

Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem

Undersökning av semikinematisk GPS-mätning i realtid

Carl Lejonhufvud och Peter Wiklund

Gävle 1996

LANTMÄTERIVERKET



Rapporter i geodesi och geografiska informationssystem från Lantmäteriverket

- 1996:2 Lejonhufvud C & Wiklund P: Undersökning av semikinematisk GPS-mätning i
realtid.
- 1996:5 Ammenberg P & Hansson K: The Compatability of SWEPOS-data with GPS-
Equipment available on the market.

FÖRORD

De senaste årens utveckling av semikinematisk bärvågsmätning i realtid har medfört ett ökat intresse för användandet av GPS-tekniken vid detaljmätning. Med denna metod är det möjligt att uppnå centimeternoggrannhet direkt på plats utan tidskrävande efterberäkningar.

Avsikten med det här examensarbetet är att vidare undersöka vissa noggrannhetsaspekter inom den semikinematiska bärvågsmätningen. Arbetet utfördes åt Lantmäteriverkets Geodesi-enhet, FoU-avdelningen.

Vid mätningarna använde vi GPS-utrustning av märket Ashtech från Högskolan Gävle/Sandviken. Denna är av samma fabrikat som den utrustning som Lantmäteriverket använder sig av. Utrustningen kompletterades med kablage och en kraftfullare radioutrustning från Geodesi-enheten på Lantmäteriverkets FoU-avdelning eftersom detta saknades på Högskolans utrustning vid det aktuella tillfället.

Vi vill härmed tacka våra handledare Sofia Björklund och Christina Ottoson på Lantmäteriverkets Geodesi-enhet, FoU-avdelningen som hjälpt oss med alla möjliga och omöjliga frågor. I vår handledningsgrupp ingick även Lotti Jivall och Bo Jonsson. Dessutom vill vi passa på att tacka Högskolan Gävle/Sandviken för lån av utrustning. Inte minst vill vi tacka Jonas Ågren som alltid ställt upp på våra materiella krav samt givit goda råd.

Examensarbetet har genomförts under maj månad 1996 av Carl Leijonhufvud och Peter Wiklund på Kart-och mätningenjorsprogrammet årskurs 3 Högskolan Gävle/Sandviken.

Gävle juni 1996

Carl Leijonhufvud

Peter Wiklund

SAMMANFATTNING

Syftet med det här examensarbetet var att undersöka och utreda användbarheten av semikinematisk bärvågsmätning i realtid. Denna metod har utvecklats kraftigt under de senaste åren och då tekniken är relativt ny så behövdes kompletterande undersökningar. Målet var att undersöka vad som händer med noggrannheten vid försämrade siktförhållanden i skog samt vid ökande avstånd mellan referensstationen och mätpunkten. Samtidigt skulle utrustningens interna kvalitetsvärde, det s.k. sigmavärdet, undersökas. Vi skulle även titta på hur lång tid det tog att lösa periodobekanta samt försöka ge råd om vad man bör tänka på för att uppnå de krav på centimeternivå som ställs vid förättningsmätning eller liknande detaljmätning. Arbetet utfördes i maj 1996 åt Geodesi-enheten på Lantmäteriverkets FoU-avdelning.

Semikinematisk bärvågsmätning är en GPS-teknik där en mottagare är uppställd över en referenspunkt med kända koordinater och där en rörlig mottagare flyttas runt mellan mätpunkterna. Vid denna undersökning användes utrustning och programvaror från Ashtech. Denna utrustning kompletterades med en fältdator Husky FS/2 med programvaran AutoKa-FC från LMV. Tidigare undersökningar på LMV har visat att andra tillverkares utrustningar ger likvärdiga resultat [10].

Undersökningen av avståndets inverkan på mätresultaten utfördes vid ett testnät mellan Skutskär och Karlholm söder om Gävle. Från testnätet valdes sju punkter som mättes med fixlösning. Mätningarna utfördes först från Skutskär och sedan från Karlholm. Undersökningen av sikthinders inverkan på mätresultaten utfördes på ett antal kontrollpunkter vid Mårtsbo observatorium utanför Gävle. Totalt innefattade mätningarna åtta kontrollpunkter som mättes både med fixlösning och flytlösning.

Vid undersökningen av avståndets inverkan på mätresultaten kunde vi konstatera följande:

- Referensstationen bör placeras högt och fritt för att erhålla god radioöverföring och för att undvika ostabila fixlösningar.
- Punkterna bör dubbelmätas.
- Ökande avstånd upp till ca. 10 km. inverkade inte på noggrannheten eller kvalitetsvärdet. Därefter försämrades dessa värden något. Detta gällde både i plan och höjd.
- När Ashtech-utrustningens kvalitetsvärde var mindre än 2 cm. var resultatet pålitligt om mätning gjordes med stabil fixlösning.
- Tiden för att lösa periodobekanta var ca. 3 minuter och ökade något efter ca. 10 km.

Vid undersökningen av sikthinders inverkan på mätresultaten kunde vi konstatera följande:

- Mätningar vid ostabila fixlösningar bör undvikas.
- Punkterna bör dubbelmätas.
- Både noggrannheten och kvalitetsvärdet försämrades något vid försämrade siktförhållanden under mätning med fixlösning. Detta gällde både i plan och höjd.
- När Ashtech-utrustningens kvalitetsvärde var mindre än 2 cm. var resultatet inte alltid pålitligt om fixlösningen var ostabil.
- Tiden för att lösa periodobekanta var ca. 3 minuter vid mätning med fixlösning och ökade något med försämrade siktförhållanden.
- Den centimeternoggrannhet som eftersträvas vid t.ex. förättningsmätning kan inte erhållas vid mätning med flytlösning. Vid registrering med ett kvalitetsvärde runt 30 cm. erhöles en maximal avvikelse på ca. 2,5 m.

Avslutningsvis kan det sägas att om ovanstående punkter beaktats finns det ett stort användningsområde för semikinematisk bärvågsmätning i realtid där centimeternoggrannhet krävs.

ABSTRACT

The purpose with this diploma work was to examine the usability of realtime semikinematic carrierphase measurements. This method has been going through a significant development during the last few years. Therefore further investigations was needed. The aim was to examine the accuracy when the visibility towards the satellites decrease and when the range between the referensstation and the measured points increase. At the same time the equipments quality-declaration was to be examined. We also were to examine how the time to resolve cycle ambiguities was effected. The work was done in may 1996 for the National Land Survey of Sweden (LMV).

In semikinematic carrierphase measurements one receiver is placed over a referenspoint with known coordinates and a second receiver, the rover, is moved around between points to be measured. At this particular investigation equipment and software manufactured by Ashtech were used. This equipment was completed with a Husky FS/2 fieldcomputer used along with the software AutoKa-FC developed by LMV. Earlier investigations at LMV have shown that equipment from other manufacturers provides equivalent results [10].

The examination of how the increased range between the referensstation and the rover effected the accuracy was done at a testfield between Skutskär and Karlholm south of Gävle. Seven points were selected from the testfield and measured with fix solutions. The measurements were first made from Skutskär and then from Karlholm.

The examination of how the visibility towards the satellites effected the accuracy was made on a set of controlpoints at the observatory in Mårtsbo in the outside of Gävle. The measurements included a total content of eight points which were measured with both fix and float solutions.

When we examined if the accuracy was effected by the increased range we found that:

- The referensstation should be established on a high place with good visibility towards the satellites to provide a good radiocontact and to avoid unstable fix solutions.
- All points should be measured twice.
- An increased range up to about 10 km. did not effect the accuracy or the qualitydeclaration. After that the values got worse. This was valid both for the horizontal and the vertical plane.
- When the qualitydeclaration of the Ashtech-equipment was lower than 2 cm. the result was reliable if measurements were done with a stable fix solution.
- The time to solve cycle ambiguities was about 3 minutes and increased slightly after 10 km.

When we examined if the accuracy was effected by the visibility we found that:

- Measurements with unstable fix solutions should be avoided.
- All points should be measured twice.
- When measuring with fix solution both the accuracy and the qualitydeclaration got slightly worse when the visibility decreased. This was valid both for the horizontal and the vertical plane.
- When the qualitydeclaration of the Ashtech-equipment was lower than 2 cm. the result was not always reliable if measurements were done with an unstable fix solution.
- The time to solve cycle ambiguities when measuring with fix solution was about 3 minutes and increased slightly when the visibility got worse.
- The quality on centimeterlevel that sometimes is aimed at can not be achieved when measuring with float solutions. When measuring with a qualitydeclaration around 30 cm. a maximum deviation of about 2,5 m was obtained.

Finally we believe that if attention is paid to the above mentioned conclusions there is a great usability of realtime semikinematic carrierphase measurements when centimeteraccuracy is needed.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	2
2 SEMIKINEMATISK BÄRVÅGSMÄTNING I REALTID	4
3 AVSTÅNDETS INVERKAN PÅ MÄTNOGGRANNHETEN OCH KVALITETSVÄRDETS RELEVANS	5
3.1 KONTROLLPUNKTER	5
3.1.1 <i>Kontrollpunkternas kvalitet</i>	5
3.1.2 <i>Rekognosering</i>	6
3.1.3 <i>Val av kontrollpunkter</i>	6
3.1.4 <i>Transformation av kontrollpunkter</i>	7
3.2 UTFÖRANDE	7
3.2.1 <i>Utrustning</i>	7
3.2.2 <i>Instrumentkontroller</i>	9
3.2.3 <i>Mätning</i>	9
3.2.4 <i>Problem</i>	10
3.2.5 <i>Analys av mätresultat</i>	11
3.3 RESULTAT	14
3.3.1 <i>Skutskär - Karlholm</i>	14
3.3.2 <i>Karlholm - Skutskär</i>	18
3.4 SLUTSATSER	22
4 SIKTHINDERS INVERKAN PÅ MÄTNOGGRANNHETEN OCH KVALITETSVÄRDETS RELEVANS	25
4.1 KONTROLLPUNKTER	25
4.1.1 <i>Rekognosering</i>	25
4.1.2 <i>Etablering av kontrollpunkter</i>	28
4.1.3 <i>Statisk inmätning av kontrollpunkter</i>	28
4.1.4 <i>Kontrollpunkternas kvalitet</i>	28
4.1.5 <i>Transformation av kontrollpunkter</i>	29
4.2 UTFÖRANDE	29
4.2.1 <i>Utrustning</i>	29
4.2.2 <i>Instrumentkontroller</i>	30
4.2.3 <i>Mätning</i>	30
4.2.4 <i>Problem</i>	31
4.2.5 <i>Analys av mätresultat</i>	31
4.3 RESULTAT	31
4.3.1 <i>Fixlösning</i>	32
4.3.2 <i>Flytlösning</i>	34
4.4 SLUTSATSER	36
4.4.1 <i>Fixlösning</i>	36
4.4.2 <i>Flytlösning</i>	37
4.4.3 <i>Allmänt</i>	37
5 SLUTORD	39
6 LITTERATURFÖRTECKNING	41

BILAGOR:

- 1 PUNKTSKISS ÄLKARLEBY TESTNÄT
- 2 PUNKTSKISS MÅRTSBO
- 3 MÄTRESULTAT SKUTSKÄR-KARLHOLM
- 4 MÄTRESULTAT MÅRTSBO

- 5 SPECIFIKATIONER
- 6 BERÄKNINGAR

1 INLEDNING

Syftet med det här examensarbetet var att undersöka och utreda användbarheten av semikinematisk bärvågsmätning i realtid för t.ex. detaljmätning. Detta är en typ av GPS-teknik som utvecklats kraftigt under de senaste åren och då tekniken är relativt ny så var kompletterande undersökningar önskvärda. Ett område där det är aktuellt att införa denna teknik i är t.ex. gränsutstakning vid förättningsmätning. Eftersom det ofta är svåra siktförhållanden mot satelliterna vid mätning i skog så fanns ett behov av att klargöra vilka begränsningar som förekommer vid mätning under sådana förhållanden. Det var dessutom av stort intresse att utreda metodens begränsningar ur avståndssynpunkt. Det vill säga vad som händer med mätnoggrannheten när avståndet mellan referensstationen och den rörliga enheten ökar.

Undersökningens mål var därför att avgöra huruvida tekniken kan användas till exempelvis förättningsmätning eller annan detaljmätning med noggrannhetskrav på centimeternivå. Samtidigt skulle vi försöka att analysera relevansen i det interna kvalitetsvärde som Ashtech-utrustningen anger för de enskilda mätningarna. Detta för att utvärdera huruvida noggrannheten gick att uppskatta på plats vid mätning under olika förhållanden. Dessa faktorer skulle utvärderas både under förhållanden där mätningar gjordes med fixlösning respektive flytlösning. Vi skulle dessutom undersöka hur svåra siktförhållanden och långa avstånd påverkade tiderna för att lösa periodobekanta samt studera hur mättiden påverkade noggrannheten. Detta är i hög grad intressant för att bedöma användbarheten av utrustningen under svåra siktförhållanden. Vidare skulle vi där så var fallet försöka ge råd om vad man bör tänka på för att uppnå önskad mätnoggrannhet.

För att kunna utföra undersökningen så behövde vi i första hand ta fram s.k. kontrollpunkter. Det vill säga befintliga eller nyskapade punkter med kända koordinater i plan och höjd som vi senare skulle använda vid jämförelse med de mätvärden som vi skapat vid den semikinematiska mätningen. Dessa kontrollpunkter skulle inte bara vara av tillräckligt god kvalité utan också vara representativa för de förhållanden som vi skulle undersöka. Allt detta för att vi senare skulle kunna göra en meningsfull analys av de mätvärden vi skapat.

Vidare var vi tvungna att dela upp undersökningen i två olika delar där den ena behandlade avståndets inverkan på noggrannheten och den andra delen sikthindrens inverkan på noggrannheten. Uppdelningen av undersökningen gjordes för att vi över huvud taget skulle kunna göra en meningsfull analys av mätresultaten utan att de olika inverkanse faktorerna skulle påverka varandra. En avgränsning gjordes dessutom för att arbetet skulle kunna klaras av under den utsatta tiden. Detta gjordes genom att begränsa antalet punkter till vad som var rimligt, samt att undersökningen av sikthinders inverkan på mätnoggrannheten endast kom att omfatta ett begränsat antal typer av skog.

I båda delundersökningarna analyserade vi relevansen i de interna kvalitetsvärden som Ashtech-utrustningen levererade i fält. I det fall då avståndens inverkan undersöktes analyserades dock bara det interna kvalitetsvärdet under fixlösning eftersom mätning under flytlösning inte utfördes under den delen av undersökningen.

Arbetet har utförts under realistiska förhållanden med utnyttjande av utrustning som existerar på marknaden idag. I det här fallet använde vi oss av GPS-mottagare med programvaror från Ashtech och en Husky fältdator med programvara från Lantmäteriverket.

För GPS-terminologi i allmänhet hänvisas till skriften "Satellitbaserad positionsbestämning GPS, Terminologi" utgiven av Standardiseringen i Sverige [12].

2 SEMIKINEMATISK BÄRVÅGSMÄTNING I REALTID

Semikinematisk bärvågsmätning i realtid kräver en mottagare uppställd på en referensstation med kända koordinater och en rörlig mottagare. Dessutom behövs en radioutrustning för att kunna överföra data mellan de båda mottagarna.

Från referensstationen sänds de kända koordinaterna tillsammans med mätdata till den rörliga mottagaren. Därefter sker beräkningar i den rörliga mottagaren för att bestämma dess position. Vid beräkningarna används även de på plats mottagna satellitsignalerna. Denna metod ger betydligt högre noggrannhet än vid mätning utan information från referensstationen. Anledningen till detta är att man på så sätt minimerar en mängd felkällor som anses vara de samma för referensstationen som för den rörliga mottagaren.

Beräkningen inleds med att periodobekanta för den rörliga mottagaren bestäms, det vill säga antalet hela våglängder mellan satellit och mottagare. Ur några minuters mätningar erhålls antingen fixlösning eller flytlösning. Detta kan göras stillastående eller när mottagaren befinner sig i rörelse. När mottagarna har låst signalen till minst fem gemensamma satelliter kan mätning utföras genom att den bärbara mottagaren flyttas runt till de punkter som ska mätas.

Styrkan med semikinematisk bärvågsmätning är möjligheten att mäta under rörelse samt snabbheten i relation till den höga noggrannheten. Svagheten är dess känslighet för längre signalavbrott till flera satelliter.

3 AVSTÅNDETS INVERKAN PÅ MÄTNOGGRANNHETEN OCH KVALITETSVÄRDETS RELEVANS

Syftet med undersökningen av avståndets inverkan på mätnoggrannheten var att utreda huruvida avståndet mellan referensstationen och den rörliga mottagaren kunde ökas med bibehållen noggrannhet. Vi skulle även titta på huruvida tiden för lösning av periodobekanta påverkades samt på andra eventuellt uppdykande problem. Vidare skulle relevansen hos utrustningens interna kvalitetsvärden utvärderas.

Vid denna undersökning valde vi att mäta på punkter som inte stördes av sikthinder etc. för att vi skulle erhålla en så entydig bild av avståndets inverkan på resultatet som möjligt.

3.1 KONTROLLPUNKTER

För att kunna utvärdera mätresultaten på ett lämpligt sätt ansåg vi det nödvändigt att jämföra de erhållna koordinaterna med givna koordinater av känd kvalitet. Detta gjordes för att vi skulle kunna utvärdera hur avståndet verkade på såväl spridningen (precisionen) som på den absoluta noggrannheten. Eftersom syftet var att undersöka avståndets inverkan på mätnoggrannheten bestämde vi oss för att mäta på ett långsträckt område med ett maximalt avstånd till referensstationen på ca. 15 km. Vidare var vår målsättning att använda oss av befintliga punkter i närheten av Gävle för att spara tid.

Av dessa anledningar sökte vi ett i längd utsträckt område med befintliga, stabila mätpunkter där koordinater i plan och höjd var kända med tillräckligt hög noggrannhet. Efter ett tips från våra handledare valdes ett testnät mellan vattentornen i Skutskär och Karlholm för noggrannare undersökningar. Detta testnät, som ingår bland testbaserna för positionsbestämning m.h.a. tröghetsteknik i Älvkarleby, var tidigare GPS-mätt i ett annat sammanhang 1990.

