

# Varför kan vi hamna flera centimeter fel trots att vi bestämt vår position med hög precision?

Patric Jansson, patric.jansson@sweco.se, Sweco Infrastructure

Liselotte Lundgren Nilsson, liselotte.lundgrennilsson@sweco.se, Sweco Infrastructure

Idag använder de flesta av Sveriges kommuner och mätkonsulter sig av nätverks-RTK (NRTK) för att utföra alla typer av mätjobb. Tekniken är spridd inom många tillämpningar och ligger till grund för bl a husutstakningar, fastighetsgränser, inmätning av kartdetaljer och markstöd för fotogrammetri och flygburen laser-skanning. De allra flesta mäter med NRTK som enda mätteknik eller ibland i kombination med t ex markerade stompunkter.

De rekommendationer som har tagits fram av bl a SIS och Lantmäteriet baserar sig på att vi för varje mätobjekt skall samla på oss mätserier på minst tre registreringar under kort tid som sedan medelvärdesberäknas. Problemet är att mätdata från NRTK som görs under korta tidsperioder inte är normalfördelade. Det innebär att vi inte kan förlita oss på att få den kvalitet som vi är vana vid att en motsvarande normalfördelad mätserie genererar. Effekten av det blir att resultatet kan hamna långt från det förväntade och det kan t o m försämrans om vi som en kontroll adderar ytterligare mätdata.

## Normalfördelade mätningar

Vi brukar kunna anta att de mätningar vi gör är normalfördelade. Att mätdata är normalfördelade innebär att ju mer mätdata vi använder för att beräkna ett medelvärde desto närmare kommer vi det korrekta värdet. Om vi ritar ut ett fördelningshistogram över våra mätningar kan vi direkt se om de är normalfördelade eftersom de i så fall skall anta en klockform, se figur 2A. Fördelen med att ha normalfördelade mätningar är att vi kan använda oss av olika matematiska "verktyg" för att beräkna olika feluppskattningar.

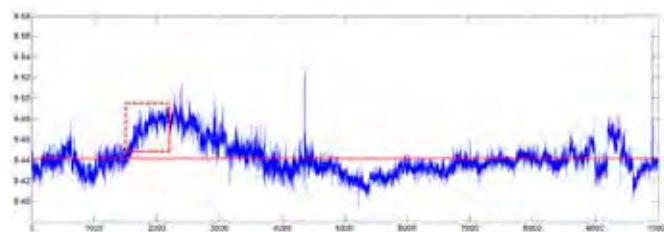
Ett intressant fenomen som inte tidigare tagits upp till diskussion är att NRTK-mätningar över korta tidsperioder och som består av endast några få minuter av NRTK-data, inte är normalfördelade. Det här är viktigt att känna till eftersom de allra flesta tillämpningar med NRTK baseras på ett fåtal registreringar med endast några sekunders mätdata.

## NRTK-signalen och det vandrande medelvärdet

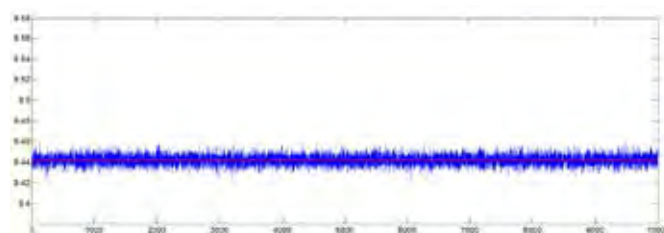
När vi mäter med NRTK får vi positioner som resultat i vår mätfil. Om vi tänker oss en mätserie bestående av flera tusen NRTK-

mätningar kan vi betrakta den som vår NRTK-signal. Figur 1A visar en typisk tidsperiod om nästan tre timmar av NRTK-signalen (höjdkoordinaten) med antennen fast monterad på stativ i optimal mätmiljö.

