionsbestämningar. Det har lett till att helt nya branscher har tillkommit – inom områden långt utanför den traditionella mätningsslag, och som därför saknar egentlig mättradition.

Mot denna bakgrund finns det en risk att man börjar om från början, dvs. utan koppling till den "mät-kultur" som vuxit fram under decennier eller t.o.m. sekler.

Gartner Group's "Hype circle"

IT-analysföretaget Gartner Group har utvecklat ett koncept för teknikutveckling och teknikomognad, som benämns "Hype Circle". Det beskrivs nedan relaterat till Figur 1 (Wikipedia).

När en ny teknik först görs känd (1), men nästan ingen hunnit prova den, drivs förväntningarna snabbt upp till en topp (2) inom ett eller ett fåtal år. När sedan nyttoeffekterna på medellång sikt uteblir, sänks förväntningarna under det realistiska och medierapporteringen upphör så gott som helt under en svacka (3). Därefter börjar tekniken mogna, insikterna om den växer (4) och den kan börja lämna långsiktig nytta (5) baserat på realistiska förväntningar. Det finns gott om tekniska uppfinningar som följt en sådan utveckling, men givetvis också många som aldrig kunna leverera någon nytta.



Figur 1: Gartner Group's "Hype Circle"

Budskapet med denna artikel är att beskriva hur vi kan undvika att satellittekniken blir en sådan "hype" (hajp på nysvenska). Inte för att det finns några egentliga tecken på det, men varför ändå inte försöka hitta en rakare väg mellan 1 och 5 – för alla sorters tillämpningar?

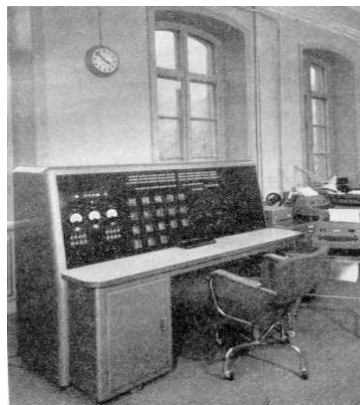
Mätningstekniska "hajpar"

Vi ger först tre exempel, som följer hype-kurvan, men som slutat lyckligt och inneburit de största utvecklingsprängerna inom mätningstekniken – före GPS.

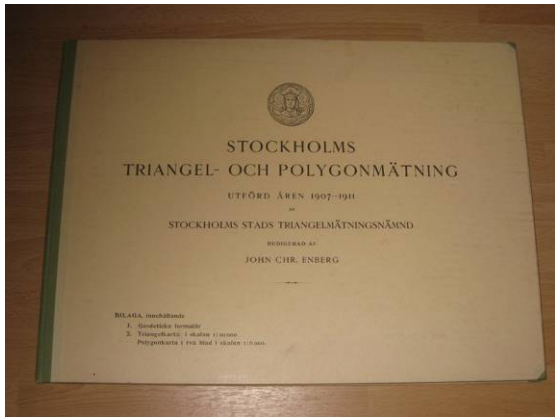
Datorn som beräkningshjälp

Datorer började användas i Sverige i mitten på 1950-talet, och geodesin var ett av de första tillämpningsområdena. Omfattande beräkningar – framför allt stamnätsberäkningar – kunde därigenom utföras sekund- eller åtminstone minutsnabbt, där det tidigare tagit dagar och veckor att utföra dem med räknesnurra och trigonometriska tabeller. Figur 2 visar Sveriges första elektroniska dator BESK och Figur 3 utgör ett exempel på hur minutiös redovisningen var dessförinnan; i ett inbundet band av "sagoboksformat" redovisas Stockholms stammätning 1907-1911 – med kartor, mätprotokoll, kontroller, ja allt dokumenterades på detta sätt för eftervärlden.

Det var inget större problem med datorintroduktionen i början, eftersom beräkningarna då utfördes av experter, på både datorer och geodesi. Problemen kom när datorerna på 1970- och 80-talet började bli var mans egendom och stamnätsberäkningarna decentraliserades – eftersom *erfarenheten* och *kunskanden* inte "decentraliserades" i samma grad.



Figur 2: Sveriges första elektroniska dator – BESK (Tre Innovatörer, <http://www.treinno.se/pers/okq/besk.htm>)



Figur 3: Dokumentation av Stockholms triangel- och polygonmätning 1907-1911.

