



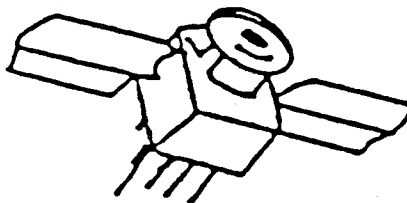
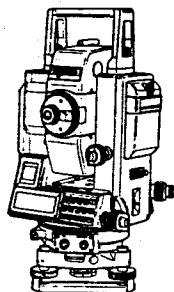
Lantmäteriet
Lantmäteriverket - National Land Survey
S - 801 82 GÄVLE · SWEDEN

Tekniska skrifter - Professional Papers

LMV-RAPPORT 1992:16

ISSN 0280-5731

**ALTERNATIVA METODER VID
FRAMSTÄLLET AV ORIENTERINGSKARTOR**



Ett examensarbete utfört av
Kjell Almgren och Lars Håkan Sandvik

GÄVLE 1992

Lantmäteriverkets senaste Tekniska skrifter i geodesi

- 1988:16 Haller L-Å & Ekman M: The Fundamental Gravity Network of Sweden.
- 1988:24 Lidberg M: Frihöjd - ett datorprogram för höjdbestämmning vid fri uppställning.
- 1988:26 Ekman M: The Impact of Geodynamic Phenomena on Systems for Height and Gravity.
- 1989:4 Ekman M: Geodesins historia i Sverige - en liten översikt.
- 1990:3 Edgren M & Sundstrand G: Utredning om och förslag till stornät och koordinatsystem i Stor-Stockholm.
- 1990:8 Becker J-M: The Swedish Experience with the ISS Uliss 30 - Results from Tests and Pilot Projects.
- 1990:10 Hedling G, Jivall L, Jonsson B: Results and Experiences from GPS Measurements 1987-1990 - SVENAV-87, Local Control Networks and Dual-frequency Measurements.
- 1990:11 Jonsson B & Jivall L: Experiences from Kinematic GPS Measurements.
- 1990:13 Jivall L & Ollvik L: BFR-projektet "Pseudo-kinematisk/kinematisk GPS-mätning för geodetiska tillämpningar" - lägesrapport för etapp 1.
- 1991:1 Ekman M: Ellipsoider, geoider, koordinatsystem, höjdsystem och tyngdkraftssystem i Sverige.
- 1991:4 Jonsson B: Kort introduktion till GPS.
- 1991:7 Becker J-M & Andersson B: Utvärdering av NA 2000 - nytt digitalt avvägningsinstrument. (Engelsk version 1991:15.)
- 1991:8 Lithén T & Persson C-G: Planering av GPS-nät.
- 1991:17 Jivall L: Jämförande GPS-beräkningar med TRIMVEC-PLUS.
- 1991:18 Jivall L: GPS-beräkning för stornät. (Engelsk version 1991:22.)
- 1992:10 Ekman M: Om lokala massors inverkan på geoiden. (On the Effect of Local Masses on the Geoid - Summary in English.)
- 1992:14 Hedling G, Jivall L, Jonsson B, Andreasson J: Some Swedish GPS Activities 1991 - Geodetic Control Surveying, Aerial Photography and a Swedish DGPS Network.



Titel

ALTERNATIVA METODER VID FRAMSTÄLLET
AV ORIENTERINGSKARTOR

av Kjell Almgren och Lars Håkan Sandvik

Huvudinnehåll

Rapporten utgörs av ett examensarbete på Lantmäterilinjens mät- och kartinriktning. Dess huvudsakliga innehåll består av två olika försök med alternativ teknik vid rekognosering av orienteringskartor. Vid försöken har totalstation och det satellitbaserade positionsbestämningssystemet GPS använts.

Följande personer har fungerat som handledare för arbetet:

Dan Norin m fl
Kartavdelningen
Geodetiska utvecklingsenheten
LMV, Gävle

Lars E Sjöberg
Geodesi
KTH, Stockholm

LDOK

KG

Beställs hos



Lantmäteriverket
Blankettförrådet
801 82 GÄVLE



Allmänna Förlaget



FÖRORD

Detta examensarbete utreder möjligheterna att använda sig av alternativa metoder vid framställning av orienteringskartor. Det utgör avslutningen av författarnas studier vid Lantmäterilinjens mät- och kartinriktning på KTH, Stockholm. Examinator för examensarbetet har varit professor Lars E Sjöberg

Arbetet har utförts vid Lantmäteriverket i Gävle där vi erhållit stort stöd från Bengt Andersson, Gunnar Hedling, Bo Jonsson och Dan Norin på geodetiska utvecklingsenheten (KG) samt Mikael Johansson och inledningsvis Anders Timmer på informationssystemenheten (KI). Till dem och till alla andra trevliga människor på LMV framför vi härmed vårt varma tack.

GÄVLE 1992-08-12

Kjell Almgren

Lars Håkan Sandvik

ABSTRACT

This report presents the authors' thesis for the Master of Science Degree at the Royal Institute of Technology, Stockholm. The purpose of this thesis is to investigate different techniques for the field work related to the production of orienteering maps. Two techniques were tested, terrestrial surveying methods and GPS measurements.

In the field test, we used an EDM-instrument and a field computer. All point objects as well as breakpoints on lines and edges of surfaces were measured and stored. Every object was assigned a code. The computer system used was made for orienteering maps and each code was related to a token on the screen (map). Lines and surfaces had separate codes which told the system to draw lines. The map from the test can be seen in appendix 8.

The map was found to be very accurate, but the time needed was nearly ten times longer than for traditional field work. For the time being the viability of this method is rather poor. Maybe the method can be used as a help in difficult situations.

The second test that was made was shorter, due to problems with occupied GPS receivers. We reduced the work to the measurement of only twenty points from the terrestrial test. We compared the coordinates and found a radial mean error of about 2.5 meters for the GPS test, which is on the error limit for an orienteering map. The variation between the points was large due to different geometric constellation of the satellites (described by the PDOP-value). The equipment was large and heavy; it was not easy to move it through the forest.

The progress towards smaller receivers and antennas will increase the possibilities to use GPS in the production of orienteering maps. Furthermore, the errors will hopefully decrease as the error models become better and more satellites are in work. Maybe it is then time for using the GPS system in this application.

INLEDNING

Examensarbetets syfte var att titta på alternativ teknik i fält vid framställande av orienteringskartor. Två olika försök gjordes, ett med totalstation och fältdator och ett med hjälp av ett satellitbaserat positionsbestämningssystem.

För att få en grund att stå på redogörs i inledningen för den traditionelle kartritarens arbete. Läsaren får en inblick i hela produktionskedjan vid framställning av en orienteringskarta.

Vidare följer en beskrivning av det amerikanska satellitsystemet NAVSTAR-GPS vars satelliter utnyttjades vid mätningarna. Korta redogörelser för satellitgeometri, användningsområden, mätteknik och utvecklingsmöjligheter ger en bakgrund till vårt försök.

Efter en kort beskrivning av använda instrument och program ges en möjlighet att ta del av vårt arbete med totalstation och fältdator. Från registrering i fält via fältdator och flyttfiler till uppritning och redigering på skärm. I slutet av kapitlet görs en jämförelse mellan vårt försök och den traditionella kartritningen. Framförallt tidsåtgång men även andra för- och nackdelar granskas.

Nästa kapitel handlar om vårt eget försök med positionsbestämning med GPS. På grund av de begränsade möjligheterna att utnyttja instrumenten blev omfattningen av detta test mindre än planerat. Emellertid hann vi med att försöka föra över linjer direkt från satellitmätning till karthanteringssystemet.

Därefter görs en kort fundering över ytterligare alternativa metoder för orienteringskartritaren.

Till sist görs en sammanfattning av våra resultat.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		sid
1	SYFTE OCH MÅL	1
2	ORIENTERINGSKARTAN	3
2.1	Historik	3
2.2	Innehåll	4
2.3	Noggrannhet	5
2.4	Generalisering och läsbarhet	6
2.4.1	Urvalsgeneralisering	6
2.4.2	Grafisk generalisering	6
2.5	Framställningsmetod, traditionell kartritning	8
2.5.1	Planering, markkontakter etc	8
2.5.2	Framtagande av grundmaterial	8
2.5.3	Fältrekognosering	9
2.5.4	Konceptritning	9
2.5.5	Renritning	10
2.5.6	Tryckning, reproarbete	10
3	GPS	12
3.1	Historia, beskrivning	12
3.2	Användning	13
3.3	Mätteknik	13
3.3.1	Kodmätning	14
3.3.2	Bärvågsmätning	15
3.4	Övervakning av GPS-systemet	15
3.5	Faktorer som påverkar GPS-mätning	16
3.6	GPS i geodesin	17
3.7	GPS-utvecklingen i Sverige	18
3.8	Koordinatsystem	18
3.9	GPS i framtiden	19
4	INSTRUMENT OCH PROGRAM	20
4.1	AutoKa-FC	20
4.2	Fältdatorn Geomac III	21
4.3	Geodimeter 400	22
4.4	AKU/PC-Mapper	23
4.4.1	Operativsystem och delprogram	23

5	FÄLTREKOGNOSERING MED TOTALSTATION OCH FÄLTDATOR	25
5.1	Försöksområde	25
5.2	Arbetsmetod/arbetsteknik	25
5.2.1	Kortfattad beskrivning av arbetsgången	29
5.3	Resultat	29
5.4	Jämförelser med traditionell kartritning	30
5.4.1	Fördelar	30
5.4.2	Nackdelar	31
5.5	Kombinering av totalstationsmetoden och traditionell teknik	32
5.5.1	Alternativt framtagande av grundmaterial	33
5.5.2	Förbättring av grundmaterial	34
5.6	Alternativ inmätningssmetod	35
6	FÖRSÖK MED GPS	36
6.1	Förutsättningar	36
6.2	Arbetsmetod	36
6.3	Genomförande	38
6.4	Resultat	40
6.5	Framtidsvisioner	41
6.6	Test med linjeobjektsbildning	43
7	ALTERNATIV TEKNIK	45
7.1	Radiopositionering	45
7.2	Tröghetspositionering	45
8	SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	47
8.1	Totalstations- och fältdatorförsöket	47
8.2	GPS-försöket	48
	REFERENSER	50
	BILAGOR	BILAGA 1-7
	FÄRDIG KARTA FRÅN TOTALSTATIONSFÖRSÖK	BILAGA 8

1 SYFTE OCH MÅL

Själva ritarbetet vid framställning av en orienteringskarta har sedan en tid kunnat göras digitalt med gott resultat. Två examensarbeten har tidigare gjorts inom detta område (Ek, Fitger, 1978 och Levin, 1989).

Då vi själva båda två har orienteringsbakgrund och ett stort intresse för det karttekniska bestämde vi att även vårt examensarbete skulle behandla detta område. Vi valde dock att gå ett steg längre och skapa digitala data redan vid rekognosering i fält, eftersom digitalisering vid ritarbetet redan kan anses som väl utrett.

Två metoder kom att användas i fält. Dels använde vi oss av totalstation och fältdator, en sedan länge beprövad metod som nu fick en ny tillämpning. Dels provade vi på att jobba med det amerikanska satellitsystemet NAVSTAR-GPS, en ny teknik som utvecklas snabbt och kan skapa nya möjligheter i framtiden.

När det gällde den första metoden, totalstation och fältdator, så ansåg vi att den skulle vara genomförbar i praktiken, medan GPS-delen till stor del skulle bestå av framtidsvisioner.

Målsättningen var för det första att göra jämförelser mellan de nya teknikerna och den traditionella rekognoseringen i fält, där allting görs för hand med kompass och stegning. Tidsåtgången och noggrannhetsaspekterna var de viktigaste jämförelsepunkterna.

Vi ville även få en uppfattning om i vilka terrängtyper respektive metod var lämplig samt titta på, om man på ett vettigt sätt kunde kombinera metoderna med traditionell kartritning och i så fall hur detta skulle utföras.

Dessutom utreddes möjligheterna att direkt i fält kod-sätta information, så att uppritningssystemet kunde använda den utan vidare manuell bearbetning.

2 ORIENTERINGSKARTAN

2.1 Historik

Orienteringen var till att börja med en militär idrott och den uppstod under slutet av 1800-talet. Den första civila (dokumenterade) orienteringstävlingen hölls söndagen den 31 oktober 1897 i Nordmarka norr om Oslo.

Under 1920-talet blev orientering en utbredd sport i de skandinaviska länderna och under de senaste tjugo åren har den utvecklats till en världssport.

Orientering är en sport i vilken den tävlande besöker ett antal kontroller på kortast möjliga tid, vägledt endast av karta och kompass. Det är viktigt att de tävlande deltar under rättvisa förhållanden och ju bättre kartan är, desto bättre uppfylls detta krav.

Ur den tävlandes synvinkel är en detaljrik och läsbar karta ett hjälpmedel för bestämmande av vägval. Den gör det möjligt för honom/henne att välja ett vägval som passar hans/hennes kartläsnings- och löpförmåga. Om kartan inte ger en sann bild av terrängen eller om den är svårläst så förlorar emellertid skickligheten i denna vägvalsplanering sin mening.

