



Lantmäteriet
Lantmäteriverket - National Land Survey
S - 801 82 GÄVLE · SWEDEN

Tekniska skrifter - Professional Papers

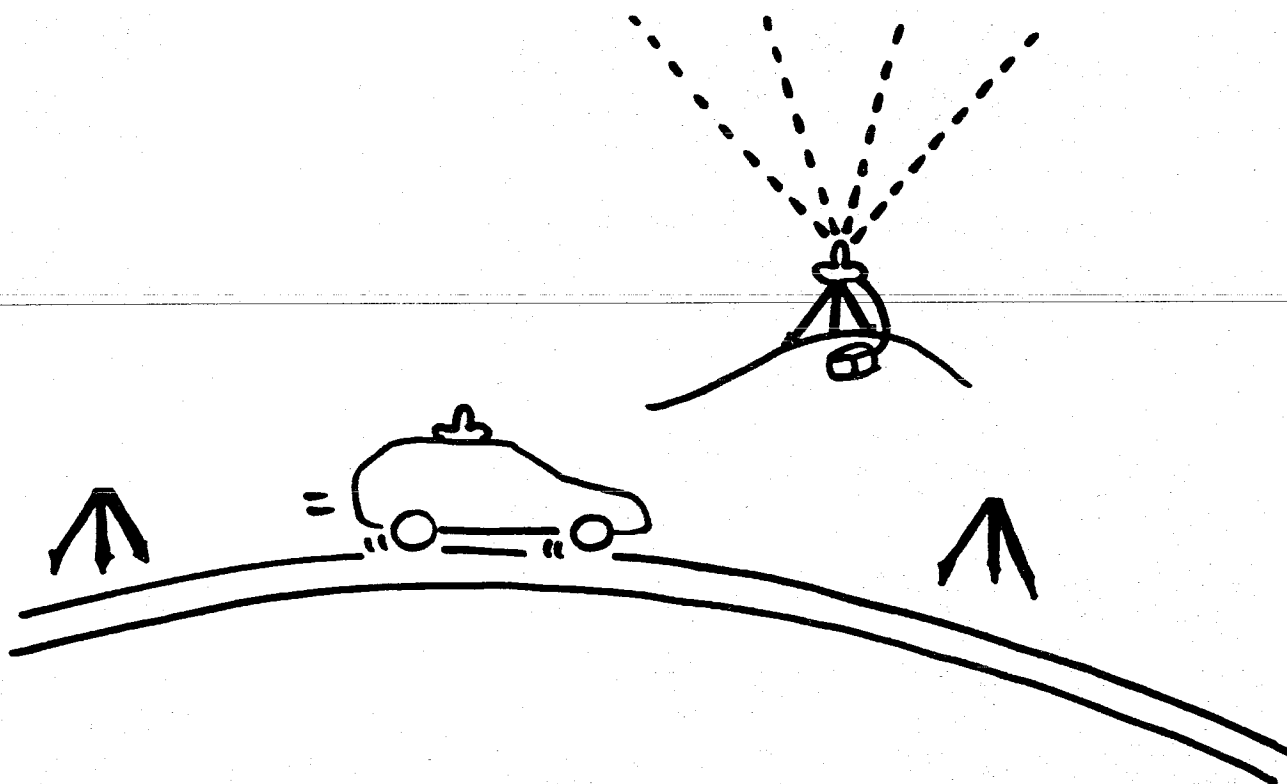
LMV-RAPPORT 1990:13

ISSN 0280-5731

BFR-Projektet "PSEUDO-KINEMATISK/KINEMATISK GPS-MÄTNING FÖR GEODETISKA TILLÄMPNINGAR"

- Lägesrapport för etapp 1

av Ann-Charlotte Jivall, LMV och Lars Ollvik, LTH



Gävle 1990



Förteckning över senast utgivna LMV-rapporter

Rapport	Titel	Upphovsman e dyl
1989		
1989:7	Kartplan 1989/90	
1989:8	Marknadsvärdering av skog med Beståndsmetoden. Marknadssimulering - en arbetsmodell	Thomas Lindeborg
1989:9	T5 Projektet - slutrapport	Anders Timmer
1989:10	Fastighetsplan enligt Plan- o bygglagen	Helge Torsein m fl
1990		
1990:1	Geodesi 90	Bertil Jansson
1990:2	Utveckling och produktion av referens- karta till nationalatlasen i skala 1:700 000	Christian Elvhage
1990:3	Utredning om och förslag till stomnät och koordinatsystem i Stor-Stockholm	Gunnar Sundstrand Maud Edgren
1990:4	Lantmäteriets treårsrapport. Budgetåret 1991/92 - 1993/94	Sven-Arne Matsson
1990:5	Landskapsekologisk terrängkartläggning - ett underlag för kommunal markanvänd- ningsplanering	Torsten Allvar
1990:6	Vakant	
1990:7	Fastighetsmarknaden idag	Per Johan Åge
1990:8	THE SWEDISH EXPERIENCE WITH THE ISS ULISS 30 RESULTS FROM TESTS AND PILOT PROJECTS L'EXPERIENCE SUEDOISE AVEC L'ISS ULISS 30 RESULTATS DES TESTS ET PROJETS PILOTES DIE SCHWEDISCHEN ERFAHRUNGEN MIT ISS ULISS 30 RESULTAT DER TEST UND PILOT PROJEKT- MESSUNGEN	Jean-Marie Becker
1990:9	Försök med GPS-teknik vid flyg- fotografering	Lars Ottoson
1990:10	Results and experiences from GPS measurements 1987-1990	Gunnar Hedling Ann-Charlotte Jivall Bo Jonsson
1990:11	Experiences from kinematic GPS measurements	Bo Jonsson Ann-Charlotte Jivall
1990:12	Kartplan 1990/91	

Titel

BFR-Projektet "Pseudo-kinematisk/kinematisk GPS-mätning för geodetiska tillämpningar" - Lägesrapport för etapp 1.

Huvudinnehåll

Pseudo-kinematisk GPS-mätning är en vidareutveckling av statisk relativ GPS-mätning, som Lantmäteriverket i dag använder rutinmässigt vid stommätning. Metoden är tänkt att komma till användning vid mätningssuppgifter där punkterna är lättillgängliga och punktavstånden uppgår till någon km, t ex polygonmätning eller byggplatsmätning.

Förutsättningar och metoder för pseudo-kinematisk GPS-mätning studeras i BFR-projektet "Pseudo-kinematisk/.....". Denna rapport utgör lägesbeskrivning av etapp 1 i projektet och innehåller dels redovisning av inledande förberedelser, bestående av simulering på statisk GPS-mätning och diskussioner kring olika modeller för nätutformning, dels redovisning av erfarenheter och preliminära resultat från fältförsöken i etapp 1.

LDOK

Kg Satellitgeodesi
Kg Mätningsteknik

FÖRORD

Denna lägesrapport utgör en redovisning av de inledande förberedelserna och fältförsöken inom BFR-projektet

"PSEUDO-KINEMATISK/KINEMATISK GPS-MÄTNING FÖR GEODETISKA
TILLÄMPNINGAR"

projekt nr 890976-6. En slutrapport beräknas utkomma under våren 1991.

Vi vill här passa på att tacka Kurt Nilsson, Runar Svensson (LMV) och Dan Werner (Vägverket) för deras insatser vid fältmätningarna.

Gävle - Lund i augusti 1990

Ann-Charlotte Jivall, LMV och Lars Ollvik, LTH

SAMMANFATTNING

Denna lägesrapport utgör redovisning av de inledande förberedelserna och fältförsöken inom BFR-projektet "Pseudo-kinematisk/kinematisk GPS-mätning för geodetiska tillämpningar". Projektet syftar till att undersöka noggrannhet, precision och tidsåtgång då pseudo-kinematisk mätning används vid byggplatsmätning och polygontågsmätning i detalj- och stomtåg.

Den pseudo-kinematiska metoden kan sägas vara en god kompromiss mellan den kinematiska och statiska metoden, där snabbheten från den kinematiska mätningen är kombinerad med säkerheten och okänsligheten för signalavbrott från den statiska. Mätning enligt den pseudo-kinematiska metoden bygger på att minst två mottagare används, en fast basmottagare och en rörlig mottagare som besöker övriga punkter 2-4 gånger, 5-10 min varje gång. Beräkningsmässigt är metoden en statisk metod.

Rapporten består av två huvuddelar:

- * En förstudie för planering av pseudo-kinematiska mätningar, som syftar till att utgöra grund för fältkampanj nr 1.
- * Redovisning av fältkampanj nr 1.

Förstudien

Förstudien innehåller dels en simulering på statiska mätningar för att undersöka olika faktorerers inverkan på enskilda baslinjer, dels olika modeller för nätutformning vid pseudo-kinematiska mätningar. Simuleringen är gjord på fyra baslinjer (0.3, 1.9, 3.4 och 10.9 km) mätta med Ashtech LXII, och resulterade i följande slutsatser:

- * Längre baslinjer kräver längre observationstid. 5 min verkar vara en lämplig observationstid för baslinjer mellan 0.3 och 3.4 km. För baslinjer uppåt en mil är 10 eller ev 15 min ett lämpligare värde.
- * 40 min tidsförskjutning mellan återbesöken fungerade bra för alla baslinjelängderna (0.3-10.9 km).
- * Det går bra med endast 2 besök. En förutsättning är dock att det finns tillräckligt med gemensamma satelliter. Ett tredje besök ger extra överbestämning.
- * Beträffande satellitkonfigurationen: Längre baslinjer påverkas mer än kortare. Ett praktiskt minimum är att det under varje besök finns 4 satelliter gemensamma med något annat besök, för långa linjer helst 5 gemensamma satelliter. Fler gemensamma satelliter mellan återbesöken är att

föredra framför en mer förändrad satellitkonfiguration (till en viss gräns förstås!).

* Satelliter som bara förekommer under ett besök kan stärka lösningen. Ibland uppkommer dock den motsatta effekten.

Fältkampanj nr 1

Fältkampanj nr 1 genomfördes under två veckor i april 1990 med fyra Ashtech LXII mottagare.

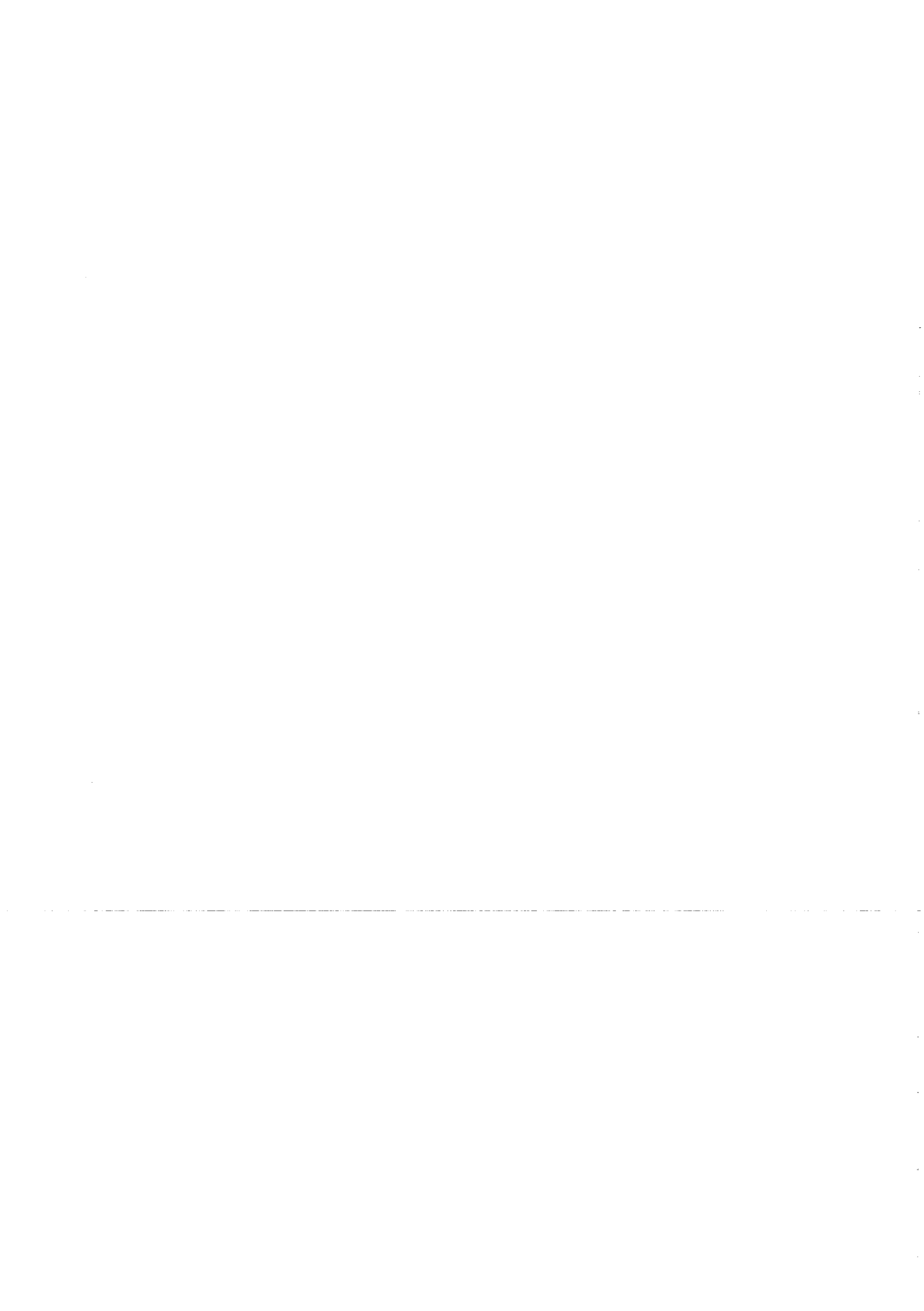
Lantmäteriverkets testnät i Älvkarleby, som har punkttätheten 0.5 - 1 km, användes för att studera "polygontågs-mätning med GPS" och Statens Institut för Byggnadsforskning (SIBs) testnät i Mårtsbo (punkttäthet: 50 - 100 m) för att studera pseudo-kinematiska mätningar på korta håll.

