

Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks- RTK-tjänst

Dan Norin, Andreas Engfeldt, Daniel Johansson,
Christina Lilje

Gävle 2006

LANTMÄTERIET





Copyright ©

2006-03-13

Författare Dan Norin, Andreas Engfeldt, Daniel Johansson, Christina Lilje

Typografi och layout Rainer Hertel

Totalt antal sidor 24

LMV-Rapport 2006:2 – ISSN 280-5731

Förord

Denna kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst har tagits fram inom ramen för projektet "Guide till RTK-mätning" som pågår på geodesienheten inom division Informationsförsörjning på Lantmäteriverket i Gävle.

Frågor och synpunkter på kortmanualen och projektet kan ställas till:

Lantmäteriet

Geodesi, Division Informationsförsörjning

801 82 Gävle

Tfn: 026-63 30 00

Fax: 026-61 06 76

E-post: swepos@lm.se

För att kortmanualen skall få en bred användning har en stor och bred grupp av sakkunniga haft möjlighet att komma med synpunkter på den. För detta ändamål har en referensgrupp givit synpunkter på två remissutgåvor av skriften. Intresset att delta i referensgruppen har varit stort och synpunkterna har varit mycket värdefulla. Remissomgångarna har föranlett ett antal ändringar i den slutliga texten. I referensgruppen har följande personer ingått:

Bengt Eurenus	Lantmäteriet, FQ
Jenny Hylin	Lantmäteriet, FQ
Lars Åstrand	Lantmäteriet, FZ
Bengt Andersson	Lantmäteriet, IG
Bo Jonsson	Lantmäteriet, IG
Peter Wiklund	Lantmäteriet, IG
Anders Nordquist	Lantmäteriet, Metria
Jan Wallén	Lantmäteriet, Metria
Sten Lundén	Banverket
Lars Jakobsson	Sjöfartsverket
Per Isaksson	Vägverket
Anders Engberg	Borås kommun
Lars Kvarnström	Helsingborgs kommun
Mats Sevefeldt	Jönköpings kommun
Andreas Rönnerberg	Kungsbacka kommun
Patric Jansson	Stockholms stad
Jan Virking ¹⁾	Västerås stad
Maria Andersson ¹⁾	Västerås stad
Hans Holm ²⁾	Geodesigruppen/WSP Sverige
Håkan Spak	NCC Construction
Lennart Gimring	WSP Sverige
Per Lodin	WSP Sverige
Stig-Göran Mårtensson	HiG
Milan Horemuz	KTH

Johan Vium Andersson	KTH/WSP Sverige
Lars Ollvik	LTH
Jan Johansson	Onsala Rymdobservatorium
Lars Gustafson	Caliterra
Malte Högström	Leica Geosystems
Mattias Korall	Topcon Scandinavia
Göran Arrhén	Trimble

- 1) Jan Virking har under projekttiden ersatts av Maria Andersson.
- 2) Hans Holm representerade Geodesigruppen inledningsvis under projekttiden, för att sedan ha representerat WSP Sverige.

Gävle, mars 2006

Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks- RTK-tjänst

	Förord	5
1	Introduktion och syfte med denna kortmanual	9
2	Utrustning	10
2.1	GNSS-mottagare, GNSS-antenn och kontrollenhet	10
2.2	Mjukvara	10
2.3	GSM-modem och dess antenn samt GSM-abonnemang	11
3	Dataflöde för tjänsten	11
4	Inställningar	12
5	Förberedelse inför mätning	14
6	Mätning	14
7	Parametrar att beakta under mätning	16
7.1	Satellitförhållandet	16
7.2	Störningar av satellitsignalerna	17
7.3	Mätprocessen	17

8	Kontroll genom inmätning av punkt med känd position	19
9	Kontrollinmätning av objekt	20
	Bilaga 1 - Råd för parametrarna	21

Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst

1 Introduktion och syfte med denna kortmanual

Syftet med denna kortmanual är i första hand att ge nya och mindre erfarna GNSS¹-användare en översiktlig fälthandledning för mätning med SWEPOS® Nätverks-RTK-tjänst, med de förutsättningar som i dag (mars 2006) gäller för tjänsten. Den tar upp vad användaren skall beakta under mätning och kan till stor del även användas generellt för mätning med nätverks-RTK och även för mätning med vanlig RTK (ofta benämnd enkelstations-RTK, men även singelbas-RTK förekommer).