Fram till och med 1960-talets början använde orienterarna sig av tillgängliga allmänna kartor framtagna av respektive lands kartverk. Under 1960-talet började dagens orienteringskarta ta form då orienterarna startade en egen produktionsverksamhet. Kartskalan ändrades från 1:50 000 till 1:25 000 (numera 1:15 000) vilket medförde att detaljrikedomen i kartbilden kunde ökas. Detta innebar i sin tur att orienterarna själva fick utföra ett omfattande rekognoseringsarbete i skogen. Den första internationella kartnormen, som reglerar utseende och innehåll i detalj, kom 1969.

En kartritares uppgift är att med stöd av gällande kartnorm (SOFT-förlaget, 1991) avgöra vilka föremål som skall tas med, samt även hur de skall redovisas på kartan. Det är viktigt att man har god kontakt med sporten för att man skall ha förståelse för de grundläggande krav som ställs på en orienteringskarta: dess innehåll, noggrannhet, detaljeringsnivå och framför allt läsbarhet.

2.2 Innehåll

Orienteringskartan kan ses som en detaljerad topografisk karta. De föremål som redovisas på kartan skall vara tydliga i terrängen för en tävlande i löpfart. Alla föremål som skulle kunna påverka kartläsning eller vägval måste redovisas - terrängformationer, stenar, branter, markens beskaffenhet, löpbarhet, huvudsaklig markanvändning, hydrografi, samhällen, enskilda byggnader, väg- och stignät, andra kommunikationsleder samt övriga föremål som är av betydelse ur kartläsningssynpunkt.

En viktig aspekt på orienteringskartan är terrängens form. Behovet av korrekt användning av höjdkurvor för att visa en tredimensionell bild av terrängen, dess form och höjdskillnader, kan inte överskattas.

Det är även viktigt att kartan visar begränsningar och övergångar mellan olika marktyper - sankmark, fast mark, blockterräng, öppen mark, tät skog mm.

Framkomligheten och terrängens beskaffenhet påverkar vägval och löphastighet och därför måste kartan innehålla information om dessa faktorer. Vägar och stigar skall klassificeras. I fall sankmarker, vattendrag, branter och tät skog är passerbara eller ej skall framgå, och förekomsten av öppna ytor skall redovisas. Även tydliga

vegetationsgränser är användbara vid kartläsningen och därför skall de markeras.

Som tidigare sagts skall kartan innehålla allt som är tydligt i terrängen och som är av värde ur kartläsnings-synpunkt. Detta krav kan dock, i detaljrik terräng, bli oförenligt med en läsbar karta, varför kartritaren även måste bemöda sig om att bibehålla kartans tydlighet och läsbarhet. Detta sker genom att t ex beakta symbolernas storlek på kartan vid valet av generaliseringsnivå (se kap 2.4).

2.3 Noggrannhet

Huvudregeln är att orienterare i tävlingsfart inte skall uppfatta någon felaktighet i kartan. Kartans noggrannhet som helhet beror på noggrannhet vid inläggning (läge, höjd och form) och noggrannhet vid renritning. Lägesnoggrannheten för en orienteringskarta måste vara likvärdig med den som erhålls med hjälp av kompass och stegning.

Korrekt höjdåtergivning, vad gäller höjdkurvornas absoluta överensstämmelse med verkligt höjdvärde, är av mindre betydelse på en orienteringskarta. Däremot är det viktigt att kartan så korrekt som möjligt visar den relativa höjdskillnaden mellan närbelägna föremål. Även en riktig redovisning av formen på höjder och höjdkurvor är av stor betydelse för orienteraren då en detaljerad och korrekt eller ibland även överdriven bild av terrängens form är en grundläggande förutsättning för kartläsningen. En överdriven redovisning av små detaljer får emellertid inte skymma de stora dragen i terrängen.

2.4 Generalisering och läsbarhet

Bra orienteringsterräng karaktäriseras av stor detaljriktighet. Bland alla dessa detaljer skall de som är mest nödvändiga för löparen i en tävlingssituation väljas ut och redovisas på kartan. För att göra detta och samtidigt undvika att kartan blir svårläst måste generalisering tillämpas. Generalisering kan enligt Kartnormen (SOFT-förlaget, 1991) indelas i två olika faser nämligen urvalsgeneralisering och grafisk generalisering.

2.4.1 Urvalsgeneralisering

Denna fas innebär att man väljer ut vilka detaljer som skall redovisas på kartan. I detta beslut måste man beakta två viktiga faktorer: föremålets betydelse ur löparens synvinkel samt dess påverkan på kartans läsbarhet. Dessa två faktorer går ibland inte att förena, men kravet på läsbarhet får aldrig frångås för att fylla kartan med en mängd små detaljer. Därför är det nödvändigt att på rekognoseringsstadiet bestämma sig för minimimått för många slag av detaljer. Dessa minimimått kan variera från karta till karta beroende på förekomsten av detaljen i fråga. Däremot är homogenitet en av kartans huvudkvaliteter och därför måste samma urvalskriterier användas över hela kartan.

2.4.2 Grafisk generalisering

Kartans tydlighet påverkas också klart utav denna fas. De metoder som kan användas är förenklingar, förskjutningar och överdrifter.

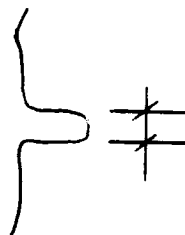
Läsbarheten kräver att symbolernas storlek och linjebredd samt eventuella mellanrum mellan linjer baseras på vad man kan uppfatta med normal syn i dagsljus.

Storleken på det minsta föremål som tas med på kartan beror dels på symbolens grafiska egenskaper (färg, storlek och form) samt dels på läget av närbelägna symboler. Om symbolerna ligger tätt är det nödvändigt att rätt relationer mellan dessa och andra närbelägna föremål bibehålls, speciellt om det är frågan om symboler som tar upp mera utrymme på kartan än i terrängen.

Det finns även vissa minimidimensioner som måste beaktas. Dessa grundar sig både på trycktekniken och kravet på läsbarhet:

motsvarar i terrängen
(vid skala 1:15 000)

t ex - minsta mellanrum mellan två tunna linjer i brunt eller svart: 0.15 mm	2.25 m
- minsta mellanrum mellan två blåa linjer: 0.25 mm	3.75 m
- kortaste brant- tecken: 0.6 mm	9.0 m
- minsta krökning på höjdkurva (ås eller sänka): 0.25 mm (från centrum till centrum på linjerna)	3.75 m



Alla föremål som upptar mindre yta i terrängen än på kartan måste antingen överdrivas eller utelämnas, beroende på om de är av betydelse för orienteraren eller ej. När

ett föremål förstoras skall närbelägna föremål förskjutas så att rätta relativa lägen bibehålls.

2.5 Framställningsmetod, traditionell kartritning

Framställningen av en orienteringskarta sker i flera steg:

- planering, markkontakter etc
- framtagande av grundmaterial
- fältrekognosering och konceptritning
- renritning
- tryckning, reproarbete

Nedan följer en kort beskrivning av dessa moment. För en närmare redovisning hänvisas till Kartboken (SOFT-fölaget, 1983). Observera att i vårt försök med totalstation (se kap 5) slås kap 2.5.3 - 2.5.5 ihop till ett enda arbetsmoment.

2.5.1 Planering, markkontakter etc

Denna punkt är mindre viktig i denna studie. Man skulle dock kunna ha stor nytta av ett offentligt ADB-baserat geografiskt informationssystem (GIS) i detta skede. Aktuella och lättillgängliga uppgifter om ägarförhållanden, planbestämmelser mm underlättar högst väsentligt.

2.5.2 Framtagande av grundmaterial

Det grundmaterial som man använder är oftast ett specialbeställt fotogrammetriskt underlag (se bilaga 2).

Flyghöjden är vanligen 2000 - 3000 meter.

Detta material kan ej svara mot de krav man ställer på innehållet i en orienteringskarta. Hindrande vegetation och andra svårigheter vid bildtolkningen gör att stereooperatörens arbete alltid måste kompletteras med ett omfattande fältarbete.

2.5.3 Fältrekognosering

Detta är det mest tidskrävande arbetsmomentet. Fältrekognosören använder i fält det grundmaterial man har framtagit samt en kompass (vanligen en sk syftkompass).

Ett ark transparent plast, ritbart även vid regn, fästes ovanpå grundmaterialet och passningen mellan dem säkras med hjälp av passmärken. I skogen ritar man på plasten med blyertsstift och färgstift.

Metoderna som används för inläggning av detaljer på kartan är syftning och stegning.

2.5.4 Konceptritning

Vanligtvis överförs resultatet efter varje rekognoseringspass till en ritfilm som täcker hela kartytan. På denna film ritar man i flera färger ett fullständigt underlag för renritningen. Det är viktigt att konceptet blir tydligt annars är risken för missförstånd vid renritningen stor.

De nödvändiga förskjutningarna och förenklingar som skall utföras (se kap 2.4.2) skall göras av rekognosören och inte av renritaren.

2.5.5 Renritning

Orienteringskartan framställs idag till stor del med hjälp av sofistikerade kartografiska ritmetoder. Den mest använda ritmetoden är en kombination av tuschritning och skiktgravyr.

Till kartans symboler finns färdiga symbolark, sk "gnuggisar", att tillgå. Man kan vid textplaceringen använda sig utav gnuggbokstäver men vanligare är att man låter sätta texten på självhäftande film direkt vid tryckeriet. Rastrerade ytor kopieras in vid tryckningen.

Renritningen sker med konceptkartan som underlag.

Fler och fler kartor renritas emellertid idag med hjälp av olika datasystem t ex AKU/PC-Mapper (se kap 4). Vanligast är att man digitaliserar in konceptkartan. Kartan lagras som punktobjekt och linjeobjekt där de senare består av flera punkter som är sammanbundna till en linje. Varje punkt har en x- och en y-koordinat.

2.5.6 Tryckning, reproarbete

Eftersom varje raster kräver en egen separat ritkalk blir antalet original för en komplett karta ca 15 st. Vanligtvis är renritningsskalan större än tryckskalan varför samtliga deloriginal, även de gravyrritade, måste reprokopieras. Detta gäller dock ej för de dataritade kartorna. Orienteringskartan trycks i femfärgs offset-

tryck där färgerna är noga specificerade i Kartnormen (SOFT-förlaget, 1991).

Med hjälp av fotografisk kontaktkopiering överförs kartbilden och de olika rastren till tryckplåten.

Kontaktkopieringsoriginalen kan vara handritade gravyrfilmer, men oftast föregås plåtkopieringen av ett reproförfarande som innehåller följande åtgärder:

- kartan förminskas till tryckskalan
- originalen vänds till negativ
- originalen spegelvänds.

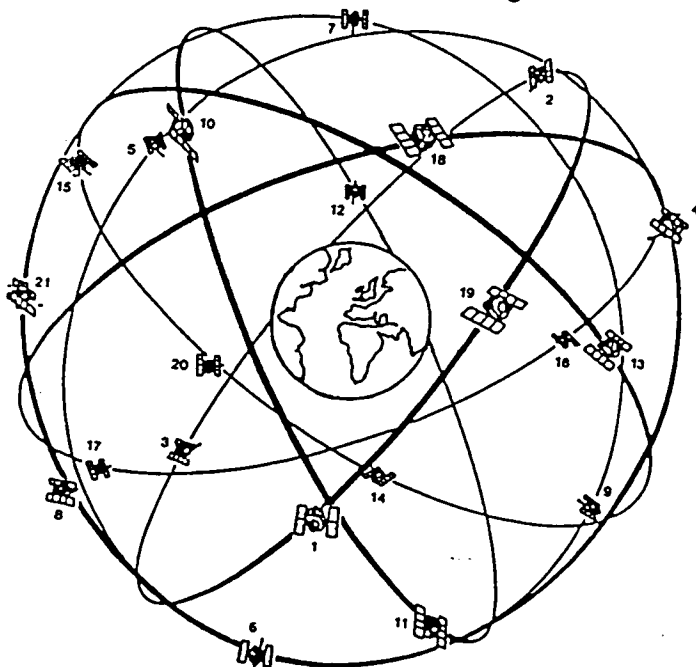
3 GPS

3.1 Historia, beskrivning

NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Time And Ranging Global Positioning System) är ett militärt amerikanskt satellitsystem för navigation och positionsbestämning.

USA:s försvarsdepartement började utvecklingen av systemet 1973 som en efterföljare till TRANSIT, ett mindre och inte lika utvecklat satellitnavigationssystem. Meningen var att amerikanska flottans och flygvapnets enheter sekundsnabbt skulle kunna bestämma sin position över hela jordklotet utan att själva sända i väg signaler.

Systemet skall fullt utbyggt bestå av 24 satelliter varav tre är aktiva reservsatelliter. För närvarande (sommaren 1992) finns fjorton produktionssatelliter och fyra aktiva prototypsatelliter uppe. Enligt planerna skall det hela vara utbyggt 1993. Satelliterna kommer att ligga i sex banplan (fyra enheter i varje plan) vilket garanterar att samtliga punkter på jordytan har minst fyra satelliter, oftast fem, i mätbart läge hela tiden.



Figur 3.1 Satellitkonstellation.