Mätningarna planerades utifrån de erfarenheter som förstudien (se kap 3) gett och genomfördes av två mobila mätlag (en respektive två personer) som förflyttade sig med bil vid mätningarna i Älvkarleby och till fots i SIB-nätet. Mätmetodiken för pseudo-kinematiska mätningar medförde inte några problem för genomförandet i fält. Försök gjordes bl a med att helt släcka ut satellitsignalerna under förflyttningarna. Detta tycktes dock inte alls påverka resultatet.

Mätningarna beräknades baslinjevis med Ashtechs standardprogramvara, GPPS, och utvärderades med samma kriterier som används vid statiska mätningar. Godkända lösningar utjämnades i nätutjämningsprogrammet GeoLab. Resultatet utvärderades genom slutningsfel i slingor och genom tre-dimensionella Helmert-transformationer till testnäten och mellan olika dagars lösningar. Transformationerna till testnätet i Älvkarleby tyder på att de pseudo-kinematiska mätningarna minst håller samma noggrannhet som testnätet, dvs lokalt punktmedelfel 2-3 cm, men de interna kontrollerna samt transformationerna till SIB-nätet tyder på att metoden ger ännu högre noggrannhet än så.

Jämfört med statiska mätningar kräver de pseudo-kinematiska mätningarna mer förberedelser och bättre satellitkonfiguration. Själva mätningarna går dock snabbare, de i det här försöket utförda "polygontågs"-mätningarna (med ganska goda tidsmarginaler) tog drygt hälften av den tid som motsvarande statiska mätningar hade gjort.

Ytterligare analyser av mätningarna i fältkampanj nr 1 kommer att göras av Lunds Tekniska Högskola i syfte att optimera tekniken och utveckla en ny effektiv mätstrategi inför fältkampanj nr 2 (oktober 1990).



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid.

Förord

Sammanfattning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
2. PSEUDO-KINEMATISK GPS-MÄTNING	3
3. PLANERING AV PSEUDO-KINEMATISKA MÄTNINGAR - EN FÖRSTUDIE	4
3.1 ENSKILDA BASLINJER	4
3.1.1 Observationsmaterial för simuleringen	4
3.1.2 Försöksuppläggning	5
3.1.3 Resultat av beräkningarna	5
3.1.4 Slutsatser	9
3.2 NÄTPLANERING	11
3.2.1 Fasta och rörliga mottagare	11
3.2.2 Olika alternativ till nätutformning	12
3.2.2.1 Punkterna ligger längs en linje	13
3.2.2.2 Punkterna ligger i en slinga	15
4. REDOVISNING AV FÄLTKAMPANJ NR 1	19
4.1 TESTNÄT OCH UTFÖRDA MÄTNINGAR	19
4.2 MÄTNINGARNAS GENOMFÖRANDE	23
4.3 BERÄKNINGAR	25
4.4 RESULTAT	26
4.4.1 Slutningsfel i slingor	26
4.4.2 Koordinatjämförelser	27
4.5 PSEUDO-KINEMATISK KONTRA STATISK GPS	30
5. SLUTORD	33
6. REFERENSER	34

1. INLEDNING

Idag gör Lantmäteriverket (LMV) rutinmässigt uppmätning av stomnät, med hjälp av statisk relativ GPS-mätning. Dessa stomnät förtätas sedan genom polygonisering och utläggning av brukspunkter med konventionell mätningsteknik (längd- och vinkelmätning).

Metodens tillförlitlighet har redovisats under ett antal år i såväl vetenskapliga försök som rena produktionsarbeten, och resultaten visar centimeternoggrannhet. Nackdelen med denna mätteknik är att observationstiden blir relativt lång, mellan 45 och 90 minuter med nuvarande metodik. Tekniken är trots detta effektivare än traditionell mätningsteknik i många tillämpningar. Satellitsystemet kommer inom snar framtid vara fullt utbyggt, år 1993, men detta förändrar förmodligen ej nämnvärt behovet av långa observationstider vid statisk mätning.

Kinematisk GPS-mätning är en metod där man försöker att minska observationstiderna. Enkelt kan principen beskrivas som en metod där man inleder mätningen med en fas som är identisk med statisk relativ mätning, men där sedan en mottagare flyttas omkring till de punkter man önskar bestämma. Vinsten är att tiden vid varje punkt minskas radikalt, ned till ett par minuters observationstid. För att detta skall fungera skall mottagarna ha signallåsning till minst fyra satelliter i varje ögonblick under mätning, vilket i praktiken visar sig vara en klar begränsning.

Pseudo-kinematisk mätning kan sägas vara en vidareutveckling av statisk relativ mätning. Den stora skillnaden mot kinematisk mätning är att man här inte har samma krav på låsningen av signalen under förflyttningen av mottagaren mellan punkterna. De punkter som skall mätas med denna mätningsteknik måste dock besökas två till fyra gånger. Beteckningen pseudo-kinematisk positionering är myntad av Benjamin W. Remondi 1987. Pseudo betyder som bekant falsk och benämningen valdes på grund av att mättekniken liknar kinematisk mätning, men ej behöver vara det. Pseudo-kinematisk mätning är en av de nya mät- och beräkningsmetoder som utvecklats för att begränsa observationstiderna, utan att ge avkall på noggrannheten i positionsbestämningarna.

Syftet med projektet är att undersöka noggrannhet, tillförlitlighet och tidsåtgång då pseudo-kinematisk mätning används vid såväl byggplatsmätning som polygontågsmätning i detalj- och stomtåg. Projektet skall slutligen resultera i en mätmetodik som är praktiskt användbar för Vägverket, Lantmäteriverket och övriga mätningorganisationer.

Projektplan:

Projektetid 12 månader, 1/1 1990 - 31/12 1990

- Planering och litteraturstudier jan - mars
- Fältkampanj nr 1 april
- Utvärdering av fältkampanj nr 1 maj - oktober
och underlag för genomförandet
av fältkampanj nr 2. Status-
rapport redovisas under denna
tidsperiod.
- Fältkampanj nr 2 november
- Slutlig utvärdering december - januari -91
- Slutrapport till BFR mars -91

Projektet finansieras av:

Statens Råd för Byggnadsforskning, Lantmäteriverket, Vägverket, Banverket, Sjöfartsverket och Statens Institut för Byggnadsforskning.

2. PSEUDO-KINEMATISK GPS-MÄTNING

Pseudo-kinematisk mätning kan sägas vara en vidareutveckling av statisk relativ mätning. Beteckningen kinematisk positionering är myntad av Benjamin W. Remondi 1987. I dag finns lite redovisat om tekniken, och resultat från testmätningar finns bara i begränsad utsträckning.

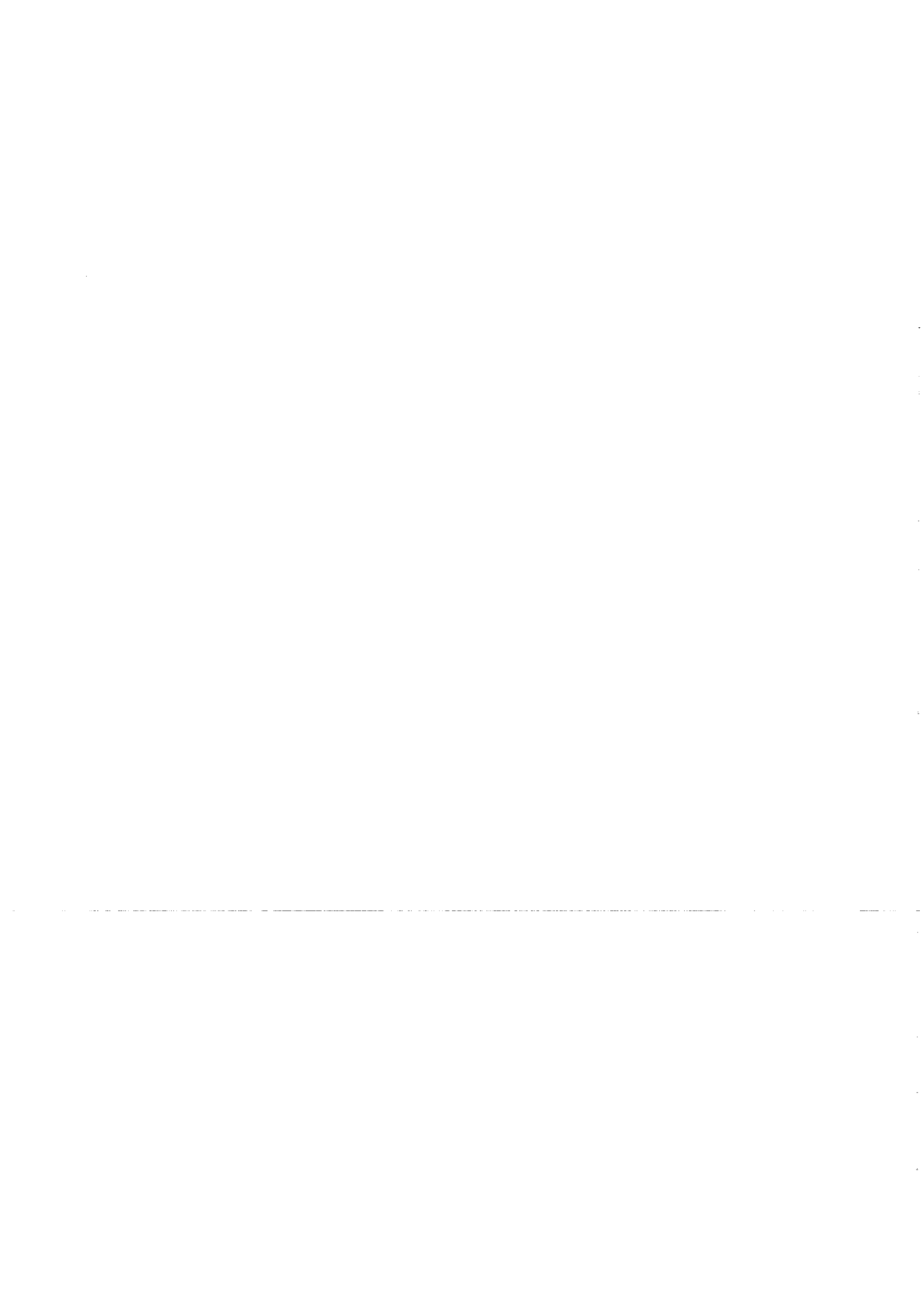
Kort kan tekniken beskrivas enligt följande:

Pseudo-kinematisk mätning använder samma teknik som statisk mätning. Båda metoderna är beroende av ändringar i satellitgeometrin under mättiden. Skillnaden mot statisk mätning är att pseudo-kinematisk mätning utnyttjar korta mätintervall med stora geometriförändringar mellan dessa. Vid statisk mätning står man som bekant stilla tills satellitgeometrin förändrat sig tillräckligt. Metoden bygger på mätning med ett antal fasta och rörliga mottagare, minst en av varje. De rörliga mottagarna besöker varje punkt några (två till fyra) gånger, under c:a 5 minuter vid varje besök, och med omkring en timme mellan återbesöken. Minst fyra satelliter måste vara gemensamma i minst två av besöken. Mätmetodiken med rörliga mottagare liknar kinematisk mätning. En väsentlig skillnad mot kinematisk mätning är dock att man här inte har samma krav på låsningen av signalen under förflyttningen av mottagaren mellan punkterna.