Tjänsten förmedlar i dag RTK-data via den teknik för nätverks-RTK som kallas virtuell referensstation. Datakommunikationen mellan tjänsten och användaren kan ske med GSM, trådlös Internetkommunikation via GSM med hjälp av GPRS (hädanefter bara benämnd GPRS), eller satellittelefoni. Annan trådlös Internetkommunikation än GPRS kan också användas (t.ex. UMTS och WLAN). I denna kortmanual berörs endast GSM och GPRS. Nyheter rörande tjänsten läggs ut på www.swepos.com.

Syftet är inte att kortmanualen skall ge stöd för att formulera krav på ett mätuppdrag eller på en upphandling av ett sådant. I bilaga 1 presenteras dock råd för mätning, men dessa skall ses som en översiktlig vägledning vid mätning med tjänsten.

Kortmanualen är inriktad på inmätning av fasta objekt där GNSS-antennen är fastsatt på en mätstång. Läsaren får beakta detta vid användning av manualen för utsättning (inkl. maskinguidning) och vid andra monteringar av GNSS-antennen (t.ex. på stativ, ryggsäck, bil, entreprenadmaskin, båt eller flygfarkost).

För en grundläggande introduktion till GNSS-tekniken hänvisas till LMV-rapport 2003:10 (Så fungerar GNSS), vilken kan laddas ner från www.lantmateriet.se/geodesi.

¹ GNSS är ett samlingsbegrepp för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem och står för Global Navigation Satellite System.

2 Utrustning

En komplett mobil RTK-utrustning för mätning med tjänsten (hädanefter benämnd rover) består av:

- GNSS-mottagare inklusive mjukvara.
- GNSS-antenn.
- Kontrollenhet inklusive eventuell mjukvara.
- GSM-modem inklusive antenn för datakommunikation med tjänsten.

GNSS-leverantörerna (dvs. de instrumentleverantörer av RTK-utrustning som finns på den svenska marknaden) tillhandahåller kompletta paket lämpade för RTK-mätning med tjänsten. Till RTK-utrustningen hör batterier och en mätstång, vilken kan ha fast längd eller vara höj- och sänkbar och som har en doslibell för centrering.

2.1 GNSS-mottagare, GNSS-antenn och kontrollenhet

Följande krav för mätning med tjänsten gäller för GNSS-mottagaren:

- Den skall vara avsedd för "geodetisk mätning" och gå att använda som en RTK-rover.
- Den skall mäta samtidigt på GPS-satelliternas L1- och L2-frekvens, alltså vara en s.k. tvåfrekvensmottagare.
- Den skall² ta emot satellitsignaler från GLONASS-satelliterna på dess båda frekvenser.

Av ergonomiska skäl placeras GNSS-mottagaren ofta i en ryggsäck. För vissa tillämpningar kan det ur mätsynpunkt vara smidigare att den monteras på mätstången. GNSS-antennerna kan ha olika storlek, ha olika egenskaper rörande signalmottagning och vara olika känsliga för flervägsfel. Antennen kan vara lös eller integrerad med mottagaren.

Kontrollenheten (och dess eventuella mjukvara) används som gränssnitt till GNSS-mottagaren och i vissa fall för datalagring. Vanligen lagras mätdata på ett minneskort, varifrån det lätt kan överföras till en PC.

2.2 Mjukvara

Mjukvaran skall stödja de funktioner som tjänsten kräver, vilket bl.a. innebär följande:

² Om användaren vill utnyttja GLONASS-data.

- Mjukvaran skall³ hantera den senaste versionen av det rekommenderade standardöverföringsformatet RTCM.
- Mjukvaran skall⁴ hantera protokollet Ntrip.

Nya versioner av mjukvaran i GNSS-mottagaren (s.k. firmware) och kontrollenheten brukar innehålla förbättringar rörande t.ex. datahantering och hantering av olika felkällor. Uppdateringar tillhandahålls av GNSS-leverantörerna. För att ta hand om och anpassa mätdata till det lagringssystem som finns på kontoret, så kan PC-mjukvara från GNSS-leverantörerna för hantering av mätdata användas.

2.3 GSM-modem och dess antenn samt GSM-abonnemang

GSM-modemet kan utgöras av ett i GNSS-mottagaren internt modem, ett modem som är direkt påkopplat på mottagaren, ett löst externt modem eller en extern mobiltelefon. GNSS-leverantörerna tillhandahåller paketslösningar för GSM-modem som är lämpade för tjänsten. För områden med dålig GSM-täckning kan speciella antenner för GSM-modemet förbättra signalmottagningen.