3.2 Användning

Även om GPS är utvecklat av och för den amerikanska försvarsmakten, finns det många civila tillämpningar där systemet kan vara till stor nytta. Detta har man insett runt om i världen, inte minst i Sverige där LMV bedriver en omfattande verksamhet med GPS-mottagare. Man kan dela in tillämpningarna i tre olika klasser:

- Navigering:

Mottagaren rör sig och man vill ha positionen i realtid.

- Kinematisk positionsbestämning:

Mottagaren rör sig men positionsberäkningen görs i efterhand.

- Statisk positionsbestämning:

Mottagaren är stillastående.

Givetvis blir resultaten bättre vid statisk positionsbestämning. Men vid navigering, exempelvis till sjöss, är man inte alls intresserad av samma noggrannhet som vid geodetisk positionsbestämning.

3.3 Mätteknik

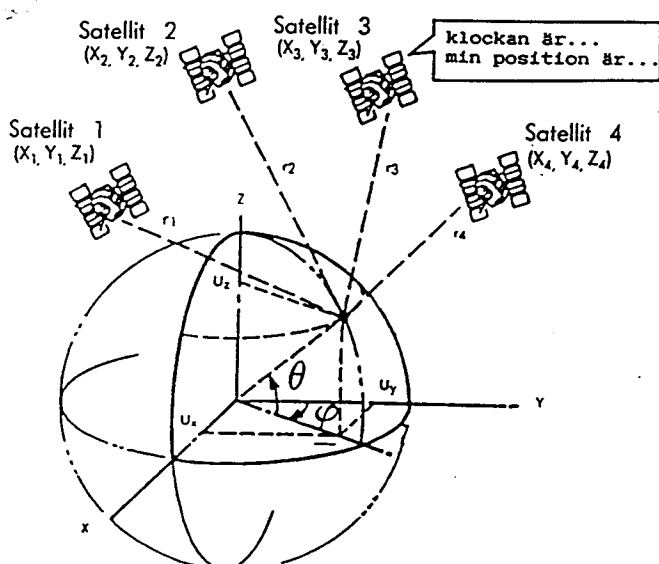
Satelliterna sänder ut signaler på två frekvenser, L1 och L2. Dessutom sänds ett speciellt meddelande ut med satellitposition, bankorrekationer och exakt tid (satellit-systemets tid). Data från prototypsatelliterna har alla kunnat ta del av utan kostnad. På produktionssatelliterna däremot införs två olika tjänster som påverkar kodmätning (se vidare kap 3.3.1), PPS (Precise Positioning Service) och SPS (Standard Positioning Service). PPS ger bättre resultat men den tjänsten blir i princip bara tillgänglig för USA:s försvarsmakt. SPS blir tillgängligt för alla men

ett pålagt brus i klock- och baninformationen gör att man tappar i noggrannhet. Vad detta innebär för användarna är ännu oklart. Eventuellt kommer flera att få tillgång till den precisa koden om man kan garantera att vidare spridning ej sker.

Två olika sätt att bestämma sin position finns, kodmätning och bärvågsmätning.

3.3.1 Kodmätning

Då precisa tidsmarkeringar erhålls genom någon av de två koder (C/A-kod och P-kod) som genereras av satelliterna och man vet satellitpositionerna, kan man bestämma avstånden till dem genom att mäta signalens fördröjning mellan satellit och mottagare (signalen fortplantas med ljusets hastighet). Med tre satelliter kan man göra inbindning i rymden och därigenom få ut sin egen position om satellitpositionerna är kända. Pga bristande synkronisering mellan satellitklockorna och mottagarklockan krävs i realiteten fyra satelliter då man måste eliminera den obekanta tidsfaktorn.



Figur 3.2 Principen för inbindning.

3.3.2 Bärstågsmätning

Bärstågsmätning bygger också på att man bestämmer avstånden till satelliterna. Dessa mäts dock på ett annat sätt. Detta görs genom att man bestämmer fasläget på bärstågen samt antalet hela våglängder (periodobekanta) mellan varje satellit och mottagare när fasmätningen börjar. Då man vet våglängden kan avståndet till satelliten beräknas. Proceduren utförs mot samtliga satelliter, därefter förfar man på samma sätt som vid kodmätning. För att bestämma de periodobekanta tillgriper man i allmänhet sk relativ mätning (se kap 3.6) som även används för att reducera mätfelelen.

Bärstågsmätning ger bättre resultat men kräver bättre mottagare än kodmätning. Dessutom är metoden mer känslig för signalavbrott. Bärstågsmätning är dock den enda metoden som är tillräckligt exakt för geodetiska tillämpningar.

En variant av bärstågsmätning är dopplermätning som går ut på att man registrerar frekvensförändringar. Om dessa registreras kontinuerligt (integrerad doppler) och satellitbanan är känd kan positionen beräknas. Genom att filtrera kodmätning med integrerad doppler kan kodmätningen förbättras (sk bärstågsunderstödd kodmätning).

3.4 Övervakning av GPS-systemet

För att allt detta ska fungera krävs styrning av satelliterna från jorden. Därför finns fem spårstationer utplacerade runt jorden, huvudsakligen kring ekvatorn. Här registreras mätdata mot de satelliter som befinner sig över horisonten. Eftersom spårstationernas lägen är kända, kan satellitpositionerna beräknas "bakvägen". Dessa data sänds sedan till driftledningscentralen i Colorado, USA.

Där beräknas banparametrar och korrektioner till satellitklockorna för den närmaste tiden. Beräknade data sänds sedan upp till satelliterna via någon av de tre spårstationer som har utrustning för detta.

Driftledningscentralen är också ansvarig för korrigeringar av satellitbanorna om detta blir nödvändigt samt att ersätta krånglande satelliter med någon av de tre reservenheter som finns.

3.5 Faktorer som påverkar GPS-mätning

Precis som vid alla andra mätmetoder finns det felkällor och faktorer som påverkar mätningarna. För GPS-systemet verkar följande faktorer vara de som ger störst påverkan.

- Fel i banddata. Dvs prediktionerna från Colorado har blivit något felaktiga vilket gör att satelliten inte befinner sig på den plats som utsända data anger.
- Inverkan av jonosfären och troposfären som givetvis är svåra att förutsäga. Felen blir större ju närmare horisonten satelliten befinner sig. Jonosfärsinverkan kan dock minskas radikalt genom mätning på både L1- och L2-frekvenserna.
- Signalreflektioner från stora metallkonstruktioner och hus. Detta problem blir förhoppningsvis mindre när bättre antenner och mottagare kommer.
- Signalbortfall pga att satelliten rör sig så att den hamnar bakom hus, träd eller andra föremål. Detta kan undvikas med god planering.

Dessa faktorer skapar tillsammans med ett antal mindre komponenter ett totalt mätfel. Detta är dock inte det

slutliga medelfelet för positionsbestämningen. För att beräkna detta måste man också ta hänsyn till satellitgeometrin. Två närliggande satelliter skapar dålig geometri eftersom skärningsvinkeln mellan dem blir liten och då blir felet utdraget. Man kan beräkna ett värde, GDOP (geometrical dilution of precision), som anger det geometriska bidraget till osäkerheten i en positionsbestämning. GDOP multipliceras med det totala mätfelet för att ge ett ungefärligt medelfel i positionsbestämningen. Ett bra värde på GDOP är mellan två och fyra.

3.6 GPS i geodesin

För närvarande kan man mäta mot fyra satelliter ca sjutton timmar om dygnet. Tidpunkten då de är uppe varierar under året, ibland kan man bli tvungen att mäta mitt i natten. Den tillgängliga tiden kommer naturligtvis att öka när fler satelliter skjuts upp.

För att kunna uppnå acceptabel noggrannhet vid punktbestämning kan man genom sk relativ mätning eliminera eller åtminstone drastiskt minska några av de felkällor som påverkar positionsbestämningen. Samtidiga mätningar utförs då på en känd punkt och på punkten som skall bestämmas. Koordinatdifferenserna mellan punkterna blir noggrant bestämda eftersom felet från bandata och atmosfär är tämligen lika för närliggande punkter.

Planer finns på att i framtiden upprätta ett nät med fasta mottagare på kända punkter (referensstationer). Frågan är på hur stort avstånd en referenspunkt kan befinna sig för att man ska uppnå acceptabel noggrannhet. För geodetiska tillämpningar med lägre noggrannhetskrav (decimeter-noggrannhet) kan varje station täcka ett område med radien

100-200 km. För navigering kan kraven minskas och radien ökas till uppskattningsvis 250-500 km.

3.7 GPS-utvecklingen i Sverige

År 1985 bildades den svenska GPS-gruppen med deltagande av bl a KTH och LMV. Målsättningen var att stimulera utvecklingen av GPS i Sverige genom erfarenhetsutbyte och gemensamma projekt. LMV och en högskolegrupp (bl a KTH) inköpte utrustning som användes i olika forskningsprojekt och vid utveckling av metoder för stomnätsmätning.

Sedan 1989 använder LMV GPS rutinmässigt vid mätning av stomnät. I utredningsrapporten GEODESI 90 ges förslag till fortsatt GPS-utveckling.

Från slutet av 1991 har LMV påbörjat en försöksverksamhet med några fasta referensstationer i syfte att studera möjligheterna att upprätta ett rikstäckande nät av fasta referensstationer samt dess tillämpningar. Sex stationer, delvis finansierade av utomstående intressenter, är för närvarande (sommaren 1992) i drift. Data från dessa stationer är tillgängliga för tillämpningsstudier av olika slag.

3.8 Koordinatsystem

Koordinater vid GPS-mätning erhålls i systemet WGS 84 som är enhetligt för hela världen. Man får fram latitud, longitud och höjden över den internationella WGS 84-ellipsoiden. För att värdena ska kunna användas måste de transformeras till det lokala systemet (oftast tvådimensionellt). Med dagens datorresurser utgör inte

detta något problem om transformationsparametrarna är kända.

3.9 GPS i framtiden

Utvecklingen mot mindre och mindre integrerade kretsar inom elektroniken kommer att påverka möjligheterna att använda GPS. Utvecklingen går mot mindre skrymmande och mindre otymplig utrustning. I framtiden kan man kanske använda sig av en mottagare stor som en armbandsklocka!

Förbättringar sker också på satelliterna men det tar längre tid för dessa att slå igenom eftersom man låter gamla satelliter vara i drift så länge som möjligt (tio-tjugo år).

Förhoppningsvis kommer man i framtiden också att veta mer om de fel som uppkommer under mätning. T ex borde det vara möjligt att genom datorsimuleringar och modeller ta reda på mer om atmosfärens inverkan på resultatet.

Helt klart är att GPS i framtiden kommer att bli ett användbart och lätthanterligt system med ökande noggrannhet. Risken med det hela är att amerikanska försvaret kommer på att andra användare får för bra resultat och att man därför minskar tillgängligheten för dessa. Ett troligt framtidsscenario är att andra länder (t ex EG) kommer att satsa på liknande system. Risken är dock stor att militära mål kommer att vara huvudsyftet även här.

4 INSTRUMENT OCH PROGRAM

4.1 AutoKa-FC

AutoKa-FC är, tillsammans med fältdatorn Geomac III, Lantmäteriets datorsystem för registrering, beräkning och kartuppbyggnad i fält. Avancerad kartuppbyggnad och bra beräkningsprogram innebär att det finns möjligheter att enkelt göra grafiska och numeriska kontroller i fält, istället för inne på kontoret.

AutoKa-FC innehåller bl a följande funktioner:

- Kommunikation med de vanligaste totalstationerna och EDM-instrumenten.
- Protokoll för stommätning med kontroller.
- Koordinatberäkning av detaljmätning.
- Beräkning av utsättningsdata.
- Beräkning av fri uppställning enligt minsta kvadratmetoden.
- Kodsysteem för fullständig kartuppbyggnad i fält.
- Kontrollritning på bildskärm direkt i fält.
- Koordinattransformation.
- Beräkning av enkla polygontåg.
- Arealberäkning, sidlängder, höjdskillnader.
- Dataöverföring till AutoKa-PC.

AutoKa-FC har ett system för objektorienterad linjekodning som möjliggör fullständig kartuppbyggnad direkt i fält. Detta var mycket användbart vid vårt försök.

En detalj som var till väsentlig nytta för oss var möjligheten att skapa cirkelbågar. Vid detta val skapades en cirkelbåge mellan tre punkter i stället för raklinjer. Framför allt höjdkurvorna blev mer naturliga på detta sätt.

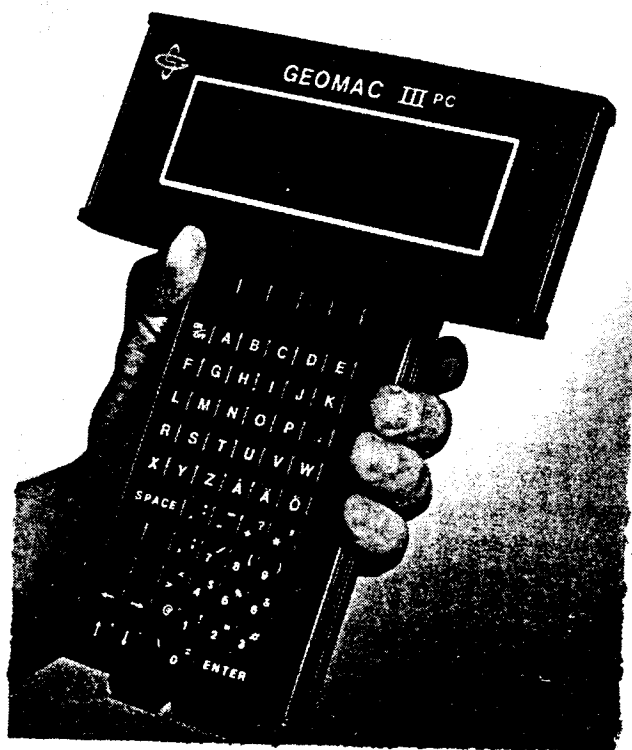
4.2 Fältdatorn Geomac III

Geomac III är en fältdator framtagen av ABEM, i samarbete med Lantmäteriverket för att lagra, beräkna och kontrollera fältmätningar. Den är portabel och smidig att ha med i fält.