Den statistiska relativa mätningen har som tidigare nämnts en nackdel i att observationstiden blir relativt lång, 45-90 minuter med nuvarande metodik.

Kinematisk mätning kräver korta observationstider, ett par minuter, och att baslinjen mellan basstationen och den första punkten är känd. Metoden blir dock för många praktiska tillämpningar oanvändbar p g a att mottagaren tappar låsningen av signalen då denna avskärmas av t ex träd, byggnader m m. I mer öppna landskap än det svenska (t ex Sahara) är metoden dock mycket intressant.

Därför kan man förvänta sig att pseudo-kinematisk mätning i kombination med statisk mätning kan vara en effektiv mätmetod för mätningssuppgifter där nypunkterna har en lämplig lokalisering och utspridning, som t ex i polygontåg. För att tidsvinster mot konventionell eller statisk mätning skall göras krävs att transporttiden mellan punkterna kan effektiviseras, t ex att punkterna ligger utmed en väg. Då pseudo-kinematisk mätning inte kräver låsning av signalen under förflyttningarna mellan punkter, så kan GPS-mottagare som inte klarar kinematisk mätning troligen användas. Detta kräver naturligtvis att det finns möjlighet att bearbeta data från dessa mottagare i lämplig programvara.



3. PLANERING AV PSEUDO-KINEMATISKA MÄTNINGAR - EN FÖRSTUDIE

Planeringen av pseudo-kinematiska mätningar kan delas upp i två moment, där man tar ställning till följande frågor:

1. Hur skall de enskilda baslinjerna mätas? Observationstid, antal besök, tidsförskjutning mellan besöken m m.
2. Vilka baslinjer skall mätas för att punkterna skall bilda ett sammanhängande "nät", samtidigt som mätningarna går att genomföra rationellt?

3.1 ENSKILDA BASLINJER

Resultatet och effektiviteten vid pseudo-kinematiska mätningar påverkas av ett antal olika faktorer:

1. antal återbesök
2. observationstid vid varje besök
3. satellitkonfiguration, antal satelliter
4. antal gemensamma satelliter mellan besöken
5. tid mellan besöken
6. baslinjelängden, begränsning uppåt?
7. intervall mellan registreringarna
8. låsning av satellitsignalerna under förflyttningarna (går det att stänga av mottagaren och hur påverkar det i så fall ovanstående punkter?)

Pseudo-kinematisk GPS är beräkningstekniskt en statistisk metod. En del av ovanstående faktorer, närmare bestämt de sju första, kan därför undersökas genom att studera statistiskt mätta baslinjer. En simulering av pseudo-kinematiska mätningar har här gjorts på fyra statistiskt mätta baslinjer. Beträffande punkt 8 är fallet då man använder statistiska mätdata att jämföra med att satellitsignalerna varit faslåsta även under förflyttningarna (dvs det mest gynnsamma fallet). Denna faktor undersöks lämpligen genom praktiska försök - se kapitel 4.

3.1.1 Observationsmaterial för simuleringen

Som testmaterial användes data från juni 1989 med Ashtech LXII-mottagare. Fem satelliter var tillgängliga c:a tre timmar med ett konfigurationsbyte mitt i, då en av satelliterna byttes ut mot en annan - se tabell 1. Generellt sett var alla mätningar av god kvalitet. Satellit PRN 8 var användbar men uppvisade en del dagar lite sämre data, bla dag 170. Fyra baslinjer av olika längd som observerats under hela tidsintervallet valdes ut:

Linje	Längd	dag
3-4	0.3 km	170
10-11	1.9 km	165
1087-4	3.4 km	170
1087-1086	10.9 km	167

Satellit 8 har använts vid de statistiska lösningarna för alla dessa baslinjer. Data har registrerats med 20 s intervall. I Ashtechs beräkningsmanual rekommenderas 10 s intervall för pseudo-kinematiska mätningar, men det finns ingen möjlighet att undersöka detta på de här mätningarna.

3.1.2 Försöksuppläggning

Fyra intervall med 40 min tidsförskjutning plockades ut - se tabell 1. Detta innebär alltså vid 10 min observationstid 30 min mellan återbesöken. Baslinjerna beräknades genom att använda data från två, tre eller fyra besök i olika kombinationer och med olika längd på observationstiden. Observationstider på 5 och 10 min (och i vissa fall även 3 och 15 min) testades. Ashtechs program GPPS ver 3/90 användes vid beräkningarna.

Lösningarna vid baslinjeberäkningarna utvärderades med de kriterier som används vid statistiska beräkningar, nämligen följande i ungefärlig prioritetsordning:

- Periodobekantas decimaldelar
- Testkvot där RMS för den "bästa" och "nästbästa" uppsättningen periodobekanta jämförs
- RMS för fix-lösningen *)
- Skillnaden mellan RMS i flyt- och fix-lösningen *)
- Koordinatdiff. mellan flyt- och fixlösningen *
- Geometriskt tal (enl Ashtech: spåret i kovariansmatrisen normaliserat över hela mätintervallet). Högre geometriskt tal får accepteras än för statistiska mätningar.

3.1.3 Resultat av beräkningarna

Värdena i tabell 2-5 hänför sig till fix-lösningarna. Hög noggrannhet (cm) kan nämligen endast uppnås med fix-lösningar. Med ovan nämnda kriterier som grund gjordes en sammantagen bedömning av baslinjens kvalitet. För de baslinjer som ansågs vara OK räknades differenser mot den statistiska lösningen fram. Differenserna är uttryckta i ett lokalt system (Nord, Öst, Upp). Motsvarande differenser beräknades inte för de dåliga lösningarna, men överslagsmässigt varierar de mellan några cm och upp till över en meter. Det bör poängteras att bedömningen av baslinjens kvalitet gjordes innan jämförelsen med den statistiska beräkningen (facit). Kriterierna för en godkänd lösning verkar stämma bra. Endast någon enstaka gång har lösningar som med tvekan godkänts (OK?) fått differenser upp till två cm i plan och tre - fyra cm i höjd, oftast ligger de inom eller omkring en cm.

*Fix lösning = Lösning då de periodobekanta (ambiguity) har fixerats till heltal
Flyt-lösning=Lösning då de periodobekanta lösts ut som flyttal

SV Num	3	6	8	9	11	12	13
UTC Time	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ
09:50:00		58 76	31 99	68 273	12:134	24 265	
09:55:00		55 77	33 97	70 276	14:133	27 267	
10:00:00		53 79	35 95	73 279	16 132	29 268	
10:05:00		50 80	36 93	75 283	18 131	31 269	
10:10:00		48 82	38 90	77 288	21 130	33 271	
10:15:00		46 83	39 87	80 294	23 130	35 272	
10:20:00		43 85	40 85	82 303	25 129	38 273	
10:25:00		41 86	41 82	84 318	27 127	40 275	
10:30:00		39 88	42 78	85 343	30 126	42 276	
10:35:00		37 89	43 75	86 17	32 125	44 277	
10:40:00		34 91	43 72	84 45	34 124	47 279	2:160
10:45:00		32 92	44 69	83 62	36 122	49 280	4:159
10:50:00		30 93	44 65	80 72	38 120	51 281	7:159
10:55:00		28 95	44 62	78 79	40 119	54 283	9:159
11:00:00		26 96	43 59	76 84	42 116	56 284	11:158
11:05:00		24 98	43 55	73 88	44 114	58 285	14:158
11:10:00		21 99	42 52	71 91	46 112	61 287	16 158
11:15:00		19 100	41 49	68 94	47 109	63 288	18 157
11:20:00		17 102	40 47	66 96	49 106	65 289	21 157
11:25:00		15 103	39 44	63 98	50 103	68 291	23 157
11:30:00		13:104	37 42	61 100	51 99	70 292	26 156
11:35:00		11:105	36 40	58 102	52 96	73 293	28 156
11:40:00		9:107	34 38	56 104	53 92	75 294	31 155
11:45:00		7:108	33 36	54 106	54 88	78 296	33 154
11:50:00		5:109	31 34	51 108	54 84	80 297	36 154
11:55:00	2:179	3:110	29 33	49 109	54 80	83 298	38 153
12:00:00	4:179	1:112	27 32	46 111	54 75	85 299	41 152
12:05:00	6:180		25 30	44 112	53 71	88 299	43 151
12:10:00	8:180		23 29	42 114	53 68	90 146	45 150
12:15:00	11:180		21 29	39 115	52 64	87 125	48 148
12:20:00	13:180		19 28	37 117	51 61	85 126	50 146
12:25:00	15 180		17 27	35 118	49 58	82 127	53 144
12:30:00	18 180		15 27	33 120	48 55	80 128	55 142
12:35:00	20 181		13: 26	30 121	46 52	77 129	57 139
12:40:00	23 181		11: 26	28 122	45 50	75 130	59 136
12:45:00	25 181		9: 26	26 123	43 48	72 131	61 132
12:50:00	27 181		7: 26	24 125	41 46	69 132	62 128

Tabell 1. Satellitfönstret i juni 1989. Fyra intervall med 40 min tidsförskjutning användes vid simuleringarna

Besök	Obs. tid	Lösningens kvalitet				Diff i mm			Anm
		RMS	Geom	Kvot	OK?	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	
1,2,3,4	5	0.02	0.005	60	OK	-1	0	+1	End 3 gemens sat - " - Ej sat 6
1,2,3	5	0.02	0.007	23	OK	-1	0	+2	
2,3,4	5	0.02	0.016	11	OK	+1	0	-4	
1,2	5	0.02	0.012	31	OK	-1	-2	-3	
1,4	5	0.02	0.009	76	OK	+3	0	+1	
1,3	5	0.02	0.013	6	OK	-4	-1	+3	
2,4	5	0.02	0.012	1.7	OK?	+1	-3	+5	
2,4	5	0.02	0.013	2.2	OK?	-3	-3	-2	
2,3,4	3	0.02	0.013	14	OK	-1	-1	-3	
1,2,3	3	0.02	0.011	18	OK	-3	-1	+1	
1,2	3	0.03	0.017	28	OK	+3	-1	-3	
3,4	5	0.17	0.019	2.5	-				
1,3	3	0.34	0.019	1.1	-				
1,4	3	0.21	0.013	2.3	-				
2,3	3	0.03	0.120	1.0	-				

Tabell 2. Pseudo-kinematisk simulering. Dag 170. Baslinje 3-4 , längd 0.3 km.

Besök	Obs. tid	Lösningens kvalitet				Diff i mm			Anm
		RMS	Geom	Kvot	OK?	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	
1,2,3,4	10	0.04	0.001	78	OK	0	0	-6	Ej sat 8 - " - Ej sat 8 Ej sat 13,6
1,2,3	10	0.02	0.002	58	OK	-5	-1	+4	
1,2	10	0.02	0.005	377	OK	-5	0	+5	
1,3	10	0.02	0.003	94	OK	-5	-1	+4	
3,4	10	0.05	0.004	5	OK	0	+2	-11	
2,3	10	0.03	0.004	2.4	OK	-4	-1	+3	
1,2,3,4	5	0.02	0.003	24	OK	-3	-1	+5	
1,2,3	5	0.02	0.005	26	OK	-2	0	+7	
1,2	5	0.02	0.008	144	OK	+1	-1	+5	
1,3	5	0.02	0.006	19	OK	-3	0	+7	
3,4	5	0.02	0.008	6	OK	-4	0	+4	
2,3	5	0.02	0.008	2.3	OK	-2	+1	+5	
1,2	5	0.02	0.012	23	OK	-2	-1	+8	
3,4	5	0.02	0.030	29	OK	-7	0	+12	
1,4	10	0.39	0.003	1.2	-				
2,4	10	0.31	0.004	1.1	-				
1,4	5	0.27	0.006	1.9	-				
2,4	5	0.07	0.012	5	-				
2,3	5	0.15	0.018	3	-				
1,3	5	0.05	0.008	1.4	-				

Tabell 3. Pseudo-kinematisk simulering. Dag 165. Baslinje 10-11, längd 1.9 km.