3.1.1 Kontrollpunkternas kvalitet

För att kunna avgöra kontrollpunkternas kvalitet i plan och höjd samlade vi in den dokumentation som fanns arkiverad sedan den tidigare utförda GPS-mätningen. Med utgångspunkt från denna dokumentation kunde vi konstatera att punkterna uppfyllde de krav på noggrannhet vi ansåg nödvändiga med tanke på undersökningens syfte.

Noggrannheten i anslutningen till överordnat riksnät framgår av det grundmedelfel och de inpassningsfel som erhöles vid transformationen mellan det GPS-mätta nätet och det överordnade nätet.

Grundmedelfelet $s_o = 0,022$ meter.

Passfelen varierar mellan +0,025 meter till -0,025 meter.

De punkter som vi använde är justerade för passfel enligt nedan:

137471 Skutskärs vattentorn	$x = -0,005$ m.	$y = -0,016$ m.
137291 Karlholms vattentorn	$x = +0,005$ m.	$y = -0,025$ m.

Enligt dokumentationen var det maximala punktmedelfelet:

0,010 m. i plan
0,015 m. i höjd
inom 95 %
konfidensintervall

Detta kan sägas beskriva den interna noggrannheten.

På de båda vattentornen utförde vi även mätningar på två excentriska punkter. Dessa har beräknats polärt med hjälp av de tidigare GPS-mätta punkterna samt med längder och riktningsvinklar från rikstrianguleringen. Med tanke på avstånden och rikstrianguleringens kvalitet kan dessa punkter sägas ha samma kvalitet som de övriga punkterna. Resultatet av beräkningarna blev det samma som om de excentriska punkterna hade passfelskompenserats.

I övrigt refereras till dokumentation om testnätet för mera information[13].

3.1.2 Rekognosering

Som första steg samlade vi in punktbeskrivningar och annat kartmaterial som vi ansåg oss behöva för att kunna rekognosera punkterna. Efter detta utfördes en rekognosering i fält där så många punkter som möjligt lokaliserades. Detta gjordes med hjälp av befintligt kartmaterial och annan för ändamålet lämplig utrustning (spadar, spett etc.).

Mätpunkterna var markerade antingen med rör i mark eller rör i mark med däcksel. Samtliga lokaliserade punkter befanns vara i gott skick varför de antogs vara intakta sedan den senaste GPS-mätningen. De lokaliserade punkterna användes sedan för vidare utvärdering. I övrigt se bilaga 1 med punktskiss.

3.1.3 Val av kontrollpunkter

För att kunna utvärdera hur ett ökat avstånd mellan referensstationen och den rörliga mottagaren eventuellt inverkar på mätnoggrannheten bestämde vi oss för att använda punkter på ungefär varannan kilometer från referensstationen. Detta för att kunna avgöra om det fanns någon markant gräns där noggrannheten inte längre uppfyllde de ställda kraven. Vidare konstaterades att teknikens kvalitet redan var väl dokumenterad på avstånd upp till ca. 5 kilometer från referensstationen.

Av dessa anledningar kom vi att välja punkter på avstånden ca. 4, 6, 8, 10, 12 respektive 16,5 km från referensstationen. Dessa punkter mättes i två omgångar. Första gången var referensstationen placerad på Skutskärs vattentorn och mätningen utfördes mot Karlholm. Andra omgången flyttades referensstationen till Karlholms vattentorn och mätningarna utfördes i motsatt riktning. Punkterna var de samma i båda riktningarna med undantag för punkt 2 som inte mättes i andra omgången. I övrigt se bilaga 1 med punktskiss.

3.1.4 Transformation av kontrollpunkter

För att kunna använda koordinaterna på de kontrollpunkter som skulle användas som referensstationer var det nödvändigt att transformera dessa från plana kartprojektionskoordinater i RT R10 2.5 gon V 0:-15 och RH 70 till geografiska koordinater i referenssystemet SWEREF 93. Transformationen utfördes som tredimensionell likformighetstransformation med fasta parametrar. Mer om detta finns att läsa om i ett kompendium av B-G Reit [11].

Vid transformation av höjderna från RH 70 till höjden över ellipsoiden i SWEREF 93 användes den s.k. polynomapproximationen för beräkning av geoidhöjderna. Detta gjordes eftersom höjderna vid GPS-mätningarna i realtid beräknas med hjälp av denna metod. Genom att använda samma metod vid transformation av höjderna eliminerades de fel som skulle uppkommit om geoidhöjden beräknats som en interpolation i geoidhöjdsystemet. Anledningen till att beräkningen av geoidhöjder i fältdatorn sker med hjälp av geoidhöjdsapproximationen är att det inte finns tillräckligt med minne för att kunna lagra hela geoidhöjdsystemet i denna.

För att kunna jämföra de mätta koordinaterna med de kända var vi tvungna att transformera dessa från RT R 10 2.5 gon V 0:-15 till RT 90 2.5 gon V 0:-15. Detta var nödvändigt eftersom de koordinater som erhöles vid mätningarna i realtid var i detta system. I höjd var ingen transformation nödvändig eftersom hänsyn till referenssystemen redan tagits vid transformation av koordinaterna för referensstationerna (se ovan). Samtliga transformationer utfördes med hjälp av Lantmäteriverkets programvara GTRANS 1.1.

3.2 UTFÖRANDE

Mätningarna utfördes enligt tillverkarens anvisningar samt med hjälp av instruktioner i en användarhandledning skriven av Christina Ottoson på Lantmäteriverkets Geodesi-enhet, FoU-avdelningen [5]. Vidare följde vi ett detaljerat mätschema som upprättats innan mätningarna påbörjades

3.2.1 Utrustning

Utrustningen som användes vid mätningarna baserade sig på Ashtechs GPS-utrustning för semikinematisk bärvågsmätning i realtid. Denna bestod av två Ashtech Z-12 mottagare försedda med programvara "Real-Time Z Functions (RTZ)". Utrustningen kompletterades med en Husky FS/2 fältdator tillsammans med Lantmäteriverkets programvara AutoKa-FC för lagring av mätdata.

Till detta användes sedan nödvändig kringutrustning i form av stativ, trefot, teleskopstång etc. Det kan vara värt att notera att den utrustning vi använde inte var helt fältmässig i fråga om transportväskor och dylikt. Detta berodde främst på att den utrustning vi lånade inte var helt färdigställd när vi utförde mätningarna. Dock försökte vi hela tiden att eftersträva realistiska förhållanden för semikinematisk mätning i realtid vad gäller mottagare, lagringsenheter och mätstång för den rörliga antennen.

För dokumentation och beräkningar användes vanliga PC-datorer och standardprogramvaror. Utrustningen som användes var som följer:

Referensstation:

- GPS-mottagare Ashtech Z-12 nr. 501 med tillhörande kablar och batterier samt antenn nr. 755. Mottagaren var utrustad med programvaran "Real-Time Z Functions (RTZ)", firmware 1F-00.
- Trefot med optiskt lod.
- Stativ Wild GST 20.
- 25 W radiomodem.
- Radioantenn typ TV-antenn.
- Kablar för datakommunikation.
- Stativ och teleskopstång för radioantenn.
- Bilbatteri.

Rörlig station:

- GPS-mottagare Ashtech Z-12 nr. 507 med tillhörande kablar och batterier samt antenn nr. 622. Mottagaren var utrustad med programvaran "Real-Time Z Functions (RTZ)", firmware 2J-00.
- 25 W radiomodem Satellin.
- Radioantenn typ TV-antenn.
- Husky FS/2 fältdator nr. 40000020082 med AutoKa-FC.
- Kablar för datakommunikation.
- Teleskopstång Chicago Steel Tape med stödben.

Övrig utrustning:

- Kompass.
- Tumstock.
- Klocka.
- Mätprotokoll.
- Transportväskor.

- Snörlod.
- Verktyg.
- Tejp.
- Wild ZNL optiskt lod nr. 96297.
- Däckselöppnare typ hovkrats.

Datorer och programvaror:

- Dokumentation och beräkningar utfördes i samtliga fall på vanliga PC-datorer.
- Transformationer utfördes m.h.a. Lantmäteriverkets programvara GTRANS 1.1 och 2.
- Dumpning av fältdata gjordes m.h.a. Lantmäteriverkets programvaror AutoKa-FC och Auto Ka-PC.
- Dokumentation gjordes m.h.a. programvaran Microsoft Word 6.0
- Beräkningar för utvärderingen av resultatet gjordes m.h.a. programvaran EXCEL.

3.2.2 Instrumentkontroller

Eftersom utrustningen baserade sig på Ashtechs GPS-programvara "Real-Time Z Functions (RTZ)" och fältdatorn Husky FS/2 med AutoKa-FC (se avsnitt 3.2.1 med utrustning) så inskränkte sig kontrollen av denna till systemets inbyggda felhantering. Denna behandlade i stort sett fel i kommunikationerna mellan referensstationen och den rörliga mottagaren samt begränsningar i att utföra beräkningar under vissa förutsättningar. Dessa kontroller skedde automatiskt och felaktiga registreringar var omöjliga att göra förutsatt att utrustningen användes på rätt sätt.

I övrigt kontrollerades trefotens optiska lod och teleskopstångens doslibell. Trefotens optiska lod kontrollerades mot Wild ZNL optiska lod med tillhörande specialutrustning. Vid kontroll upptäcktes inga fel som ansågs påverka mätnoggrannheten. Kontroll utfördes före och efter mätningarna.

Teleskopstångens doslibell kontrollerades regelbundet mot snörlod och justerades efter behov.

3.2.3 Mätning

Vid undersökningen av avståndets inverkan på mätnoggrannheten utfördes två separata mätningar. Den ena utfördes från Skutskär mot Karlholm med referensstationen etablerad på Skutskärs vattentorn. Den andra utfördes i motsatt riktning med referensstationen flyttad till Karlholms vattentorn. Valet av referensstationernas placering baserade sig på kravet på god radiokontakt mellan referensmottagaren och den rörliga mottagaren. Detta krav ansågs bli tillgodosett med en hög och fri placering.

Varje mätning började med att referensstationen etablerades. Därefter startades den rörliga mottagaren upp och mätningarna påbörjades.

Registreringen av koordinater på de olika kontrollpunkterna skedde under tre olika tidsintervall som en medeltalsbildning av de koordinater som skapades under de olika mätningarna. Anledningen till detta var att utreda huruvida längden av registrering skulle

påverka mätresultatet. Medeltalsbildningen gjordes av programvaran i fältdatorn. Mellan varje mätning med de olika tidsintervallerna flyttades antennen bort från punkten en stund för att en helt ny mätning skulle ske under nästa intervall. Medeltalsbildningen gav tre olika plan- och höjdkoordinater för varje punkt. Valet av tidsintervall baserade sig på att vi ville ha en relativt snabb mätning samt en något längre som ändå inte var så lång att den var att jämföra med snabbstatisk GPS-mätning. För att vara säkra på att vi skulle erhålla tillräckligt med mätdata lades ytterligare ett tidsintervall in mellan de två andra. Mellan de olika intervallen bibehölls lösningen av periodobekanta. Registreringarna såg då ut enligt följande:

Medeltalsbildning av tidsintervall med: 5 mätningar \approx 25 sekunder
10 mätningar \approx 50 sekunder
30 mätningar \approx 150 sekunder

Därefter bröts lösningen av periodobekanta med hjälp av programvaran i Ashtech-mottagaren och mätningarna under de olika tidsintervallerna upprepades. Allt som allt registrerades fyra simulerade mätrundor med tre olika mätningar i varje. Detta gjordes för att erhålla tillräckligt med mätdata för den kommande analysen. Varje punkt mättes på så sätt 12 gånger.

Vid registrering noterades även ett antal parametrar som skulle användas vid det följande analysarbetet. En del av dessa lagrades automatiskt i fältdatorn (koordinater, PDOP-värde, punktnummer etc.) medan de övriga (antennhöjds-differens, kvalitetsvärdet, tidpunkter, antal satelliter etc.) noterades för hand i ett speciellt protokoll. Detta gjordes eftersom AutoKa-FC inte var anpassat för denna typ av undersökning. Förutom de data som behövdes för analysen noterades även de parametrar som under arbetets gång lagrades i de båda Ashtech-mottagarna. Inga mätningar registrerades innan kvalitetsvärdet var lägre än 2 cm. Detta gjordes för att tidigare erfarenheter visat att mätnoggrannheten då legat på den nivå som den här undersökningen eftersträvar (± 20 mm. i plan enligt HMK-Ge. De sid. 166). Mätningar mot satelliter med en elevation mindre än 13 grader uteslöts direkt i mottagaren.

Under mätningarnas gång dubbelkontrollerades alla mätta antennhöjder och de i Ashtech-mottagarna lagrade parametrarna. Detta för att i möjligaste mån minimera fel p.g.a. felaktigt lagrade värden etc.

3.2.4 Problem

I början av arbetet uppstod en hel del problem p.g.a. vår ovana med utrustningen. Även problem med kommunikationen mellan utrustningens olika delar p.g.a. kabelbrott eller glappkontakt uppträdde ibland. Dessa problem ledde framförallt till stora tidsförluster. Under arbetets gång minskade dock dessa problem successivt och kan sägas ingå i den normala utbildningsprocessen på den aktuella utrustningen.

Tidsåtgången vid etableringen av referensstationerna var också betydande p.g.a. punkternas läge i kombination med att vi inte vågade lämna kvar alltför dyrbar utrustning. Detta ledde till många och långa vandringar i vattentornens trappor.

När den andra mätningssomgången påbörjades från Karlholm till Skutskär uppstod genast en mängd nya problem som inte uppträtt tidigare. Förutom att tiden för att lösa ut periodobekanta ibland ökade markant hade den rörliga mottagaren i vissa fall svårt att behålla låsningen. Detta trots att vi i de flesta fallen mätte på samma punkter och under likvärdiga förhållanden. Orsaken till dessa svårigheter kan tänkas bero på referensstationens etablering på Karlholms vattentorn. Antennen stod uppställd inne i vattentornet under en radom. Ovanför radomen stod en radiomast av fackverkstyp. Denna i kombination med tornets koppertak kan möjligen ha orsakat stora flervägsfel (multipath). Radiomasten har tillkommit efter den förra GPS-mätningen. Även dessa problem ledde till ökad tidsåtgång för mätningarna.

Vad det gäller handhavandet av utrustningen kunde vi konstatera ett problem. Uppdateringen av positionen gjordes varje sekund i Ashtech-mottagaren. Eftersom det rådde en viss fördröjning i överföringen av data mellan mottagaren och fältdatorn kunde detta möjligen vara ett problem. Vid ostabil fixlösning anade vi att det fanns en risk för att de registreringar som gjordes var felaktiga. Detta eftersom vi inte var säkra på att de registreringar som gjordes under fixlösningar verkligen var fixlösningar. Vidare gav fördröjningen en dålig kontroll på hur många satelliter som låsning verkligen erhöles till.

I övrigt se avsnitt 3.3 och 3.4 med resultat och slutsatser.

3.2.5 Analys av mätresultat

När samtliga mätningar var avklarade påbörjades de beräkningar som ansågs nödvändiga för att analysera noggrannheten. Till att börja med dumpades de i fältdatorn lagrade mätvärdena från AutoKa-FC till AutoKa-PC. Därefter konverterades de olika rådata- och mätdata-filerna till Microsoft Word 6.0 för att tjäna som stöd åt dokumentationen. Från Word-dokumentet kopierades sedan mätdata över till ett EXCEL-dokument. Samtidigt rättades eventuella felregistreringar och de höjder som var fel p.g.a. fellagrade antennhöjder (se bilaga 6 med beräkningar). Därefter gick vi noggrant igenom samtliga EXCEL-dokument för att lokalisera eventuella fel som uppkommit under den inte helt automatiska överföringen från fältdator till beräknings-dokument.

Efter detta påbörjades beräkningarna genom att samla samtliga mätvärden punktvis. Sedan lade vi in de olika parametrar som vi tidigare noterat på de speciella mätprotokollen. Därefter beräknade vi avvikelser i plan och höjd för varje tidintervall med olika mätningar samt ett medeltal och en standardavvikelse för dessa avvikelser. Till slut beräknades även ett totalt medeltal och en total standardavvikelse av de tidigare beräknade avvikelserna. Beräkningarna gjordes enligt följande:

Avvikelser mellan mätta och kända koordinater:

Denna kvantitativa noggrannhetsterm beskriver den enskilda mätningens avvikelse från det kända värdet.

$$x_{diff} = x_{mätt} - x_{känd} \quad \text{där}$$

$x_{mätt}$ = mätt koordinat

$x_{känd}$ = känd koordinat från den tidigare GPS-mätningen

y_{diff} och H_{diff} beräknades på samma sätt som x_{diff}

Dessa avvikelser beräknades för varje registrerad mätning.

Avvikelseernas medelvärde:

Denna kvantitativa noggrannhetsterm beskriver mätvärdenas medelavvikelse från det kända värdet.

$$m_x = \frac{\sum x_{diff}}{n} \quad \text{där}$$

x_{diff} = avvikelser mellan mätta och kända koordinater (se tidigare beräkningar)

n = antalet koordinater

m_y och m_H beräknades på samma sätt som m_x

Avvikelseernas medelvärde beräknades för varje tidsintervall med olika mätningar samt totalt för varje punkt.

Avvikelseernas standardavvikelse:

Denna kvantitativa noggrannhetsterm beskriver medelfelet i en sekvens av avvikelser. Om det inte förekommer några grova fel eller systematik i avvikelserna beskriver detta uttryck noggrannheten för en enskild mätning.

I det här fallet beskriver denna term även spridningen i en sekvens av mätningar.

$$s_x = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_{diff} - m_x)^2}{n - 1}} \quad \text{där}$$

x_{diff} = avvikelser mellan mätta och kända koordinater (se tidigare beräkningar)

m_x = avvikelseernas medeltal (se tidigare beräkningar)

n = antalet koordinater

s_y och s_H beräknades på samma sätt som s_x

Avvikelseernas standardavvikelse beräknades för varje tidsintervall med olika mätningar samt totalt för varje punkt.