Dataprogrammen lämnade en del i övrigt att önska vad gäller *dokumentationen*. T.ex. redovisades inte alltid indata, de korrektioner som gjorts samt de parametrar som styr utjämnningen (viktsättning m.m.). Detta i kombination med operatörernas bristande erfarenhet slutade ibland i kaos: på någon timme kunde man enkelt åstadkomma en hel rad utskrifter med olika ingångsdata – det var ju så lätt och gick ju så fort!

Det var ofta så felsökningen gick till, men ganska snart hade man tappat kontrollen över processen. Författarna hade i slutet av 70-talet flera konsultuppdrag rörande stornätsanalyser. Ibland fick man en stor låda med beräkningsutskrifter i olika varianter, med uppdraget att utreda vad som hade hänt, vad som hade gått fel och vad som kunde göras för att rädda projektet genom att reda ut denna härva.

Så småningom stabiliserade sig dock det hela; programmen blev bättre, felsökningsverktygen flera, erfarenheten ökade och HMK introducerades.

Längdmätning med EDM-instrument

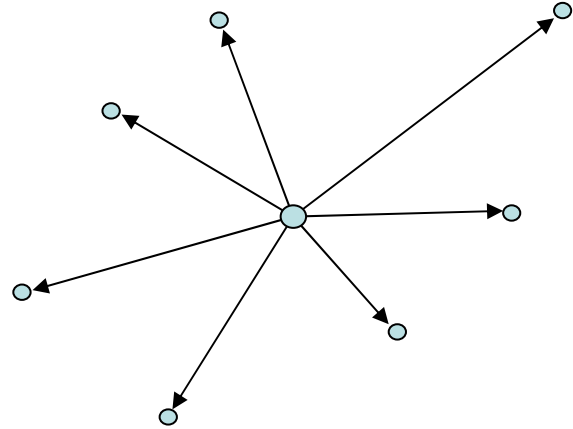
EDM (Electro-optical Distance Measurement) är i grunden en svensk uppfinning av Erik Bergstrand. Introduktionen av Geodimetern i början/mitten på 1960-talet innebar en revolution för den geodetiska mätningstekniken, se Figur 4.



Figur 4: Den första geodimetern, modell 6, som introducerades 1964. (Alberta Land Surveyors' Association.)

Mödosam mätning av baslinjer med invarsträngar och mätning med mätband kunde då ersättas av direkt mätning av triangelnätssidor på flera km, ja t.o.m. flera mil – med en osäkerhet på några cm.

Eftersom längdmätning på det nya sättet var så oerhört noggrann så fanns det många nya idéer på utformningen av geodetiska nät, se t.ex. det avskräckande exemplet i Figur 5.



Figur 5: Stomnät i form av "pikenät". Från det centralt belägna vattentornet mättes ett antal nya "stompunkter" in.

Nätet saknar som synes helt överbestämningar. Det man missade var att hög *noggrannhet* inte är det samma som hög *kontrollerbarhet*. Blir det fel i en pikémätning så går inte det att upptäcka! Alla nät såg inte ut på detta sätt, men den gemensamma nämnaren från början var ändå dålig kontrollerbarhet, dvs. få överbestämningar.

Så småningom infann sig dock insikten även här; stomnäten började återta sin ursprungliga utformning – med en hög kontrollerbarhet.

Introduktionen av datastacken

"Datastacken", det datoriserade fältminnet, började användas under 1970-talet. Det gjorde det möjligt att lagra data digitalt i fält – antingen direkt från ett digitalt mätinstrument eller indirekt genom manuell inknappning. På så sätt slapp man skriva protokoll.

Ett problem med den tidens datorteknik – innan ordet IT var uppfunnet – var dock den begränsade lagringskapaciteten. Det fanns t.ex. inte utrymme för kontrollprogram, utan *kontrollen* fick göras i samband med att data överfördes till kontors-PC:n.

Men då var det så dags att upptäcka fel – när man hade packat ihop all utrustning och var tillbaka på kontoret. Kapacitet och icke kompatibla format innebar också att det hörde till ovanligheterna att data sparades (läsbara) för eftervärden. I dagens arkiv finns det säkert manuellt skrivna protokoll från tiden före datastackarna, men det är knappast troligt att några indata från datastackar har sparats.

När IT-utvecklingen kom ikapp – och lagringskapaciteten ökade – ersattes datastackarna av fältdatorer. De var i princip en "PC för fältbruk". Där rymdes såväl data som program, för t.ex. kontroller. Därigenom kunde man styra och kontrollera processen direkt ute i fält. Nästa utvecklingssteg var att bygga ihop fältdatorn med totalstationen.