Tabellerna är uppställda så att först kommer alla godkända lösningar och sedan alla "misslyckade". Observera att ibland har flera olika lösningar för samma kombination av besök och observationstid tagits med. Andelen "misslyckade" lösningar kan därför i vissa fall tyckas stor. Alla kombinationer av intervall och intervallängder har inte testats, utan endast de som har ansetts som meningsfulla.

Baslinje 0003-0004 0.3 km

På den kortaste baslinjen, 0.3 km, förekommer en del avbrott i satellitsignalen (förmodligen beroende på hinder), vilket medför att det mellan vissa kombinationer av besök endast är tre gemensamma satelliter. Detta tycks dock gå bra på fem min observationstid, men inte på tre min.

Baslinje 0010-0011 1.9 km

På 1.9 km-baslinjen verkar 5 min fungera lika bra som 10 min observationstid. De fall problem uppkommer i är när två icke intilliggande besök kombineras. Satellitkonfigurationen har då hunnit förändras mer än vid intilliggande besök (vilket borde vara bättre), men å andra sidan får man med den här satellittäckningen då endast fyra gemensamma satelliter jämfört med fem vid intilliggande besök.

Besök	Obs. tid	Lösningens kvalitet				Diff i mm			Anm
		RMS	Geom	Kvot	OK?	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	
1,2,3,4	10	0.06	0.004	3.1	OK	+2	-4	-18	Ej sat 8
1,2,3	10	0.07	0.005	5.1	OK	+9	-3	-22	- " -
2,3,4	10	0.06	0.006	5.1	OK	+9	-3	-22	- " -
1,2	10	0.06	0.005	2.2	OK?	+15	-4	-26	
3,4	10	0.06	0.004	14	OK	+5	-17	-12	
1,2,3,4	5	0.06	0.008	4	OK	+4	-4	-15	Ej sat 8
1,2	5	0.06	0.009	2.2	OK?	+13	-3	-21	
3,4	5	0.04	0.008	3	OK?	-4	+13	+13	
3,4	5	0.03	0.040	11	OK?	-7	+12	+16	
2,4	5	0.04	0.018	3	OK?	-5	-9	-31	
1,2	15	0.06	0.003	2.1	OK??	+19	-4	-30	
1,2	10	0.06	0.007	1.4	-				Ej sat 8
2,3,4	10	0.31	0.003	1.2	-				
2,4	10	0.41	0.008	1.7	-				Ej sat 8
1,3	10	0.06	0.013	2.6	-				- " -
1,2,3	5	0.15	0.011	1.8	-				- " -
1,2	5	0.04	2502	1.3	-				- " -
1,3	5	0.11	0.024	4	-				- " -
2,4	15	0.36	0.006	1.1	-				- " -
1,2	15	0.14	0.005	1.0	-				- " -
1,3	15	0.07	0.008	1.6	-				- " -
1,3	15	0.18	0.002	2.1	-				- " -

Tabell 4. Pseudo-kinematisk simulering. Dag 170. Baslinje 1087-4, längd 3.4 km.

Man kan ställa sig frågan om satelliter som endast är med under ett besök förstärker eller försämrar lösningen. I kombinationen besök 1 och 3 förekommer satellit 6 endast i besök 1 och satellit 13 endast i besök 3. Beräkningar på 1.9 km-baslinjen med 5 min observationstid ger med satellit 6 och 13 en tillfredställande fix-lösning däremot får man ingen tillfredställande lösning utan dessa satelliter - se tabell 2. Detta tyder alltså på att icke gemensamma satelliter kan förstärka lösningen.

Baslinje 1087-0004 3.4 km

Den dag då 3.4 km-baslinjen mättes gav satellit (PRN) 8 lite sämre data. Oftast blev lösningarna bättre utan satellit 8, men det finns undantag då det var tvärtom (int 1+2). Ingen kombination av två besök som inte låg intill varandra lyckades. Det är inte så förvånande med tanke på att om satellit 8 inte används återstår endast tre gemensamma satelliter. Observationstiden förlängdes i några fall till 15 min i hopp att det skulle kompensera den dåliga konfigurationen, men det misslyckades. Ej heller mellan 5 och 10 min observationstiderna kan man se någon direkt skillnad.

Baslinje 1087-1086 10.9 km

5 min observationstid per besök verkar vara i knappaste laget för 10.9-km-baslinjen. Endast då tre besök användes erhöles tillfredställande lösningar. Försök gjordes också med 15 min observationstid, vilket ibland gav bättre resultat - se t ex kombinationen av besök 1 och 3. Överlag gav kombinationer med endast två besök som inte låg intill varandra problem. Satellit 8 uppvisade även här ibland dåliga data vilket kan vara en bidragande orsak till ovan nämnda problem. Ibland förbättrades lösningarna då icke gemensamma satelliter togs bort - t ex besök 2 och 3, 10 min. (Tvärtemot erfarenheterna från 1.9 km-baslinjen.)

3.1.4 Slutsatser

Från beräkningarna ovan kan man sammanfatta följande slutsatser (som alltså gäller mätningar då faslösningen behållits även under förflyttningen):

- * Inte helt oväntat kan man konstatera att längre baslinjer kräver längre observationstid, däremot är skillnaderna inte så stora som man kanske kunde förvänta sig. 5 min verkar vara en lämplig observationstid för baslinjer mellan 0.3 och 3.4 km. För baslinjer uppåt en mil är 10 eller ev 15 min ett lämpligare värde.
- * 40 min tidsförskjutning mellan återbesöken verkade gå bra för alla baslinjelängderna (0.3-10.9 km).
- * Det går bra med endast två besök. En förutsättning är dock att det finns tillräckligt med gemensamma satelliter. Ett tredje besök ger extra överbestämning.

Besök	Obs. tid	Lösningens kvalitet				Diff i mm			Anm
		RMS	Geom	Kvot	OK?	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	
1,2,3,4	10	0.06	0.001	31	OK	-10	-10	-7	
1,2,3	10	0.07	0.002	4	OK	-12	-8	-12	
1,2,3	10	0.07	0.002	24	OK	-12	-5	-19	Ej sat 13
1,2	10	0.06	0.005	2.3	OK?	+7	+3	-15	
3,4	10	0.04	0.003	1.4	OK?	+4	-8	-13	amb sat 8 0.5
3,4	10	0.03	0.016	3.7	OK	-2	-5	+3	Ej sat 8
2,3	10	0.04	0.008	3.8	OK	+6	-3	+2	Ej sat 13,6
2,4	10	0.04	0.004	7.5	OK	+7	-5	-8	
1,2,3,4	5	0.07	0.002	25	OK	-1	-3	-18	
1,2,3	5	0.07	0.010	11	OK	-13	-4	-17	Ej sat 8,13
2,3,4	5	0.05	0.009	19	OK?	+16	-4	-38	Ej sat 8
1,3	15	0.07	0.002	3.5	OK	0	-3	-18	
2,4	15	0.04	0.003	1.1	OK??	+5	-7	-11	
1,2	15	0.05	0.003	6.7	OK	+10	+5	-13	
1,2	10	0.09	0.007	2.7	-				Ej sat 8
1,3	10	0.27	0.003	1.8	-				
1,3	10	0.22	0.003	1.4	-				Ej sat 11
1,3	10	0.20	0.006	1.0	-				Ej sat 8
2,3	10	0.33	0.004	1.1	-				
2,3	10	0.17	0.005	1.3	-				Ej sat 13
1,2,3	5	0.17	0.004	2.8	-				
1,2	5	0.07	0.014	1.1	-				Ej sat 8
1,2	5	0.07	0.009	1.0	-				
1,3	5	0.12	0.008	1.5	-				Ej sat 13
3,4	5	0.02	4791741	1.1	-				Ej sat 8
3,4	5	0.24	0.006	1.8	-				
2,3	5	0.54	0.070	1.0	-				
2,3	5	0.55	0.077	1.9	-				Ej sat 13,6
2,4	5	0.33	0.008	1.0	-				
2,4	5	ingen fix-lösn möjl							Ej sat 6,13
2,3,4	5	0.41	0.004	1.5	-				
2,4	15	0.43	0.006	1.2	-				Ej sat 8
2,4	15	0.43	0.006	1.2	-				Ej sat 8

Tabell 5. Pseudo-kinematisk simulering. Dag 167. Baslinje 1087-1086, längd 10.9 km.

* Beträffande satellitkonfigurationen: Längre baslinjer påverkas mer än kortare. Ett praktiskt minimum är att det under varje besök finns fyra satelliter gemensamma med något annat besök, för långa linjer helst fem gemensamma satelliter. Har man tur kan man på riktigt korta linjer (tex 0.3 km) klara sig med tre gemensamma satelliter. Fler gemensamma satelliter mellan återbesöken är att föredra framför en mer förändrad satellitkonfiguration (till en viss gräns förstås!). Om man tex har att välja mellan

fyra gemensamma satelliter och 80 min tidsförskjutning mellan återbesöken och fem gemensamma satelliter och 40 min tidsförskjutning är det senare att föredra.

- * Satelliter som bara förekommer under ett besök kan stärka lösningen. Ibland uppkommer dock den motsatta effekten.

3.2 NÄTPLANERING

3.2.1 Fasta och rörliga mottagare

Vid pseudo-kinematiska mätningar används normalt en eller flera fasta mottagare samt en eller flera rörliga mottagare. Fördelar med att använda mer än en fast mottagare är:

- avståndet i nätet till en fast punkt kan minskas
- om det skulle ha hänt något med den enda fasta mottagaren skulle allt eller delar av mätningarna med de rörliga mottagarna vara förgäves; två fasta mottagare kan alltså ses som en säkerhetsåtgärd
- ökad kontrollmöjlighet; varje punkt kan bestämmas från två håll
- en extra fast mottagare kräver endast lite extra personella resurser under förutsättning att den kan placeras på "säker" plats.

Fördelar med att använda fler än en rörlig mottagare är:

- ökade möjligheter att mäta närsambandet mellan punkterna
- högre produktion kan uppnås.

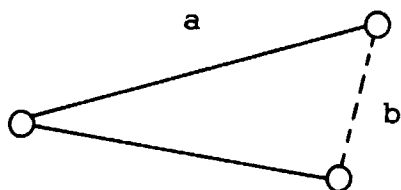
De senare fördelarna står delvis i konflikt med varandra. Egentligen är det så att antingen får man högre produktion eller så mäter man närsambanden mellan punkterna. En nackdel med flera rörliga mottagare är att svårigheter med samordningen mellan dem (samtidiga start och stopp) kan sänka produktionen. Man blir tvungen att ta till marginaler och/eller rätta sig efter den mottagare som har den längsta flyttiden. Ytterligare en nackdel med flera mottagare är naturligtvis den ökade instrumentkostnaden.

Ett alternativ till att använda fasta och rörliga mottagare är att alla mottagare är mer eller mindre rörliga. Mottagarna förflyttar sig över mätområdet enligt t ex "leap-frog"-metoden. Den metoden är nog mest användbar då punkterna ligger i en slinga.

Vid planeringen av de pseudo-kinematiska mätningarna kan man ha i åtanke att man kanske samtidigt kan göra en (statisk)

anslutning på överordnat nät (t ex riksnätet). Anslutningspunkter i det nya nätet blir då i första hand de fasta stationerna.

Begreppet närsamband nämns ovan. Vad menas då med detta? I det mest ambitiösa fallet mäts alla baslinjer mellan intilliggande punkter. I ett mer tolerant fall kan man tänka sig att baslinjen mellan två punkter bestäms utifrån någon annan punkt som inte ligger "alltför långt bort". Kvoten mellan avståndet till denna punkt och avståndet mellan de intilliggande punkterna skulle här kunna vara ett intressant mått. På korta avstånd kan man förmodligen tolerera högre kvot än på långa avstånd (med tanke på förhållandet mellan konstantfel och avståndsberoende fel).