Beräkningar av korrektioner för oregelbundenhet i polynomapproximationen av geoidhöjden:

Korrektionerna baserade sig på att skillnaden mellan polynomapproximationen och interpolationen i geoidhöjdsystemet skall vara den samma på punkterna som på ref. stationen. Beräkningarna för varje punkt gjordes enligt följande:

Polynomapproximation - Interpolation i geoidhöjdsystem = Skillnad

Skillnad referensstation - Skillnad punkt = Korrektion

Höjd + Korrektion = Korrigerad höjd

Korrektioner Skutskär - Karlholm					
Punkt:	Polynom approximation	Interpolation i geoidhöjdsystemet:	Skillnad:	Korr:	
7471 GPS	-5,018	-5,866	0,848		
1	-5,129	-5,996	0,867		-0,019
2	-5,161	-6,030	0,869		-0,021
3	-5,159	-6,021	0,862		-0,014
4	-5,224	-6,094	0,870		-0,022
5	-5,346	-6,233	0,887		-0,039
7291 GPS	-5,486	-6,382	0,896		-0,048
7291 EXC	-5,486	-6,382	0,896		-0,048

Korrektioner Karlholm - Skutskär					
Punkt:	Polynom approximation:	Interpolation i geoidhöjdsystemet:	Skillnad:	Korr:	
7291 GPS	-5,486	-6,382	0,896		
5	-5,346	-6,233	0,887		0,009
4	-5,224	-6,094	0,870		0,026
3	-5,159	-6,021	0,862		0,034
1	-5,129	-5,996	0,867		0,029
7471 GPS	-5,018	-5,866	0,848		0,048
7471 TP	-5,018	-5,866	0,848		0,048

Korrigerade höjder:							
Skutskär - Karlholm				Karlholm - Skutskär			
Punkt:	H:	Korr:	Korr. H:	Punkt:	H:	Korr:	Korr. H:
1	11,55	-0,019	11,531	5	20,32	0,009	20,329
2	14,98	-0,021	14,959	4	23,91	0,026	23,936
3	21,49	-0,014	21,476	3	21,49	0,034	21,524
4	23,91	-0,022	23,888	1	11,55	0,029	11,579
5	20,32	-0,039	20,281	7471GPS	49,84	0,048	49,888
7291GPS	44,50	-0,048	44,452	7471 TP	9,57	0,048	9,618
7291EXC	44,69	-0,048	44,642				

3.3 RESULTAT

De följande tabellerna och figurerna innehåller endast de resultat som ligger till grund för den slutgiltiga noggrannhetsanalysen. Övriga resultat, mätvärden och noterade parametrar finns redovisade i bilaga 3.

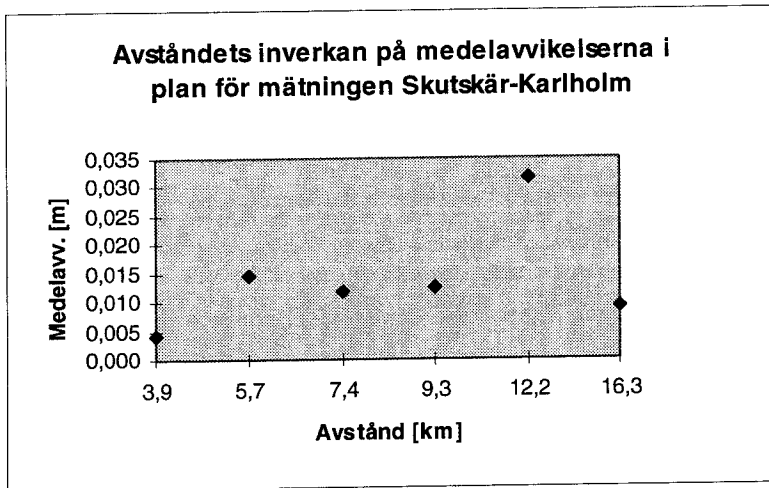
I övrigt se avsnitt 3.2.5 med formler etc.

3.3.1 Skutskär - Karlholm

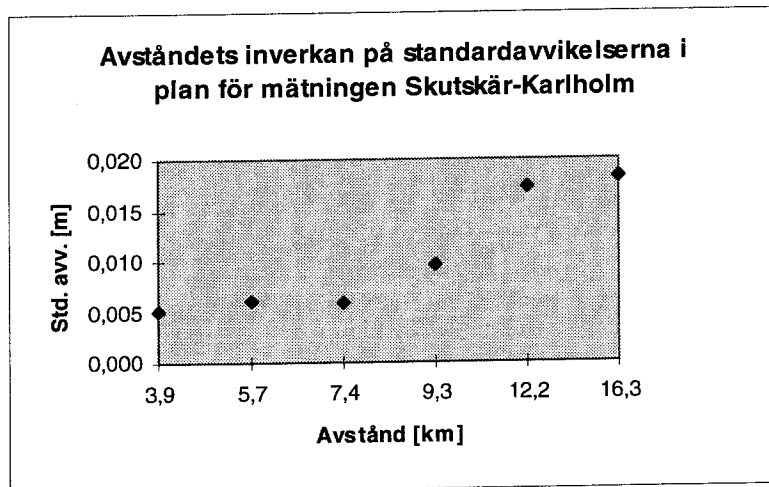
Tabell 1

Mätnoggrannhet:						
Punktdata:			Differenser mellan mätta och kända koordinater:			
Punkt	Avstånd [km]	Antal mätvärden		dX [m]	dY [m]	dH [m]
1	3,9	12	m s	-0,004 ±0,004	0,000 ±0,003	0,050 ±0,010
2	5,7	12	m s	0,003 ±0,005	-0,014 ±0,003	0,035 ±0,005
3	7,4	12	m s	0,005 ±0,005	-0,011 ±0,003	0,002 ±0,007
4	9,3	12	m s	0,001 ±0,005	-0,013 ±0,008	0,023 ±0,016
5	12,2	12	m s	0,010 ±0,015	-0,030 ±0,008	0,071 ±0,019
7291 GPS	16,3	11	m s	-0,007 ±0,017	0,005 ±0,012	-0,021 ±0,028
7291 EXC	16,3	12	m s	-0,006 ±0,015	0,006 ±0,005	0,006 ±0,023
Avstånd beskriver sträckan mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.						
Antal mätvärden beskriver antalet mätvärden som beräkningarna utförts på.						
m = medelavvikelse av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna.						
s = avvikelseernas standardavvikelse av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna.						
Se avsnitt 3.2.5 med formler etc.						

Avståndets inverkan på standardavvikelseerna och medelavvikelseerna i plan för mätningen mellan Skutskär och Karlholm.

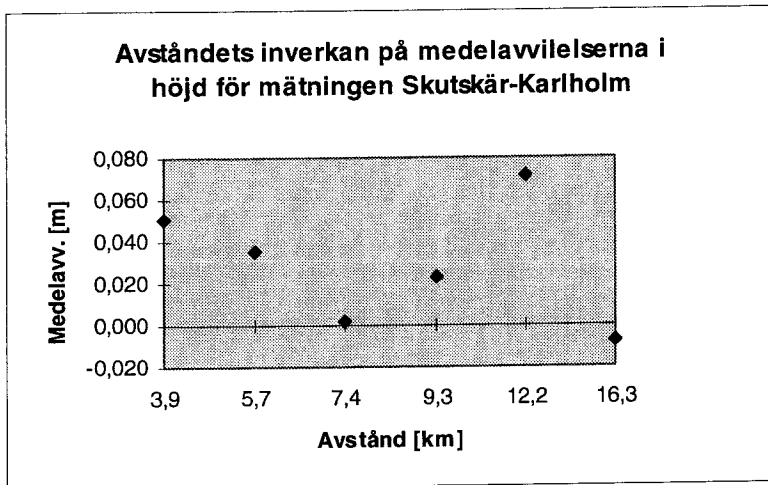


Figur 1

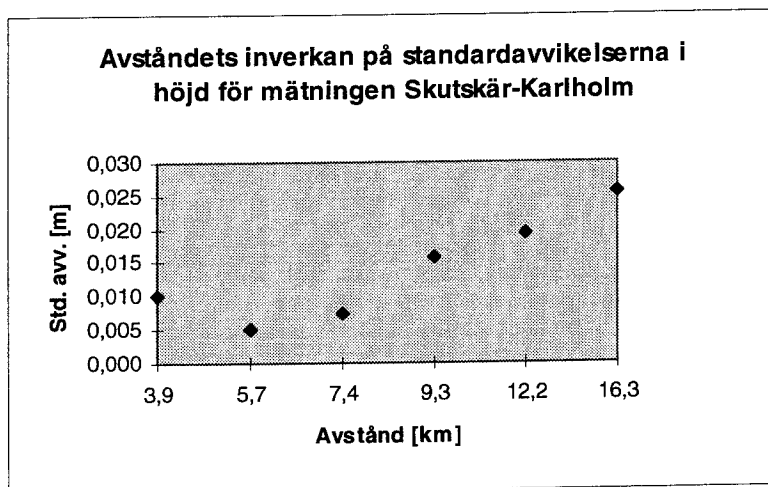


Figur 2

Avståndets inverkan på standardavvikelseerna och medelavvikelseerna i höjd för mätningen mellan Skutskär och Karlholm.



Figur 3



Figur 4

- Det var inga problem att etablera radiokontakt mellan de båda mottagarna. Generellt låg överföringen på över 99 % vilket innebar att ingen data gick förlorad vid kommunikation mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.
- Ett grovt fel uteslöts vid beräkningarna av resultaten i föregående tabell. Felet förekom vid punkt 7291 GPS i mätrunda 2. Felet uteslöts för att erhålla signifikanta resultat av mätningar vid normala förhållanden utan problem. Anledningarna till det grova felet behandlas i avsnitt 3.4 med slutsatser.
- Punkt 2 mättes bara i den här mätomgången. Vi valde därför att inte lägga alltför stor vikt på denna vid de fortsatta analyserna.
- Vidare kunde vi konstatera en oregelbundenhet i skillnaden mellan polynomapproximationen av geoidhöjden och interpolation i geoidhöjdsystemet. Denna påverkade resultaten i höjd och vi var därför tvungna att korrigera alla höjder med utgångspunkt från den geoidhöjd som användes vid referensstationen. I övrigt se avsnitt 3.2.5 med beräkningar.
- Eftersom vi inte kunde se någon skillnad i mätnoggrannheten vid mätning under olika tidintervaller valde vi att beräkna medelavvikelserna (m) och avvikelsernas standardavvikelse (s) av samtliga differenser för de olika mätningarna förutom den som uteslutits p.g.a det grova felet. Detta innebär att beräkningarna, med undantag för punkt 7291 GPS, gjordes på tolv mätvärden eftersom vi på samtliga punkter erhöll kompletta mätrundor. Punkt 7291 GPS beräknades på 11 mätvärden.
- Medelavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. 3 cm. i plan och ca 7 cm. i höjd.
- Standardavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. $\pm 1,5$ cm. i plan och ca. ± 3 cm. i höjd.
- Maximala absoluta avvikelser i X, Y och H var:

	X	Y	H
Punkt	5	5	5
Max. abs. avv.	4,0 cm	4,0 cm	11,0 cm

- PDOP-värdena låg spridda mellan 1.2 och 3.7.
- Antalet gemensamma satelliter varierade mellan 5 och 8 stycken.
- Tiden för att lösa periodobekanta varierade inte i någon större omfattning. Medeltiden låg på ca. 3 minuter. För punkt 5 noterades en medeltid på 6 minuter. Detta gällde inte för punkterna på Karlholms vattentorn (7291 EXC och 7291 GPS) där tiden för att erhålla fixlösning varierade mellan 3 - 20 minuter om fixlösning över huvud taget erhöles. Anledningarna till de detta behandlas i avsnitt 3.4 med slutsatser.

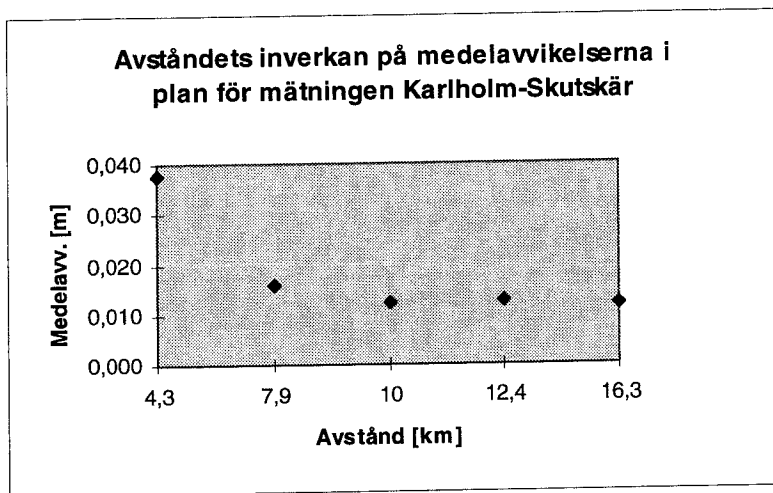
- Mätresultaten i både plan och höjd stämde i stort överens med mätningarna från Karlholm till Skutskär (se avsnitt 3.4 med slutsatser med vidare analyser).

3.3.2 Karlholm - Skutskär

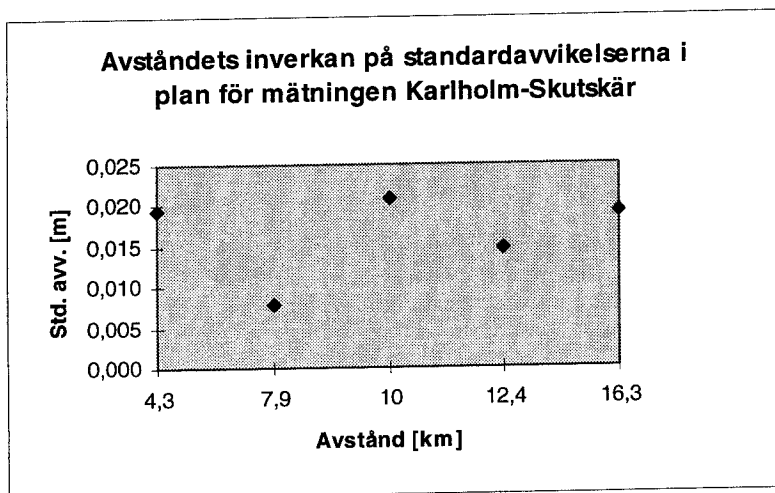
Tabell 2

Mätnoggrannhet:						
Punktdata:			Differenser mellan mätta och kända koordinater:			
Punkt	Avstånd [km]	Antal mätvärden		dX [m]	dY [m]	dH [m]
5	4,3	10	m s	0,010 ±0,018	-0,036 ±0,008	0,050 ±0,032
4	7,9	9	m s	-0,003 ±0,006	-0,016 ±0,005	0,011 ±0,035
3	10,0	8	m s	0,005 ±0,017	-0,011 ±0,012	-0,004 ±0,022
1	12,4	12	m s	0,004 ±0,008	-0,012 ±0,013	0,040 ±0,042
7471 TP	16,3	12	m s	0,017 ±0,015	-0,009 ±0,012	0,001 ±0,024
7471 GPS	16,3	12	m s	0,007 ±0,015	0,003 ±0,011	0,050 ±0,046
Avstånd beskriver sträckan mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.						
Antal mätvärden beskriver antalet mätvärden som beräkningarna utförts på.						
m = medelvärdena av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna.						
s = avvikelsernas standardavvikelser av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna.						
Se avsnitt 3.2.5 for formler etc.						

Avståndets inverkan på standardavvikelseerna och medelavvikelseerna i plan för mätningen mellan Karlholm och Skutskär.

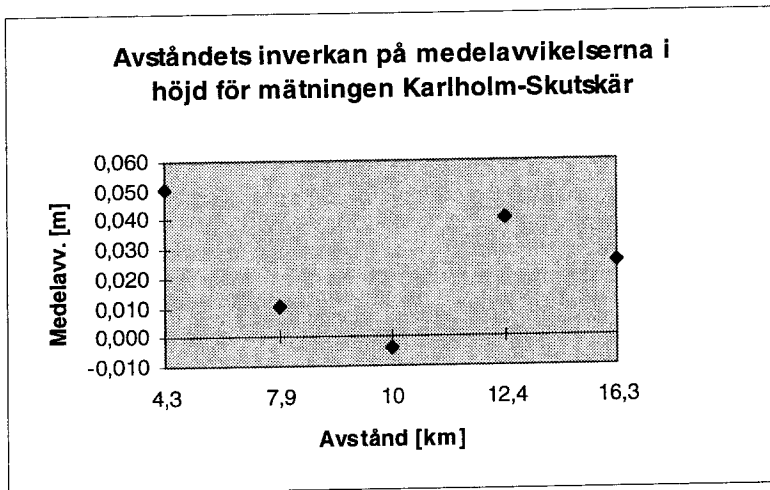


Figur 5

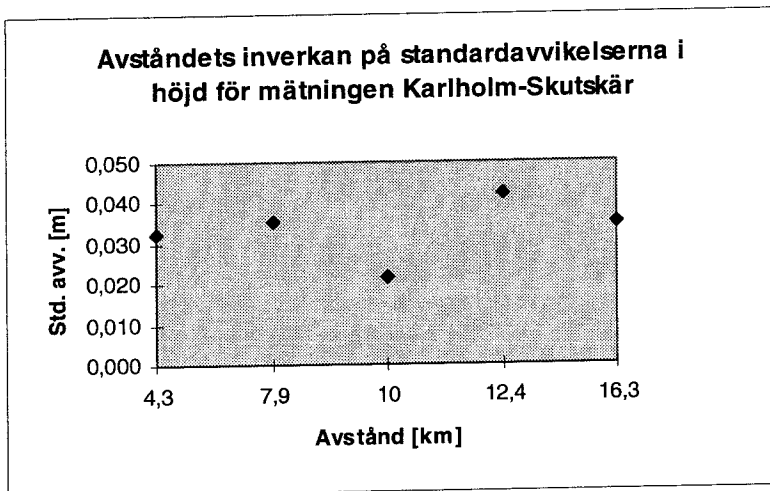


Figur 6

Avståndets inverkan på standardavvikelseerna och medelavvikelseerna i höjd för mätningen mellan Karlholm och Skutskär.