För datakommunikation via GSM finns speciella s.k. telematik-abonnemang, där man betalar för uppkopplad tid. För GPRS betalar man för överförd datamängd. Detaljer runt dessa frågor kan t.ex. fås från GSM-operatörerna eller via www.swepos.com. Användaren skall även tänka på följande:

- Det använda GSM-abonnemanget får inte ha ett nummer som är dolt eller hemligt.
- Det använda SIM-kortet skall hantera dataöverföring.
- GSM-modemet och det använda GSM-abonnemanget skall⁵ stödja GPRS.

3 Dataflöde för tjänsten

När rovern har fått kontakt med tjänsten behöver information om roverns position sändas till tjänsten i NMEA-format, vilket sker automatiskt (se vidare om inställningar i kapitel 4). Tjänsten sänder sedan RTK-data i RTCM-format, vilka är korrigerade till den insända positionen.

³ Tjänsten kan i dag (mars 2006) förmedla RTK-data i både RTCM version 2.3 och 3.0, men det kompaktare och modernare 3.0 rekommenderas. Olika telefonnummer gäller för 2.3 respektive 3.0.

⁴ Om användaren vill utnyttja GPRS för distributionen av RTK-data.

⁵ Om användaren vill utnyttja GPRS för datakommunikationen med tjänsten.

Tjänsten arbetar i referenssystemet SWEREF 99, i vilket även positioner primärt lagras. Användaren måste själv ta ställning till om han skall lagra och redovisa mätdata i något annat referenssystem (t.ex. lokalt) samt vilken ytterligare information om mätningarna som behöver lagras. För vissa tillämpningar kan det för framtiden vara lämpligt att på kontoret lagra data i såväl SWEREF 99 som det lokala referenssystemet.

Det som användaren kan behöva lägga in i rovern är:

- **Transformationssamband**⁶ för transformation från latitud och longitud i SWEREF 99 till plana koordinater i önskat koordinatsystem.
- **Restfelsmodell** för eventuell deformation av koordinaterna efter transformation med avseende på det lokala koordinatsystemet.
- **Geoidmodell** för höjdomvandling av höjder över ellipsoiden i SWEREF 99 till höjder i önskat höjdsystem.
- **Objektkodlistor** för lagring av objektkoder och andra attributdata.
- **Utdataformatdefinitioner** för hur utdata skall presenteras från det som har lagrats. Utdata rör koordinater, höjder, format för koordinater och höjder samt önskvärda attributdata (t.ex. objektkoder, linjekoder, styrkoder, interna kvalitetstal⁷ m.m.).

Transformationsparametrar och geoidmodeller kan hämtas från www.lantmateriet.se/geodesi, där även råd i referenssystemsfrågor ges.

4 Inställningar

GNSS-leverantören kan hjälpa till med att konfigurera rovern för SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. Merparten av de inställningar som användaren behöver utföra brukar kunna samlas i **mätprofiler**. Användaren behöver skapa en ny mätprofil för varje mätsituation som behöver en egen sådan enligt:

- Välj rätt transformationssamband⁸ för transformation till önskat koordinatsystem (jämför kapitel 3).

⁶ Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99.

⁷ Det interna kvalitetstalet är ett samlingsnamn för den noggrannhetsangivelse som GNSS-mottagare levererar under mätning. Talet tas fram på olika sätt i olika fabrikat av GNSS-mottagare.

⁸ Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99. En restfelsmodell kan vara kopplad till transformationssambandet.

- Välj rätt geoidmodell för höjdomvandling till önskat höjdsystem (jämför kapitel 3).
- Välj objektkodlista (jämför kapitel 3).
- Välj utdataformatdefinition (jämför kapitel 3).
- Ange vilket slags GSM-modem som används och på vilken port på GNSS-mottagaren det är anslutet.
- Ange att GNSS-mottagaren skall vara en RTK-rover (att GSM-modemet skall ta emot RTK-data).
- Ange att referensstationen är en virtuell referensstation från nätverks-RTK, vilket brukar ske via en inställning som heter VRS eller något liknande. Denna inställning innebär i vissa RTK-utrustningar att information om rovers position sänds in till tjänsten i NMEA-format. I andra RTK-utrustningar måste användaren utföra inställningen separat.
- Ange⁹ att överföringssättet är GSM och det korrekta telefonnumret till tjänsten.
- Ange¹⁰ att överföringssättet är GPRS och korrekt ip-adress, portnummer, användarnamn, lösenord och mountpoint för tjänsten. Mountpoint innebär vilken dataström (dvs. service-nivå) från tjänsten som används.
- Ange att överföringsformatet är RTCM 3.0¹¹, eventuellt mer exakt med vilka meddelandetyper som används. För GPRS används även protokollet Ntrip.
- Ange att lagringen av mätdata sker på t.ex. ett minneskort. Det brukar vidare vara vanligt att lagringen sker i ett definierat jobb.
- Ange att en s.k. nollantenn används för referensstationens GNSS-antenn.
- Ange vilken sorts GNSS-antenn som används för rovern. Till GNSS-antennen skall en relativ antennmodell vara kopplad (se vidare avsnitt 7.3). En förvald antennhöjd kan gå att koppla till antensorten.
- Sätt elevationsgränsen till 13¹² grader över horisonten.