Kvot = $a/b < \text{funktion}(a)$

Det vore önskvärt med någon form av tumregel för hur stor kvoten får vara i olika fall.

3.2.2 Olika alternativ till nätutformning

Låt oss titta på några olika alternativ till nätutformning, dels i de fall punkterna ligger längs en linje och dels då man kan bilda en slinga av punkterna. För alternativen tänks i första hand att man använder två fasta stationer och en eller två rörliga.

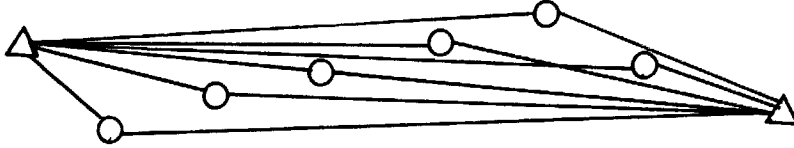
Följande beteckningar används:

- \triangle = punkt med fast mottagare
- \circ = punkt som besöks av en rörlig mottagare
- m = tid för ett mätintervall
- f = tid för en förflyttning
- n = antal stationer som besöks av rörliga mottagare
- i = antal mätintervall på varje punkt (återbesök)

Endast icke-triviala baslinjer är markerade i skisserna. **Icke-triviala baslinjer** är baslinjer som inte kan bildas genom addition eller subtraktion av andra baslinjer inom samma session. Vid mätning med fyra mottagare kan man bilda totalt sex baslinjer, varav endast tre är icke-triviala.

3.2.2.1 Punkterna ligger längs en linje

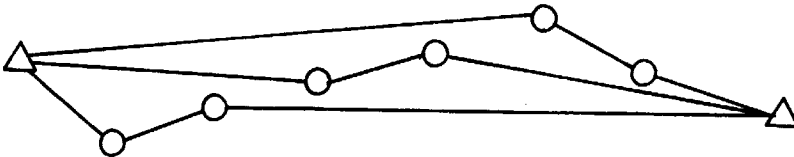
Alternativ 1: Två fasta i ändarna och en rörlig. Den rörliga mottagaren förflyttar sig löpande längs linjen.



$$\text{Tidsåtgång} = i \cdot n \cdot (m+f) - f$$

På det här viset blir inte närsambanden mellan punkterna mätta. Metoden är annars enkel och effektiv.

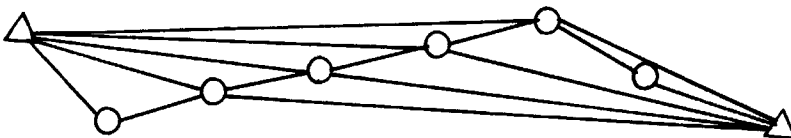
Alternativ 2: Två fasta i ändarna och två rörliga. De två rörliga mottagarna förflyttar sig samtidigt löpande längs linjen.



$$\text{Tidsåtgång} = i \cdot \left[\frac{n+1}{2} \right] \cdot (m+f) - f \quad [] \text{ betyder heltalsdelen.}$$

Dubbel produktion (nästan) jämfört med föregående alternativ. Ev får man räkna med lite längre flyttider för att klara samordningen mellan de rörliga mottagarna. Vissa närsamband fås, men att endast få en del kanske inte ger så mycket.

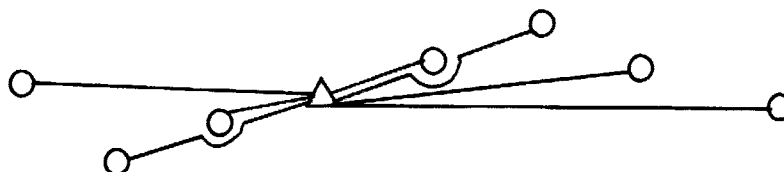
Alternativ 3: Två fasta i ändarna och två rörliga. De rörliga flyttar sig enl "leap-frog"-metoden så att endast en mottagare förflyttar sig åt gången.



$$\text{Tidsåtgång} = i \cdot (n-1) \cdot (m+f) - f$$

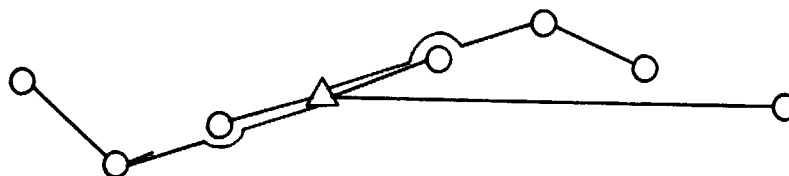
Lägre produktion än föregående (lite bättre än alternativ 1). Styrkan är att närsambanden blir mätta.

Alternativ 4: En fast och en rörlig mottagare (specialfall av alt 1).



Tidsåtgång = $i \cdot n \cdot (m+f) - f$ (samma som alt 1)

Alternativ 5: En fast och två rörliga mottagare (specialfall av alt 2).



Tidsåtgång = $i \cdot \left[\frac{(n+1)}{2} \right] \cdot (m+f) - f$ (samma som alt 2)

Dessutom kan man i alla alternativen bilda en icke-trivial baslinje mellan de fasta stationerna, om man endast utnyttjar de intervall då de rörliga mottagarna är under förflyttning.

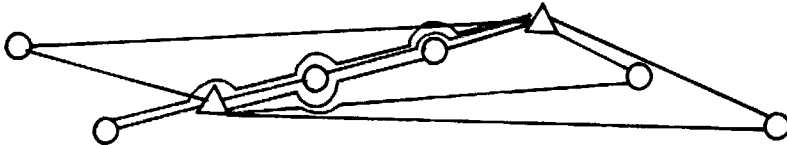
Hur ser då de här olika alternativen ut i praktiken? Hur många punkter kan man mäta under ett givet satellitfönster och med ett givet antal besök? Två besök med 60 min tidsförskjutning eller tre besök med 45 min tidsförskjutning verkar vara en lämplig uppdelning med dagens satellitfönster.

Tidsförskjutning:	m=f=10 min		m=5, f=10 min		m=f=5 min	
	45	60	45	60	45	60
Alternativ 1	4	5	5	6	6	8
Alternativ 2	6	8	8	10	10	14
Alternativ 3	5	6	6	7	7	9
Alternativ 4	3	4	4	5	5	7
Alternativ 5	5	7	7	9	9	13

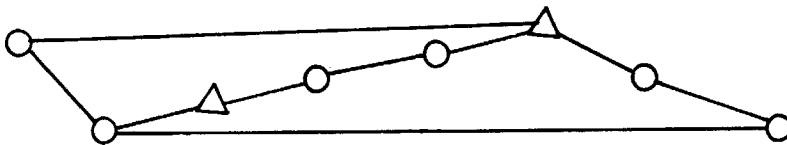
Tabell 6. Totala antalet punkter som hinns med på 45 respektive 60 min vid mätning längs linje.

För att få bättre nätkonfiguration i alternativ 1 och 2 kan de fasta punkterna placeras en bit in i nätet. Detta innebär att anslutningspunkterna (som bör ligga i ändarna) inte blir mätta med fasta mottagare eller så hamnar anslutningspunkterna inte i ändarna. Det senare blir aktuellt om man vill göra en statisk anslutning samtidigt som de pseudo-kinematiska mätningarna görs. Tidsåtgången blir den samma.

Alternativ 1 modifierat: Två fasta mottagare en bit in i nätet och en rörlig.



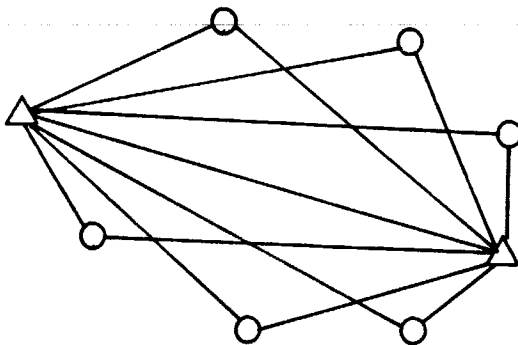
Alternativ 2 modifierat: Två fasta mottagare en bit in i nätet och två rörliga mottagare.



3.2.2.2 Punkterna ligger i en slinga

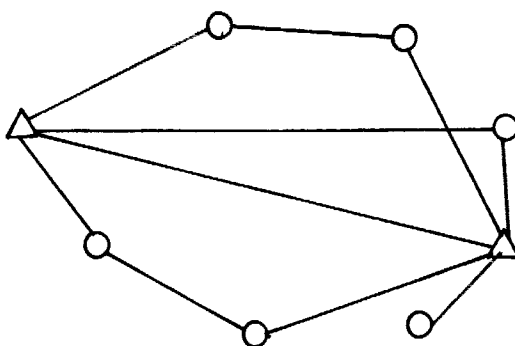
Slingformen medger dels att alla förflyttningstider blir ungefär lika långa och dels öppnas andra förflyttningssmöjligheter (alt 6). Alternativ 3 kan göras mer effektivt och alternativ 1, 2, 4 och 5 får bättre nätkonfiguration.

Alternativ 1: Två fasta i ändarna och en rörlig.



Tidsåtgång = $i \cdot n \cdot (m + f) - f$ (samma som på linje)

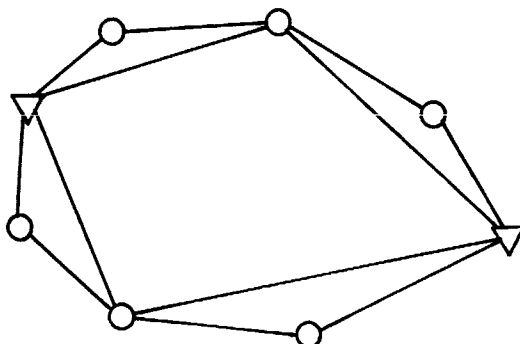
Alternativ 2: Två fasta i ändarna och två rörliga.



$$\text{Tidsåtgång} = i * \left[\frac{(n+1)}{2} \right] * (m+f) - f \quad (\text{samma som på linje})$$

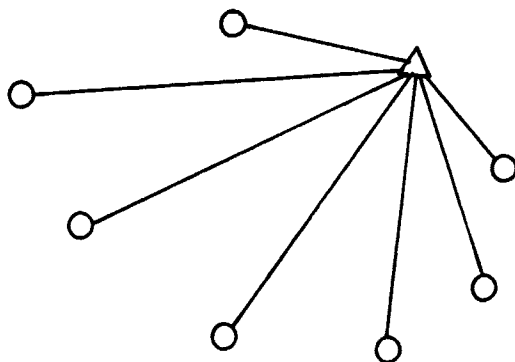
(Om antalet punkter som skall besökas av rörliga mottagare är jämnt delbart med fyra blir det inga lösa "tampar".)

Alternativ 3: Två fasta i ändarna och två "leap-frog"-mottagare.



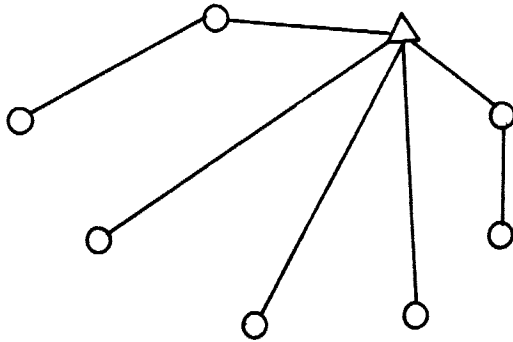
$$\text{Tidsåtgång} = i * (n-2) * (m+f) - f \quad (\text{bättre än på linje})$$

Alternativ 4: Specialfall av alt 1.



Samma tidsåtgång som alt 1.

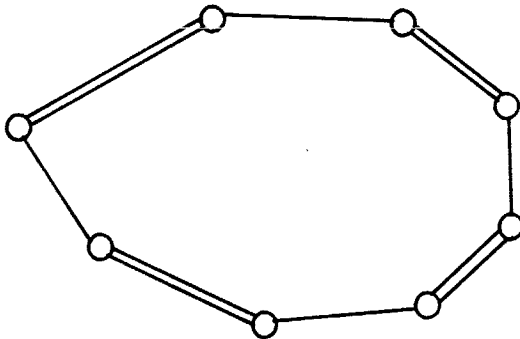
Alternativ 5: Specialfall av alt 2.