Figur 7



Figur 8

- Det var inga problem att etablera radiokontakt mellan de båda mottagarna. Generellt låg överföringen på över 99 % vilket innebar att ingen data gick förlorad vid kommunikation mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.
- Grova fel uteslöts vid beräkningarna av resultaten i föregående tabell. Detta gjordes för att erhålla signifikanta resultat av mätningar vid normala förhållanden utan problem. Vid punkt 5 på mätrunda 2 uteslöts 2 mätvärden. I punkt 4, mätrunda 4 uteslöts 3 mätvärden. I punkt 3, mätrunda 2 och 3 uteslöts 2 mätvärden i varje mätrunda. Anledningarna till de grova felen behandlas i avsnitt 3.4 med slutsatser.
- Vidare kunde vi konstatera en oregelbundenhet i skillnaden mellan polynomapproximationen av geoidhöjden och interpolation i geoidhöjdsystemet. Denna påverkade resultaten i höjd och vi var därför tvungna att korrigera alla höjder med utgångspunkt från den geoidhöjd som användes vid referensstationen. I övrigt se avsnitt 3.2.5 med beräkningar.
- Eftersom vi inte kunde se någon skillnad i mätnoggrannheten vid mätning under olika tidsintervaller valde vi att beräkna medelavvikelserna (m) och avvikelsernas standardavvikelse (s) av de differenser för de mätningar som inte uteslutits p.g.a. grova fel. Detta innebär att beräkningarna gjordes på tolv mätvärden förutom på punkt 5 som beräknades på 10 mätvärden, punkt 4 som beräknades på 9 mätvärden samt punkt 3 som beräknades på 8 mätvärden.
- Medelavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. 3,5 cm. i plan och ca 5 cm. i höjd.
- Standardavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. ± 2 cm. i plan och ca. $\pm 4,5$ cm. i höjd.
- Maximala absoluta avvikelsen i X, Y och H var:

	X	Y	H
Punkt	5	5	1
Max. abs. avv.	3,5 cm	5,0 cm	10,0 cm

- PDOP-värdena låg spridda mellan 1.1 och 4.0.
- Antalet gemensamma satelliter varierade mellan 5 och 8 stycken.
- Tiden för att lösa periodobekanta varierade kraftigt mellan 2 - 25 minuter. Medeltiden låg på ca. 9 minuter. Anledningarna till detta behandlas i avsnitt 3.4 med slutsatser.
- Mätresultaten i både plan och höjd stämde i stort med mätningarna från Skutskär till Karlholm (se avsnitt 3.4 med slutsatser med vidare analyser).

3.4 SLUTSATSER

- Mätningen från Karlholms vattentorn mot Skutskär gav likvärdigt resultat som när referensstationen var etablerad på Skutskärs vattentorn. Däremot kunde flera grova fel konstateras vid mätningarna från Karlholms vattentorn mot Skutskär.
Vi är av den åsikten att detta beror på referensstationens etablering på Karlholms vattentorn. Under mätningen var antennen placerad inne i vattentornet under en radom. Ovanför radomen stod en radiomast av fackverkstyp. Denna i kombination med tornets kopparkar har antagligen orsakat stora flervägsfel (multipath).
En sak som tyder på detta är den kraftigt varierade och i vissa fall längre tiden för att erhålla fixlösning. Detta kan innebära att kraftigt varierande och ibland felaktiga mätdata hela tiden sändes från referensstationen till den rörliga stationen. Detta försvårade i sin tur för mottagaren att lösa ut periodobekanta till en fixlösning.
- Något som ytterligare tyder på att punkten på Karlholms vattentorn var dålig ur mätteknisk synpunkt var svårigheten att erhålla och behålla fixlösning på den punkten vid mätomgången mellan Skutskär-Karlholm.
- De grova fel som uppkom berodde antagligen på förhållandena vid Karlholms vattentorn. Varje gång ett grovt fel uppträdde har fixlösningen troligen varit dålig. Något som tyder på detta är att en sådan registrering alltid efterföljdes av att lösningen av periodobekanta brutits. Därefter har nästföljande registrering alltid varit fri från grova fel.
- En viss fördröjning förekom i överföringen av data mellan Ashtech-mottagaren och fältdatorn. Detta kan möjligen gett upphov till grova fel. Vi kunde inte avgöra om så var fallet men anser att detta borde vara föremål för vidare undersökningar (se avsnitt 3.2.4 med problem).
- Vid jämförelse mellan de olika mätomgångarna konstaterade vi vissa systematiska fel. Höjden på punkt 1 avvek konsekvent ca. 4 cm. från det kända värdet. Detsamma gällde i punkt 5. Där var den systematiska avvikelsen i plan ca. 3 cm. och i höjd ca. 5 cm. Anledningen till de systematiska felen är okänd. Vi misstänker dock att punkterna rubbats sedan den statiska GPS-mätningen.
- Eftersom punkt 2 bara mättes i ena riktningen var möjligheten att konstatera eventuellt systematiskt fel begränsad. Vi valde därför att inte lägga för stor vikt på denna vid de fortsatta analyserna.
- Vid de båda mätomgångarna konstaterade vi ingen systematik i plan. Detta innebar att noggrannheten i plan vid mätningen från Skutskär till Karlholm inte påverkades av ökade avstånd upp till 9,3 km. mellan referensstationen och den rörliga mottagaren. Detta förutsätter att felet i y-koordinaten på punkt 5 är systematiskt (se tidigare punkt). Däremot försämrades noggrannheten något efter 9,3 km. vilket baserades på ökande standardavvikelser.
Noggrannheten i plan vid mätningen från Karlholm till Skutskär berodde inte på avståndet mellan referensstationen och den rörliga mottagaren men var generellt sämre än mätningen från Skutskär till Karlholm. Detta förutsätter samma systematiska fel som mellan Skutskär och Karlholm.

- Vid mätomgången mellan Skutskär och Karlholm kunde vi inte konstatera någon systematik i höjd. Detta innebar att noggrannheten i höjd inte påverkades av ökade avstånd upp till 9,3 km. mellan referensstationen och den rörliga mottagaren i plan. Detta förutsätter att felen i höjd på punkt 1 och 5 är systematiska (se tidigare punkt). Däremot försämrades noggrannheten något efter 9,3 km. vilket baserades på de ökande standardavvikelseerna.
- Vid mätomgången mellan Karlholm och Skutskär kunde vi inte konstatera någon systematik i höjd. Detta innebar att noggrannheten i höjd inte påverkades nämnvärt p.g.a. ökade avstånd mellan referensstationen och den rörliga mottagaren. Detta förutsätter att felen i höjd på punkt 1 och 5 är systematiska (se tidigare punkt). Däremot var noggrannheten överlag sämre än vid mätomgången mellan Skutskär och Karlholm vilket baserades på de större standardavvikelseerna. Anledningarna till den försämrade noggrannheten är okänd men beror troligen på den dåligt etablerade referensstationen (se tidigare punkt).
- Ingen systematik i mätnoggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till ändrade PDOP-värden.
- Ingen systematik i mätnoggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till antal gemensamma satelliter.
- I normalfall tog det ca. 3 minuter att lösa periodobekanta. Denna tid ökade något när avståndet översteg 9,3 km. Om mätningen påverkas av en dåligt etablerad referensstation eller dåliga förhållanden vid den aktuella punkten varierar tiden för att erhålla fixlösning markant oavsett avståndet.
- Vid mätningarna mellan Skutskär och Karlholm kunde vi konstatera:
 - En liten ökning i kvalitetsvärdet vid ökade avstånd.
 - Att kvalitetsvärdet minskade i takt med ökat tidsintervall.
 - Att färre antal satelliter gav ett något ökat kvalitetsvärde.
 - Att högre PDOP-värde gav ett något ökat kvalitetsvärde.
- Vid mätningarna mellan Karlholm och Skutskär kunde vi konstatera:
 - Att avståndet inte inverkar på kvalitetsvärdet.
 - Att kvalitetsvärdet minskade med ökande tidsintervall.
 - Att vi inte kunde hitta någon trend hur antalet satelliter och PDOP-värdet påverkar kvalitetsvärdet. Detta beror troligen på de dåliga förhållandena på Karlholms vattentorn (se tidigare punkt).

- Vid registreringar med ett kvalitetsvärde mindre än 2 cm. erhöj vi på avstånd upp till 9,3 km. mätresultat som klarar toleransen för förättningsmätning (± 20 mm. i plan enligt HMK-Ge: D sid. 166). Detta gäller i både plan och höjd. I plan bibehölls noggrannheten upp till 16,3 km.
Detta innebär att registreringar med ett kvalitetsvärde på denna nivå ger pålitliga resultat upp till ca. 10 km. Detta om man bortser från höjderna i mätomgången mellan Karlholm och Skutskär samt övriga systematiska fel (se tidigare punkter).
- För att uppnå den noggrannhet som eftersträvas vid t.ex. förättningsmätning eller likvärdig detaljmätning (± 20 mm. i plan enligt HMK-Ge: D sid. 166) bör följande punkter beaktas:
 1. Mätningar bör undvikas vid ostabila fixlösningar.
 2. Mätningarna bör ske som en medeltalsbildning av minst 5 mätningar (≈ 25 sekunder) efter det att stabil fixlösning erhållits. Troligen kan tiden för medeltalsbildning minskas till 2 mätningar (≈ 10 sekunder). Resultaten från Mårtsbo tyder på detta (se avsnitt 4.4).
 3. Mätningar över ca. 10 km. bör undvikas om noggrannheten skall bibehållas i höjd.
 4. Referensstationen skall etableras på en plats utan sikthinder med liten risk för flervägsfel (multipath). Vidare bör den vara lokaliserad så högt som möjligt för att vara säker på att erhålla bra radiokontakt mellan GPS-mottagarna.
 5. För att kontrollera mätningarna bör alla objekt dubbelmätas. Detta kan göras genom att t.ex. mäta fram och tillbaka i slinga eller genom att bryta låsningen av periodobekanta och upprepa mätningen. Nackdelen med att bryta låsningen av periodobekanta är dock att satellitkonfigurationen troligen är den samma som vid den föregående mätningen vilket kan ge upphov till identiska fel. Mätning i slinga tar dock längre tid vilket medför att den blir dyrare (se avsnitt 6 med slutord).
 6. För Ashtech-utrustningen är mätresultaten pålitliga om det interna kvalitetsvärdet (sigmavärdet) är mindre än 2 cm. Detta gäller om ovanstående punkter beaktats. Det bör påpekas att tidigare undersökningar visat att andra tillverkares utrustningar ger likvärdiga resultat. I övrigt se rapporten ”Marknadsundersökning av GPS-utrustning för semikinematisk bärvågsmätning i realtid” av Christina Ottoson [10].
- De slutsatser vi dragit vid mätning med stabila fixlösningar följer i stor sätt tillverkarens specifikationer (se bilaga 5 med specifikationer).

4 SIKTHINDERS INVERKAN PÅ MÄTNOGGRANNHETEN OCH KVALITETSVÄRDETS RELEVANS

Avsikten med undersökningen var att se hur sikthinder i skog påverkar mätnoggrannheten vid semikinematisk bärvågsmätning i realtid. Eftersom det ofta är svårt att erhålla fixlösning i skog så var även avsikten att se hur bra mätresultat som kan erhållas vid registrering under flytlösning. Vi skulle även titta på huruvida tiden för lösning av periodobekanta påverkades samt på andra eventuellt uppdykande problem. Vidare skulle relevansen hos utrustningens interna kvalitetsvärde utvärderas.

Vid denna undersökning valde vi att mäta på punkter som låg på ungefär samma avstånd från referensstationen för att få en så enhetlig bild av sikthinders inverkan på resultaten som möjligt.

4.1 KONTROLLPUNKTER

För att kunna utvärdera mätresultaten på ett lämpligt sätt valde vi att jämföra de erhållna koordinaterna med givna koordinater med känd kvalitet. Detta gjordes för att vi skulle kunna utvärdera hur sikthinder inverkade på såväl spridning som på den absoluta noggrannheten. Eftersom syftet var att undersöka sikthinders inverkan på mätresultaten bestämde vi oss för att mäta på ett samlat område med så många olika typer av skog som möjligt. Vidare var vår målsättning att använda oss av befintliga punkter i närheten av Gävle för att spara tid. Eftersom mätningarna skulle utföras i början av maj så valde vi att begränsa undersökningen till barrskog eftersom lövträden ej hade slagit ut vid den tidpunkten.

Av dessa anledningar sökte vi ett samlat, varierat skogsområde med befintliga, stabila mätpunkter där koordinater i plan och höjd var kända med tillräckligt hög kvalitet. Möjligheten att finna ett sådant område med befintliga punkter var begränsat. Därför valde vi att etablera nya punkter vid observatoriet i Mårtsbo. Där hade vi nära till en referensstation och kunde relativt snabbt skapa referensdata för kontrollpunkterna med tillräckligt hög noggrannhet. Detta eftersom vi kunde använda oss av SWEPOS-stationen MATR.6 vid observatoriet

4.1.1 Rekognosering

Rekognoseringen förbereddes genom att välja ut ett lämpligt område med olika skogstyper representerade inom ett begränsat område. Eftersom området vid observatoriet i Mårtsbo motsvarade kraven så valde vi att förlägga undersökningen dit. Under rekognoseringen fann vi det lämpligt att dela in området i tall och gran samt i hög och låg skog. Tätheten var för tallskogen hela tiden normal och tät medan det för granskogen rörde sig om gles samt tät gran. För varje skogstyp valdes två skilda platser för etablering av kontrollpunkter och det blev därför åtta kontrollpunkter totalt.

Vid rekognoseringen tog vi hjälp av våra handledare för att välja ut de olika kontrollpunkterna. Detta gjordes för att vi ansåg att en person med erfarenhet från skogsförättnings etc. på ett bättre sätt kunde finna representativa punkter för de rådande förhållandena. I övrigt se beskrivning av skogen på nästa blad och bilaga 2 med punktskiss.

Beskrivning av skogstyper:

Nedan följer en beskrivning med bilder av de skogstyper i vilka undersökningen av sikthinder utfördes. Pilen pekar på GPS-antennen i respektive bild

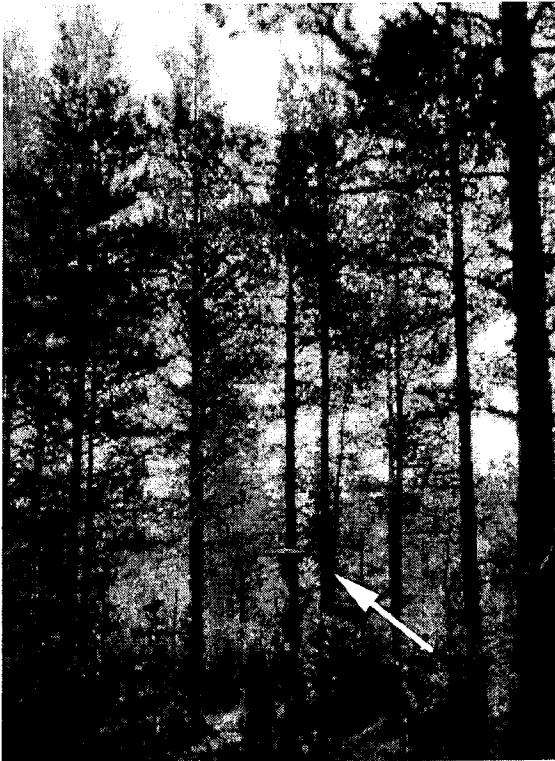


Bild 1:

Punkt 7.

Låg tall med normal täthet.

Bilden är fotograferad i

väst - östlig riktning.

Punkt 6 är av samma klass.



Bild 2:

Punkt 3.

Hög tall med högre täthet än skogen i bild 1.

Bilden är fotograferad i

nord - sydlig riktning.

Punkt 5 är i stort sätt av samma klass dock något glesare.

Beskrivning av skogstyper:

Nedan följer en beskrivning med bilder av de skogstyper i vilka undersökningen av sikthinder utfördes. Pilen pekar på GPS-antennen i respektive bild.



Bild 3:

Punkt 4.

Hög gran med hög täthet.

Bilden är fotograferad i nord - sydlig riktning.

Punkt 2 är i stort sätt av samma klass.



Bild 4:

Punkt 8:

Låg gran med glest grenverk.

Bilden är fotograferad i nord - sydlig riktning.

Punkt 1 är av stort sätt samma klass.

4.1.2 Etablering av kontrollpunkter

För etablering av punkterna användes 65 cm. långa entums markeringsrör med förankringsjärn. Rören slogs ned så att de antingen låg i jämnhöjd med marken eller stod upp ca. 10 cm. ovan mark. Punkt 4 etablerades med markeringsspike i stubbe.

4.1.3 Statisk inmätning av kontrollpunkter

Inmätning av punkterna utfördes genom statisk GPS-mätning där vi använde fyra Ashtech Z-12 utrustningar samt den fasta SWEPOS-stationen MART.6 i Mårtsbo. Förutom de 8 kontrollpunkterna så ingick Polygonpunkten 3 och den fasta SWEPOS-stationen i mätningarna. Mätningarna utfördes i fem sessioner och sessionstidernas längd sattes till 1 timme. Detta gjordes för att vi skulle vara säkra på att erhålla tillräckligt med mätdata med tanke på de svåra siktförhållandena. Två mottagare flyttades runt mellan varje session.

Baslinjeberäkning utfördes i beräkningsprogrammet PRISM och resultatet visade att det fanns 10 stycken dåliga baslinjer som endast delvis erhållit fixlösning. Dessa uteslöts senare i de fria utjämningsarna där SWEPOS-stationens koordinater låsts fast. Efter utjämningsarna utfördes kontroll av slutningsfel i slinga med programmet Shooter i PRISM. Inför den slutliga utjämningsarna uteslöts ytterligare 5 baslinjer som hade de största standardiserade förbättringarna. Efter den slutgiltiga utjämningsarna utfördes kontroll av slutningsfel i slinga. Dessutom utfördes kontroll av avvikelserna mellan dubbelmätta baslinjer med programmet Doubfil.

Alla erhållna höjdkoordinater korrigerades i höjd då vi missat att korrigera för det elektriska centra som ligger 24 mm. ovanför jordplanet på Ashtech-antennerna. Detta p.g.a. att det ej var en Ashtech-antenn på SWEPOS-stationen vid det aktuella mättillfället. I övrigt se bilaga 2 med punktskiss.

4.1.4 Kontrollpunkternas kvalitet

Resultatet efter beräkningarna av de statistiska GPS-mätningarna uppfyllde i stort HMK-Ge: GPS krav på noggrannhet.