⁹ Om användaren utnyttjar GSM för datakommunikationen med tjänsten.

¹⁰ Om användaren utnyttjar GPRS för datakommunikationen med tjänsten (förutsätter att utrustningen först har anslutits till Internet, vilket kan ske automatiskt).

¹¹ Tjänsten kan i dag (mars 2006) förmedla RTK-data i både RTCM version 2.3 och 3.0, men det kompaktare och modernare 3.0 rekommenderas.

¹² 13 grader är inget krav utan en rekommendation (se vidare avsnitt 7.1).

- Sätt observationsintervallet till en¹³ sekund.
- Sätt att medeltalsbildning skall göras av tre¹⁴ observationer.
- Ange att det interna kvalitetstalet skall vara definierat i 2D¹⁵.
- Sätt en maxgräns¹⁶ för det interna kvalitetstalet.

5 Förberedelse inför mätning

Följande bör användaren ha kontrollerat före avfärd till mätningen:

- Att all utrustning är hel och fungerar.
- Att batterierna har tillräckligt med laddning.
- Att tillräckligt minnesutrymme (vanligen på minneskort) för lagring av data finns.
- Att doslibellen inte ger upphov till centreringsfel.
- Att satellitillgången är tillräcklig, vilket görs via en satellitprediktion, vilken t.ex. kan tas fram på www.swepos.com.
- Att användaren har information om eventuella driftstörningar av tjänsten. Genom att meddela SWEPOS-driften får man ta del av de SMS-varningar som skickas ut.
- Att användaren medför tillräcklig information (koordinater, punktskisser m.m.) för att vid behov kunna utföra kontroll genom inmätning av punkt med känd position (se vidare kapitel 8).

6 Mätning

Då mätningen påbörjas och under mätningen behöver användaren göra nedanstående. Instruktionerna är skrivna så pass generellt att de passar de flesta fabrikat av RTK-utrustningar.

- Koppla in¹⁷ antennkabeln.
- Koppla in kabeln mellan GNSS-mottagaren och kontrollenheten, alternativt tillse att blåtandskommunikation är etablerad.

¹³ En sekund är inget krav utan en rekommendation (se vidare avsnitt 7.3).

¹⁴ Tre observationer är det råd för basnivå som anges i bilaga 1 (se vidare avsnitt 7.3 och bilaga 1).

¹⁵ Om användaren inte bara är intresserad av de plana koordinaterna utan även av höjden, så kan 3D väljas.

¹⁶ Det är svårt att ge en konkret rekommendation för det interna kvalitetstalet (se vidare avsnitt 7.3). Alternativt kan en maxgräns för ett DOP-tal ges.

¹⁷ Om extern GNSS-antenn används.

- Koppla in¹⁸ kabeln mellan rovern (GNSS-mottagaren eller kontrollenheten) och GSM-modemet, alternativt tillse att blåbandskommunikation är etablerad.
- Koppla in batteriet (-erna).
- Sätt in eventuellt minneskort.
- Starta RTK-utrustningen.
- Välj rätt mätprofil.
- Åtgärda separat de inställningar beskrivna i kapitel 4 som eventuellt inte har gått att lägga in i mätprofilen.
- Komplettera¹⁹ mätprofilen med tillfälliga ändringar.
- Ange²⁰ antennhöjden.
- Tillse att GSM-täckningen är tillräckligt bra.
- Invänta att en ungefärlig position har beräknats.
- Tillse att GNSS-mottagaren tar emot satellitsignaler från minst fem²¹ GPS-satelliter på både L1- och L2-frekvensen.
- Koppla upp rovern mot tjänsten och tillse att uppkopplingen fungerar.
- Tillse att rovern tar emot RTK-data.
- Invänta fixlösning (gör en ny initialisering om ingen fixlösning erhållits inom två²² minuter, vilket man t.ex. kan göra genom att vända GNSS-antennen upp och ner och därigenom bryta satellitkontakten).
- Ange punktnummer och eventuella attributdata för objektet som skall mätas in.
- Håll mätstången i lod centrerad över objektet.
- Lagra positionen och attributdata för objektet.