(Figuren kan också ritas som föregående.)

Samma tidsåtgång som alt 2.

Alternativ 6: Alla fyra mottagarna förflyttar sig runt slingan enligt "leap-frog"-metoden. Två mottagare flyttar åt gången.



$$\text{Tidsåtgång} = i * \left[\frac{(n+2)}{2} \right] * (m+f) - f$$

Närsambanden mäts liksom i alternativ 3. Det här alternativet är effektivare än alt 3 då totala antalet punkter överstiger sju, under förutsättning att man inte förlorar tid vid samordningen mellan de rörliga mottagarna. Ännu mer effektivt med tre samtidigt flyttbara mottagare, men förmodligen svårt att genomföra i praktiken.

I tabell 7 kan man se hur många punkter som hinns med då man har 45 respektive 60 min tidsförskjutning mellan besöken vid mätning i slinga.

Tidsförskjutning:	m=f=10 min		m=5, f=10 min		m=f=5 min	
	45	60	45	60	45	60
Alternativ 1	4	5	5	6	6	8
Alternativ 2	6	8	8	10	10	14
Alternativ 3	6	7	7	8	8	10
Alternativ 4	3	4	4	5	5	7
Alternativ 5	5	7	7	9	9	13
Alternativ 6	5	7	7	9	9	13

Tabell 7. Totala antalet punkter som hinns med på 45 respektive 60 min vid mätning i slinga.

4. REDOVISNING AV FÄLTKAMPANJ NR 1

Under två veckor i april 1990 genomfördes fältkampanj nr 1 i BFR-projektet "Pseudo-kinematisk/kinematisk GPS-mätning för geodetiska tillämpningar". Fyra Ashtech L-XII - två enfrekvensmottagare och två tvåfrekvensmottagare - användes vid försöken.

Testen gjordes efter det att SA (Selective Availability) infördes (25 mars 1990) för de nya block II satelliterna. SA innebär en kraftig störning av tidsmärkningen av satellit-signalerna samt försämrade banddata för civila användare.

Lantmäteriverkets testnät i Älvkarleby, som har punkttätheten 0.5 - 1 km, användes för att studera "polygontågsmätning med GPS" och Statens Institut för Byggnadsforsknings (SIBs) testnät i Mårtsbo (punkttäthet: 50 - 100 m) för att studera pseudo-kinematiska mätningar på korta håll.

Mätningarna planerades utifrån de erfarenheter som förstudien (se kap 3) gett och genomfördes sedan av två mobila mätlag (en respektive två personer) som förflyttade sig med bil vid mätningarna i Älvkarleby och till fots i SIB-nätet.

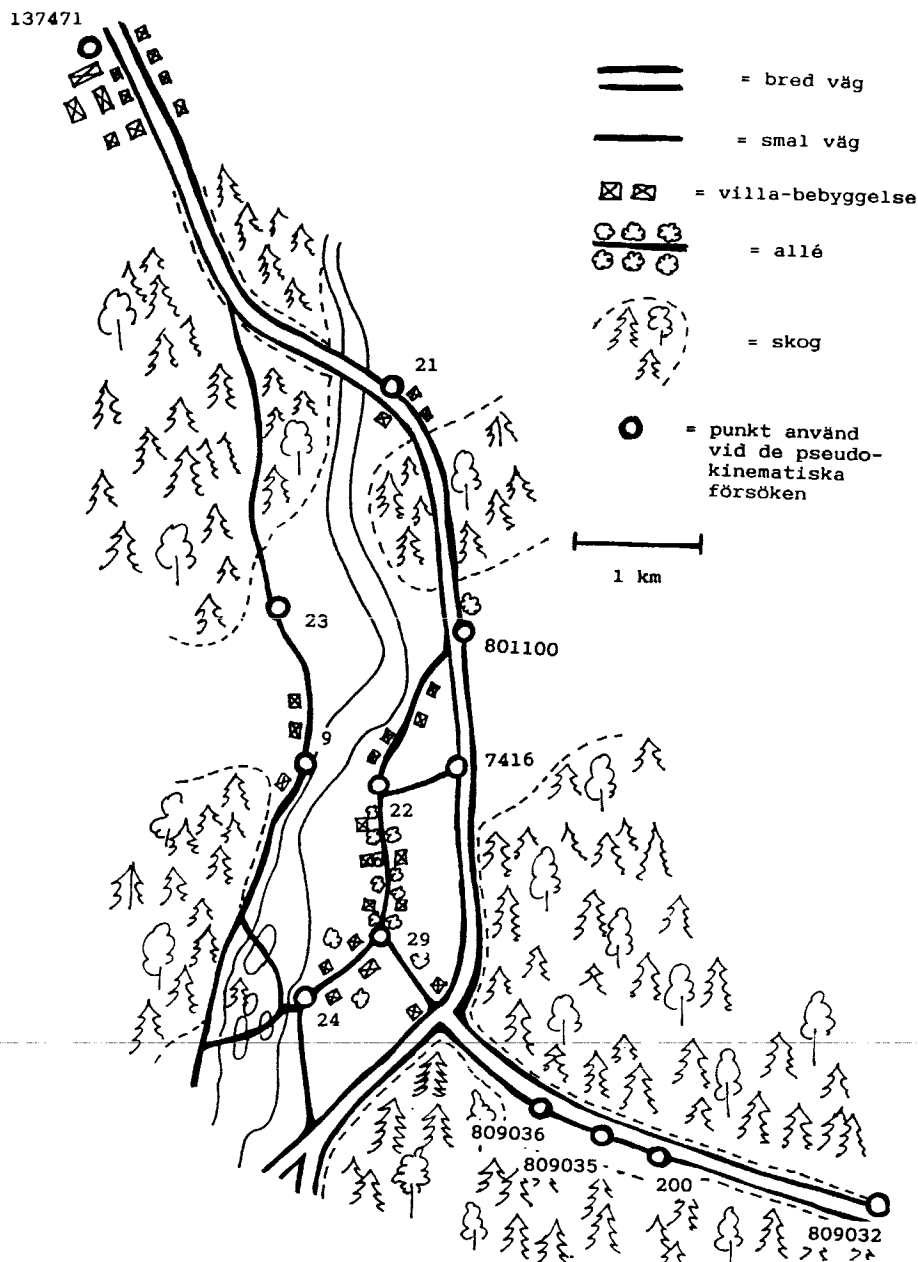
De beräkningar som redovisas här är gjorda för varje baslinje för sig i Ashtechs standardprogramvara. Baslinjelösningarna utvärderades med samma kriterier som används vid statiska GPS-beräkningar - se kap 3.1. Felsökning har sedan utförts genom att beräkna slutningsfel i slingor, varefter godkända lösningar har utjämnats i GeoLab. Jämförelser mellan GPS-koordinater från olika dagar och mellan GPS-koordinater och koordinater i testnäten har utförts med tredimensionell Helmerttransformation.

4.1 TESTNÄT OCH UTFÖRDA MÄTNINGAR

Vid val av testnät för fältmätningarna fanns dels kravet på geometrisk utformning och punkttäthet, dels att utvalda punkter skall vara bestämda med tillräckligt hög noggrannhet för att de skall kunna utgöra en referens. Dessa krav samt att en realistisk mätsituation önskades medförde att följande testnät valdes.

Testmätningar för att studera "polygontågsmätning med GPS" gjordes sju dagar i Lantmäteriets testnät i Älvkarleby. Nätet är ursprungligen upprättat för test av tröghetspositionerings-utrustning. Den del av testnätet som användes har en utbredning av drygt en mil och punktavståndet 0.5 - 1 km. Punkter lämpliga för GPS-mätning, dvs lättillgängliga och med fri sikt uppåt, valdes ut. Två punkter (801100 och 809032) behövde dock bebyggas med 6-14 m mast. Terrängen i området är ganska flack och består omväxlande av öppen mark, villabebyggelse och 15-20 m hög barrskog, se figur 1. Låsning av signalen till samtliga satelliter (eller minst fyra) under förflyttningarna är därför inte möjlig, vilket innebär

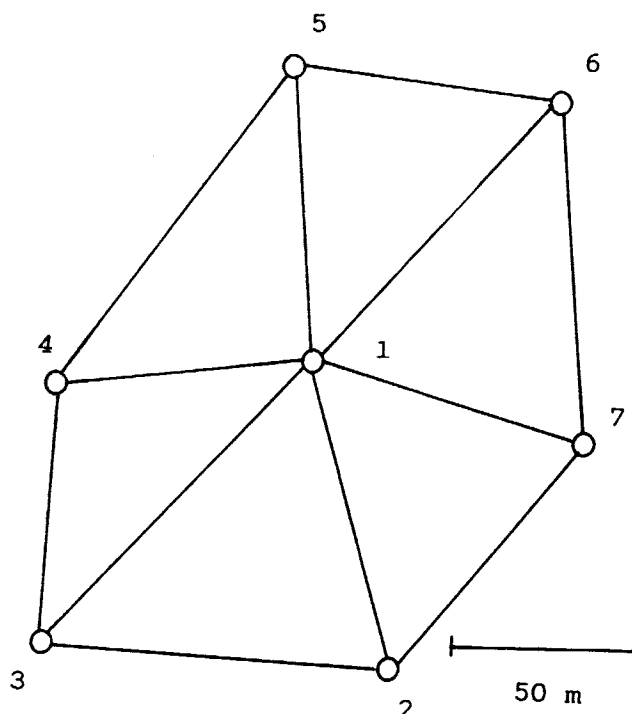
att det ej är möjligt att använda kinematiska metoder, dvs försöken med pseudo-kinematiska mätningar är realistiska. Testnätet är bestämt genom kombination av olika tekniker; statisk GPS-mätning med WM101, WM102 och Ashtech, motoriserad XYZ-mätning och konventionell polygonmätning. Mätningarna är inte samtidigt utjämnade. Lokalt punktmedelfel uppskattas till c:a 2-3 cm.



Figur 1: Testnätet i Älvkarleby.

Dessutom gjordes mätningar under två dagar i Statens Institut för Byggnadsforskning (SIBs) testnät i Mårtsbo - se figur 2. Testnätet är anlagt för tester av bygplatsmätning och har mycket hög noggrannhet (lokalt punktmedelfel

uppskattas till mindre än 1 mm). Även i detta nät finns en del träd som omöjliggör låsning av signalen till alla satelliter under förflyttningarna. Punkt nr 2 har ett permanent torn och punkt nr 7 utrustades med en tillfällig mast.



Figur 2. SIB-nätet i Mårtsbo.

Mätningarna planerades utifrån de erfarenheter som förstudien i kapitel 3 gett - se kap 3.1. Fem satelliter eller fler fanns tillgängliga drygt 3 timmar - se tabell 9. Tre besök per station med en timmes tidsförskjutning planerades in. Dag 110 lyckades vi dock genomföra fyra besök med 40 min tidsförskjutning. En sammanställning av utförda mätningar finns i tabell 8.

Dag	Område	Typ av nät	Alternativ	Obs-tid	Antal punkter	Antal mottagare
107	Älvkarleby	kort linje	3	10	6	4
108	Älvkarleby	kort linje	2	12	8	4
109	SIB	stjärna	5	14	7	3
110	SIB	stjärna	5	7	7	3
113	Älvkarleby	slinga	3	8	8	4
114	Älvkarleby	lång linje	3	12	6	4
115	Älvkarleby	lång linje	3	10	6	4
117	Älvkarleby	slinga	3	7	8	4

Tabell 8. Utförda testmätningar.