- Kontroll av de standardiserade förbättringarna och slutningsfel i slinga för varje session visade att resultatet uppfyllde HMKs krav.
- De standardiserade förbättringarna var som mest 1,9 vilket uppfyller kraven i HMK-Ge: GPS sid 105. Dessa krav förutsätter att viktsättning gjorts enligt HMK-Ge: GPS sid. 80.
- Grundmedelfelet bör ligga runt 0,9 enligt HMK-Ge: GPS sid. 80. I det här fallet var grundmedelfelet $s_0 = 0,93$.

- Slutningsfelen i slinga var i:
 - latitud = -0,026 m.
 - longitud = -0,008 m.
 - höjd över ellipsoiden = 0,048 m.

Dessa uppfyllde kraven enligt HMK-Ge: GPS sid. 104.

- Kontrollen av dubbelmätta baslinjer visade att avvikelserna på max. -0,024 m. i höjddled uppfyllde kraven enligt HMK-Ge: GPS sid. 103.
- Vid jämförelse mellan de av oss erhållna koordinaterna och de från rikstrianguleringen erhöles en maximal avvikelse i höjddled på 7 mm.

Allmänt kan sägas att nätet inte var uppbyggt på ett ur noggrannhetssynpunkt optimalt sätt. Anledningen till detta är att vi har mätt med de resurser vi hade samt att vi var tvungna att genomföra mätningarna så snabbt som möjligt. Med hänsyn tagen till de erhållna resultaten kunde vi trots allt konstatera att punkterna uppfyllde de krav på noggrannhet vi ansåg nödvändiga med tanke på undersökningens syfte.

I övrigt refereras till dokumentation av beräkningar [14].

4.1.5 Transformation av kontrollpunkter

De erhållna koordinaterna i SWEREF 93 transformerades sedan till RT 90 2.5 gon V 0:-15 och RH 70 med s.k. polynomapproximation i programmet GTRANS 2. Eftersom programvaran i fältdatorn (AutoKa-FC) använder polynomapproximation för att transformera höjderna i SWEREF 93 till RH 70 så transformerades de erhållna höjderna från den statiska mätningen på samma sätt så att höjderna därefter kunde jämföras.

Transformationen utfördes som tredimensionell likformighetstransformation med fasta parametrar. Mer om detta finns att läsa om i ett kompendium av B-G Reit [11].

4.2 UTFÖRANDE

Mätningarna utfördes enligt tillverkarens anvisningar samt m.h.a. instruktioner i en användarhandledning skriven av Christina Ottoson på Lantmäteriverkets Geodesi-enhet, FoU-avdelningen [5]. Vidare följde vi ett detaljerat mätschema som upprättats innan mätningarna påbörjades

4.2.1 Utrustning

Angående utrustningen hänvisas till avsnitt 3.2.1. Den utrustning som tillkommit utöver denna redovisas enligt följande:

Utrustning för statisk mätning:

- 2 st. GPS-mottagare Ashtech Z-12 med tillhörande kablar och batterier samt antenner.
- 2 st. stativ.
- 2 st. trefötter med optiska lod.
- SWEPOS-stationen MART.6.

Datorer och programvaror:

- Baslinjeberäkningar för de statiska mätningarna utfördes m.h.a. Ashtechs programvara PRISM.
- Kontroll av dubbelmätta baslinjer gjordes med hjälp av Lantmäteriverkets programvara Doubfil.

4.2.2 Instrumentkontroller

Angående instrumentkontroller hänvisas till avsnitt 3.2.2. De kontroller som tillkommit utöver dessa är kontroll av de extra trefötternas optiska lod. Dessa kontroller gjordes mot de redan kontrollerade trefötterna och inga behov av justeringar upptäcktes.

4.2.3 Mätning

Referensstationen etablerades över Polygonpunkt 3 och startades upp enligt en användarhandledning för JINBO [5]. Antennen vid referensstationen riktades mot det område som kontrollpunkterna låg i för att ge en så bra överföring av data som möjligt. Den rörliga enheten startades sedan upp och flyttades till kontrollpunkten där mätningen skulle påbörjas. Vid varje punkt skulle registrering med fixlösning ske under 2, 5 respektive 10 mätningar (\approx 10, 25, och 50 sekunder) för att se hur registreringstidens längd påverkade noggrannheten. Mellan varje mätning av de olika tidsintervallen flyttades antennen bort från mätpunkten för att kunna erhålla en helt ny mätning under nästa intervall. Inga mätningar registrerades innan kvalitetsvärdet (sigmavärdet) var lägre än 2 cm. Detta gjordes för att tidigare erfarenheter visat att mätnoggrannheten då legat på den nivå som den här undersökningen eftersträvar (\pm 20 mm. i plan enligt HMK-Ge: D sid. 166). Mellan mätningarna med de olika tidsintervallen bibehölls låsningen av periodobekanta där så var möjligt.

Mätning skulle dessutom ske med flytlösning för att se om detta kunde vara ett alternativ till att mäta under fixlösning på platser där det är svåra siktförhållanden. En flytlösning per mätrunda skulle registreras för att ge fyra registreringar per punkt. Dessa registreringar gjordes när kvalitetsvärdet låg på ca. 30 cm. Vi försökte även göra registreringar med ett kvalitetsvärde på ca. 20 cm.

Varje simulerad mätrunda med tre mätningarna under fixlösning och en mätning under flytlösning upprepades för att erhålla fyra skilda mätrundor. Efter varje mätrunda bröts låsningen av periodobekanta genom att nollställa Kalman-filtret i den rörliga Ashtech-mottagaren. Efter det att fyra kompletta simulerade mätrundor erhållits flyttades utrustningen till nästa punkt.

I mätprotokollet noterades tid för varje brytning av periodobekanta oavsett om brytningen var avsiktlig eller om mottagaren själv tappade fixlösningen. Det noterades även hur lång tid det tog att erhålla fixlösning samt tidpunkt för registrering av mätvärde. Dessutom noterades det interna kvalitetsvärdet och antal satelliter vid registrering. Vid varje punkt mättes hur djupt ner antennstången gick i rören för att senare kunna korrigera höjdvärdena för detta. I övrigt noterades även typ av väder samt referensstationens höjd för varje uppställning. Mätningar mot satelliter med en elevation mindre än 13 grader uteslöts direkt i mottagaren.

Referensstationens höjd kontrollerades alltid innan utrustningen monterades ned för att se att antennen ej rubbats under mätningen. I övrigt noterades några inställningar som var samma under hela undersökningen såsom observationsintervall, elevations mask, PDOP mask. Den rörliga mottagarens antennhöjd var hela tiden 1,974 meter.

4.2.4 Problem

Utrustningen fungerade felfritt under hela undersökningen och de problem som uppstod var endast av mätteknisk art. Endast på hälften av punkterna erhöles fyra kompletta mätrundor av den anledningen att det ej gick att erhålla stabila fixlösningar på alla punkter. På två punkter erhöles endast flytlösningar och på en punkt erhöles endast ett mätvärde under fixlösning. Det gemensamma för dessa punkter var att de låg i område med hög tall eller hög gran.

Vad det gäller handhavandet av utrustningen kunde vi konstatera ett problem. Uppdateringen av positionen gjordes varje sekund i Ashtech-mottagaren. Eftersom det rädde en viss fördröjning i överföringen av data mellan mottagaren och fältdatorn kunde detta möjligen vara ett problem. Vid ostabil fixlösning anade vi att det fanns en risk för att de registreringar som gjordes var felaktiga. Detta eftersom vi inte var säkra på att de registreringar som gjordes under fixlösningar verkligen var fixlösningar. Vidare gav fördröjningen en dålig kontroll på hur många satelliter som låsning verkligen erhöles till.

I övrigt se avsnitt 4.3 och 4.4 med resultat och slutsatser.

4.2.5 Analys av mätresultat

Angående analys av mätresultat hänvisas till avsnitt 3.2.5.

4.3 RESULTAT

De följande tabellerna och figurerna innehåller endast de resultat som ligger till grund för den slutgiltiga noggrannhetsanalysen. Övriga resultat, mätvärden och noterade parametrar finns redovisade i bilaga 4.

I övrigt se avsnitt 4.2.5 med formler etc.

4.3.1 Fixlösning

Tabell 3

Mätnoggrannhet:						
Punktdata:			Differenser mellan mätta och kända koordinater:			
Punkt	Typ av skog	Antal mätvärden		dX [m]	dY [m]	dH [m]
1	låg gles gran	12	m s	-0,007 ±0,008	-0,008 ±0,023	-0,007 ±0,026
8	låg gles gran	15	m s	-0,012 ±0,003	-0,005 ±0,001	-0,003 ±0,006
6	låg normaltät tall	12	m s	0,018 ±0,020	-0,004 ±0,018	-0,001 ±0,009
7	låg normaltät tall	12	m s	-0,025 ±0,021	-0,002 ±0,019	0,008 ±0,022
5	hög tät tall	6	m s	-0,014 ±0,049	0,009 ±0,020	0,005 ±0,036
Typ av skog beskriver sikthindren på den aktuella punkten (se avsnitt 4.1.1)						
Antal mätvärden beskriver antalet mätvärden som beräkningarna utförts på.						
m = medelavvikelse av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna						
s = avvikelsernas standardavvikelser av mätningarna för de tre olika tidsintervallerna						
Se avsnitt 4.2.5 med formler etc.						

- Det var inga problem att etablera radiokontakt mellan de båda mottagarna. Generellt låg överföringen på över 99 % vilket innebär att ingen data gick förlorad vid kommunikation mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.
- Ökat / minskat antal satelliter gav ibland upphov till förlorad fixlösning vid mätning med upp till 6 satelliter.
- Grova fel uteslöts vid beräkningarna av resultaten i ovanstående tabell. Detta har gjorts för att erhålla signifikanta resultat av mätningar vid normala förhållanden utan problem. På punkt 7 vid mätrunda 2 uteslöts ett värde och på mätrunda 4 uteslöts 2 mätvärden. Anledningarna till de grova felen behandlas i avsnitt 4.4 med slutsatser.

- Mätvärden som registrerades med ett PDOP-värde större än 4 uteslöts också eftersom dessa inte uppfyller tillverkarens specifikationer. På punkt 6 vid mätrunda 1 uteslöts 1 värde. På punkt 8 vid mätrunda 4 uteslöts 2 mätvärden och på mätrunda 3 uteslöts ett mätvärde.
- Den oregelbundenhet i skillnaden mellan polynomapproximationen av geoidhöjden och interpolation i geoidhöjdsystemet som vi konstaterade vid mätningarna mellan Skutskär och Karlholm har vi inte tagit hänsyn till här. Anledningen till detta är att denna inte påverkade resultaten i höjd p.g.a att avstånden mellan referensstationen och de olika punkterna i stort sätt var de samma.
- Eftersom vi inte kunde se någon skillnad i mätnoggrannheten vid mätning under olika tidsintervaller valde vi att beräkna medelavvikelse (m) och avvikelsernas standardavvikelse (s) av samtliga differenser som inte uteslutits p.g.a. grova fel och för högt PDOP-värde. Detta innebär att beräkningarna gjordes på tolv mätvärden vid de punkter där vi erhöll 4 stycken kompletta mätrundor. För punkt 5 utfördes beräkningarna på två mätrundor vilket motsvarar 6 mätvärden och för punkt 8 på fem mätrundor vilket gav 15 mätvärden. Punkt 3 uteslöts helt eftersom endast ett mätvärde erhöles.
- Medelavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. 2,5 cm. i plan och 1 cm. i höjd.
- Standardavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. ± 5 cm. i plan och ca. $\pm 3,5$ cm. i höjd.
- Maximala absoluta avvikelser i X, Y och H var:

	X	Y	H
Punkt	6	7	5
Max. abs. avv.	10,5 cm	8,0 cm	7,0 cm

- PDOP-värdena låg spridda mellan 1.1 och 3.9.
- Antalet satelliter varierade mellan 5 och 8 stycken.
- Tiden för att lösa periodobekanta varierade. För förhållanden med låg och gles granskog låg den på mellan 1 - 6 minuter. Medeltiden låg på ca. 3 minuter. För förhållanden med låg och normaltät tallskog låg tiderna på mellan 3 - 22 minuter. Medeltiden låg här på ca. 9 minuter. För högre och tätare skog löstes periodobekanta på ca. 35 minuter om fixlösning över huvud taget erhöles.

4.3.2 Flytlösning

Tabell 4

Mätnoggrannhet:						
Punktdata:			Differenser mellan mätta och kända koordinater:			
Punkt	Typ av skog	Antal mätvärden		dX [m]	dY [m]	dH [m]
1	låg gles gran	4	m s	-0,029 ±0,275	-0,132 ±0,372	0,026 ±0,269
8	låg gles gran	2	m s	0,047 ±0,102	-0,652 ±0,021	0,082 ±0,146
6	låg normaltät tall	7	m s	-0,460 ±0,964	-0,112 ±0,452	0,495 ±0,670
7	låg normaltät tall	5	m s	0,880 ±0,941	-0,311 ±1,133	-0,124 ±0,752
2	hög tät gran	4	m s	-0,405 ±1,633	0,910 ±1,219	1,040 ±1,301
4	hög tät gran	6	m s	0,135 ±0,500	-0,024 ±0,532	0,490 ±1,285
3	hög tät tall	4	m s	1,684 ±1,044	0,614 ±1,600	-1,475 ±0,967
5	hög tät tall	9	m s	-0,026 ±0,536	-0,085 ±0,433	-0,361 ±0,689
Typ av skog beskriver sikthindren vid den aktuella punkten (se avsnitt 4.1.1).						
Antal mätvärden beskriver antalet mätvärden som beräkningarna utförts på.						
m = medelavvikelse av de mätvärden som erhöles under flytlösning						
s = avvikelsernas standardavvikelse av de mätvärden som erhöles under flytlösning						
Se avsnitt 3.2.5 med formler etc.						

- Det var inga problem att etablera radiokontakt mellan de båda mottagarna. Generellt låg överföringen på över 99 % vilket innebar att ingen data gick förlorad vid kommunikation mellan referensstationen och den rörliga mottagaren.
- Ökat / minskat antal satelliter gav ibland upphov till försämrad flytlösning (förhöjt kvalitetsvärde) vid mätning med upp till 6 satelliter.

- Mätvärden som registrerades med ett PDOP-värde större än 4 har uteslutits eftersom dessa inte uppfyllde tillverkarens specifikationer. På punkt 3 uteslöts 2 mätvärden.
- Den oregelbundenhet i skillnaden mellan polynomapproximationen av geoidhöjden och interpolation i geoidhöjdsystemet som vi konstaterade vid mätningarna mellan Skutskär och Karlholm har vi inte tagit hänsyn till här. Anledningen till detta är att denna inte påverkade resultaten i höjd p.g.a att avstånden mellan referensstationen och de olika punkterna i stort sätt var de samma.
- Medelavvikelse (m) och avvikelse (s) för mätnoggrannheten för respektive punkt beräknades av de mätvärden som erhöles under flytlösning vid punkten. Detta innebär att beräkningarna gjordes på:

4 mätvärden vid punkt 1, 2, och 3
 6 mätvärden vid punkt 4
 9 mätvärden vid punkt 5
 7 mätvärden vid punkt 6
 5 mätvärden vid punkt 7
 2 mätvärden vid punkt 8

- Medelavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. 170 cm. i plan och 150 cm. i höjd.

Standardavvikelsen för differenser mellan mätta och kända koordinater uppgick som mest till ca. ± 160 cm. i plan och ca. ± 130 cm. i höjd.

- Maximala absoluta avvikelsen i X, Y och H var:

	X	Y	H
Punkt	3	2	4
Max. abs. avv.	2,4 m	2,3 m	2,9 m

- Antalet satelliter varierade mellan 4 och 8 stycken.
- PDOP-värdena låg spridda mellan 1.1 och 3.8.
- Tiden för att erhålla en flytlösning med ett kvalitetsvärde under 30 cm. varierade. Vid förhållanden med låg och gles granskog låg den på mellan 3 - 5 minuter. För punkt 8 var förhållandena så bra att flytlösning med kvalitetsvärde under ca. 40 cm. inte gick att erhålla, d.v.s. att fixlösning erhöles mycket snabbt. Medeltiden låg på ca. 3 minuter. För förhållanden med låg och normal tallskog låg tiderna på mellan 3 - 33 minuter. Medeltiden låg här på ca. 11 minuter. För högre och tätare skog låg tiderna på mellan 4 - 41 minuter. Medeltiden låg här på ca. 18 minuter.

4.4 SLUTSATSER

För att kunna skilja på de olika undersökningarna har slutsatserna delats upp i avsnitten fixlösning och flytlösning. Den allmänna delen som tillkommer på slutet beskriver de sammantagna slutsatserna.

4.4.1 Fixlösning

- De grova fel som uppkom vid mätning med fixlösning beror antagligen på dåliga och ostadiga fixlösningar. Varje gång ett grovt fel uppkom förekom upprepade brytningar av låsningen av periodobekanta både före och efter registreringen. När periodobekanta sedan låstes på nytt var mätningen alltid fri från grova fel. Något som tyder på att detta stämmer är att grova fel inte uppkom på de punkter där sikthindren var som värst utan där låsningen av periodobekanta var ostadig. Anledningen till att fixlösningarna var ostadiga är okänd men beror antagligen på, för tillfället, ogynnsamma förhållanden vid mottagningen av satellitsignalerna.
- En viss fördröjning förekom i överföringen av data mellan Ashtech-mottagaren och fältdatorn. Detta kan möjligen gett upphov till grova fel. Vi kunde inte avgöra om så var fallet men anser att detta borde vara föremål för vidare undersökningar (se avsnitt 4.2.4 med problem).
- Vid mätningarna med fixlösning kunde vi inte konstatera någon systematik i plan eller höjd. Detta innebar att noggrannheten blev sämre när sikthindren förvärrades vilket baserades på de ökande standardavvikelserna.
- Ingen systematik i noggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till ändrade PDOP-värden.
- Ingen systematik i mätnoggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till antal gemensamma satelliter.
- I normalfall tog det ca. 3 minuter att lösa periodobekanta till en fixlösning. Detta gällde vid lätta sikthinder. Denna tid ökade när sikthindren förvärras.
- Vi har konstaterat en liten ökning i kvalitetsvärdet vid tätare skog.
- Vidare påverkades inte kvalitetsvärdet i takt med ökat mättingsintervall.
- Färre antal satelliter ger i de flesta fall ett något ökat kvalitetsvärde.
- Högre PDOP-värde ger i de flesta fall ett något ökat kvalitetsvärde.