Geomac III använder MS-DOS som operativsystem och är kompatibel till IBM-maskiner och liknande datorer. Dataöverföring kan ske åt båda hållen. Man kan ta med en punktbas tömd från kontorsdatorn ut i fält likväl som man kan tömma en färdig karta från "Geomacen" till datorn när man är klar.

Den drivs med vanliga batterier som måste bytas efter fyra-fem timmars arbete. Inga data går förlorade vid batteribyte. Batterierna laddas lämpligen upp under natten för att vara klara till nästa dags mätningar.

Datorn är gjord för fältbruk och den ska tåla stötar, kyla, värme och vatten.



Figur 4.1 Fältdatorn GEOMAC III.

4.3 Geodimeter 400

Geodimeter 400 är en totalstation från Geotronics. Den kan utrustas med eget lagringsminne eller anslutas till en extern fältdator om man inte vill anteckna för hand.

Vid registrering visas lutande längd, horisontalvinkel och vertikalvinkel eller horisontell längd, höjdskillnad och horisontalvinkel. Man väljer det alternativ som lämpar sig bäst, exempelvis kan det vara en fördel att kunna avläsa höjdskillnad vid mätning av höjdkurvor.

Geodimeter 400 drivs med batterier, internt eller externt. Internbatterierna måste bytas efter ca fyra timmars mätning.



Figur 4.2 Geodimeter 400.

4.4 AKU/PC-mapper

För att kunna behandla de mätdata som vi har erhållit i fält har vi arbetat med ett datasystem, AKU/PC-Mapper. Detta system är nyligen (1990) inköpt till Lantmäteriverket och är från början framtaget för att framställa digitala orienteringskartor. Systemet har dock vidareutvecklats för en bredare användning.

4.4.1 Operativsystem och delprogram

PC-Mapper är ett programpaket med funktioner för digitalisering, lagring, redigering och presentation av grafisk information.

Programvaran är väl användbar för framställning och ajourhållning av kartor eller komplexa ritningar i alla skalor.

PC-Mapper är utvecklat i det moderna högnivåspråket Modula-2 under operativsystemet OS/2. Systemet består av ett antal programpaket grupperade kring en kärna som utgörs av PC-Mapper.

Följande kan utföras av de i systemet ingående programmen. De kan :

- hantera interaktiv digitalisering och redigering av data.
- hantera ett användardefinierat manérbibliotek.
- generera data för utritning av olika media.

- Överföra datafiler, lagrade med olika format, till AKU/PC-mapper. Detta innebär bl a en översättning av de olika formaten till PC-mappers format.
- konvertera textdata från KASOF ortsnamnsdatabas, fastighetsdata samt inmatningstext via sk txt-fil. Utdata skapas via ISOK/KF 85 format.
- sammanföra de ingående skikten i en karta till ett och samma skikt.
- skapa utdata i olika utmatningsformat.
- överföra text till Scitex.
- skapa ett gaturegister från en befintlig kartdatabas.

För en närmare beskrivning av systemet hänvisas till AKU/PC-Mapper (Lantmäteriverket, 1991).

5 FÄLTREKOGNOSERING MED TOTALSTATION OCH FÄLTDATOR

5.1 Försöksområde

Kravet på försöksområdet var att det skulle ligga inom två mils radie från Lantmäteriverkets GPS-referensstation i Mårtsbo utanför Gävle. Till slut valdes ett område ca en mil öster om staden vid Furuvik (se bilaga 1). Anledningen till detta var att området innehöll relativt många detaljer vilket var viktigt för jämförbarheten med traditionella metoder. Dessutom fanns ett grundmaterial till en orienteringskarta (se bilaga 2) vilket underlättade rekognoseringsarbetet.

5.2 Arbetsmetod/arbetsteknik

Fältarbetet utfördes med Geodimeter 400, ett instrument som ger vertikal och horisontalvinkel samt längd till prismet. Mätförfarandet var enkelt; Så fort prismet var inställt i siktet mättes avståndet kontinuerligt (sk tracking). Det hela gick sekundsnavt. Det som tog tid var att söka in prismet i siktet.

Instrumentet ställdes upp på en koordinatkänd punkt. Först på kända polygonpunkter, sedan efter ett förfarande som strax kommer att beskrivas (se fig 5.1). Den som stod vid instrumentet använde sig också av fältdatorn Geomac III (se kap 4.2).

Den andra personen gick runt med prismet och bestämde vad som skulle vara med och hur det blev ritat. När detta var klart meddelades det till instrumentskötaren som registrerade vilket objekt som skulle mätas in enligt en kodlista. Denna lista är en förteckning över alla punkter, linjer och ytor som kan tänkas förekomma på en orienteringskarta (se bilaga 4). När koden var inläst utfördes mätningen och mätvärdena lagrades.

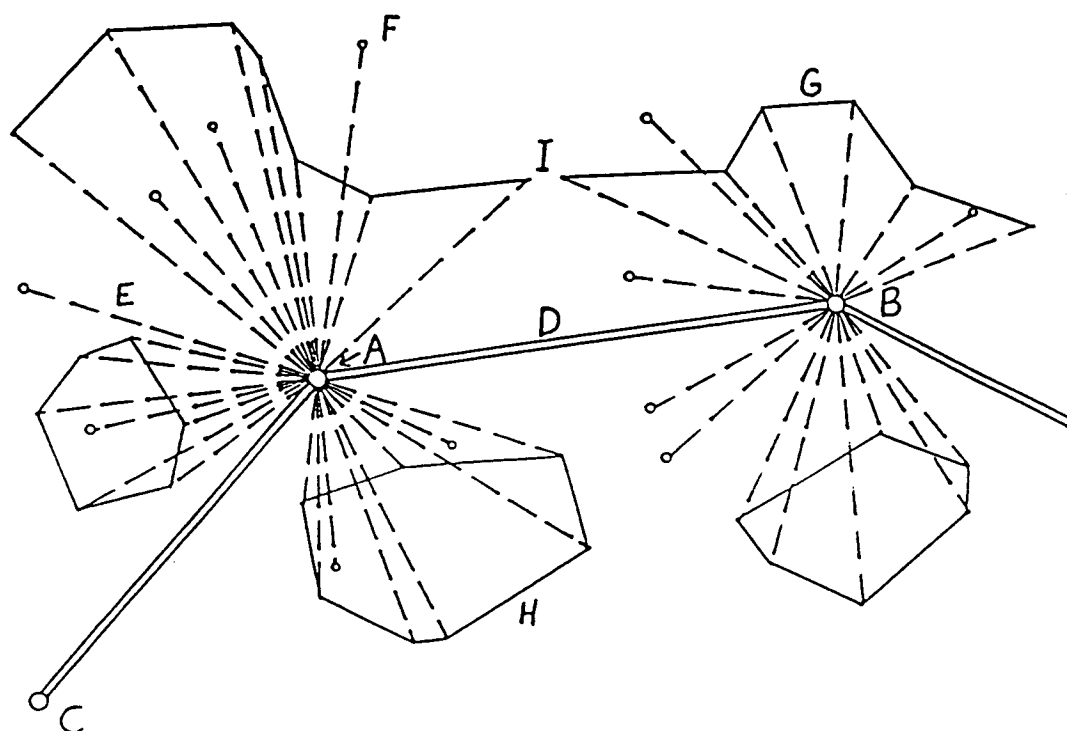
Då mätningarna inte behövde utföras med någon större noggrannhet utgjorde inte mindre kvistar och dylikt i siktlinjen några problem eftersom prismet kunde flyttas några decimeter i godtycklig riktning.

Sikten kunde väl anses som normalgod efter svenska förhållanden. Det visade sig att det var svårt att få längder som var längre än sjuttio-åttio meter även då det var möjligt att flytta prismet något. Man märkte också att siktförhållandena påverkades ganska kraftigt av väderleken. Sämst förhållande uppstod då prismet stod i skugga och föremål nära siktlinjen låg i solljus. Reflexerna från dessa gjorde det i stort sett omöjligt att hitta prismet. Bästa förhållandena för mätning uppstod inte oväntat mulna dagar då ljusreflexerna varierade mindre mellan olika föremål.

När alla föremål synliga från instrumentet var inmätta, bestämdes nya instrumentpunkter som mättes in och markerades. Vid uppställning på den nya punkten användes den gamla som bakåtoobjekt. Därefter kunde nya objekt mätas in (se fig 5.1). Denna metod skapade "flygande" polygon-tåg, men då noggrannheten inte var av geodetiskt snitt ansåg vi att detta var försvarbart. Kontroll mot grova fel gjordes då det senast inmätta ritades upp och jämfördes med gamla mätningar.

En karta över alla instrumentpunkter, sk tillfälliga punkter finns i bilaga 3.

Ett beslut som hela tiden skulle fattas i fält var hur lång tid det var värt att leta efter ett skynt/avlägset prisma kontra att ställa upp på en ny punkt och mäta in objektet därifrån. Ett tredje alternativ var att digitalisera in objektet i efterhand vid AKU-stationen, förutsatt att det fanns eller var inlagt på grundmaterialet.



Figur 5.1 Principskiss över hur metoden med "flygande" polygontåg användes för att mäta in objekt i terrängen.

- A,B: Instrumentpunkter (sk tillfälliga punkter)
- C : Bakåtobjekt
- D : Riktning och längd mätt från både A och B för att koordinatbestämma och orientera uppställningen vid B (A är alltså B:s bakåtobjekt)
- E : Mätt längd och riktning
- F : Punktobjekt (t ex sten), polärt inmätt
- G : Linjeobjekt bestående av sammanbindningslinjer mellan punktobjekt
- H : Ytobjekt eller slutet linjeobjekt
- I : Sammanbinding av linjer mätta från olika instrumentpunkter sker lämpligast vid redigering i AKU.

Efter en dags arbete i fält tömdes data från fältdatorn in i en PC där mätdata efterbehandlades. För att kunna föra över data till AKU behövde en flyttfil bildas, vilket gjordes med ett speciellt flyttfilsprogram. Eftersom vi hade tillgång till AutoKa-PC så utnyttjade vi detta genom att rita upp varje dags arbete som en extra koll innan vi lagrade in mätdata i AKU-systemet.

Meningen var att den kodning vi gjorde i fält skulle fungera direkt i AKU men så var inte fallet. Systemet tog helt enkelt inte emot våra koder vilket gjorde att vi blev tvungna att skriva en översättningstabell mellan kodning i fält och kodning i AKU.

Ett annat fel som upptäcktes var att ytobjekt inte kunde importeras till AKU, men detta åtgärdade konstruktören av systemet under arbetets gång.

Flyttfilerna lagrades på diskett och lades in i olika skikt i AKU. Med hjälp av ett kommando, slasam, kunde man sedan slå ihop alla skikt till ett gemensamt skikt. Vissa redigeringar var tvungna att utföras t ex sammanbindning av höjdkurvor och förskjutningar av symboler som låg för nära varann (se kap 2.4.2).

Även viss traditionell kartritning fick utföras i områden som var mycket olämpliga för mätning med totalstation (se bilaga 3). Detta kunde handla om områden med dålig sikt, områden med endast ett fåtal detaljer som skulle mätas in, tomtmark mm.

Konceptritningarna över dessa områden inpassades först till de kartdata som redan fanns lagrade i AKU och därefter digitaliserades de in.

5.2.1 Kortfattad beskrivning av arbetsgången

- Fältmätning, kodning och registrering
- Tömning och redigering av mätdata i AutoKa-FC
- Bildande av flyttfil
- Importering av flyttfilen till AKU
- Uppritning och redigering (i olika skikt)
- Ihopslagning av skikten till ett skikt
- Slutredigering

5.3 Resultat

I normalfallet behöver en kartritare i genomsnitt ca 30 timmar per kvadratkilometer inklusive upprättande av koncept (se kap 2.5.4). Stora variationer kan naturligtvis förekomma pga terrängens beskaffenhet. Utöver detta tillkommer tid för renritning av kartan (ca 4 timmar per kvadratkilometer) efter fältarbetet.

I vårt fall tog fältarbetet ca 250 timmar per kvadratkilometer inklusive upplärningstiden. En stor del av tiden fick ägnas åt att flytta instrument och stativ. Den rena mättiden hamnar troligen någonstans mellan 100 och 150 timmar.

Med bättre instrumentvana och en optimering av avstånden mellan instrumentpunkterna skulle tiden kunna minskas, dock knappast med mer än 50 %.