Alm Ref	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534	534
SV Num	2	3	6	9	11	12	13	14	16	17	18	19
UTC Time	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ	EL AZ
13:50:00			24 98	64 94	48 83	66 287	17 156					15 283
13:55:00			22 100	61 96	49 80	68 289	19 156					17 283
14:00:00			20 101	59 98	49 76	71 290	22 156					19 284
14:05:00			18 102	56 99	49 73	73 292	24 155					21 284
14:10:00			16 104	54 101	49 69	76 293	27 155					23 285
14:15:00			14:105	52 103	48 65	78 295	29 154					25 285
14:20:00			12:106	49 105	48 62	81 297	32 153					27 286
14:25:00			10:107	47 106	47 59	83 300	34 153				0:333	30 286
14:30:00			8:109	44 108	46 56	86 303	37 152				2:332	32 286
14:35:00			6:110	42 109	45 53	88 313	39 151				4:332	34 286
14:40:00			4:111	40 111	44 50	89 78	41 150				6:331	36 286
14:45:00			2:112	38 112	42 48	87 111	44 149				7:331	38 286
14:50:00		0:183		35 114	41 46	84 116	46 147				9:330	40 286
14:55:00		2:183		33 115	39 44	82 119	49 146				11:329	42 286
15:00:00		4:184		31 116	37 42	79 121	51 144				13:328	45 285
15:05:00		7:184		29 118	35 40	77 123	53 142				14:327	47 285
15:10:00		9:184		26 119	33 39	74 124	55 139				16 326	49 284
15:15:00		11:184		24 120	31 38	72 126	58 136				18 325	51 283
15:20:00		14:185		22 121	29 37	69 127	59 133				19 323	53 282
15:25:00		16 185		20 123	27 36	67 129	61 129				21 322	55 280
15:30:00		18 185		18 124	25 35	64 130	63 124				22 321	57 278
15:35:00		21 185		16 125	23 34	62 131	64 119				24 319	59 276
15:40:00		23 186		14:126	21 34	59 132	65 114				25 317	61 273
15:45:00		26 186		11:127	19 34	57 133	66 108				26 315	62 270
15:50:00		28 186		9:128	17 33	54 135	66 102				27 313	64 266
15:55:00		30 187		7:129	14: 33	52 136	66 95				28 311	65 262
16:00:00		33 187		5:130	12: 33	49 137	66 89				29 309	66 257
16:05:00		35 187		3:132	10: 33	47 138	65 83				30 307	67 252
16:10:00		38 188		1:133	8: 33	44 139	64 78				30 305	68 246
16:15:00		41 188			6: 33	42 140	63 73				31 302	68 240
16:20:00		43 188			4: 33	40 141	61 69				31 300	68 234
16:25:00		46 188			2: 34	37 142	59 65				31 297	67 228
16:30:00		48 188				35 143	58 62	0: 59			31 295	67 222
16:35:00		51 188				32 144	56 60	2: 58			31 292	66 217
16:40:00		54 188				30 145	53 58	3: 56			31 290	64 212
16:45:00		56 188				28 146	51 56	5: 55			30 287	63 208
16:50:00		59 188				25 147	49 55	6: 53			30 285	61 204
16:55:00		62 187				23 148	47 53	7: 52			29 282	59 201
17:00:00		64 186				21 148	45 53	8: 50			28 280	57 198
17:05:00		67 185				19 149	42 52	9: 48			28 278	55 196
17:10:00		69 183				16 150	40 51	10: 47			27 276	53 194

Tabell 9. Satellitfönstret i april 1990.

Beskrivning av de olika alternativen finns i kapitel 3.2. De flesta dagarna gjordes mätningarna enligt alternativ 3, eftersom vi bedömde att det var viktigt att mäta sambanden mellan intilliggande punkter. I efterhand kan man sedan

skala av mätningar och räkna enligt alternativ 1 eller 2. Den korta linjen är c:a 4 km lång och den långa 12 km. I kolumnen "Obs-tid" redovisas observationstiden vid varje besök i minuter. Data registrerades även på referensstationen i Mårtsbo under försöken, men det är hittills endast data från dag 107, 108 och 110 som vi har lyckats använda på grund av problem med dataloggningsprogrammet. Intervallet mellan registreringarna var 10 s, vilket är det värde som Ashtech rekommenderar för pseudo-kinematiska mätningar.

4.2 MÄTNINGARNAS GENOMFÖRANDE

Under försöken hade vi hela tiden två mobila mätlag, bestående av en respektive två personer. Varje lag var utrustat med en GPS-mottagare och vid mätningarna i Älvkarleby med bil och mobiltelefon. I SIB-nätet användes specialbyggda ryggsäckar. Förutom att flytta runt mottagarna under mätning, kontrollerade lagen de fasta stationerna emellanåt och ställde upp stativ och reste master före mätningarna (samt plockade ner desamma efteråt). Inga speciella ansträngningar gjordes för att behålla låsningen av satellitsignalerna under förflyttningarna, förutom att antennen var placerad på takräcket till bilen respektive ett vertikalt rör fastmonterat på ryggsäcken.



Figur 3. Förflyttning mellan stationer i SIB-nätet.

Två dagar (115 och 117) gjordes försök med att helt släcka ut satellitsignalerna under förflyttningarna. Dag 115 skruvades antensladden ur på mottagarna, vilket visade sig ge problem för tvåfrekvensmottagaren. Den behövde ibland upp till 10 min för att få låsning till satelliterna igen när sladden skruvades i. (Då förflyttningarna i genomsnitt tar 7-8 min har det en förödande effekt på mätschemat.) Dag 117 lät vi därför sladden sitta i, men hade antennen avskärmd inne i bilen under förflyttningarna. Resultaten (se nedan) visar att utsläckningen av satellitsignalerna inte har någon försämrande effekt. Några försök med att helt stänga av mottagaren gjordes inte. Dels kunde vi inte se någon tillämpning där det skulle vara intressant och dels ställer det till bekymmer vid beräkningarna, eftersom en ny fil bildas varje gång mottagaren startar (antalet filer i Ashtech-mottagaren är dessutom begränsat). Ofrivilliga försök har tidigare gjorts i samband med strömavbrott (=mottagaren avstängd) under statistiska mätningar och dessa tyder på att det inte är något problem att stänga av mottagaren.



Figur 4. Stationsetablering vid ett besök.

Sammanfattningsvis kan man dock säga att arbetet fungerade bra i fält. En viktig detalj är kommunikationen mellan mätlagen. I vissa lägen behövde nämligen mätschemat revideras. Det fungerade även bra att vara ensam med en rörlig mottagare, vilket innebär att det skulle räcka med två personer i fält (med totalt fyra mottagare). Detta förutsätter dock skyddade uppställningspunkter samt att arbetet "runt omkring" själva GPS-mätningarna (t ex resning av mast, centre-ringar m m) inte kräver mer personal.

4.3 BERÄKNINGAR

Låt oss först definiera några begrepp som används i den här framställningen: Med **session** avses här den tidsperiod, uppdelad på flera korta perioder (en för varje besök), då en viss kombination punkter samtidigt observeras. **Icke-triviala baslinjer** är baslinjer som inte kan bildas genom addition eller subtraktion av andra baslinjer inom samma session. Vid mätning med fyra mottagare kan man bilda totalt sex baslinjer, varav endast tre är icke-triviala.

Beräkningarna gjordes löpande under försökets gång, enligt modellen "beräkning dagen efter". Ashtechs programvara GPPS ver 3 och 4 användes tillsammans med GeoLab för nätutjämnningen. Vid baslinjeberäkningen används samma program som för statistiska mätningar. Enda skillnaden är att man har en extra indatafil (LOGTIMES), där tider för observationerna på de olika stationerna finns loggade. De beräkningar som redovisas här bygger på beräkning av icke-triviala baslinjer. Då de rörliga mottagarna ibland stått stilla flera sessioner, behöver LOGTIMES-filen redigeras mellan olika baslinjeberäkningar för att baslinjerna skall bli icke-triviala. Observationerna mellan sessionerna (dvs under förflyttningarna) har utnyttjats för att beräkna baslinjen mellan de fasta stationerna. Då inget batch-program finns tillgängligt ännu blir beräkningarna ganska tidsödande. Detta är anledningen till att endast de icke-triviala baslinjerna har beräknats. Vid

Dag	Område	Medellängd (km)	Obstid (min)	Andel godkända lösningar
107	Älvkarleby	1.7	10	10/10
108	Älvkarleby	1.8	12	10/10
108	Älvkarleby	1.8	5	10/10
109	SIB	0.1	14	6/6
110	SIB	0.1	7 ₄	13/13
110	SIB	0.1	5 ₂	13/13
113	Älvkarleby	1.6	8	7/16
114	Älvkarleby	5.1	12	8/10
115	Älvkarleby	5.1	10	9/10
115	Älvkarleby	5.1	5	7/10
117	Älvkarleby	1.6	7	12/16
107	Älvkarleby-Mårtsbo	11.8	10	1(2)/6
108	Älvkarleby-Mårtsbo	12.0	12	4(8)/8

Tabell 10. Andel godkända lösningar vid baslinjeberäkningen. Tre besök har använts vid alla lösningar utom dag 110 då fyra och två besök använts.

användning av pseudo-kinematiska mätningar för produktionsmätning bör man dock, liksom vid statistisk mätning, räkna alla baslinjer. En förutsättning då för ett rationellt arbete är ett väl fungerande programsystem för att enkelt kunna genomföra samtliga beräkningar (inkluderande möjligheter till batch-bearbetning).

Baslinjelösningarna utvärderades med samma kriterier som används för statistiska beräkningar - se kap 3.1. Tabell 10 anger hur stor andel av baslinjeberäkningarna som fått godkända lösningar. Allmänt kan man säga att det har blivit fullständiga nät alla dagar utom dag 113, även om inte alla baslinjer har kunnat användas. Dag 113 saknas en satellit (PRN19) och en satellit (PRN11) ger dåliga mätningar, vilket starkt försämrar satellitkonfigurationen. Några problem på SA har vi inte lagt märke till.

Kvalitén på mätdata varierar lite mellan dagarna, men en enkel tumregel att välja observationstiden för besöken, med lite marginal, verkar ligga vid 10 min för baslinjer mellan 1 -5 km. Några försök gjordes med att räkna på endast fem min observationstid (dag 108 och dag 115). Det var då fler baslinjer som inte gick att lösa tillfredsställande, men näten blev i alla fall sammanhängande. Generellt sett krävs större manuella insatser vid beräkningen då observationstiden närmar sig sitt minimum. Mer ingående analyser av observationstidens minimala längd kommer att göras vid Lunds Tekniska Högskola inom ramen för det här projektet. Många baslinjer är observerade i flera sessioner och då man summerar samtliga sessioner får man fler godkända baslinjer än om man utför sessionsvisa beräkningar (för att erhålla icke-triviala baslinjer). De långa baslinjerna mot Mårtsbo gick sämre att beräkna. Siffrorna inom parentes anger antalet godkända lösningar då även lösningar av lägre kvalitet (medelfel c:a 5 cm per koordinat) togs med.

4.4 RESULTAT

4.4.1 Slutningsfel i slingor

En av metoderna för att göra felsökning i GPS-nät som byggs upp av godkända baslinjer (enligt ovan) samt för att få en kvalitétssuppskattning är att beräkna slutningsfel i slingor bildade av icke-triviala vektorer. Sådana slingor har bildats inom varje dags mätningar och finns redovisade i tabell 11. Resultatet är att betrakta som bra och jämförbart med statistiska GPS-mätningar; i plan understiger slutningsfelen 1 cm och i höjd går de endast undantagsvis upp till 2 cm (inget längdberoende har kunnat konstateras). Man skall ha klart för sig att dessa slutningsfel inte innefattar centre-ringsfel, eftersom tvångscentrering användes inom dagarna samt att den här typen av sessioner som är "innästlade" i varandra borde ha ett starkare beroende än vanliga sessioner vid statistisk mätning med tanke på fel beroende av satellitbarnorna och satellitkonfigurationen.

Dag	Längd(km)	Obs.tid	Slutningsfel		
			$\Delta N(\text{mm})$	$\Delta \ddot{o}(\text{mm})$	$\Delta U(\text{mm})$
107	7.8	10	+9	+7	-3
	2.6	10	+2	0	+3
	4.4	10	-1	-5	-2
	6.2	10	+8	+9	+3
	4.3	10	+2	+4	-3
108	8.1	12	-7	-1	+17
	7.7	12	+4	-3	-3
	9.4	12	+3	-4	-2
108	8.1	5	+7	+2	-18
	7.7	5	+7	+2	+1
	9.4	5	+4	0	0
113	2.6	8	+2	+2	+7
	5.9	8	-9	-4	+1
114	11.4	12	0	-1	+6
	12.8	12	-1	+1	-1
	24.7	12	-9	-2	+4
115	13.2	10	+8	+3	0
	15.2	10	-2	-2	+10
	11.4	10	0	0	-11
	12.8	10	+5	0	-4
	24.6	10	-5	-4	19
115	13.0	5	+6	-1	+4
	25.3	5	+5	+2	-16
	26.8	5	-1	+3	-20
117	6.3	7	-1	-4	0
	5.7	7	+3	-3	-4
	6.1	7	+2	+1	-4
	2.6	7	+2	0	+3
	6.2	7	-4	-3	+6
RMS			5 mm	3 mm	8 mm

Tabell 11. Slutningsfel i slingor bildade av icke-triviala baslinjer inom respektive dag. Felen redovisas i ett lokalt system: Norr, Öster, Upp.