För att bestämma excentriciteter till dolda objekt (t.ex. vid inmätning av hushörn) kan man använda olika tekniker (t.ex. en handhållen avståndsmätare). Efter mätningen kopplar användaren ner rovern från tjänsten. För att utdata skall presenteras på önskat sätt kan användaren behöva använda en utdataformatdefinition. Detta är beroende på hur utdata skall hanteras vidare i verksamheten.

¹⁸ Om externt GSM-modem används.

¹⁹ Om användaren har behov av det för den aktuella mätningen.

²⁰ En förvald antennhöjd kan redan vara kopplad till antennsorten i mätprofilen (se vidare kapitel 4).

²¹ Sex satelliter totalt om en kombination av GPS- och GLONASS-satelliter används.

²² Två minuter är det råd för basnivå som anges i bilaga 1 (se vidare avsnitt 7.3 och bilaga 1).

7 Parametrar att beakta under mätning

Ett flertal parametrar under mätningen rörande **satellitförhållandet**, **störningar av satellitsignalerna** och själva **mätprocessen** påverkar resultatet. Nedan ges kortfattade allmänna beskrivningar över hur användaren bör beakta parametrarna. I bilaga 1 ges råd för parametrarna. Information kan också fås av GNSS-leverantörerna.

7.1 Satellitförhållandet

- **Använda satellitsystem:** Vilka satellitsystem (GPS, GLONASS och Galileo) GNSS-mottagaren skall kunna hantera får användaren bedöma utifrån egna behov.
- **Använda satellitsignaler:** Den modernisering som pågår av befintliga satellitsystem och utvecklingen av nya resulterar på sikt i ett antal nya satellitsignaler. Vilka satellitsignaler GNSS-mottagaren skall kunna hantera får användaren bedöma utifrån egna behov.
- **Satellitantal:** Under initialisering krävs det minst fem²³ GPS-satelliter som är gemensamma för rovern och tjänsten. Ett stort antal gemensamma satelliter är generellt sett bra, men allt för många kan ge problem vid initialiseringen, särskilt om satelliterna har låga elevationsvinklar (under ca 20 grader över horisonten). Då det ideala antalet satelliter p.g.a. detta kan anses ligga runt åtta stycken, så kan användaren tillfälligt ha en så pass hög elevationsgräns som 15-20 grader över horisonten. Då behöver användaren dock kontrollera att satellitgeometrin inte försämras för mycket. En del RTK-utrustningar kan vidare automatiskt sälla bort satelliter med dålig signalkvalitet. Vid dålig satellittillgång kan användaren ha en låg elevationsgräns (ca 10 grader över horisonten) för att öka satellitantalet, men han får då räkna med att de tillkomna satellitsignalerna har sämre kvalitet.
- **Satellitgeometri:** Spridningen av satelliterna kan beskrivas av s.k. DOP-tal (t.ex. PDOP), vilka är oberoende av fabrikat av GNSS-mottagare. Ett lågt DOP-tal anger god geometri. Ett PDOP under ungefär fyra brukar innebära att satellitgeometrin inte bidrar för mycket till osäkerheten i positionsbestämningen.
- **Satellitsignalkvalitet:** Det som brukar användas som ett mått på satellitsignalens kvalitet är signalstyrka och signal/brus-

²³ Sex satelliter totalt om en kombination av GPS- och GLONASS-satelliter används.

förhållande. Måtten anges olika för olika fabrikat av GNSS-mottagare, men generellt brukar ett högt värde vara positivt.