De färdiga filerna från AKU färguppdelades med programkonstruktörens hjälp, varefter en färdig karta kunde tryckas (bilaga 8).

5.4 Jämförelser med traditionell kartritning

En jämförelse med traditionell teknik är naturligtvis mycket svår att göra. Man kan dock konstatera att tidsåtgången i vårt fall blir sådan att tekniken i dagsläget endast kan komma på fråga i områden av speciell karaktär.

Tyvärr fanns inte någon möjlighet att utföra tester i helt skilda terrängtyper. Det troliga är dock att där tidsåtgången minskar med vår teknik, minskar den också för den vanlige kartritaren.

5.4.1 Fördelar

Fördelar finns dock onekligen med den nya tekniken. De som är listade här bygger enbart på våra egna erfarenheter i fält. Vårt land är ju som bekant mycket mångskiftande, på andra ställen kan andra faktorer vara relevanta.

+ Kartan blir mycket noggrann. Alla objekt hamnar på rätt plats. Vid traditionell kartritning kan terrängens beskaffenhet påverka avståndsbedömningen då föremålen stegas in.

+ Det behövs knappast ett lika detaljerat grundmaterial som vid traditionell kartritning. Troligen kan man klara sig med mycket schematisk höjdåtergivning eftersom höjdskillnader lätt kan mätas. Eventuellt skulle man kunna gå så långt att man använder ekonomiska kartan som grundmaterial. Kostnaderna för detta skulle då sjunka avsevärt.

+ I terrängpartier med god sikt, framför allt hyggen, kan stora områden mätas in på en gång från höga punkter. Långa avstånd till t ex stenar kan bestämmas noggrant

även om objekten är skynda av högt gräs eller sly, bara prismet blir synligt.

+ Renritningsmomentet försvinner till stor del eftersom linjer och ytor är skapade redan i fält.

+ Kartan blir lättare att revidera. Moderna orienteringskartor kräver mycket noggrann återgivning av terrängens löpbarhet vilket gör att kartan blir inaktuell redan efter fyra-fem år. (Denna fördel försvinner givetvis om man jämför med en digitalt RENRITAD karta).

5.4.2 Nackdelar

Den stora nackdelen med vår teknik är som redan nämnts tidsåtgången. Förutom detta har följande problem, byggda på egna erfarenheter, kommit i dagen.

- Man måste ha tillgång till avancerade mätinstrument, vilket knappast är lätt ordnat för en ideell orienteringsklubb.

- Med nuvarande instrument måste man vara två personer, vilket gör produkten dyrare såvida inte kartritarna jobbar på ideell basis. Även instrumentkostnaderna kan sänkas om man kan låna utrustning. När detta skrivs har de första mätinstrumenten som bara kräver en person kommit ut på marknaden vilket kanske kan minska kostnaderna i framtiden.

- Instrumenten är tunga och jobbiga att bära. Vid kartprojekt i vildmarken, långt från farbara vägar, blir detta ett betydande problem. En vanlig kartritare

behöver i stort sett bara penna, papper, kompass och grundmaterial.

- I terräng med dålig sikt minskar naturligtvis de mätbara avstånden. Antalet uppställningsplatser ökar och tidsåtgången blir ännu större. I slyområden, där god sikt kan erhållas utifrån, kan detta problem vändas till en fördel om prismet når över vegetationen.

- Även om renritningsmomentet försvinner måste man lägga tid vid datorn för att få kartan läsbar. Objekt som hamnar för nära varandra måste flyttas isär, höjdkurvor ska bindas ihop osv.

- Kommunikation över stora avstånd kräver goda röstresurser eller radioförbindelse. Eftersom prismahållaren bestämmer vad som ska ritas och instrumentskötaren registrerar detta, krävs ständig kommunikation.

- Det är svårt att få en överblick över hur det mätta området ser ut när man är i fält. Det gäller att undvika grova fel som kan vara svåra att lokalisera inne vid datorn. Dock ger fältdatorsystem med grafik, t ex Autoka-FC/Geomac, möjlighet att titta på det mätta redan i fält.

5.5 Kombinerad av totalstationsmetoden och traditionell teknik.

Vi har även funderat kring möjligheten att kombinera de olika metoderna. Nedan följer ett par förslag som kan tänkas vara praktiskt genomförbara.

Tilläggas kan att tidsramen för vårt examensarbete ej tillåtit praktiska försök i dessa fall. Detta innebär att

de förslag som skisseras nedan baserar sig på de erfarenheter vi fick under arbetets gång.

5.5.1 Alternativt framtagande av grundmaterial

Detta förslag grundar sig på att man utgår från ett mindre noggrant grundmaterial, t ex ekonomiska kartan (helst digitalt lagrat). För att förbättra materialet mäter man in punkter som ligger väl fördelade över hela området.

Mätförfarandet sker enligt samma arbetsgång som i kap 5.2 (se även fig 5.1) med den skillnaden att endast ett fåtal punkter mäts in från en uppställningspunkt. Avståndet mellan dessa uppställningspunkter kan ökas upp till ett hundratal meter.

De punkter som mäts in behöver inte vara punkter som skall markeras på den nya orienteringskartan, utan det kan röra sig om t ex trädstammar, stubbar, berghällar, små stenar, mm. Punkterna måste dock markeras i terrängen på något lämpligt sätt, t ex med hjälp av sprayfärg, träpålar eller dylikt. Man bör också numrera punkterna samt även upprätta någon form av punktbeskrivning över samtliga punkter (så att kartritaren kan hitta dessa punkter i terrängen).

Punktavståndet varierar med vegetationen, ju tätare skog desto tätare mellan punkterna. 50 meter tror vi är ett lämpligt punktavstånd i normalsvensk terräng.

Dessa punkter kan sedan läggas in på grundmaterialet. Detta förfarande kan underlättas om grundmaterialet föreligger i digital form. Därefter kan traditionell kartritning börja med det "reviderade" grundmaterialet som underlag.

Fördelar:

- + en mycket noggrann karta erhålles
- + skevhet i kartan undviks
- + den traditionella kartritningstiden förkortas

Nackdelar:

- tidsåtgången
- kostnader ifall arbetet ej kan utföras på ideell basis

5.5.2 Förbättring av grundmaterial

I speciella områden, t ex en norrlandssluttning med välvuxen granskog där grundmaterialet av förklarliga skäl blir lite diffust, kan man mäta in "nät" av godtyckliga punkter för att underlätta rekognosörens arbete i fält. Grundmaterialet bör föreligga i digital form för att förenkla inläggningen av de inmätta punkterna. Om det ej finns några kända punkter, polygonpunkter eller triangelpunkter, i närhet till det aktuella området kan man använda GPS (se kap 3) för att mäta in de utgångspunkter som behövs för att orientera nätet.

Eftersom noggrannhetskraven är lägre på orienteringskartan kan man utföra denna orientering på ett enklare sätt genom att använda sig utav en sk syftkompass. Med hjälp av denna kompass kan man få fram en bäring mellan utgångspunkten och ett lämpligt bakåtojekt.

Om grundmaterialet föreligger i digital form kan de inmätta punkterna läggas in som koordinatpar (x,y) , i annat fall får man syfta in punkterna på lämpligt sätt.

Det är viktigt att utgångspunkterna väljs med omsorg. Punkterna skall vara tydliga och lätt identifierade både på grundmaterialet och i terrängen. Helst bör man använda sig utav punktobjekt typ punkthöjder och stenar.

5.6 Alternativ inmätningssmetod

I denna metod använder man sig av en längdmätare monterad på t ex en stakkäpp samt två prismor. Prismorna sätts ut på var sin koordinatkänd punkt. Längden till båda prismorna mäts från den punkt som skall mätas in och med hjälp av sk inbindning koordinatbestäms den inmätta punkten. Om man monterar flera prismor på varandra vridna i olika riktningar kan man täcka in större områden utan att behöva gå tillbaka och vrida på prismorna.

En klar nackdel är att sikt krävs till båda prismorna vilket innebär att metoden endast är lämplig i områden med väldigt god sikt. Metoden kan vara tillämpbar i tallheds- och flacka hällmarkstallskogsområden som ett komplement till traditionell kartritning och/eller totalstationsmetoden.

Eftersom metoden bygger på att man endast mäter längder så slipper man släpa omkring en totalstation i terrängen. Det enda som behövs är en enkel längdmätare, vilket är en klar fördel eftersom mätprocessen både blir förenklad och mindre tidskrävande.

Vi har inom ramen för detta examensarbete ej testat denna metod, men vi tror dock att metoden inte innebär någon märkbar förbättring i den slutliga kartprodukten. Inom aktuella terrängtyper är traditionell kartritning fullt tillräcklig ur noggrannhetssynpunkt om både kartritaren och grundmaterialet är bra.

6 FÖRSÖK MED GPS

6.1 Förutsättningar

De GPS-mottagare vi använde oss av var ASHTECH LXII som har möjlighet att utföra mätning mot alla satelliter i mätbart läge. För att eliminera satelliter med osäkra signaler kan man välja en minimal elevationsgräns som mätningar ska tas emot från. I vårt fall låg denna gräns tio grader över horisonten.

Möjlighet finns att ge stationerna man önskar mäta in en kod på fyra tecken som kan utnyttjas som punktidentifikation. Denna kod behålls under ett inställbart tidsintervall och ersätts sedan av frågetecknet vilket i princip indikerar att mottagaren är i förflyttning.

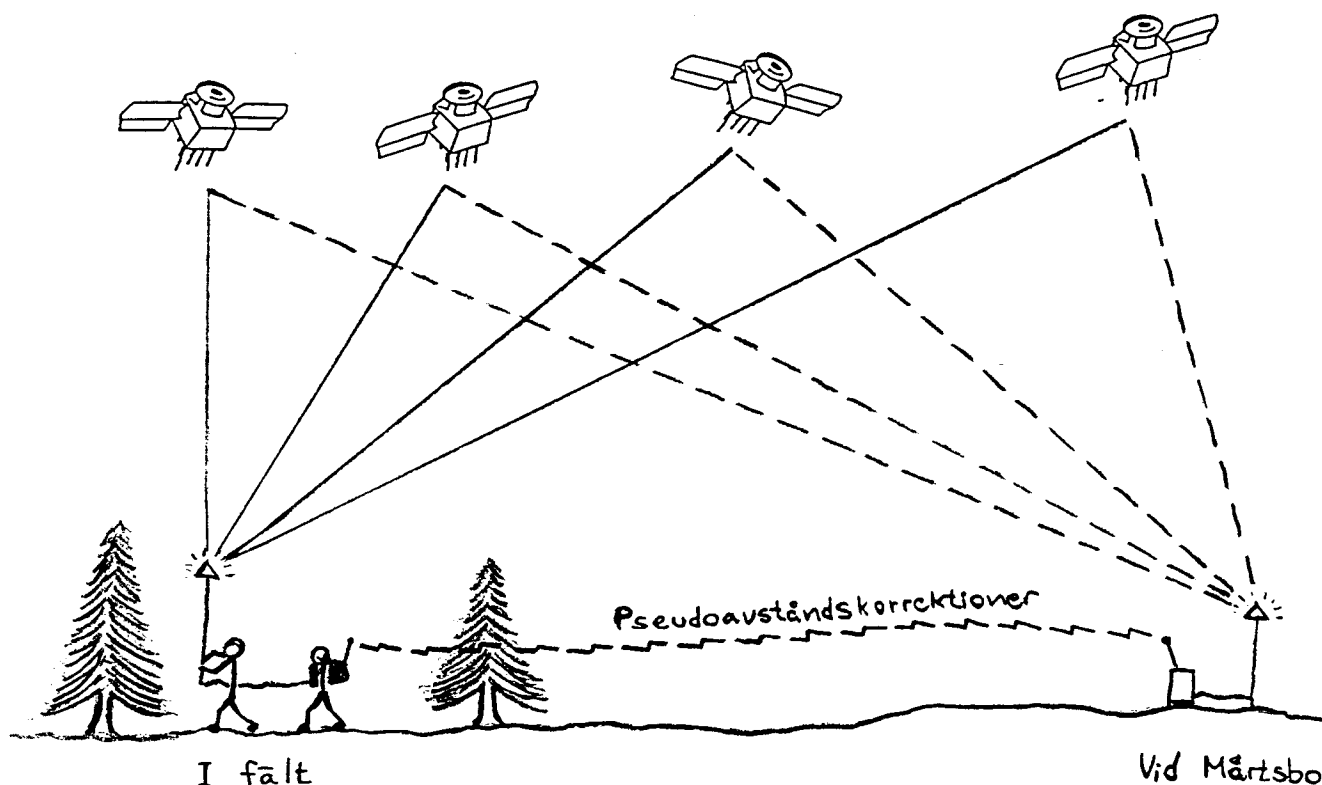
För att uppnå tillräckligt hög noggrannhet beslöt vi att utnyttja relativ bärvågsunderstödd kodmätning (se kap 3.3.1 och 3.6). Ur kända satellitpositioner och referensstationens position beräknas korrektioner till de observerade avstånden mellan satelliterna och antennen på referensstationen, pseudoavståndskorrektioner. Pseudoavståndskorrektionerna, som kan sändas via radiolänk till den rörliga GPS-mottagaren, ger en drastisk förbättring av den rörliga GPS-mottagarens beräknade position.