4.4.2 Koordinatjämförelser

Jämförelserna med testnäten gjordes med tredimensionell Helmerttransformation, sk 7-parameter-transformation. Innan den tredimensionella transformationen kunde utföras måste testnätens koordinater räknas över till kartesiska

Kort linje: Dag 107,10				Dag 108,12			Dag 108,5		
Stn	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU
809035	-8	-3	-7	-7	-2	+5	-7	-2	+4
22	+13	-6	-13	+7	-4	+2	+5	-4	+2
29	+19	-5	+5	+16	-1	+6	+17	-2	+5
809036	-7	-1	+9	-5	+5	+8	-4	+5	+9
801100	-14	+12	+6	-15	+10	-11	-14	+11	-11
7416	-2	+3	0	-5	+13	+13	-5	+14	+12
200	-	-	-	-10	-16	-13	-12	-16	-12
24	-	-	-	+18	-6	-8	+20	-7	-9
σ_0 :	12 mm/koord			12 mm/koord			12 mm/koord		
skala :	0.3+-3.4 ppm			-4.2+-2.8 ppm			-4.4+-2.8ppm		

Lång linje: Dag 114,12				Dag 115,10			Dag 115,5		
Stn	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU
137471	+5	-1	-7	+3	+1	+2	+5	+2	+8
29	+11	-3	-2	+14	-3	+6	+14	-4	+5
809036	-9	+9	-7	-7	+4	-9	-7	+5	-6
809032	+8	-4	-4	+5	-2	+3	+6	-2	+5
7416	-10	+1	+19	-13	+3	+4	-14	+2	-2
21	-5	-2	+1	-2	-4	-6	-4	-4	-11
σ_0 :	10 mm/koord			8 mm/koord			9 mm/koord		
skala :	-0.7+-1.0 ppm			-1.0+-0.8 ppm			-1.1+-0.9ppm		

Slinga: Dag 113,8				Dag 117,7		
Stn	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU	ΔN	$\Delta \ddot{O}$	ΔU
801100	-2	+2	-17	-19	+3	-9
22	+4	0	+2	+3	+4	-1
24	-8	-2	-15	+2	-6	-6
9	+10	-3	+11	+14	-6	+1
29	+3	-1	+7	-3	0	+4
7416	-8	+3	+11	-12	+3	+8
21	-	-	-	+11	+8	0
σ_0 :	10 mm/koord			9 mm/koord		
skala :	-14.3+-4.0 ppm			-9.1+-2.2 ppm		

Tabell 12. 3-dimensionella Helmert-transformationer till testnätet i Älvkarleby. Residualerna redovisas i det lokala systemet; Nord, Öst och Upp. Enhet: mm. "Dag 108,5" etc betyder lösning från dag 108 då 5 min observationstid per besök använts.

geocentriska koordinater. Vid denna överräkning togs ingen hänsyn till geoidvariationen i något av fallen. (Terrängen är som tidigare nämnts ganska flack och områdena inte så stora.) Transformationerna till testnätet i Älvkarleby redovisas i tabell 12. Grundmedelfelen visar på relativt god överensstämmelse med testnätet i Älvkarleby, men skalfaktorerna blir i vissa fall i de mindre näten ganska stora. Då näten transformeras med fast skala ökar grundmedelfelen för dag 113 och 117 från 10 till 14 mm respektive 9 till 12 mm, i övrigt är förändringarna mindre än 1 mm. De stora näten (utbredning en mil) visar god överensstämmelse även i skala. Överensstämmelsen är betydligt bättre internt mellan olika dagar och med SIB-nätet - se tabell 13 och 14. Vid transformationerna till SIB-nätet i Mårtsbo beräknades ej någon skalparameter pga nätets ringa utbredning.

Den goda överensstämmelsen med testnätet i Älvkarleby innebär att de pseudo-kinematiska mätningarna minst håller samma noggrannhet som testnätet, dvs lokalt punktmedelfel 2-3 cm. Interna kontroller och transformationerna mellan olika dagar samt transformationerna till SIB-nätet tyder på högre noggrannhet - likvärdig med statistiska mätningar. För att kunna undersöka om pseudo-kinematiska mätningar håller samma noggrannhet som statistiska GPS-mätningar vore det lämpligt att förbättra den del av testnätet i Älvkarleby som använts vid de här försöken. Sådana mätningar är planerade innan slututvärderingen av de här försöken utförs.

SIB	109,14-Terr			110,5-Terr			109,14-110,5		
Stn	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU
1	+2	-1	+7	-1	-1	+7	+3	-1	+2
2	+8	+4	+1	+7	+5	+4	+1	-1	-1
3	-2	-1	-5	-2	-1	+1	-1	0	-2
4	-3	0	+5	-1	-4	+7	-3	+4	0
5	-1	-2	-8	-6	0	-10	+5	-2	+3
6	+1	+4	+5	-5	+5	+10	+6	-1	-6
7	-5	-3	-6	+7	-4	-10	-12	+1	+4
137450	-	-	-	+1	+1	-9			
σ_0 : fast skala	5 mm/koord			6 mm/koord			5 mm/koord		

Tabell 13. 3-D Helmert-transformation med fast skala i SIB-nätet. Residualer i mm i ett lokalt system.

	Älvkarleby 107,10-108,12			113,8-117,7			114,12-115,10		
Stn	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU	ΔN	$\Delta Ö$	ΔU
809035	-1	+2	-5	-	-	-	-	-	-
22	+3	+1	-11	-3	-5	+2	-	-	-
29	+2	-1	+7	+9	0	+5	-2	0	-8
809036	-2	-3	+8	-	-	-	-2	+5	+2
801100	-3	+6	+14	+5	-1	-8	-	-	-
7416	0	-7	-12	-2	+3	+4	+3	-2	+16
9	-	-	-	-7	-1	+5	-	-	-
24	-	-	-	-2	+4	-8	-	-	-
137471	-	-	-	-	-	-	+2	-2	-9
809032	-	-	-	-	-	-	+3	-3	-7
21	-	-	-	-	-	-	-4	+2	+7
σ_0 :	8 mm/koord			6 mm/koord			7 mm/koord		
skala :	+5.7+-2.4 ppm			+0.9+-2.6 ppm			+0.3+-0.8ppm		

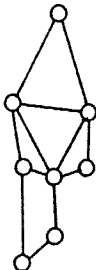
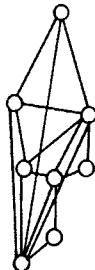
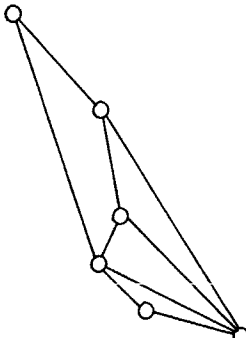
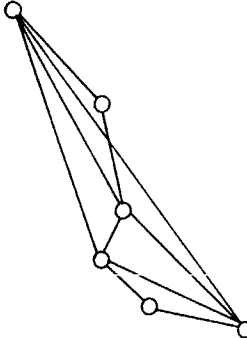
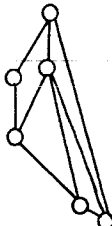
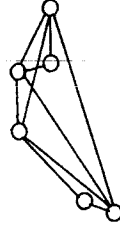
Tabell 14. 3-D Helmert-transformationer mellan olika dagars lösningar i Älvkarleby. Residualer i mm i ett lokalt system.

4.5 PSEUDO-KINEMATISK KONTRA STATISK GPS

I föregående kapitel har noggrannheten vid pseudo-kinematiska mätningar studerats, men hur förhåller det sig med andra faktorer som påverkar planering, mätning och beräkning? Går det egentligen snabbare än med statisk GPS? Den frågan kan naturligtvis inte besvaras fullständigt nu, eftersom ytterligare analyser för optimering av observationstiden återstår. De utförda mätningarna och beräkningarna kan dock ge en viss indikation. För att få en uppfattning om skillnad i tidsåtgång och nätuppbbyggnad har de tre näten i Älvkarleby ("kort linje", "lång linje" och "slinga") även planerats för statistiska mätningar.

De pseudo-kinematiska mätningarna är planerade enligt alternativ 3 och tiderna för flytt och mätning överensstämmer med de som användes vid försöken. Utrymme för effektivisering finns dock - se föregående kapitel - där observationstiden minskats från 10 min till 5 min vid varje besök i några fall.

Jämförelsen i tabell 15 visar att de pseudo-kinematiska mätningarna är snabbare än statistiska mätningar vad gäller själva mättiden mellan början på första sessionen och slutet på sista. Till denna tid kommer tiden för att sätta upp och ta ned stativ och master, vilken blir något längre i det pseudo-kinematiska fallet eftersom denna tid delvis är inräknad i flyttiden vid de statistiska mätningarna. Tiden för de pseudo-kinematiska mätningarna kan förmodligen minskas vid optimering av observationstiden samt genom att använda mätstrategier som inte kräver att sambandet mellan alla intilliggande punkter skall mätas.

	Statiskt	Pseudo-kinematiskt
Kort linje		
Antal sessioner:	3	4
Sessionslängd:	1 tim 30	3*10 min
Flyttid:	15 min	10 min
Total tid:	5 tim	2 tim 50
Lång linje		
Antal sessioner:	3	3
Sessionslängd:	1 tim 30	3*10 min
Flyttid:	15 min	10 min
Total tid:	5 tim	2 tim 50
Slinga		
Antal sessioner:	4	5
Sessionslängd:	1 tim 30	3*7
Flyttid:	15 min	8 min
Total tid:	6 tim 45	3 tim 40

Tabell 15: Jämförelse mellan statistiska och pseudo-kinematiska mätningar.

Även momenten planering och beräkning bjuder på några skillnader gentemot statistiska mätningar. Planeringen måste göras mer omsorgsfullt, då högre krav ställs på punkterna (de måste vara lättillgängliga och det är viktigare att det inte finns några hinder som skymmer satelliterna.) Dessutom verkar det som om en bättre satellitkonfiguration (minst fem satelliter) krävs. Beräkningarna utförs i grunden med samma programvara som vid statistiska mätningar, men då det för närvarande inte finns något batch-program för pseudo-kinematiska mätningar, blir de manuella insatserna större. Den effektiva beräkningstiden blir dock kortare eftersom det är betydligt färre observationer i varje baslinje som skall utjämnas.

I övrigt är personalstyrkan densamma som vid statistiska mätningar, skillnaden är att de pseudo-kinematiska mätningarna kräver större aktivitet under själva mätningarna.

5. SLUTORD

Sammanfattningsvis kan man konstatera att mätmetoden för pseudo-kinematiska mätningar fungerar bra i fält samt att de resultat som erhållits är mycket lovande - både vad gäller noggrannhet och effektivitet. Ytterligare analyser av detta material behöver dock göras för att undersöka olika faktorerers påverkan på resultatet (t ex observationstidens längd, antal besök och satellitkonfigurationen under observationsintervallet) samt att försöka utveckla en effektiv mätstrategi. Dessa analyser kommer att göras av Lunds Tekniska Högskola fram till etapp två i projektet. Resultatet av dessa analyser och tidigare erfarenheter kommer att ligga till grund för utformningen av fältförsöken i etapp två.

6. REFERENSER

- Ashjaee J mfl, 1988: Ashtech XII GPS Receiver the All-In-One All-In-View. International Symposium on Global Positioning System, Queensland, October 1988.
- Ashkenazi V ,1989: Rapid Static and Kinematic GPS Surveying.
- Ashtech Inc. 1990: Ashtech XII GPPS GPS Post Processing System.
- Fredriksson K, Jivall L, 1990: Kinematisk och pseudo-kinematisk GPS - ett alternativ till statisk GPS? Svensk Lantmäteritidskrift 1990:1.
- Minkel David H, 1989: Demonstration and Diskussion of the Pseudo-kinematic Method. 5th International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Las Cruces, New Mexico, mars 1989.
- Remondi B, 1988: Kinematic and Pseudo-kinematic GPS. Rapport från ION GPS -88, Colorado Springs.