Vi ser att NRTK-signalen består av två komponenter: en kortvågig slumpmässig del och en långvågig icke-slumpmässig del. Om NRTK-signalen endast skulle bestå av den kortvågiga delen skulle den se ut som i figur 1B (Dataserien i figur 1B har genererats artificiellt med utgångspunkt i medelvärdet för data i figur 1A och med samma standardavvikelse som för den kortvågiga delen av NRTK-signalen). Vi ser tydligt att signalen i figur 1B består av en kortvågig variation kring ett fast medelvärde, dvs den är normalfördelad.



Figur 1A, NRTK-signalen



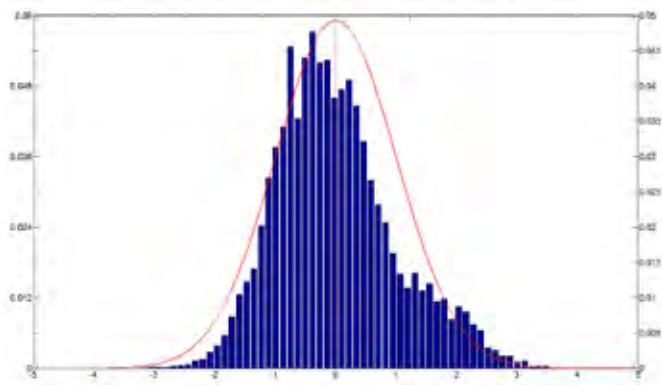
Figur 1B, Normalfördelad signal

Enligt den rekommenderade mätmetodiken för NRTK skall vi göra minst tre registreringar för att få kontrollerade mätningar. För att efterlikna en normal mätsituation väljer vi därför att "klippa ut" några minuters mätdata av NRTK-signalen, t ex inom det streckade området i figur 1A. Om vi beräknar ett medelvärde för dessa minuter får vi ett medelvärde som avviker från hela

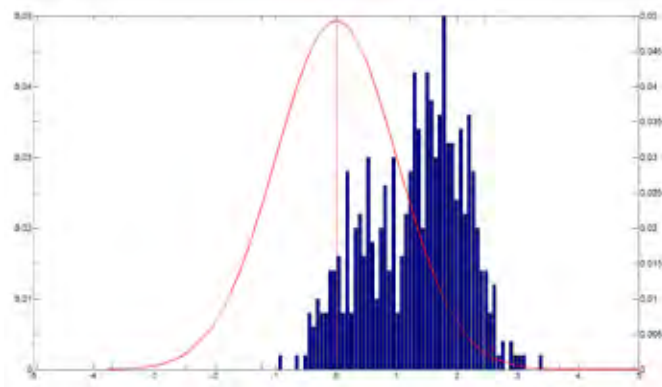
mätseriens medelvärde. Vi ser av figur 1A att oberoende av var vi gör ett urklipp med några minuters mätdata kommer vi att få ett medelvärde som avviker från det korrekta värdet på grund av den långvågiga komponenten. Med andra ord, vi har ett vandrande medelvärde. Det beror på att kortare mätserier med NRTK-data inte är normalfördelade.

Om vi ritar ut ett fördelningshistogram över NRTK-signalen syns detta tydligt, se figur 2B. Den heldragna röda linjen åskådliggör den teoretiska normalfördelningskurvan kring medelvärdet för **hela mätserien** och med standardavvikelse som för den kortvågiga delen av NRTK-signalen. Jämför med staplarna som visar "urklippet" och som ska representera en normal mätsituation, dvs en mätserie på registreringar under några minuter. Varje stapel visar avvikelse från hela mätseriens medelvärde. Höjden på varje stapel representerar sannolikheten.

Om NRTK-signalen vore normalfördelad skulle samtliga staplar tillsammans bilda en klockform vilket de inte gör. Vi ser även att tyngdpunkten för NRTK-data (staplarna) är förskjuten från det rätta medelvärdet.



Figur 2A, Fördelningshistogram



Figur 2B, Tio minuters NRTK-data

Beroende på var vi befinner oss på NRTK-signalen t ex i början av det markerade området i figur 1A, blir resultatet av att vi samlar på oss mer mätdata en försämring av mätresultatet. För varje ny registrering som vi adderar för att beräkna medelvärdet (höjdkoordinaten) kan vi komma längre från det rätta höjdvärdet.