- Vid mätning med ett kvalitetsvärde mindre än 2 cm. uppnåddes inte alltid en överensstämmelse mellan mätta och kända koordinater. Anledningen till detta var troligen att fixlösningen inte var stabil (se tidigare punkt).

4.4.2 Flytlösning

- Vid mätning med flytlösning erhöles inga entydiga resultat. Däremot anar vi en trend som överensstämmer med resultatet för fixlösning (se tidigare punkt). Detta skulle i så fall innebära att noggrannheten försämrades med förvärrade siktförhållanden. Detta gällde både i plan och höjd.
- Det olika antal mätningar med vars hjälp medeltalsbildning gjordes vid registreringen inverkar inte på noggrannheten.
- Ingen systematik i noggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till ändrade PDOP-värden.
- Ingen systematik i noggrannhet eller tid för att lösa ut periodobekanta kunde relateras till antal gemensamma satelliter.
- I normalfall tog det ca. 3 minuter att erhålla en flytlösning med ett kvalitetsvärde under 30 cm vid lätta sikthinder. Denna tid ökade när sikthindren förvärrades.
- Vidare kunde vi inte konstatera något samband mellan kvalitetsvärdet och typ av skog, antal satelliter, tidsintervall och PDOP-värde.
- Vid mätning med ett kvalitetsvärde på ca. 30 cm. kan mätnoggrannheten inte garanteras. Avvikelserna mellan mätta och kända koordinater var som mest 2,4 m. i plan och 2,9 m. i höjd.
- Vid svårare siktförhållanden kunde vi inte göra någon registrering med ett kvalitetsvärde under ca. 30 cm.

4.4.3 Allmänt

- Generellt sett erhöles de största avvikelserna och den sämsta noggrannheten på de punkter som hade sämst siktförhållanden. Detta gäller både med fix- och flytlösning.
- För att uppnå den noggrannhet som eftersträvas vid t.ex. förättningsmätning eller likvärdig detaljmätning (± 20 mm. i plan enligt HMK-Ge: D sid. 166) bör följande punkter beaktas:
 1. Mätning bör ske med fixlösning.
 2. Mätning bör undvikas vid ostabila fixlösningar.

3. Mätningarna bör ske som en medeltalsbildning av minst 2 mätningar (≈ 10 sekunder) efter det att stabil fixlösning erhållits.
 4. För att kontrollera mätningarna bör alla objekt dubbelmätas. Detta kan göras genom att t.ex. mäta fram och tillbaka i slinga eller genom att bryta låsningen av periodobekanta och upprepa mätningen. Nackdelen med att bryta låsningen av periodobekanta är dock att satellitkonfigurationen troligen är den samma som vid den föregående mätningen vilket kan ge upphov till identiska fel. Mätning i slinga tar dock längre tid vilket medför att den blir dyrare (se avsnitt 5 med slutord).
 5. För Ashtech-utrustningen är mätresultaten pålitliga om den interna kvalitetsvärdet (sigmavärdet) är mindre än 2 cm. Detta gäller om ovanstående punkter beaktats. Det bör påpekas att tidigare undersökningar visat att andra tillverkares utrustningar ger likvärdiga resultat. I övrigt se rapporten "Marknadsundersökning av GPS-utrustning för semikinematisk bärvägsmätning i realtid" av Christina Ottoson [10].
- De slutsatser vi dragit vid mätning med stabila fixlösningar följer i stor sätt tillverkarens specifikationer (se bilaga 5 med specifikationer).
 - För att uppnå den noggrannhet som eftersträvas vid t.ex. förättningsmätning kan man inte med Ashtech-utrustningen mäta med flytlösning. Har man däremot lägre noggrannhetskrav på meternivå går tekniken att använda. I sådana fall kan det eventuellt gå lika bra med differentiell GPS (se avsnitt 5 med slutord).
 - Det är svårt att i förväg avgöra huruvida det går att erhålla fixlösning eller bara flytlösning på en punkt. Att på förhand klassa skogen för att kunna avgöra på vilket sätt periodobekanta löses ut och därmed förväntad kvalitet var inte möjligt. Punkter som var placerade i likartad typ av skog gav i vissa fall mycket olika resultat. Variationerna har troligen sitt ursprung i det faktum att mottagningsförhållandena av satellitsignalerna är unika för varje punkt. Därmed kommer erfarenhet och sunt förnuft styra avgörandet om vilken noggrannhet som kan förväntas.

5 SLUTORD

Avslutningsvis kan sägas att vi anser att syftet med det här examensarbetet uppnåtts. Målet var att undersöka hur avståndet mellan referensstationen och den rörliga mottagaren påverkade mätresultatets kvalitet. Vidare skulle vi titta på hur olika sikthinder inverkade på mätresultatet. Även relevansen hos det interna kvalitetsvärdet (sigmavärdet) skulle undersökas. De slutsatser vi dragit behandlar mer eller mindre alla de frågeställningar som vi från början satt som mål att undersöka.

De resultat och slutsatser vi kommit fram till grundar sig på mätningarna med den aktuella Ashtech-utrustningen. Dock har tidigare undersökningar på LMV visat att andra tillverkares utrustningar ger i stort sätt likvärdiga resultat. Mer om detta finns att läsa i LMV-rapporten "Marknadsundersökning av GPS-utrustning för semikinematisk bärvågsmätning i realtid" av Christina Ottoson [10].

På det hela taget har vi upplevt undersökningen som positiv. Detta beror framförallt på att när utrustningen fungerat som den skall enligt tillverkarens specifikationer har det inte funnits mycket mer att säga än att metoden är tillfredsställande ur kvalitetssynpunkt.

Vi är av den uppfattningen att semikinematisk bärvågsmätning i realtid har en framtid inom de mätområden där kraven på kvalitet ligger på centimeternivå. Detta med hänsyn tagen till de begränsningar som finns vad det gäller sikthinder och avstånd mellan mottagarna. T.ex. är mätning i mycket tät skog inte att rekommendera om kvalitén skall bibehållas.

Fördelen med metoden gentemot terresta metoder är snabbheten i förhållande till den höga noggrannheten. Det bör dock påpekas att när lägre kvalitetskrav eftersträvas är troligen differentiell GPS ett bättre alternativ eftersom denna metod är enklare och därmed mer tidseffektiv. Utrustning vid denna typ av mätning är dessutom något billigare p.g.a. sin enkelhet. En brasklapp i sammanhanget är dock att GPS-metoderna hela tiden utvecklas vad det gäller programvaror och utrustning. Detta innebär att den utrustningen som krävs för semikinematisk bärvågsmätning i realtid hela tiden förbättras och förenklas ur handhavandesynpunkt. Detta kan i sin tur medföra att de olika utrustningarna blir mer eller mindre jämförbara ur praktisk synpunkt. Det enda som då skulle skilja dem åt är vilken kvalitet de kan leverera och till vilket pris.

En del frågeställningar kvarstår efter den undersökning som vi gjort. Bland annat konstaterade vi att någon form av dubbelmätning är att föredra för att erhålla kontroll på mätningarna. Hur denna dubbelmätning skall utföras kan dock vara föremål för vidare undersökningar. Ett alternativ är att bryta låsningen av periodobekanta och därefter upprepa mätningen. Fördelen med detta är att det går relativt snabbt om lösningen av periodobekanta löper normalt. Nackdelen är att satellitkonfigurationen troligen är densamma som vid den föregående mätningen och därför finns det risk för identiska fel. Ett annat sätt är att mäta i slinga för att återkomma till den aktuella punkten. På så sätt kan man återbesöka punkten. Denna metod är visserligen bra eftersom annan satellitkonfiguration erhålls. Tyvärr är den också tidsödande vilket medför ökade kostnader.

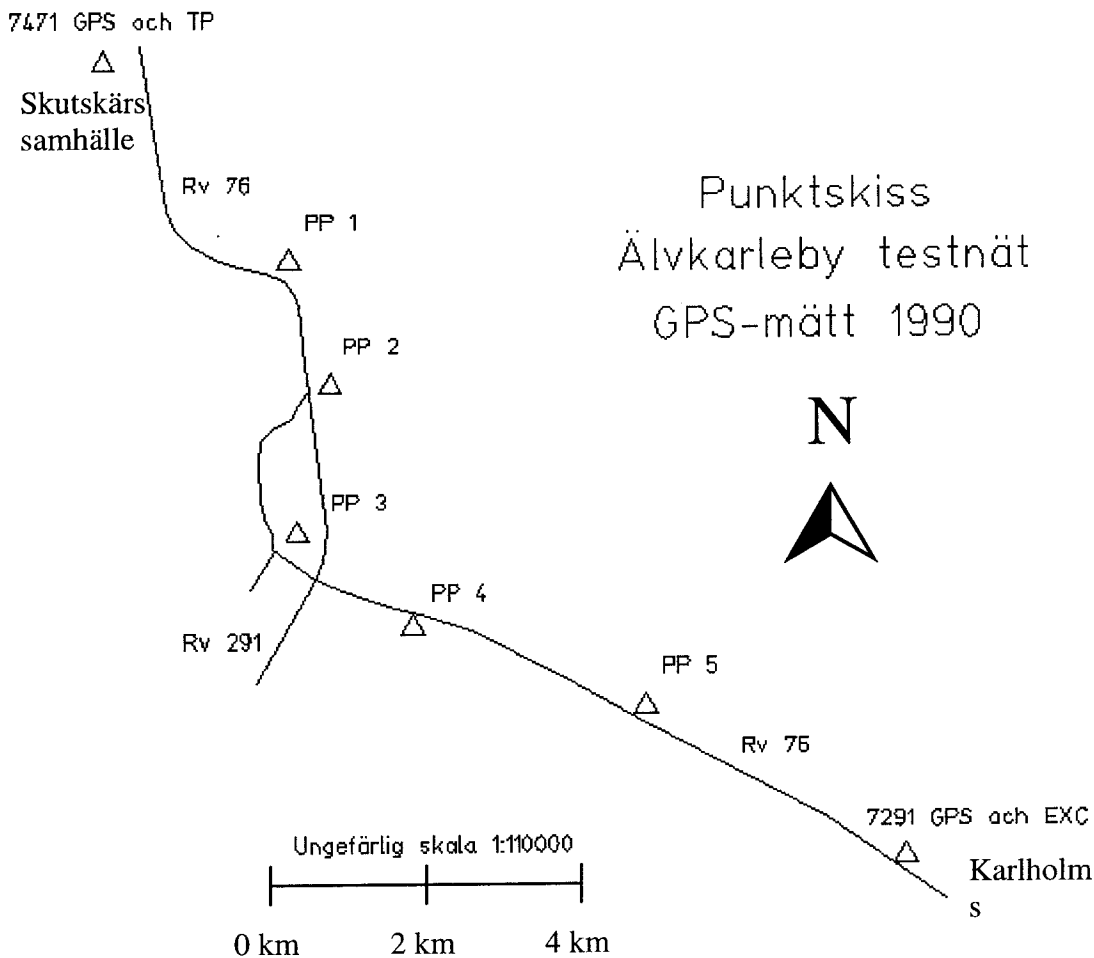
Ett annat område som kvarstår att undersöka är hur sikthinder i form av lövskog påverkar mätresultaten. Vi kunde inte göra detta med tanke på årstiden och den tid vi hade på oss för att utföra examensarbetet. Det fanns helt enkelt ingen lövskog med löv att mäta i vid tidpunkten för examensarbetet.

En sista punkt som kan vara föremål för fortsatta undersökningar är om det är möjligt att i förväg klassa skogen på ett sådant sätt att det går att avgöra förväntad mätnoggrannhet i förväg. Huruvida detta är möjligt har vi svårt att avgöra. Däremot kan det vara på sin plats att fråga sig om det över huvud taget är nödvändigt. Det är kanske trots allt lättare att se om mätningar går att genomföra på normalt sätt med den då förväntade mätnoggrannheten.

Oavsett GPS-mätningens för- och nackdelar kan en sak konstateras. Med tanke på samhällets utveckling i framtiden kan det aldrig vara fel att satsa tid och pengar på utveckling samt utvärdering av GPS-teknikens fortsatta möjligheter. Sådan forskning och utveckling skulle i så fall syfta på att öka prestandan med bibehållen eller högre noggrannhet. I detta sammanhang tror vi att semikinematisk bärvågsmätning i realtid kommer att spela en stor roll.

6 LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Ashtech, Inc.: Ashtech™ Looking into Prism, Document number 600116, Revision B, Publication date 17 March 1994
- [2] Ashtech, Inc.: Ashtech™ Transfer User's Guide, Document number 600117, Revision B, Publication date 31 March 1994
- [3] Ashtech, Inc.: Ashtech™ Process Users Guide, Document number 600118, Revision B, Publication date 4 March 1994
- [4] Lantmäteriverket, Kartavdelningen: AutoKa-FC, användarhandbok, version 2.03
- [5] Ottoson Christina: Lantmäteriverket Kartavdelningen Geodetiska utvecklingsenheten, JINBO-GPS Super Station, Användarhandledning, 1995-10-30
- [6] Statens Lantmäteriverk: HMK - Geodesi: GPS, Handbok till mätningsskugörelsen, 1993
- [7] Statens Lantmäteriverk: HMK - Geodesi: Stommätning, Handbok till mätningsskugörelsen, 1993
- [8] Statens Lantmäteriverk: HMK - Geodesi: Detaljmätning, Handbok till mätningsskugörelsen, 1994
- [9] Statens Lantmäteriverk: HMK - Geodesi: Markering, Handbok till mätningsskugörelsen, 1993
- [10] Ottoson Christina: "Marknadsundersökning av GPS - utrustning för semikinematisk bärvågsmätning i realtid", Lantmäteriverket, LMV - rapport 1995:23
- [11] Reit B-G: "SWEREF 93 - ett nytt svenskt referenssystem", Lantmäteriverket Kartavdelningen Geodetiska utvecklingsenheten, 1994-12-21
- [12] Standardiseringen i Sverige: "Satellitbaserad positionsbestämning GPS, Terminologi", Svensk standard SS 63 70 01, utgåva 2
- [13] Jivall Lotti: "Redogörelse för mätning och beräkning med GPS-teknik av testnätet i Älvkarleby", Lantmäteriverket Kartavdelningen Geodetiska utvecklingsenheten, 1990-11-29
- [14] Leijonhufvud Carl och Wiklund Peter: "Redogörelse för statisk GPS-mätning av kontrollpunkter i Mårtsbo", Högskolan Gävle/Sandviken, 1996

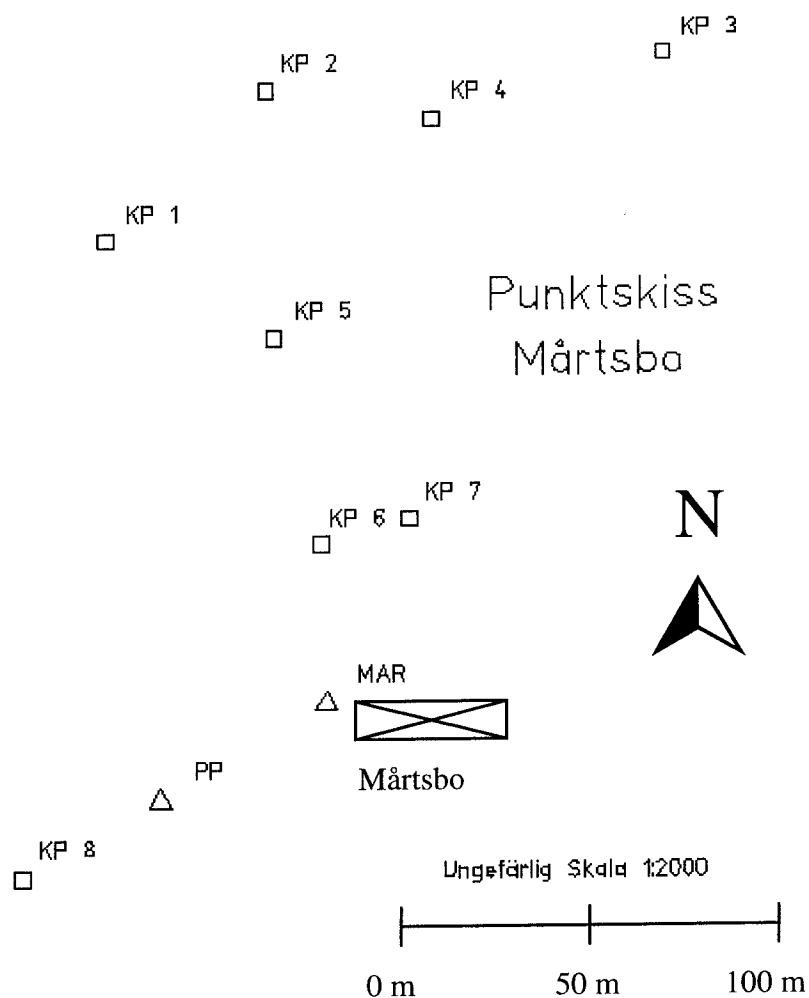


Skissen beskriver de punkter som användes vid undersökningen av avståndets inverkan på noggrannheten. Avståndet från respektive referensstation var:

Punkt:	Avstånd från 7471 [km]:	Punkt:	Avstånd från 7291 [km]:
1	3,9	5	4,3
2	5,7	4	7,9
3	7,4	3	10,0
4	9,3	1	12,4
5	12,2	7471 GPS och TP	16,3
7291 GPS och EXC	16,3		

P.g.a. att det inte gick att lagra mer än fyra värden på posten för punktnummer i AutoKa-FC programmet gavs samtliga punkter interna nummer för den här undersökningen. Dessa nummer har i vissa fall behållits för enkelhetens skull. De interna numren är som följer:

1 = 21	5 = 809032
2 = 801100	7471 = 137471 (tp eller gps)
3 = 29	7291 = 137291 (exc eller gps)
4 = 809035	



Skissen beskriver de punkter som användes vid undersökning av sikthinders inverkan på noggrannheten. De olika typerna av skog delades in enligt nedan:

Punkt:	Typ av skog:
1, 8	låg och gles gran
6, 7	låg och normaltät tall
3, 5	högre och tätare tall
2, 4	högre och tätare gran

P.g.a. att det inte gick att lagra mer än fyra värden på posten för punktnummer i AutoKa-FC programmet gavs samtliga punkter interna nummer för den här undersökningen. Dessa nummer har i vissa fall behållits för enkelhetens skull. De interna numren är som följer:

- _PP = Polygonpunkt 3
- _MAR = MART.6

MÄTRESULTAT SKUTSKÄR-KARLHOLM RT 90 2.5 gon V 0:-15, RH 70

Bilaga 3 Sida 1 (7)

UNDERSÖKNING AV AVSTÅNDSBEROENDE SKUTSKÄR - KARLHOLM

PUNKT 1: (PP 21) AVSTÅND 3,9 KM											PUNKT 2: (PP 801100) AVSTÅND 5,7 KM										
	Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		
	[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		
5 EPOKER																					
ÄLV*PP*11	0,009	1,2	8	0,000	-0,006	0,043	960415	10,05			0,012	1,9	6	-0,007	-0,006	0,033	960415	12,19			
ÄLV*PP*11	0,009	1,3	7	0,001	-0,002	0,053	960415	10,32	10		0,010	1,6	7	-0,001	-0,017	0,033	960415	12,34	2		
ÄLV*PP*11	0,008	1,5	5	-0,005	0,000	0,052	960415	10,49	5		0,011	1,6	7	0,000	-0,017	0,035	960415	13,30			
ÄLV*PP*11	0,009	2,0	6	0,001	0,000	0,062	960415	11,32	2		0,010	1,7	7	0,005	-0,013	0,036	960415	13,43	3		
MEDELAVV				-0,001	-0,002	0,052								-0,001	-0,013	0,034					
STANDARDVAV				0,003	0,003	0,008								0,005	0,005	0,002					
10 EPOKER																					
ÄLV*PP*21	0,008	1,2	8	-0,010	0,002	0,052	960415	10,10			0,010	1,8	6	0,005	-0,014	0,034	960415	12,26			
ÄLV*PP*21	0,008	1,3	7	-0,002	-0,001	0,053	960415	10,37			0,010	1,6	7	0,008	-0,017	0,024	960415	12,36			
ÄLV*PP*21	0,008	1,5	6	-0,010	0,005	0,043	960415	10,51			0,010	1,6	7	0,002	-0,016	0,035	960415	13,34			
ÄLV*PP*21	0,008	2,1	6	-0,001	-0,001	0,072	960415	11,34			0,010	1,7	7	-0,001	-0,011	0,045	960415	13,45			
MEDELAVV				-0,006	0,001	0,055								0,003	-0,014	0,035					
STANDARDVAV				0,005	0,003	0,012								0,004	0,003	0,009					
30 EPOKER																					
ÄLV*PP*31	0,007	1,2	8	-0,003	0,000	0,043	960415	10,19			0,010	1,8	6	0,001	-0,015	0,033	960415	12,29			
ÄLV*PP*31	0,008	1,2	8	-0,008	0,004	0,042	960415	10,41			0,012	1,6	7	0,013	-0,018	0,039	960415	12,40			
ÄLV*PP*31	0,008	1,5	5	-0,008	0,001	0,035	960415	10,54			0,010	1,6	7	0,003	-0,013	0,035	960415	13,37			
ÄLV*PP*31	0,008	2,1	6	-0,005	0,004	0,052	960415	11,37			0,009	1,7	7	0,007	-0,013	0,040	960415	13,48			
MEDELAVV				-0,006	0,002	0,043								0,006	-0,015	0,037					
STANDARDVAV				0,002	0,002	0,007								0,005	0,002	0,003					
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				-0,004	0,000	0,050								0,003	-0,014	0,035					
STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,004	0,003	0,010								0,005	0,003	0,005					

PUNKT 3: (PP 29) AVSTÅND 7,4 KM											PUNKT 4: (PP 809035) AVSTÅND 9,3 KM										
	Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		
	[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		
5 EPOKER																					
ÄLV*PP*13	0,015	2,9	6	0,003	-0,011	-0,002	960415	14,12			0,013	1,9	6	0,003	-0,006	0,000	960415	15,18			
ÄLV*PP*13	0,014	3,0	6	-0,004	-0,011	-0,001	960415	14,23	2		0,016	3,4	5	0,003	-0,024	0,023	960415	15,45			
ÄLV*PP*13	0,013	2,9	6	0,008	-0,012	-0,004	960415	14,34	2		0,012	2,1	6	0,003	-0,024	0,023	960416	11,37			
ÄLV*PP*13	0,011	2,3	6	0,012	-0,008	0,009	960415	14,45	2		0,014	2,2	6	-0,010	-0,004	0,018	960416	11,48	2		
MEDELAVV				0,005	-0,010	0,001					0,014			0,000	-0,015	0,016					
STANDARDVAV				0,007	0,002	0,006								0,006	0,011	0,011					
10 EPOKER																					
ÄLV*PP*23	0,013	3,0	6	0,007	-0,008	0,005	960415	14,15			0,012	1,9	6	0,005	-0,013	0,000	960415	15,21			
ÄLV*PP*23	0,013	3,0	6	0,005	-0,013	0,008	960415	14,26			0,013	3,7	5	-0,002	-0,021	0,020	960415	15,56			
ÄLV*PP*23	0,011	2,8	6	0,009	-0,011	0,008	960415	14,37			0,012	2,2	6	0,003	-0,008	0,044	960416	11,40			
ÄLV*PP*23	0,010	2,2	6	0,014	-0,006	0,009	960415	14,47			0,012	2,2	6	-0,008	-0,006	0,029	960416	11,51			
MEDELAVV				0,009	-0,009	0,007								-0,001	-0,012	0,023					
STANDARDVAV				0,004	0,003	0,002								0,006	0,007	0,018					
30 EPOKER																					
ÄLV*PP*33	0,011	3,0	6	0,001	-0,014	-0,014	960415	14,18			0,010	1,8	6	0,005	-0,019	0,017	960415	15,24			
ÄLV*PP*33	0,010	3,4	6	0,002	-0,015	0,009	960415	14,29			0,013	3,7	5	0,007	-0,018	0,021	960415	16,00			
ÄLV*PP*33	0,010	2,6	6	0,008	-0,009	0,005	960415	14,40			0,011	2,2	6	0,002	-0,005	0,056	960416	11,43			
ÄLV*PP*33	0,010	2,1	6	0,000	-0,009	-0,006	960415	14,50			0,012	2,2	6	-0,001	-0,003	0,020	960416	11,54			
MEDELAVV				0,003	-0,012	-0,002								0,003	-0,011	0,028					
STANDARDVAV				0,004	0,003	0,010								0,004	0,008	0,018					
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER																					
				0,005	-0,011	0,002								0,001	-0,013	0,023					
STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER																					
				0,005	0,003	0,007								0,005	0,008	0,016					

PUNKT 5: (PP 809032) AVSTÅND 12,2 KM											PUNKT 137291 GPS: AVSTÅND 16,3 KM										
	Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	datum	Tid	Tid för fix		Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		
	[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		
5 EPOKER																					
ÄLV*pp*15	0,015	2,0	6	-0,002	-0,038	0,069	960416	12,19	10		0,018	3,0	6	-0,006	-0,003	-0,025	960416	14,17			
ÄLV*pp*15	0,012	1,6	7	0,002	-0,026	0,049	960416	12,44	3		0,015	1,3	7	0,015	0,026	0,005	960417	10,13	18 ; 20		
ÄLV*pp*15	0,015	2,9	6	0,011	-0,022	0,059	960416	12,58	4		0,018	2,2	6	-0,017	0,010	0,000	960417	11,41			
ÄLV*pp*15	0,014	2,2	6	-0,009	-0,031	0,064	960416	13,11			0,016	1,7	6	-0,011	0,009	0,005	960417	13,41			
MEDELAVV				0,001	-0,029	0,060								-0,005	0,011	-0,004					
STANDARDVAV				0,008	0,007	0,009								0,014	0,012	0,014					
10 EPOKER																					
ÄLV*pp*25	0,014	2,0	6	-0,005	-0,034	0,059	960416	12,23			0,016	3,1	6	-0,028	-0,014	-0,065	960416	14,22			
ÄLV*pp*25	0,012	1,6	7	0,020	-0,016	0,043	960416	12,48			0,016	2,7	6	0,016	0,021	0,006	960417	10,16	15		
ÄLV*pp*25	0,014	2,0	6	0,003	-0,032	0,068	960416	13,00			0,017	2,2	6	-0,017	0,004	-0,019	960417	11,44			
ÄLV*pp*25	0,014	1,6	6	0,023	-0,036	0,089	960416	13,14			0,016	2,0	6	0,009	0,008	-0,015	960417	13,44			
MEDELAVV				0,010	-0,029	0,065								-0,005	0,005	-0,023					
STANDARDVAV				0,013	0,009	0,019								0,021	0,014	0,030					
30 EPOKER																					
ÄLV*pp*35	0,017	1,9	6	-0,005	-0,028	0,069	960416	12,31			0,018	3,3	6	-0,004	-0,013	-0,065	960416	14,26			
ÄLV*pp*35	0,011	1,8	7	0,038	-0,017	0,087	960416	12,52			0,015	2,3	6	-0,949	-0,453	0,819	960417	10,25			
ÄLV*pp*35	0,016	1,8	6	0,012	-0,037	0,092	960416	13,04			0,016	2,2	6	-0,038	0,002	-0,054	960417	11,49			
ÄLV*pp*35	0,012	1,6	7	0,030	-0,042	0,109	960416	13,17			0,014	1,8	7	0,003	0,009	-0,005	960417	13,48			
MEDELAVV				0,019	-0,031	0,089								-0,013	-0,001	-0,041					
STANDARDVAV				0,019	0,011	0,016								0,022	0,011	0,032					
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER																					
				0,010	-0,030	0,071								-0,007	0,005	-0,021					
STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER																					
				0,015	0,008	0,019								0,017	0,012	0,028					

(*) Mätvärdet uteslutet vid medeltalsbildningen

UNDERSÖKNING AV AVSTÅNDSBEROENDE SKUTSKÅR - KARLHOLM

PUNKT 137291 EXC: AVSTÅND 16,3 KM										
	Sigma	PPOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix	
	[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]	
5 EPOKER										
ÄLV*EXC*1137291	0,016	1,3	7	-0,008	-0,001	-0,055	960416	15,34		
ÄLV*EXC*1137291	0,017	2,0	6	-0,030	0,008	0,015	960416	16,12	6	
ÄLV*EXC*1137291	0,019	4,0	6	-0,010	0,009	-0,015	960417	9,23		
ÄLV*EXC*1137291	0,015	1,3	7	-0,002	0,007	0,005	960417	9,42		
MEDELAVV				-0,012	0,006	-0,013				
STANDARDAVV				0,012	0,005	0,031				
10 epoker										
ÄLV*EXC*2137291	0,015	1,3	7	-0,006	0,007	-0,005	960416	15,37		
ÄLV*EXC*2137291	0,015	1,9	6	-0,020	0,008	0,015	960416	16,15	7	
ÄLV*EXC*2137291	0,017	2,3	6	0,018	0,013	0,025	960417	9,32		
ÄLV*EXC*2137291	0,014	1,3	8	0,002	0,009	0,018	960417	9,45	3	
MEDELAVV				-0,001	0,009	0,013				
STANDARDAVV				0,016	0,003	0,013				
30 epoker										
ÄLV*EXC*3137291	0,015	1,8	6	-0,027	-0,001	0,035	960416	15,55		
ÄLV*EXC*3137291	0,014	2,0	6	-0,013	0,000	0,013	960416	16,24		
ÄLV*EXC*3137291	0,016	2,1	7	0,006	0,011	0,014	960417	9,36		
ÄLV*EXC*3137291	0,013	1,3	8	0,013	0,008	0,009	960417	9,48		
MEDELAVV				-0,005	0,004	0,018				
STANDARDAVV				0,018	0,006	0,012				
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				-0,006	0,006	0,006				
STANDARDAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,015	0,005	0,023				

PUNKT 5: (PP 809032) AVSTÅND 4,3 KM											PUNKT 4: (PP 809035) AVSTÅND 7,9 KM										
	Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		
	[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		[m.]		sat.	[m.]	[m.]	[m.]			[min.]		
5 EPOKER																					
ÄLV*PP*15	0,012	2,1	6	-0,007	-0,041	0,081	960418	8,36	6		0,018	2,2	6	0,003	-0,026	0,052	960419	8,44	4		
ÄLV*PP*15 (*)	0,013	2,3	6	0,848	2,206	-3,578	960418	8,50	4		0,019	3,9	6	0,005	-0,012	0,042	960419	9,12	17		
ÄLV*PP*15	0,019	2,3	6	-0,003	-0,036	0,001	960418	9,29	10		0,014	2,0	6	-0,006	-0,017	-0,018	960419	9,32	8		
ÄLV*PP*15	0,016	1,8	6	0,033	-0,021	0,052	960418	9,44			0,012	2,5	5	-0,036	-1,142	-0,548	960419	10,02	22		
MEDELAVV				0,008	-0,033	0,045					MEDELAVV			0,001	-0,018	0,025					
STANDARDVAV				0,022	0,010	0,041					STANDARDVAV			0,006	0,007	0,038					
10 EPOKER																					
ÄLV*PP*25	0,014	2,1	5	-0,011	-0,049	0,081	960418	8,38			0,016	2,2	6	-0,001	-0,012	0,052	960419	8,46			
ÄLV*PP*25 (*)	0,018	2,4	5	0,815	2,182	-3,758	960418	8,52	20		0,017	4,0	6	-0,008	-0,017	-0,008	960419	9,16			
ÄLV*PP*25	0,016	2,2	6	0,002	-0,036	0,001	960418	9,32			0,012	1,9	6	-0,006	-0,017	-0,018	960419	9,34			
ÄLV*PP*25	0,017	1,7	6	0,035	-0,031	0,071	960418	9,46			0,014	2,0	6	0,001	-1,172	-0,559	960419	10,04			
MEDELAVV				0,009	-0,039	0,051					MEDELAVV			-0,005	-0,015	0,009					
STANDARDVAV				0,024	0,009	0,044					STANDARDVAV			0,004	0,003	0,038					
30 EPOKER																					
ÄLV*PP*35	0,010	2,2	5	-0,001	-0,046	0,086	960418	8,41			0,012	2,3	6	0,002	-0,016	0,040	960419	8,49			
ÄLV*PP*35	0,016	3,8	6	0,011	-0,038	0,050	960418	9,14			0,018	2,5	6	-0,014	-0,010	-0,038	960419	9,20			
ÄLV*PP*35	0,012	2,0	6	0,004	-0,035	0,021	960418	9,35			0,010	1,8	6	0,001	-0,015	-0,008	960419	9,37			
ÄLV*PP*35	0,015	1,8	5	0,033	-0,030	0,061	960418	9,49			0,015	2,6	5	-0,237	0,149	0,466	960419	10,18	11		
MEDELAVV				0,012	-0,037	0,054					MEDELAVV			-0,004	-0,014	-0,002					
STANDARDVAV				0,015	0,007	0,027					STANDARDVAV			0,009	0,003	0,039					
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,010	-0,036	0,050					MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER			-0,003	-0,016	0,011					
STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,018	0,008	0,032					STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER			0,006	0,005	0,035					

(*) Mätningarna uteslutas ur medeltalsbildningen

(*) Mätningarna uteslutas i medeltalsbildningen

PUNKT 3: (PP 29) AVSTÅND 10,0 KM											PUNKT 1: (PP 21) AVSTÅND 12,4 KM										
	Sigma [m.]	PDOP	Antal sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid	Tid för fix [min.]		Sigma [m.]	PDOP	Antal sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid	Tid för fix [min.]		
5 EPOKER																					
ÄLV*PP*13	0,018	1,6	7	0,030	0,007	0,011	960418	12,24	5		0,016	3,0	6	0,015	0,001	0,086	960418	14,10	4		
ÄLV*PP*13 (*)	0,013	1,8	7	1,328	1,882	-1,817	960418	12,40	5		0,014	1,1	8	0,008	-0,020	0,036	960418	15,11	25		
ÄLV*PP*13 (*)	0,014	1,9	6	1,017	1,583	-0,529	960418	13,17	10		0,013	1,3	7	-0,002	-0,021	-0,004	960418	15,23	3		
ÄLV*PP*13	0,014	1,7	7	-0,009	-0,025	-0,004	960418	13,45	4		0,013	2,1	6	0,008	-0,003	0,057	960419	11,21			
MEDELAVV				0,010	-0,009	0,003								0,007	-0,011	0,044					
STANDARDVAV				0,028	0,023	0,011								0,007	0,011	0,038					
10 EPOKER																					
ÄLV*PP*23	0,015	1,7	7	0,022	0,000	0,011	960418	12,29			0,016	3,0	6	0,015	0,005	0,096	960418	14,14			
ÄLV*PP*23 (*)	0,014	1,8	6	1,322	1,872	-1,915	960418	12,42			0,010	1,1	8	0,000	-0,028	0,026	960418	15,11			
ÄLV*PP*23 (*)	0,019	1,6	6	1,032	1,571	-0,600	960418	13,21			0,011	1,3	7	-0,003	-0,019	-0,024	960418	15,25			
ÄLV*PP*23	0,016	3,0	6	0,005	-0,017	0,021	960418	13,48			0,014	2,1	6	-0,003	-0,005	0,047	960419	11,23			
MEDELAVV				0,013	-0,008	0,016								0,002	-0,012	0,036					
STANDARDVAV				0,012	0,012	0,007								0,009	0,015	0,050					
30 EPOKER																					
ÄLV*PP*33	0,012	1,7	7	0,018	-0,004	0,009	960418	12,31			0,015	3,3	6	0,016	0,008	0,099	960418	14,17			
ÄLV*PP*33	0,014	1,4	7	0,001	-0,012	-0,019	960418	12,56	2		0,010	1,3	8	-0,002	-0,025	-0,003	960418	15,17			
ÄLV*PP*33	0,016	1,7	6	-0,017	-0,013	-0,045	960418	13,35	5		0,010	1,3	7	-0,003	-0,017	0,000	960418	15,27			
ÄLV*PP*33	0,014	2,8	5	-0,012	-0,026	-0,016	960418	13,51			0,015	2,4	6	0,001	-0,022	0,067	960419	11,28			
MEDELAVV				-0,003	-0,014	-0,018								0,003	-0,014	0,041					
STANDARDVAV				0,016	0,009	0,022								0,009	0,015	0,051					
MEDELAVV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,005	-0,011	-0,004								0,004	-0,012	0,040					
STANDARDVAV FÖR 5, 10 OCH 30 EPOKER				0,017	0,012	0,022								0,008	0,013	0,042					