6.2 Arbetsmetod

GPS-försöket gjordes i två olika delar, med och utan korrektioner inlagda i fält. Korrektionerna beräknades vid referensstationen som låg vid Mårtsboobservatoriet. När korrektionerna erhöles i fält skedde detta med hjälp av radiomottagare och antenn som tog emot utsändningarna från

Mårtsbo. I det andra fallet lagrades korrektionerna vid referensstationen för att sedan i efterhand bearbetas tillsammans med observationsdata från fält. Vid Mårtsbo fanns en GPS-mottagare med antenn, ett batteri och en radiosändare med antenn. I fält användes en GPS-mottagare med antenn och ett batteri. När korrektionerna togs emot direkt användes också en radiomottagare med antenn. Kringutrustningen bars till största delen i en ryggsäck. Eftersom utrustningen bestod av ett hopplock av saker, GPS-mottagaren var t ex mer avancerad än vad som krävdes, blev det hela otympligt att bära.

Avståndet från referensstationen till mätområdet var ca tio kilometer, vilket inte innebar några problem när det gällde noggrannheten i den relativa positionsbestämningen.



Figur 6.1 Principskiss över relativ kodmätning med GPS, där pseudoavståndskorrektioner sänds ut från en referensstation.

Däremot visade sig avståndet vara i längsta laget för utsändningen av korrektioner med den använda radioutrustningen.

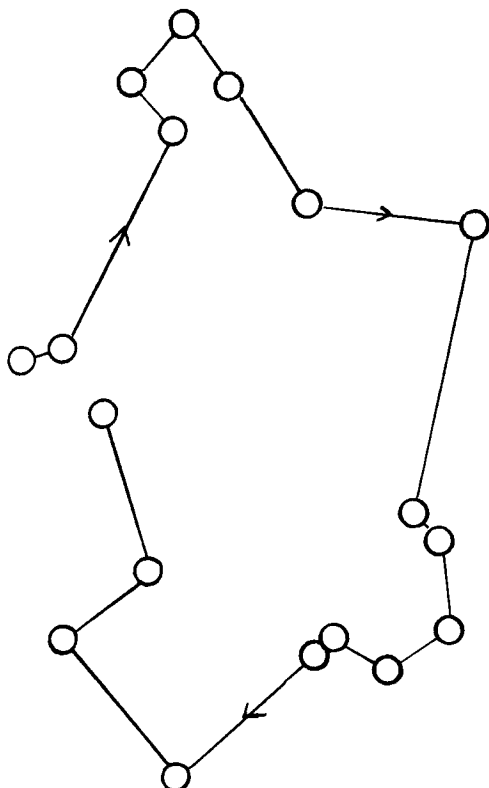
Då tiden för försöket var starkt begränsad beslöt vi oss för att koncentrera oss på mätningar mot koordinatkända punkter (instrumentuppställningspunkter, se bilaga 3) inom området för att kunna utvärdera GPS-metodens noggrannhet under korta mätperioder. Två minuter valdes som uppehållstid på punkterna. Detta kan sägas vara en kompromiss mellan tidsåtgång och noggrannhet i försökssyfte.

Uppdateringstiden för mätningarna valdes till två sekunder vilket gjorde att sextio mätningar (epoker) utfördes vid varje punkt.

Dessutom gjordes ett försök att vid mätning bilda linjer som direkt kunde överföras till AKU-systemet. Mer om detta längst bak i kapitlet.

6.3 Genomförande

Efter uppstart av GPS-mottagaren gick vi en slinga genom området medan mottagaren kontinuerligt tog emot signaler. Vid instrumentuppställningspunkterna från totalstationsmätningen gjordes uppehåll. En punktkod registrerades, därefter gjordes mätning under 60 tvåsekundersepoker på punkten. När perioden var slut ersattes punktkoden av frågetecken och punkten var färdigmätt. Efter förflyttning till ny instrumentuppställningspunkt upprepades förfarandet. På detta sätt registrerades positionen för ett trettiotal kända punkter tillsammans med PDOP (medelfeletts beroende av satellitgeometrin) och antalet satelliter som signaler registrerats från.



Figur 6.2: Skiss över de instrumentuppställningspunkter från totalstationsmätningen som mättes in med GPS.

Efter avslutad mätning gjordes mätfilen om till läsbart format. Den fick då följande principiella utseende:

PUNKTKOD	TID	MÄTDATA	PDOP	SAT
..
????	t+110	X Y Z	2.7	5
????	t+112	X Y Z	2.7	5
0028	t+114	X Y Z	2.6	5
0028	t+116	X Y Z	2.7	5
..
..
0028	t+230	X Y Z	5.1	4
0028	t+232	X Y Z	5.2	4
????	t+234	X Y Z	5.2	4
????	t+236	X Y Z	5.3	4
..

För att få fram definitiva WGS 84-koordinater beräknades medelvärden av de sextio mätningarna för varje punkt. Programvara för det saknades vilket medförde att ett speciellt program fick skrivas (bilaga 5). Här sorterades alla rader med frågetecken bort och medelvärden för X, Y och Z bildades för punkterna.

Filen transformerades sedan från WGS 84 till rikets system (RT90) som användes vid mätningarna med totalstation. Det räckte med ett av Lantmäteriverket framtaget generellt transformationssamband (Hedling, Reit, 1989) då områdets storlek var så begränsat att systematiska fel inte skulle påverka punkternas inbördes läge. Program för detta fanns tillhanda.

Till sist gjordes en Helmertttransformation mellan de transformerade GPS-mätningarna och totalstationsmätningarna. Här antogs de terrestra mätningarna som felfria vilket inte var statistiskt korrekt. Dock ansåg vi att de fel som fanns i dessa koordinater var i stort sett försumbara vid jämförelsen med satellitmätningarna.

6.4 Resultat

Efter alla transformationer gick det att få en uppfattning om kvaliteten på mätningarna. Resultaten för mätningarna med utsända korrektioner och med korrektioner inlagda i efterhand blev likvärdiga. I båda fallen hamnade medelfelet i Helmertttransformationen på ca 2.5 m radiellt sedan tydligt felaktiga mätningar rensats ut. Punktfelen för de 18 använda punkterna redovisas i bilaga 6.

Resultaten är på gränsen för att kunna godkännas för användning på en orienteringskarta. Det är dock tydligt att mätningar med dåligt PDOP och mätningar där satelliter försvinner under registreringen ger ett klart sämre

resultat och påverkar medelfelet negativt. Sedan dessa eliminerats hamnar medelfelet på ca 1-1.5 meter vilket i de flesta fall är fullt användbart. Efter hand kommer PDOP-värdena att sjunka i takt med att nya satelliter skjuts upp och satellitgeometrin förbättras. Detta ger möjlighet till mätning mot bättre geometriska konfigurationer högre upp på himlavalvet.

För punktfelen i Helmerttransformationen (bilaga 6) kan man konstatera att felet i x-led oftare är större än felet i y-led, vilket torde bero på satellitkonfigurationen under mättiden.

I bilaga 7 redovisas en tabell över standardavvikelsen för varje mätpunkt, vilken baseras på de sextio tvåsekunders-epoker som mättes vid varje punkt.

6.5 Framtidsvisioner

För att man i framtiden ska kunna få någon reell nytta av GPS som huvudmetod vid framställning av orienteringskartor måste en del problem lösas. Troligen är de största problemen följande:

- Utrustningen måste bli mer fältmässig. Vid försöket visade sig antennen vara otymplig i skogsterräng och mottagarkollit med batteri var så tungt att det blev ansträngande att bära. I dag finns det mottagare som väger under ett kilogram och utvecklingen mot ännu lättare komponenter fortsätter med största sannolikhet. För antennen behövs ett spö som kan fällas ihop vid behov. Kravet på spöet är att det inte får vika sig under antennens tyngd.
- Tiden för att få ner punkternas medelfel till acceptabel nivå vid mätning måste minskas. En gissning är att tio

sekunders registreringstid på varje punkt skulle kunna bli en konkurrenskraftig tid. Med den teknik som användes vid vårt försök kan registreringstiden minskas väsentligt utan att felet blir alltför mycket större. Mer kunskap om positionernas variation i tiden krävs dock för att tidsmarginalerna ska kunna minskas till acceptabel nivå.

- Problemet med att vegetationen skymmer satelliterna måste lösas. Det finns troligen två sätt att komma runt detta. Antingen måste satellitsignalerna gå rakt igenom vegetationen eller så måste antennen upp över alla hinder. I det sistnämnda fallet är det möjligheterna att skapa långa men lätta och smidiga antennspön som avgör. Det första fallet är ett tekniskt problem som knappast är lösbart idag.

Om ovanstående tre problem kan lösas till rimliga kostnader öppnas stora möjligheter för orienteringskartritaren. GPS skulle då definitivt bli ett konkurrenskraftigt mätsätt. Det klart svåraste problemet att lösa är bekymret med vegetationen. En framtida dröm är att man skall kunna ställa sig på en sten, trycka på knappen för sten på armbandsmottagaren och därefter omedelbart förflytta sig till nästa objekt.

Möjligheter bör också finnas att kombinera GPS-tekniken med andra metoder. En GPS-mottagare skulle kunna användas för att bestämma positionen för en totalstation. I detta fall försvinner momentet med bakåtobjekt och nätanslutning. En annan variant är att använda sig av kompass och mätband, alternativt stegning, för relativ inmätning i förhållande till en GPS-bestämd punkt.

6.6 Test med linjeobjektsbildning

Ett mindre försök med att bilda linjer i fält med hjälp av GPS gjordes också. Ett stenfält mättes in genom att dess kant följdes med antennen samtidigt som mottagaren kontinuerligt registrerade positionen. Så fort antalet satelliter blev för litet gjordes uppehåll tills satelliterna söktes upp igen.



Figur 6.3: Kartering av stenfält med GPS. Till vänster syns GPS-antennen fastsatt på ett spö. Antennkabeln går till GPS-mottagaren, som bärs på magen. I ryggsäcken förvaras batteri och radioutrustning som tar emot pseudoavståndskorrektioner från referensstationen. Radioutrustningens antenn skymtar uppe på ryggsäcken.

Vid efterbearbetningen plockades hela stenfältsmätningen ut ur registreringsfilen. Den kom då att bestå av ungefär 250 punkter. Efter små korrigeringar i filen (registreringar vid stillastående togs bort) lades den in i AKU över den från totalstationsförsöket ritade kartan. Överensstämmelsen var ganska god. Ingenstans avvek GPS-mätningarna med mer än fem meter. Även formen på stenfältet blev riktig. Antagligen var detta det första försöket i världen med GPS för direkt inmätning av objekt vid orienteringskartritning!

Problemen med metoden är flera, bl a blir det oerhört mycket mätdata, ca tio gånger mer än vid totalstationsmätning. Datamängden kan dock minskas om man ökar tiden mellan registreringarna.

Dessutom var stenfältet idealiskt för metoden i fråga eftersom det var fri sikt uppåt. Inne i skogen blir det hela omöjligt att genomföra med dagens teknik då satelliterna ofta kommer att skymmas av vegetationen.

För att förbättra mätdata skulle man kunna tänka sig att på något sätt filtrera dessa för att få bort lokala oregelbundenheter. Troligen kan man efter filtrering jobba med varannan eller var tredje punkt istället för att minska datamängden.

En annan möjlighet att få bättre data är att sätta höjden som konstant och därigenom eliminera denna som obekant vid beräkningarna. I detta fall krävs bara tre satelliter för mätning vilket skulle minska antalet stopp under gången. Denna lösning är framförallt användbar vid höjdkurveinmätning då ju höjden skall vara konstant!

7 ALTERNATIV TEKNIK

7.1 Radiopositionering

En teknik som kan visa sig vara väldigt användbar i framtiden är radiopositionering. Metoden går ut på att man placerar ut ett antal radiofyrar inom det aktuella området.

Genom att bära med sig en mottagare som kan bestämma avståndet till fyrarna så är det möjligt att med hjälp av inbindning bestämma sin position på ungefär 1 meter när.

Försök har utförts vid inmätning av hyggesgränser vid skogsinventering. Begränsningar i metoden finns eftersom starkt kuperad terräng klart försämrar radiovågornas fortplantning. Detta fenomen märks t ex vid TV och radiomottagning då man kan hamna i skuggan av större berg. Problemet kan dock förbigås till viss del om man använder sig utav flera, väl utplacerade, radiofyrar.

Metoden är dock klart olämplig i väldigt sönderskuren terräng, t ex på Södertörn söder om Stockholm. Däremot kan metoden vara fullt genomförbar i områden med mindre kupering, t ex i Uppland, Mälardalen, Gotland mm.

7.2 Tröghetspositionering

Tröghetspositionering går i korthet ut på att man med hjälp av mycket finkänslig mekanik kan registrera accelerationer i olika riktningar. Genom att accelerationen registreras samtidigt med tiden kan hastighet och därigenom förflyttningssträcka beräknas genom integrering.

I dagens läge finns tröghetspositioneringsutrustning för geodetiska ändamål i bilar. I framtiden kommer förmodligen metoden att utvecklas och mottagarna blir kanske möjliga att bära för hand. För att detta ska fungera i realiteten krävs att utrustningen blir mycket lättare och mer stöttålig. Användbarheten för kartritaren blir stor i och med att positionen hela tiden är känd.