7.2 Störningar av satellitsignalerna

- **Jonosfärens påverkan:** Under perioder med hög jonosfärsaktivitet kan det vara svårt att få fixlösning, t.ex. kan initialiseringstiden vara lång. Information om aktuell jonosfärsaktivitet kan bl.a. fås från SWEPOS-driften.
- **Troposfärens påverkan:** Under perioder med stora lokala variationer av väderförhållandena, främst rörande mängden vattenånga i troposfären, kan nätverks-RTK-programvaran ha svårigheter att tillräckligt bra modellera de skillnader i fördröjning av satellitsignalerna som detta föranleder. Sådana svårigheter brukar främst resultera i sämre noggrannhet i höjd.
- **Sikthinder vid rovern:** Det finns risk för att signaler från för få satelliter som inte är för mycket störda erhålls, om sikten för satellitsignalerna hindras. Det kan medföra lång initialiseringstid, att positionen blir mindre noggrann eller att fixlösning inte alls erhålls. På vilket sätt sikten hindras (t.ex. genom träd och även vilken sorts träd) och i vilken riktning är av betydelse.
- **Flervägsfel vid rovern:** Flervägsfel uppkommer då satellitsignalerna stöter på en reflekterande yta, t.ex. ett plåttak eller en vattenyta, och sedan tas emot av GNSS-antennen. Detta kan medföra lång initialiseringstid eller att fixlösning inte alls erhålls och att positionen kan bli mindre noggrann.

7.3 Mätprocessen

- **Roverns RTK-utrustning:** Utrustningsfrågor behandlas i kapitel 2.
- **Roverns antenmodell:** Till roverns GNSS-antenn behöver en relativ antenmodell vara kopplad och sådana finns vanligtvis inlagda i RTK-utrustningen av GNSS-leverantören. Om en antenmodell saknas kan det ge upphov till fel främst i höjddled upp mot decimeternivå. NGS i USA jobbar även med dessa frågor, se vidare www.ngs.noaa.gov/ANTCAL.
- **Centrering:** Det är viktigt att hålla mätstången i lod och att användaren kontrollerar doslibellen så pass regelbundet att han är förvissad om att den inte ger upphov till centreringsfel.

- **Excentricitet:** Med excentriciteten menas avståndet (i plan- och höjddled) mellan objektet och GNSS-antennen. Då GNSS-antenn är fastsatt på en mätstång inskränker sig excentriciteten till mätstångens antennhöjd. Användaren behöver försäkra sig om att den har blivit korrekt angiven.
- **Observationsintervall:** För de tillämpningar denna kortmanual är inriktad på, så torde det inte vara av betydelse hur täta positionsuppdateringarna är. Därför rekommenderas ett observationsintervall på en sekund utan någon motivering. I mer dynamiska tillämpningar som vid maskinguidning bör dock observationsintervallet vara tätare.
- **RTK-data:** Beroende på fabrikat på använd GNSS-mottagare kan användaren få uppgifter om kvalitet och ålder för RTK-data samt uppgift om GSM-länkens kvalitet.
- **Tid till fixlösning:** När rovern är uppkopplad mot tjänsten och tar emot RTK-data, så tar det i regel tiotalet sekunder innan fixlösning erhålls. Vid lång tid till fixlösning kan positionen vara mindre noggrann.
- **Medeltalsbildning av observationer:** Då det finns ett kortvågigt brus i positionerna från observationerna är det olämpligt att bara ta positionen från en enstaka observation. I stället bör en medeltalsbildning av positioner från några observationer ske.
- **GNSS-mottagarens interna kvalitetstal:** Det interna kvalitetstalet kan vara en bra indikation på erhållen noggrannhet. Talet är en sammanvägning av flera faktorer. Det tas fram på olika sätt i olika fabrikat av GNSS-mottagare och även på olika sätt i olika versioner av firmware. Detta medför att det är svårt att ge en konkret rekommendation om detta.
- **Fixlösning:** En grundförutsättning är att bara fixlösningar används. En del RTK-utrustningar kan göra en kontinuerlig kontroll av fixlösningen genom att utföra ominitialiseringar i bakgrunden. Ett eget sätt att öka fixlösningens tillförlitlighet är att basera mätningen på två fixlösningar med en egen ominitialisering emellan. Det kan också finnas möjlighet att hantera situationer då GNSS-mottagaren av någon anledning inte kan presentera en fixlösning för alla observationer, på så sätt att den predikterar en lösning för dessa observationer. Detta kan vara användbart då det är viktigt med en kontinuerlig position, t.ex. vid maskinguidning.
- **Återkommande mätning:** Att återkomma till objektet för en ny inmätning och bilda ett medeltal för den slutliga positionen förbättrar noggrannheten och även säkerheten. Rådet i bilaga 1 om att det bör gå minst 45 minuter mellan

inmätningarna baseras på att satellitkonfigurationen skall hinna ändras markant.