(*) Mätningarna uteslutna ur medeltalsbildningen

MÄTRESULTAT MÅRTSBO RT 90 2.5 gon V 0:-15, RH 70

UNDERSÖKNING SIKTHINDER I MÅRTSBO

LÅG OCH GLES GRAN										LÅG OCH GLES GRAN										
PUNKT 1										PUNKT 8										
	Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix		Sigma	PDOP	Antal	X-diff	Y-diff	H-diff	Datum	Tid	Tid för fix	
	[m.]		Sat.	[m.]	[m.]	[m.]		[min.]	[min.]		[m.]		Sat.	[m.]	[m.]	[m.]		[min.]	[min.]	
2 EPOKER																				
MÅR*KP*11	0,014	2,1	6	-0,006	0,002	-0,025	960503	13,58			0,009	2,3	5	-0,008	-0,003	0,008	960507	7,30	6	
MÅR*KP*11	0,009	1,1	8	0,005	-0,004	0,007	960503	14,10	5		0,012	3,1	5	-0,012	-0,004	0,004	960507	7,45	6	
MÅR*KP*11	0,009	1,3	7	0,001	0,000	-0,026	960503	14,20	3 ; 3 ; 5		0,014	3,7	5	-0,009	-0,004	0,001	960507	7,53	1	
MÅR*KP*11	0,009	1,7	6	-0,013	-0,010	0,017	960503	14,38	3 ; 2 ; 2		0,012	4,3	5	-0,015	-0,009	-0,012	960507	8,01	2 ; 3 ; 2	
MEDELAVV				-0,003	-0,003	-0,007					0,010	2,0	6	0,001	-0,006	-0,010	960508	10,01	2 ; 5 ; 1 ; 3	
STANDARDVAV				0,008	0,005	0,022								-0,007	-0,004	0,001			4 ; 3 ; 2 ; 2	
5 EPOKER																				
MÅR*KP*21	0,015	2,1	6	-0,006	0,002	-0,025	960503	14,01			0,012	2,3	6	-0,029	-0,007	-0,009	960507	7,35	3	
MÅR*KP*21	0,007	1,4	8	-0,015	-0,078	0,031	960503	14,13			0,013	3,3	5	-0,011	-0,002	-0,006	960507	7,47		
MÅR*KP*21	0,010	1,4	6	-0,002	0,004	-0,033	960503	14,21			0,014	3,9	5	-0,014	-0,001	-0,002	960507	7,55		
MÅR*KP*21	0,009	1,8	6	-0,015	-0,012	0,026	960503	14,39			0,010	4,3	5	-0,020	-0,011	-0,004	960507	8,03		
MEDELAVV				-0,009	-0,021	0,000					0,012	2,0	6	0,001	-0,006	0,001	960508	10,03		
STANDARDVAV				0,007	0,039	0,033								-0,013	-0,004	-0,004				
10 EPOKER																				
MÅR*KP*31	0,012	2,0	6	-0,011	0,005	-0,033	960503	14,03			0,011	2,3	6	-0,020	-0,003	-0,006	960507	7,37		
MÅR*KP*31	0,008	1,3	6	0,005	0,005	-0,022	960503	14,15			0,009	3,4	5	-0,021	-0,002	0,008	960507	7,50		
MÅR*KP*31	0,011	1,4	6	-0,005	0,007	-0,033	960503	14,24			0,012	4,1	5	-0,015	-0,009	-0,018	960507	7,57		
MÅR*KP*31	0,012	1,8	6	-0,020	-0,015	0,027	960503	14,41			0,016	3,0	5	-0,018	-0,009	-0,030	960507	8,05		
MEDELAVV				-0,008	0,001	-0,015					0,007	2,1	6	0,001	-0,009	0,000	960508	10,06		
STANDARDVAV				0,011	0,010	0,029								-0,015	-0,006	-0,007				
MEDELAVV FÖR 2,5 OCH 10 EPOKER				-0,007	-0,008	-0,007								0,010	0,004	0,016				
STANDARDVAV FÖR 2,5 OCH 10 EPOKER				0,008	0,023	0,026								-0,012	-0,005	-0,003				
FLYTLÖSNING																				
MÅR*KP*100	0,303	1,4	6	0,134	-0,362	0,087	960503	14,32	4					0,003	0,001	0,006				
MÅR*KP*101	0,267	1,4	6	-0,073	-0,534	0,267	960503	14,33												
MÅR*KP*100	0,297	1,1	8	0,219	0,180	-0,359	960503	14,07	3											
MÅR*KP*100	0,306	1,4	6	-0,398	0,188	0,110	960503	14,27	3											
MEDELAVV				-0,029	-0,132	0,026														
STANDARDVAV				0,275	0,372	0,269														

(*) Mätvärdet har uteslutits ur beräkningarna pga. för högt PDOP värde.

LÅG OCH NORMALTÄT TALL										
PUNKT 6										
	Sigma [m.]	PDOP	Antal Sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid [min.]	Tid för fix [min.]	
2 EPOKER										
MÅR*KP*16	0,013	2,8	5	0,033	-0,010	-0,027	960506	7,44	13	
MÅR*KP*16	0,012	2,0	6	0,006	-0,010	-0,007	960506	8,23	12	
MÅR*KP*16	0,011	1,3	8	0,104	0,076	-0,041	960506	8,47	9	
MÅR*KP*16	0,016	2,4	5	0,000	-0,025	-0,027	960506	10,42	5	
MEDELAVV				0,036	0,008	-0,025				
STANDARDVAV				0,048	0,046	0,014				
5 EPOKER										
MÅR*KP*26 (*)	0,014	4,2	6	-0,109	-0,034	0,154	960506	8,08	22	
MÅR*KP*26	0,015	2,0	6	0,012	-0,011	0,043	960506	8,25		
MÅR*KP*26	0,013	1,8	6	-0,007	0,002	-0,017	960506	8,54	5	
MÅR*KP*26	0,014	2,4	5	0,023	-0,026	0,011	960506	10,44		
MEDELAVV				0,009	-0,012	0,012				
STANDARDVAV				0,015	0,014	0,030				
10 EPOKER										
MÅR*KP*36	0,016	2,7	6	0,016	-0,002	0,037	960506	8,10		
MÅR*KP*36	0,014	2,3	6	0,016	-0,008	0,020	960506	8,27		
MÅR*KP*36	0,012	1,5	5	-0,005	0,008	-0,028	960506	9,01	5	
MÅR*KP*36	0,016	2,4	5	0,004	-0,026	0,013	960506	10,47		
MEDELAVV				0,008	-0,007	0,011				
STANDARDVAV				0,010	0,014	0,028				
STANDARDVAV				0,964	0,452	0,670				
MEDELAVV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				0,018	-0,004	-0,001				
STANDARDVAV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				0,020	0,018	0,009				
FLYTLÖSNING										
MÅR*KP*600	0,300	3,4	6	-0,618	-0,084	0,635	960506	7,55	9	
MÅR*KP*601	0,220	3,6	6	-1,362	-0,198	1,264	960506	7,57	19	
MÅR*KP*602	0,199	3,7	6	-1,521	0,132	1,149	960506	7,59	8	
MÅR*KP*600	0,301	2,5	6	0,530	0,396	0,141	960506	8,14	3	
MÅR*KP*601	0,198	2,2	6	0,336	0,356	0,040	960506	8,21	46	
MÅR*KP*600	0,298	1,4	7	-1,280	-0,744	0,840	960506	8,32	19	
MÅR*KP*600	0,296	1,9	6	0,693	-0,641	-0,602	960506	10,51	16	
MEDELAVV				-0,460	-0,112	0,495				
(*) Mätvärdet har uteslutits ur beräkningarna pga. för högt PDOP värde.										

LÅG OCH NORMALTÄT TALL										
PUNKT 7										
	Sigma [m.]	PDOP	Antal Sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid [min.]	Tid för fix [min.]	
2 EPOKER										
MÅR*KP*17	0,011	1,6	6	-0,018	0,006	-0,002	960506	11,03		
MÅR*KP*17	0,012	1,7	7	-0,045	0,017	0,037	960506	11,18	5	
MÅR*KP*17	0,013	2,0	6	-0,005	-0,004	-0,009	960506	11,55	6	
MÅR*KP*17 (*)	0,011	1,4	6	3,391	0,502	-2,383	960506	14,12	37	
MEDELAVV				-0,023	0,006	0,009				
STANDARDVAV				0,020	0,011	0,025				
5 EPOKER										
MÅR*KP*27	0,012	1,9	7	-0,048	0,015	0,029	960506	11,08	3	
MÅR*KP*27 (*)	0,014	2,1	6	1,456	-1,234	-1,923	960506	11,39		
MÅR*KP*27	0,012	2,0	6	-0,003	-0,008	-0,023	960506	11,56		
MÅR*KP*27 (*)	0,011	1,3	6	1,032	-0,360	-0,116	960506	14,22		
MEDELAVV				-0,025	0,003	0,003				
STANDARDVAV				0,032	0,016	0,037				
10 EPOKER										
MÅR*KP*37	0,011	1,9	6	-0,059	0,016	0,027	960506	11,10		
MÅR*KP*37	0,011	1,8	6	-0,027	-0,009	0,002	960506	11,47	7	
MÅR*KP*37	0,012	1,9	6	-0,002	-0,006	-0,013	960506	11,58		
MÅR*KP*37	0,013	1,8	7	-0,020	-0,044	0,027	960506	14,35	11	
MEDELAVV				-0,027	-0,011	0,011				
STANDARDVAV				0,024	0,025	0,020				
MEDELAVV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				-0,025	-0,002	0,008				
STANDARDVAV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				0,021	0,019	0,022				
FLYTLÖSNING										
MÅR*KP*700	0,307	1,7	6	-0,181	-0,079	0,227	960506	11,16	5	
MÅR*KP*700	0,308	1,7	7	-0,015	1,319	1,042	960506	12,23	18	
MÅR*KP*701	0,302	2,0	5	0,213	-1,811	-0,030	960506	13,31	13	
MÅR*KP*702	0,303	1,4	6	1,955	-0,677	-0,765	960506	14,08	33	
MÅR*KP*703	0,207	1,4	6	1,368	-0,076	-0,742	960506	14,11	20	
MEDELAVV				0,880	-0,311	-0,124				
STANDARDVAV				0,941	1,133	0,752				
(*) Mätningarna uteslutna i medeltalsbildningen										

UNDERSÖKNING SIKTHINDER I MÅRTSBO

HÖG OCH TÄT GRAN												
PUNKT 2						PUNKT 4						
	Sigma [m.]	PDOP	Antal Sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Antal Epoker	Datum	Tid [min.]	Tid för fix [min.]		
FLYTLÖSNING												
MÅR*KP*200	0,2481	2,0	6	1,872	-0,310	1,444	1	960508	11,08			
MÅR*KP*201	0,2959	1,9	6	-1,589	0,105	-0,819	3	960508	11,10			8
MÅR*KP*202	0,3014	3,6	6	-1,592	2,289	2,215	29	960508	11,40	10		12
MÅR*KP*203	0,2508	1,3	6	-0,311	1,556	1,321	19	960508	11,42			
MEDELAVV				-0,405	0,910	1,040						
STANDARDVAV				1,633	1,219	1,301						31
FLYTLÖSNING												
MÅR*KP*400	0,348	2,1	6	0,798	0,000	-0,550	16	960508	11,54			
MÅR*KP*401	0,300	2,1	6	0,705	-0,254	-0,446	19	960508	11,56			8
MÅR*KP*402	0,309	2,0	6	-0,410	0,721	2,950	2	960508	12,00			12
MÅR*KP*403	0,346	2,2	7	-0,025	0,485	0,280	2	960508	12,12			
MÅR*KP*404	0,349	3,5	6	-0,236	-0,553	0,638	11	960508	12,17			
MÅR*KP*405	0,300	3,8	6	-0,025	-0,543	0,070	15	960508	12,19			31
MEDELAVV				0,135	-0,024	0,490						
STANDARDVAV				0,500	0,532	1,285						

HÖG OCH TÄT TALL										
PUNKT 3										
	Sigma [m.]	PDOP	Antal Sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid [min.]	Tid för fix [min.]	
2 EPOKER										
MÅR*KP*13	0,017	2,2	6	0,017	0,002	0,010	960508	8,11	36	
FLYTLÖSNING										
MÅR*KP*300	0,299	1,3	7	2,422	1,745	-2,159	960507	11,27	7	
MÅR*KP*301(*)	0,299	4,1	5	-0,379	0,866	-0,123	960508	7,55	21	
MÅR*KP*302(*)	0,206	5,1	5	-1,358	0,713	1,106	960508	8,09		
MÅR*KP*303	0,300	2,1	5	0,945	-0,518	-0,791	960508	8,53	41	
MEDELAVV				1,684	0,614	-1,475				
STANDARDVAV				1,044	1,600	0,967				
(*) Mätvärdet har uteslutits ur beräkningarna pga. för högt PDOP värde.										
HÖG OCH TÄT TALL										
PUNKT 5										
	Sigma [m.]	PDOP	Antal Sat.	X-diff [m.]	Y-diff [m.]	H-diff [m.]	Datum	Tid [min.]	Tid för fix [min.]	
2 EPOKER										
MÅR*KP*15	0,012	1,8	6	0,011	-0,012	-0,011	960503	12,05		
MÅR*KP*15	0,012	1,7	6	-0,009	0,007	-0,008	960507	8,52	31	
MEDELAVV				0,001	-0,003	-0,009				
STANDARDVAV				0,014	0,013	0,002				
5 EPOKER										
MÅR*KP*25	0,012	1,6	6	-0,110	0,047	0,068	960503	12,15		
MÅR*KP*25	0,015	1,9	6	0,007	0,003	-0,014	960507	10,47	41	
MEDELAVV				-0,051	0,025	0,027				
STANDARDVAV				0,083	0,031	0,058				
10 EPOKER										
MÅR*KP*35	0,014	1,6	7	-0,009	0,006	-0,032	960503	12,19		
MÅR*KP*35	0,015	1,9	6	0,027	0,002	0,026	960507	10,50		
MEDELAVV				0,009	0,004	-0,003				
STANDARDVAV				0,025	0,003	0,041				
MEDELAVV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				-0,014	0,009	0,005				
STANDARDVAV FÖR 2, 5 OCH 10 EPOKER				0,049	0,020	0,036				
FLYTLÖSNING										
MÅR*KP*500	0,296	1,5	6	-0,266	-0,028	-0,267	960507	8,36	16	Antal Epoker
MÅR*KP*501	0,217	3,3	4	-0,549	0,041	0,316	960507	8,43		28
MÅR*KP*502	0,199	3,5	6	-0,266	0,111	0,129	960507	8,50		79
MÅR*KP*503	0,301	2,5	5	0,688	-0,742	-0,734	960507	10,26	21	54
MÅR*KP*504	0,295	2,0	6	-0,768	0,075	0,942	960507	10,53		41
MÅR*KP*500	0,299	2,0	6	0,740	-0,642	-0,930	960508	10,39	25	14
MÅR*KP*501	0,210	2,3	6	0,458	-0,440	-0,726	960508	10,42		4
MÅR*KP*502	0,299	1,9	6	-0,174	0,522	-1,001	960508	10,49	4	28
MÅR*KP*503	0,201	1,9	6	-0,093	0,340	-0,980	960508	10,54		10
MEDELAVV				-0,026	-0,085	-0,361				57
STANDARDVAV				0,536	0,433	0,689				

GPS-mottagare Ashtech Z-12 med programvara "Real-Time Z Functions (RTZ)" för semikinematisk GPS-mätning i realtid har följande specifikationer enligt fabrikanter:

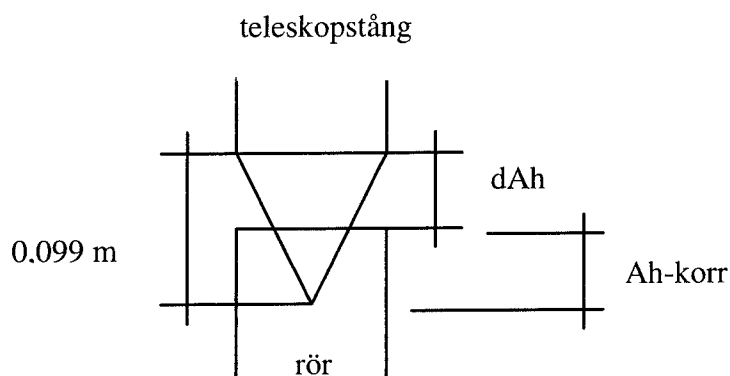
- Antal gemensamma satelliter ≥ 5
- Max 9 satelliter vid PNAV beräkning
- PDOP-värde ≤ 4
- Räckvidd 10 km
- Horisontell noggrannhet rms = ± 1 cm då PDOP < 4
- Vertikal noggrannhet rms = $\pm 1,7$ cm då PDOP < 4
- Horisontell och vertikal noggrannhet rms vid flytlösning på dm nivå

I det här fallet är referensstationen utrustad med firmware 1F-00 och den rörliga mottagaren är försedd med firmware 2J-00 med.

Specifikationerna är hämtade från en användarhandledning om JINBO-GPS Super Station™ [5] och en marknadsundersökning, LMV-Rapport 1995:23 [10]. Bägge rapporterna är skrivna av Christina Ottoson på Lantmäteriverkets Geodesi-enhet, FoU-avdelningen.

Beräkning av sanna höjder:

Vid mätningarna lagrades antennhöjden i Ashtech-mottagaren som en fast höjd på 1,974 meter för den rörliga antennen. Detta gjordes eftersom teleskopstången sjönk ned olika i rören på de olika punkterna och att det var tidsödande att ändra antennhöjden för varje ny mätning. Därför justerade vi i efterhand samtliga mätta höjder med hänsyn tagen till hur långt teleskopstången sjunkit ned vid den aktuella mätningen. Korrigeringen gjordes enligt nedan:



Figur 1

Enligt figur 1 blir sambandet:

$$H = \text{Mätt } H + (0,099 - dAh) \text{ meter} \quad \text{där}$$

dAh = den i fält tumstocksmätta differensen

Ah = antennhöjdskorrektionen

Mätt H = den i fält mätta höjden

H = den korrigerade höjden