Ett möjligt framtidsscenario är att tröghets- och GPS-teknik kombineras då de kompletterar varandra.

8. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

8.1 Totalstations- och fältdatorförsöket

Försöket med totalstation och fältdator gav både positiva och negativa erfarenheter. I nuläget kan man tyvärr konstatera att nackdelarna är flera än fördelarna. Framförallt tar fältarbetet för lång tid. I vårt försök tog det ca 250 timmar per kvadratkilometer varav 100-150 timmar utgjorde den rena mättiden. Vi tror dock att metoden är att räkna med i framtiden eftersom ett flertal av de negativa sidorna borde försvinna i och med den tekniska utvecklingen, t ex mindre och smidigare instrument, enmansinstrument mm. Det var dock positivt att metoden var genomförbar även om den var tidskrävande.

Om man kan utnyttja mätinstrument och kartritare dvs mätpersonal på ideell basis är metoden ekonomiskt fördelaktig men den stora tidsåtgången gör att man bör hålla sig till mindre kartområden (5-10 kvadratkilometer).

En kombination av totalstationsmetoden och traditionell kartritning är den teknik som vi tror är klart genomförbar i dagsläget. I kapitel 5.5 ges förslag på ett par kombinationer av de olika metoderna. Båda förslagen utgår från att man vill förbättra grundmaterialet. Det ena grundar sig på ett mindre noggrant underlag som förbättras över hela kartområdet. Förbättring sker genom att mäta in ett stort antal punkter som markeras både på grundmaterialet och i terrängen. Punktbeskrivningar bör upprättas över punkterna för att underlätta för kartritaren. Den traditionella kartritningstiden i fält minskas och man erhåller en noggrannare kartprodukt om man använder sig utav denna metod.

Det andra förslaget baseras på att grundmaterialet ofta behöver förbättras i områden med tätare skog, t ex en norrlandssluttning med tät granskog. Här gäller det alltså

endast mindre ytor inom kartområdet. Hjälpunkter mäts in och markeras även här både i terrängen och på grundmaterialet. Metoden syftar till att underlätta för kartritaren, eftersom dessa områden både är tidskrävande och svåra att rita.

8.2 GPS-försöket

Pga det hårda trycket på instrumenten blev GPS-försöket kortare än vi tänkt oss. Till stor del ägnades det åt att mäta in instrumentuppställningspunkterna från totalstationsförsöket. Jämförelser gjordes sedan med mätdata därifrån.

Mätningarna utfördes som relativ sk bärvågsunderstödd kodmätning vilket innebär att man mäter på koden medan sk pseudoavståndskorrekktioner erhålls via radio. En del av försöket gjordes utan att radiokorrekktioner kunde utnyttjas.

Arbetsgången var som följer: Vid varje punkt stannade vi i två minuter. Under denna tid gjordes registreringar varannan sekund vilket gav sextio mätningar per punkt. Efter mätningen bildades medelvärden för varje punkt och standardavvikelse beräknades. Sedan transformerades punkterna till RT90. Efter en Helmertttransformation mellan satellitmätningar och terrestra mätningar erhöles koordinatdifferenser mellan dessa. Medelfelen låg på ca 2.5 meter radiellt, men kraftiga variationer fanns pga skiftande PDOP och mätavbrott till enskilda satelliter.

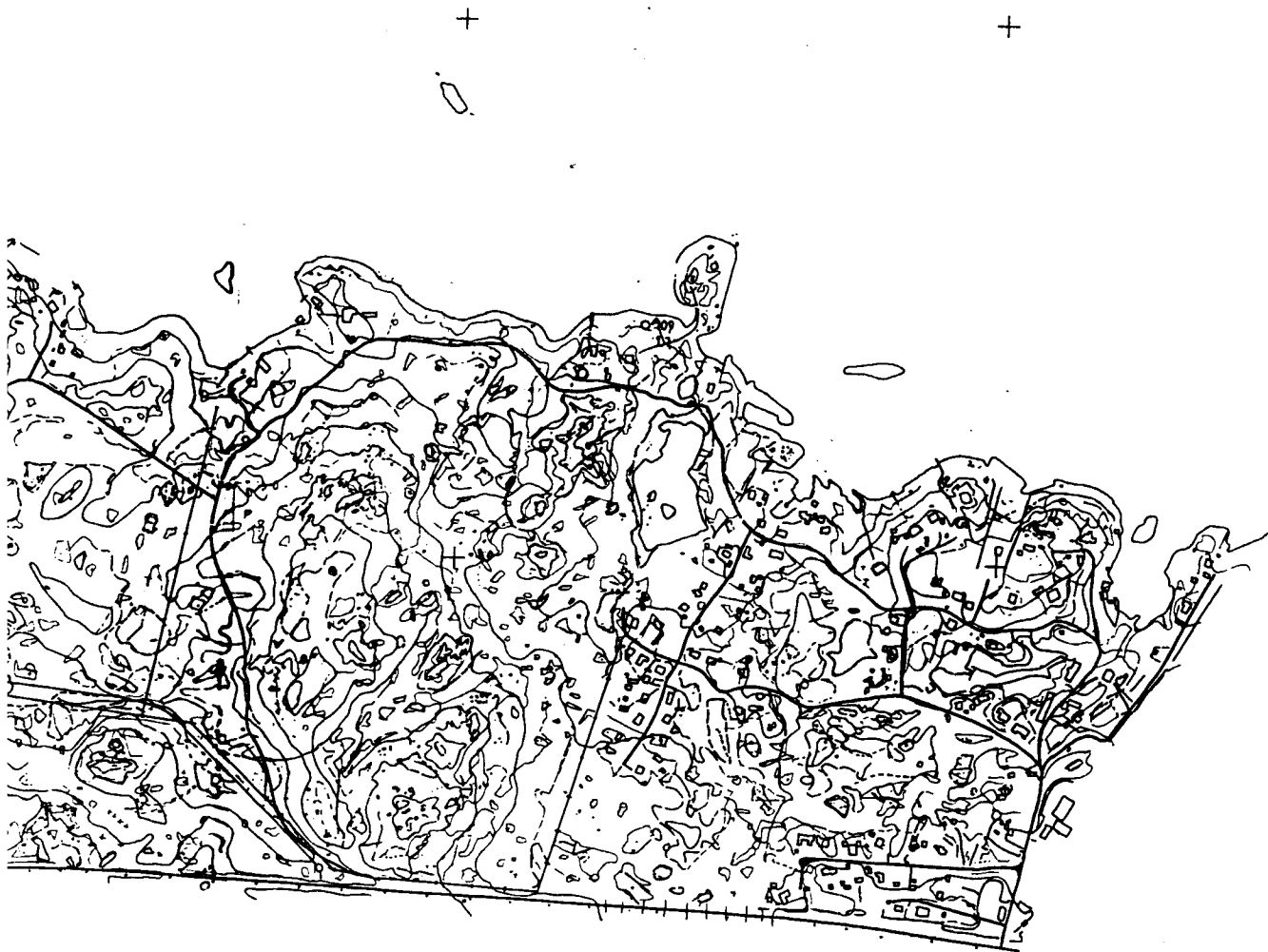
Ett kort test med linjeobjektsbildning i fält gjordes runt ett stenfält. Försöket slog väl ut och stenfältet togs fram på AKU-stationen med kartan som bakgrund. Situationen var dock tillrättalagd i och med att fältet var öppet och sikt erhöles uppifrån vilket ju inte alltid är fallet.

Om GPS-tekniken skall bli en konkurrenskraftig metod vid framställning av orienteringskartor krävs att tre problem löses tillfredsställande. Fältutrustningen måste bli lättare, mättiden kortare och man måste på något sätt komma runt bekymret med att vegetationen hindrar signalerna från satelliterna. Då utvecklingen på satellitsidan går snabbt är det fullt möjligt att tekniken blir användbar i framtiden. Det svåraste problemet att lösa är vegetationsproblemet.

REFERENSER

- Ashtech, 1989 : Ashtech XII Receiver, Operating manual.
Ashtech Inc, Sunnyvale, Kalifornien.
- Ashtech, 1990 : Real-time differential, RTCM format.
Ashtech application note, Ashtech Inc,
Sunnyvale, Kalifornien.
- Ek A, Fitger A, 1978 : Automatritning av orienterings-
kartor. Examensarbete i datateknisk kartografi.
Geodetiska institutionen, KTH, Stockholm.
- GEODESI 90, 1989 : Rapport från utredningsarbetet om
geodesin i Sverige. Lantmäteriverket, Gävle.
- Hedling G, Reit B-G, 1989 : Transformationssamband mellan
WGS 84 och RT 90. Lantmäteriverket, Gävle.
- Jivall A-C, Jakobsson L, 1987 : Mäta med GPS, beräknings-
program samt detaljstudie och beräkningsexempel
med POPS. Examensarbete, Tekniska skrifter
1987:18, Lantmäteriverket, Gävle.
- Jonsson B, 1991 : Introduktion till GPS-tekniken.
Kartbladet 1:1991, sid 2-19, Kartografiska
sällskapet, Gävle.
- King R W, Masters E, Rizos C, Stolz A och Collins J,
1985 : Surveying with Global Positioning
System-GPS. Fred.Dümmlers Verlag, Bonn.
- Lantmäteriverket, 1989 : AutoKa-FC, Lantmäteriets fält-
datorsystem, Lantmäteriverket, Gävle.
- Lantmäteriverket, 1991 : AKU/PC-Mapper, utkast till hand-
ledning, tillämpning för T5-kartan.
KI, Lantmäteriverket, Gävle.

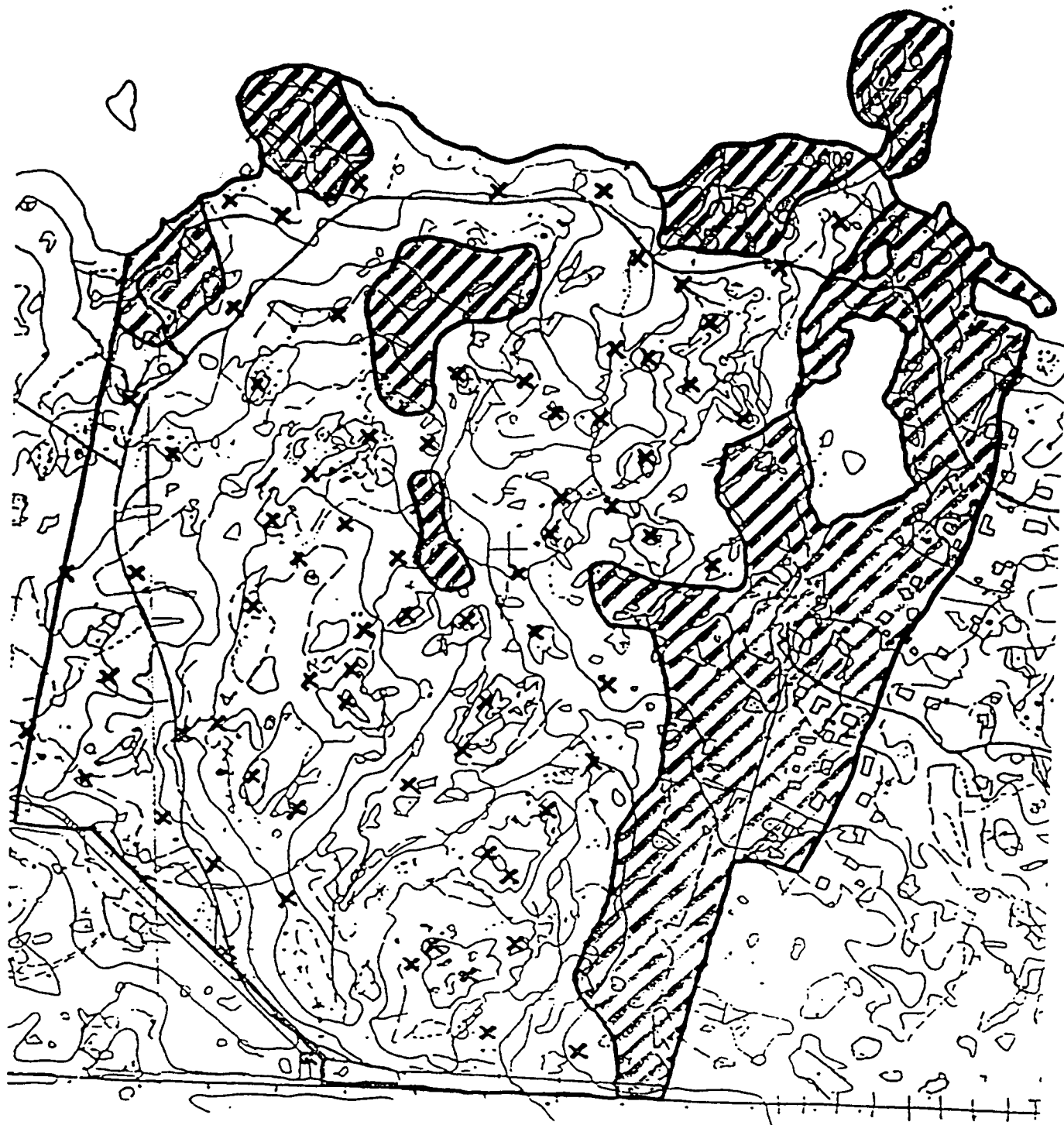
- Levin U, 1989 : Digital hantering av orienteringskartan, utvärdering av befintlig teknik. Examensarbete i kartografi. TRITA-GEOD 3014, Geodetiska institutionen, KTH, Stockholm.
- Palm C, 1988 : Kartan - en bild av 50 års utveckling. Självväld väg i okänd mark, jubileumsbok, sid 36-43, Svenska Orienteringsförbundet, Farsta.
- Ringström U, Selin L E, 1985 : Vågrörelselära, akustik, optik. Lärobok, Fysikinstitutionen, KTH, Stockholm.
- SOFT-förlaget, 1983 : Kartboken, regler och anvisningar för produktion av orienteringskartor. Kartgruppen, Svenska Orienteringsförbundet, Farsta.
- SOFT-förlaget, 1987 : Fritidskartor, rekognoseringsanvisningar för orienteringskartor. Kartgruppen, Svenska Orienteringsförbundet, Farsta.
- SOFT-förlaget, 1991 : Internationell kartnorm, regler och anvisningar för renritning och tryckning av orienteringskartor. Svenska Orienteringsförbundet, Farsta.
- Toft H, 1987 : GPS Satellite Navigation, New perspectives in accurate navigation, performance, applications, theory. Shipmate, Stoevring, Danmark.