8 Kontroll genom inmätning av punkt med känd position

En kontroll som förekommer vid RTK-mätning är kontroll genom inmätning av punkt med känd position. Vid kontrollen fås en avvikelse mellan inmätt position (koordinater i plan och/eller höjd) och punktens kända position (koordinater i plan och/eller höjd). Vid mätning med tjänsten påverkas avvikelsens storlek av fyra delar:

1. **Mätningen**, dvs. parametrarna att beakta beskrivna i kapitel 7.
2. **Stomnätets och/eller höjdnätets** kvalitet.
3. **Transformationssambandet**²⁴ och/eller **geoidmodellen**.
4. Korrektheten i **inställningarna** beskrivna i kapitel 4.

Det är svårt att analysera hur mycket av avvikelsen som varje del är upphov till och därmed även svårt att ge rekommendationer över avvikelseernas storlek.

Generellt kan det dock sägas att del 1 (**mätningen**) bara behöver kontrolleras genom inmätning av punkt med känd position, då mätningen utförs enligt "förhöjd nivå 2" i tabellen i bilaga 1. Föreligger det däremot osäkerhet över del 2 (deformationerna i **stomnätet** och/eller **höjdnätet**) behöver deformationerna dock alltid kontrolleras genom inmätning av en eller flera punkter med känd position. Likaså om det föreligger osäkerhet i del 3 (**transformationssambandet**²⁵ och/eller **geoidmodellen**) samt om större förändringar gjorts i **inställningarna** (del 4). En närmare definition av vad "osäkerhet" och "större förändringar" innebär är svår att ange.

Vid otillräckligt transformationssamband eller bristande kvalitet i stomnätet och/eller höjdnätet kan det vara aktuellt med en lokal anslutning. I sammanhanget kan det nämnas att SIS/TS 21143:2004 avsnitt 7.3.2 "Referensstationer för satellitmätning" sätter ett krav att anslutning vid enkelstations-RTK från fri station skall ske mot minst 4 stompunkter.

²⁴ Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99. En restfelsmodell kan vara kopplad till transformationssambandet.

²⁵ Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99. En restfelsmodell kan vara kopplad till transformationssambandet.

9 Kontrollinmätning av objekt

Kontrollinmätning av ett urval av de inmätta objekten kan göras vid ett senare mättillfälle. Kontrollinmätning kan utföras med nätverks-RTK eller annan GNSS-teknik som enkelstations-RTK eller statisk mätning och den kan också utföras med någon annan teknik som totalstationsmätning. Kontrollinmätning av objekt behandlas inte i denna kortmanual.

Bilaga 1 – Råd för parametrarna

Tabellen i denna bilaga ger råd för parametrarna i kapitel 7. Råden är satta i tre nivåer och skall ses som en översiktlig vägledning vid mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. Det vore önskvärt med sifferangivelser i form av medelfel eller toleranser för vilken noggrannhet (i plan och höjd) som uppnås om råden följs. Det finns ett stort behov av sådana inom flera områden, men de är ej satta i nuläget, då de är svåra att ange. En hel del undersökningar skulle behövas för detta och detsamma gäller själva råden, så tabellen får ses som ett arbetsmaterial. Avsikten med basnivå är inmätning av objekt med låga och normala krav. De förhöjda nivåerna avser inmätning av objekt med högre krav och t.ex. inmätning av punkter tänkta som utgångspunkter för fortsatt mätning.

Parameter	Basnivå	Förhöjd nivå 1	Förhöjd nivå 2
Satellitssystem ²⁾	-	-	-
Satellitssignaler ²⁾	-	-	-
Satellitantal ¹⁾	Minst 5 stycken GPS-satelliter	Minst 6 stycken GPS-satelliter	Minst 7 stycken GPS-satelliter
Satellitgeometri ¹⁾	PDOP max 4	PDOP max 3	PDOP max 2
Satellitssignalkvalitet ¹⁾	-	-	-
Jonosfär ²⁾	-	-	-
Troposfär ²⁾	-	-	-
Sikthinder	Till 60 % fri sikt ner till 25 graders elevationsgräns	Till 75 % fri sikt ner till 20 graders elevationsgräns	Till 90 % fri sikt ner till 15 graders elevationsgräns
Flervägsfel ²⁾	-	-	-
RTK-utrustning ²⁾	-	-	-
Antennmodell	Används	Används	Används
Centrering	Max antennhöjd 4 m	Max antennhöjd 2 m	Max antennhöjd 2 m, stödben används
Excentricitet ²⁾	-	Mätstång med fast längd	Mätstång med fast längd