God mätsed

Vad menas då med god mätsed? Först ett förtydligande av ett mätuppdags uppgift:

- Mätningen ska ge dels ett produktionsresultat, dels en kvalitets- eller noggrannhetsdeklaration av detta.
 - Båda är lika viktiga och måste få ta tid i anspråk
 - En deluppgift är att eliminera de grova och systematiska feLEN samt att reducera de slumpmässiga.

Uppgiften löses bäst om man tänker på följande:

- Kontrollera – en mätning är ingen mätning!
 - Överbestämningar görs i första hand för öka kontrollerbarheten och därigenom underlätta sökningen av grova fel – inte för att öka noggrannheten i medelvärdet.
- A och O är ordning och reda – från början till slut.
 - Det är svårt att i efterhand skapa ordning ur kaos.
- Dokumentera – även för Dig själv. Du glömmet fortare än Du tror.
 - Märk t.ex. upp alla handlingar som tillhör arbetet och kassera allt gammalt. Skriv dagbok i mer omfattande projekt.
- En del i detta är spårbarhet.
 - Man ska kunna gå bakåt i en hantlingskedja – vid flera transformationer i sekvens, om olika geoidmodeller har använts etc.
- Skaffa Dig kunskap om den teknik, den utrustning och de metoder Du använder
 - Detta dels för att kunna utföra mätningarna på ett optimalt sätt, dels för att förstå varför, när något går fel.
- Tillämpa beprövade och etablerade metoder (best practice)
 - På så sätt utnyttjar Du andras erfarenheter och dessutom skapas transparens: andra förstår hur Du har gjort och de kan kontrollera Ditt resultat – alternativt utnyttja det i sin tur, eftersom de kan bedöma dess användbarhet.
- I det ingår insikt om alla felkällor. Ingen kedja är starkare än sin svagaste länk – det är helheten som räknas.
 - Då kan man "skärpa sig" i varje moment, så att feLEN reduceras, vilket kan ge stora vinster totalt.
 - Sådan insikt ger också möjlighet att använda mätförfaranden som eliminerar systematiska fel.

- Tänk efter före, dvs. planera processen i förväg.
 - Mätuppdag är till stor del ett logistikproblem och god planering ger vinster i såväl tid och pengar som i kvaliteten.

Framgångsfaktorerna blir alltså i sammanfattning: *Kontroll, ordning och reda, dokumentation, spårbarhet, kunskap, erfarenhet, helhetstänkande och planering.*

Några kommentarer

Det finns säkert flera invändningar mot det som här har presenterats, t.ex.

- "Detta gäller ju främst vid stommätning – men de flesta mätuppdag i dag rör detaljmätning, projekteringsmätning, utsättning etc."
- "GPS är ju så noggrant redan från början, och i dag är det ju så lätt att mäta om, så varför lägga ner tid på kontrollmätning?"

Mot det första kan framföras att: javisst, men stommätning är den mätningsoperation som kräver mest noggrannhetsmässigt, så det kan vara lämpligt att utgå från den vid andra tillämpningar. Använd god mätsed som checklista, men om någon punkt känns överflödigt i den aktuella applikationen så är det bara att hoppa över den; då har man ju ändå gjort ett medvetet val. Man måste veta vad som är den ordinarie vägen om man ska kunna gena!

Den andra punkten berör skillnaden mellan noggrannhet och kontrollerbarhet (jfr. introduktionen av EDM-instrument ovan): Man kan inte låta bli att kontrollera bara för att tekniken är noggrann – snarare tvärtom, om denna höga noggrannhet ska kunna garanteras! Dessutom sker en majoritet av dagens mätuppdag i en beställare-/utförarerelation, där det gäller för utföraren att bevisa – och för beställaren att kontrollera – att resultatet är OK. Det kräver metoder för sådan kontroll.

God mätsed är ett steg på vägen till att få den fingertoppskänsla som kännetecknar en sann expert. De båda referenserna i slutet ger två knuffar i rätt riktning.