Om vi följer metodiken att göra minst tre registreringar och därefter väntar minst 5-10 minuter för att sedan göra tre nya registreringar bildas inte en normalfördelad mätserie. Lösningen ligger i att vi samlar på oss tillräckligt med data under lång tid så att vi får en mätserie där den icke-slumpmässiga delen övergår till en slumpmässig del. När det gäller NRTK-mätningar är det först efter cirka en timmes **sammanhängande** mätningar som detta sker.

## Diskussion

Vi frågar oss var alla centimeter har tagit vägen? Under 70- och 80-talet jagade vi dem febrilt, utvecklade metoder och instrument för att mäta ännu bättre. Hur gör vi idag? Har centimetrarnas betydelse fallit bort. Är det så att vi nöjer oss med ett ungefärligt resultat inom ett antal centimeter till förmån för snabba enmansjobb?

Det är lätt att tro att vi har full kontroll över resultatet när vi mäter med NRTK och följer alla rekommendationer. Men vad vi inte vet är att denna teknik inte ger oss normalfördelade mätningar förrän efter minst en timmes registrering. Det kan till och med bli så att vi kan försämrat vårt mätresultat genom att tillföra ytterligare data. Här skiljer sig denna teknik från den traditionella mättekniken som vi använt under många år. Effekten av det kan visa sig på en mängd olika sätt. Beroende på hur våra insamlade data fördelat sig kan vi i vissa fall hamna inom förväntat resultat medan i nästa fall kan vi hamna 6-8 centimeter fel. En av anledningarna till det beror på det s k vandrande medelvärdet.

När vi som användare kontrollerar våra mätdata kan vi ha hög precision i mätningarna (vilket är bra) men ligga fel i position. Svårigheten är att veta vilka förutsättningar som gäller för respektive måttillfälle eftersom utfallet är helt slumpartat och inte kan förutspås. Det spelar ingen roll hur skickliga vi är i vårt utövande när det är slumpen som styr.

I den dagliga mätverksamheten finns det flera känsliga moment där denna osäkerhetsfaktor kan få en stor inverkan. I dag använder många NRTK t ex vid mätning för fastighetsbildning. I avsaknad av markerade stommät läggs det ner hjälpunkter för att kunna etablera en fri station som sedan används som utgångspunkt för olika åtgärder vid fastighetsbildning. I vissa fall sätter man t o m ut fastighetsgränser direkt med endast en registrering utan att göra flera registreringar som sedan medelvärdesbildas. När vi använder NRTK för höjdmätning så kan skillnaderna bli stora t ex vid utsättning av en bottenplatta eller andra känsliga anslutningar.

Genom att beskriva det vandrande medelvärdet kan vi visuellt följa en mätningens variationer över tiden under optimala förhållanden. Genom att se det kan vi få en ökad förståelse hur det påverkar mätningarna och samtidigt inse att det inte är rimligt att ha en förväntan på att alltid få ett slutresultat inom centimeter med NRTK.

För att förtydliga detta kan vi titta på den information om tjänsten som finns att tillgå. Om vi går in på tjänstens hemsida kan vi läsa att förväntad mätosäkerhet i plan är 10-15 mm och i höjd 15-20 mm i de förtätade områdena. Om vi stannar där och ser detta som en garanterad kvalitet kan vi få problem. Dessa värden anges i ett 67% konfidensintervall och det är först när vi räknar om det till ett 95% konfidensintervall som vi hamnar i närheten av värden som är realistiska.

Vid mätning med NRTK kan vi idag förvänta oss ett mätresultat som avviker från den rätta positionen med  $\pm 6-8$  cm i plan/höjd, dvs en spridning i mätningarna på 12-16 cm. Det verifieras av våra egna mätningar såväl som av Lantmäteriets mätningar som redovisas i "Checklista för nätverks-RTK". Notera att med statisk mätning och efterberäkning blir resultatet betydligt bättre. Om vi ska uppnå en avvikelse inom 10-15 mm från den rätta positionen med NRTK behöver befintlig mätmetodik omarbetas. Med tanke på tjänstens utbredning och användning bör det ligga i allas intresse.