Observationsintervall	1 s	1 s	1 s
RTK-data¹⁾	-	-	-
Tid till fixlösning	Ominialisering om fixlösning ej erhållits inom 2 minuter	Ominialisering om fixlösning ej erhållits inom 2 minuter	Ominialisering om fixlösning ej erhållits inom 1 minut
Medeltalsbildning av observationer	Medeltal av 3 observationer med minst 1 sekund mellan varje observation	Medeltal av 5 observationer med minst 1 sekund mellan varje observation	Medeltal av 30 observationer med minst 1 sekund mellan varje observation
GNSS-mottagarens interna kvalitetstal¹⁾	-	-	-
Fixlösning	Alla mätningar skall vara fixlösningar utan prediktion	Alla mätningar skall vara fixlösningar utan prediktion, där varje mätning är ett medeltal av 2 fixlösningar med ominialisering emellan	Alla mätningar skall vara fixlösningar utan prediktion, där varje mätning är ett medeltal av 2 fixlösningar med ominialisering emellan
Återkommande mätning	Enstaka mätning	Enstaka mätning	Medeltal av 2 mätningar mätta med minst 45 min emellan.

¹⁾ Mått för dessa parametrar redovisas i RTK-utrustningar. Då inget råd är angivet så är parametern inte mindre viktig, utan orsaken är svårigheten att ge råd, då det finns kvantitativa skillnader mellan olika fabrikat av GNSS-mottagare.

²⁾ Dessa parametrar har helt eller delvis inget råd angivet. De är inte mindre viktiga, utan orsaken till att råd saknas är svårigheten att ge råd för dessa som är tillräckligt konkreta.

Rapporter i geodesi och geografiska informationssystem från Lantmäteriverket

- 2003:4 Engfeldt Andreas, Norin Dan, Nielsen Jan, Holm Warming Louise, Grinde Gro, Johansson Daniel, Lilje Christina, Nilsson Andreas, Wiklund Peter, Kempe Tina, Frisk Anders: The 2002 NKG GNSMART/GPSNet test campaign.
- 2003:8 Vejdeland Sofia & Dahlberg Liselotte: Tolkarhet av GGD-objekt i bilder registrerade av olika sensorer.
- 2003:10 Engfeldt Andreas & Jivall Lotti: Så fungerar GNSS.
- 2003:11 Alm Malin & Munsin Anna-Stina: Traditionell RTK kontra nätverks-RTK - en noggrannhetsjämförelse.
- 2003:12 Jonsson Albert & Nordling Anders: Jämförelse av enkelstations-RTK och nätverks-RTK i Lantmäteriets testnät.
- 2004:1 Peterzon Martin: Distribution of GPS-data via Internet.
- 2004:4 Andersson Maria: Deformationer av fasta geometrier - en metodstudie.
- 2004:7 Valdimarsson Runar Gisli: Interpolationsmetoder för rest-felshandtering i höjddled vid höjdmätning med GPS.
- 2004:11 Kempe Christina: Väst-RTK - nätverks-RTK i produktions-test i västra Sverige.
- 2004:12 Johansson Daniel: SKAN-RTK - 2 - nätverks-RTK i produktions-test i södra Sverige.
- 2004:13 Wiklund Peter: "Position Stockholm-Mälaren - 2" - nätverks-RTK i produktions-test.
- 2004:16 Andersson Therese & Torngren Julia: Traditionell RTK och nätverks-RTK - en jämförelsestudie.
- 2005:3 Ahrenberg Magnus & Olofsson Andreas: En noggrannhetsjämförelse mellan nätverks-RTK och nätverks-DGPS.
- 2005:4 Jämtnäs Lars & Ahlm Linda: Fältstudie av Internet-distribuerad nätverks-RTK.
- 2005:5 Engfeldt Andreas (ed.): Network RTK in northern and central Europe.
- 2005:7 Jivall Lotti, Lidberg Martin, Nørbech Torbjørn, Weber Mette: Processing of the NKG 2003 GPS campaign.
- 2005:8 Eriksson Merja & Hedlund Gunilla: Satellitpositionering med GPS och GPS/GLONASS.

L A N T M Ä T E R I E T



Vaktmästeriet 801 82 GÄVLE Tfn 026 - 65 29 15 Fax 026 - 68 75 94
Internet: www.lantmateriet.se