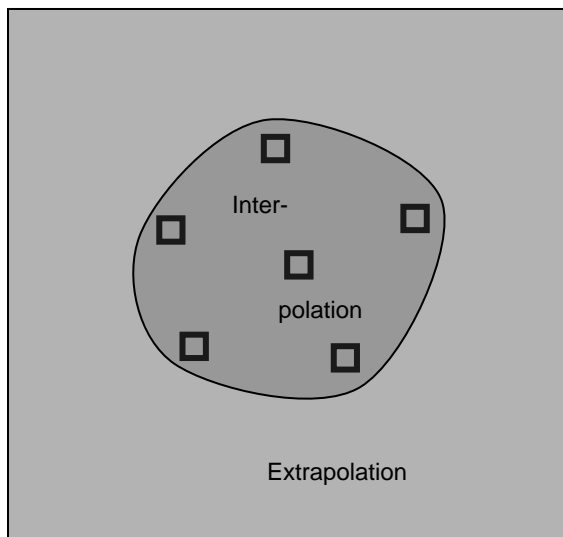
- Examensarbetet (Odolinski & Sunna, 2009) ger förslag på lämpliga kontroller för nätverks-RTK och redovisar vilka noggrannhetsnivåer man kan förvänta sig, så att metoden används i rätt sammanhang.
- "Kortmanualen" ger många bra tips på vad man bör tänka på för att få ut optimal kvalitet vid RTK-mätning.

Exempel

Vi konkretiserar det hela med några exempel.

Interpolation inte extrapolation

Ett stamnät ska inte användas utanför nätets yttersta punkter, dvs. utanför randen av det stommätta området. Likaså ska inte transformationsformler användas utanför passpunkterna, se figur 6. Dessa förhållanden måste alltså dokumenteras.



Figur 6: Interpolation vs. extrapolation.

Höjd- vs. planmätning med nätverks-RTK

Nätverks-RTK är noggrannare i plan än i höjd – om centreringsfelen exkluderas!

I Odolinski & Sunna (2009) uppskattas medelfelet i plan till 10 mm om tvångscenteringsstativ används för antennstången, men till 18 mm vid "frihandsmätning".

Höjmedelfelet skattas till 15 mm. P.g.a. stångens stela konstruktion påverkas inte höjdnoggrannheten av om stativ används eller ej. (Ev. fel i geoidmodellen är inte inkluderat i höjdnoggrannheten.)

Dokumentera ingångsdata

Dokumentera vilka utgångspunkter som har använts samt i vilka referenssystem (i plan, höjd, 3D) de ligger. Särskilt viktigt just nu är att märka upp alla höjder med vilket geoidhöjdssystem som har tillämpats: SWEN05 eller det nyligen introducerade SWEN08?

Kontrollera inställda värden

Kontrollera de värden Du själv ställt in, t.ex. instrument-/signalthöjder. Detsamma gäller s.k. defaultvärden, dvs. standardvärden: Vilka är de, gäller de för Dina mätförhållanden just nu eller bör de ändras?

Lär Dig kvalitetstal och andra indikatorer

Säkerställ att Du förstår den redovisning av kvalitetstal m.m. som finns i Ditt instrument och inom vilka värden dessa bör ligga. OBS att denna redovisning kan vara fabrikatsberoende.

Optimera mätningsförhållandena

Lär Dig att se när mätförhållandena är goda resp. mindre goda. Undvik situationer med stor risk för flervägsfel. Mät inte under tidsperioder med få satelliter eller dålig satellitgeometri (höga DOP-tal).

Utför kontrollmätningar

Kontrollera genom återbesök av tidigare inmätta, väldefinierade punkter.

Epilog

Ni har kanske undrat var på hype-kurvan vi placerar in GPS/GNSS och RTK. Det beror på tillämpningen.

För t.ex. stommätningens ändamål är vi säkert på 5. Det var en tidig tillämpning, som nu har "satt sig", och den traditionella stommätningens goda mätsed följde naturligt med.

Detaljmätningen är också på god väg dit; låt oss säga 4. Men om inte effektiva kontrollmetoder tas fram – och används – finns det risk för en back-lash tillbaka till 3.

Helt nya tillämpningar – utanför de traditionella, mätningstekniska – ligger sannolikt runt 1-2. Låt oss medverka till att de inte, p.g.a. avsaknad av god mätsed, hamnar i svackan 3!

Referenser

Odolinski R & Sunna J, 2009: Detaljmätning med nätverks-RTK – en noggrannhetsundersökning. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2009:2, Lantmäteriet, Gävle. (Se även sammandrag i SINUS 3 2009.)

Norin D, Engfeldt A, Johansson D, Lilje C, 2006: Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2006:2, Lantmäteriet, Gävle.