0 m
9.

0 12
9.9

GRUNDMATERIAL (Skala 1:10000)



✕ Instrumentuppställningspunkter



Traditionell rekognosering

Punktobjekt

- 0 Minsta hus
- 1 Kvadrat hus
- 2 Rektangulärt hus
- 3 Vinkel hus
- 4 Stor sten
- 5 Liten sten
- 6 Stort stup, opasserbart
- 7 Litet stup, opasserbart
- 8 Stort stup, passerbart
- 9 Litet stup, passerbart
- 10 Stensamling
- 11 Blockterräng
- 12 Stenskravel
- 13 Grotta
- 14 Stor ruin
- 15 Ruin
- 16 Stenröse
- 17 Kyrkogårdskryss
- 18 Torn
- 19 Mast
- 20 Svart text
- 21 Svart text
- 22 Röd text
- 23 Koja
- 24 Plustecken
- 25 Ring
- 26 Kryss
- 27 Användes ej
- 28 Röd prick
- 29 Hjälpkurvehöjd, liten
- 30 Grop, grävd
- 31 Grop, naturlig
- 32 Punkthöjd
- 33 Höjd, liten
- 34 Höjd, avlång
- 35 Hjälpkurvehöjd, avlång
- 36 Rött kryss
- 37 Användes ej
- 38 Göl, liten
- 39 Vattenhål
- 40 Sankmark, liten
- 41 Brunn
- 42 Källa
- 43 Blått kryss
- 44 Användes ej
- 45 Grön punkt
- 46 Grön punkt
- 47 Trädkryss
- 48 Trädstjärna
- 49 Grön ring

Linjeobjekt

- 0 0.12 svart
- 1 0.17 svart
- 2 0.35 svart
- 3 Liten bäck
- 4 Höjdkurva
- 5 0.25 grön
- 6 0.5 grön

Linjeobjekt

- 7 0.5 gul
- 8 0.25 svart
- 9 0.25 röd
- 10 Bäck, otydlig
- 11 Bäck 0.125
- 12 Surdrag
- 13 Överför linje
- 14 Traktorväg
- 15 Stig, stor
- 16 Stig, liten
- 17 Drivningsväg
- 18 Stup, opasserbart
- 19 Stup, passerbart
- 20 Beståndsgräns
- 21 Järnväg
- 22 Stenmur
- 23 Staket, opasserbart
- 24 Staket, passerbart
- 25 Skärning
- 26 Jordvall
- 27 Hjälpkurva
- 28 Användes ej
- 29 Användes ej
- 30 Bäck 0.17
- 31 Bäck 0.25
- 32 Bäck 0.35
- 33 0.20 röd
- 34 2.0 gul ram
- 35 Järnväg
- 36 Röd prickad linje
- 37 0.12 svart

Ytobjekt

- 0 Hus
- 1 Sjö 100%
- 2 Sankmark, oframkomlig
- 3 Sankmark, öppen
- 4 Sankmark, bevuxen
- 5 Mörkgrön
- 6 Mellangrön
- 7 Ljusgrön
- 8 Tätt grönt linjeraster
- 9 Grönt linjeraster
- 10 Tomtmark
- 11 Åker
- 12 Halvöppen mark
- 13 Kalhygge
- 14 Öppen mark i skog
- 15 Sjö 75%
- 16 Sumpskog
- 17 Brun 100%
- 18 Gul+brunt 50%
- 19 Brun 50%
- 20 Höghusområde
- 21 Fruktodling
- 22 Förbjudet område


```

PROGRAM medeltal (input,output);
VAR  xtot,ytot,ztot,tid,x,y,z,
      sumx,sumy,sumz          : real;
      rad                     : string;
      skod, sx, sy, sz        : String;
      i,j,k                   : integer;
      xmedel,ymedel,zmedel,
      xstandard,ystandard,
      zstandard               : ARRAY (.1..50.) OF real;
      sparx,spary,sparz       : ARRAY (.1..60.) OF real;
      kodnr                   : ARRAY (.1..50.) OF Integer;
      filnamn                 : String;
      kod                     : Integer;
      fil,resfil              : text;
      felpos                  : Integer;

PROCEDURE standardavvikelse;
BEGIN
  sumx:=0;
  sumy:=0;
  sumz:=0;
  FOR k:=1 TO i DO BEGIN
    sumx:=-sumx+(sparx(.k.)-xmedel(.j.))*(sparx(.k.)-xmedel(.j.));
    sumy:=-sumy+(spary(.k.)-ymedel(.j.))*(spary(.k.)-ymedel(.j.));
    sumz:=-sumz+(sparz(.k.)-zmedel(.j.))*(sparz(.k.)-zmedel(.j.));
  END;
  xstandard(.j.):=-SQRT(sumx/i);
  ystandard(.j.):=-SQRT(sumy/i);
  zstandard(.j.):=-SQRT(sumz/i);
END;

BEGIN
  Write ('Ange filnamn : ');
  ReadLn (filnamn);
  Assign (fil,filnamn);
  Reset (fil);
  Assign (resfil,'res.kor');
  Rewrite (resfil);
  xtot:=0;ytot:=0;ztot:=0;i:=0;j:=1;
  ReadLn (fil,rad);
  WHILE NOT eof (fil) DO BEGIN
    ReadLn (fil,rad);
    IF rad(.1.)<>'?' THEN BEGIN
      skod := rad;
      Delete (skod, 5, Length (skod));
      Val (skod, kod, felpos);

      sx := rad;
      Delete (sx, 1, 18);
      Delete (sx, 11, Length (sx));
      Val (sx, x, felpos);

      sy := rad;
      Delete (sy, 1, 32);
      Delete (sy, 10, Length (sy));
      Val (sy, y, felpos);

      sz := rad;
      Delete (sz, 1, 44);
      Delete (sz, 11, Length (sz));
      Val (sz, z, felpos);

      i:=i+1;
      xtot:=-xtot+x;
      ytot:=-ytot+y;
      ztot:=-ztot+z;
    END;
  END;

```

```
    sparx(.i.):=-x;
    spary(.i.):=-y;
    sparz(.i.):=-z;
END
ELSE BEGIN
  IF i<=0 THEN BEGIN
    xmedel(.j.):=-xtot/i;
    ymedel(.j.):=-ytot/i;
    zmedel(.j.):=-ztot/i;
    standardavvikelse;
    kodnr(.j.):=-kod;
    writeln (resfil,kodnr(.j.):5,xmedel(.j.):15:2,ymedel(.j.):15:2,zmedel(.j.):15:2);
    writeln (resfil,kodnr(.j.):5,xstandard(.j.):15:2,ystandard(.j.):15:2,zstandard(.j.));
    writeln (resfil);
    j:=j+1;
    i:=0;
    xtot:=0;ytot:=0;ztot:=0;
  END;
END;
END;
close (resfil);
END.
```

RESULTAT EFTER HELMERTTRANSFORMATION (18 PUNKTER)

Grundmedelfel : 2.5 meter

PUNKT	X-fel (m)	Y-fel (m)	PDOP>5
9008	+1.5	+0.7	
9002	-1.3	+1.9	
9012	-1.1	+0.9	
9001	-1.0	+0.1	
9018	-8.2	+1.8	*
9021	+1.6	-0.6	
9022	-3.7	+1.3	*
9023	+7.1	+2.9	*
9020	+4.7	-0.8	*
9029	+0.2	+2.6	
9030	+0.9	-0.0	
9031	+0.4	-2.0	
9032	+0.7	-1.6	
9033	-2.2	-0.5	
9034	-0.4	+1.0	
9042	+1.4	-0.3	
9043	+1.5	-1.0	
9044	-1.1	-0.5	

Efter det att punkterna med högt PDOP eliminerats erhöjls bättre grundmedelfel. Detta framgår tydligt av tabellen då mätningarna med störst punktmedelfel försvinner.

REDOVISNING AV STANDARDAVVIKELSE VID GPS-FÖRSÖKET.

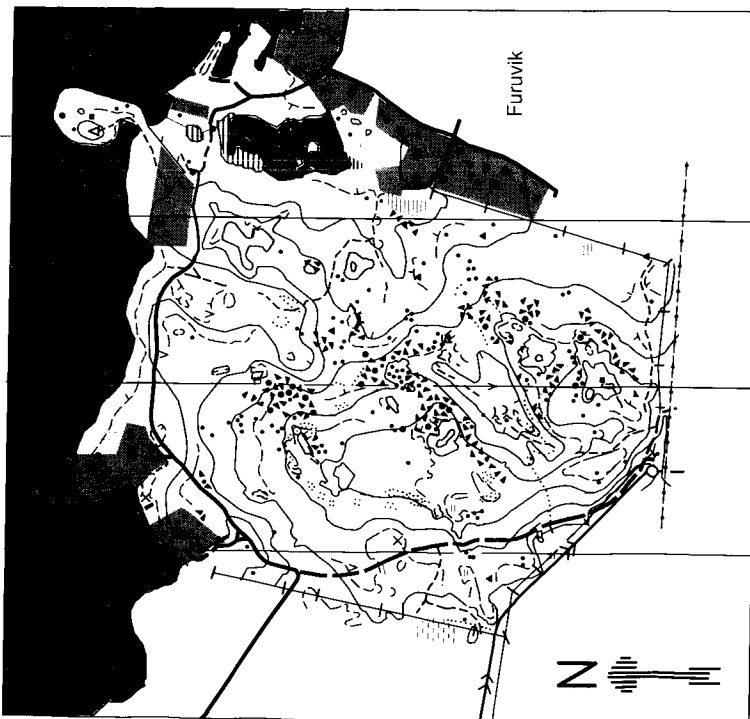
Resultaten är baserade på de sextio tvåsekundersepoker som mättes på varje punkt. För att kunna jämföra med restfelen efter Helmerttransformation har vi valt att redovisa samma punkter som i bilaga 6. Standard-avvikelserna redovisas i x-, y- och z-led. Enheten är meter.

PUNKT	s_x	s_y	s_z	
9008	0.61	1.30	2.81	
9002	0.96	1.38	1.04	
9012	0.89	1.13	1.16	
9001	3.01	2.58	4.92	
9018	0.57	0.43	6.85	
9021	0.75	0.34	1.62	
9022	18.16	3.61	164.20	*
9023	0.35	0.53	1.38	
9020	7.07	0.65	17.39	*
9029	1.35	2.09	1.79	
9030	1.45	0.40	0.40	
9031	1.82	0.98	1.66	
9032	0.40	0.45	1.57	
9033	0.20	0.26	0.43	
9034	0.16	0.38	0.52	
9042	0.35	0.55	1.00	
9043	1.13	2.48	3.94	
9044	0.47	0.51	0.92	

Eftersom mättiden är så pass kort som två minuter påverkas inte standardavvikelsen utav ett dåligt PDOP-värde i någon större utsträckning. Däremot märks det tydligt när man tappat kontakten med någon satellit under pågående mätperiod (*).

FÄRDIG KARTA FRÅN TOTALSTATIONSFÖRSÖKET

TECKENFÖRKLARING



	Tvåfilig bilväg		Hödkurvor
	Enfilig bilväg		Hjälpkurva/Liten höjd
	Liten bilväg		Naturlig grop, stor/liten
	Stor stig		Grävd grop, stor/liten
	Liten stig		Jordvall, tydlig/otydlig
	Drivningsväg, släpspår		Grustag/Fåra
	Otydlig stig		Öppen mark
	Kraftledning, stor		Halvöppen mark
	Kraftledning, liten		Kalhygge
	Stängsel, högt/lågt		Öppen mark i skog
	Stenmur, tydlig/otydlig		Öframkomligt område
	Bestandsgräns		Svårframkomligt område
	Byggnad/Torn		Nedsatt löpbarhet
	Ruin/Koja		Undervegetation
	Blockterräng/Stenig mark		Tomtmark
	Sten, stor/liten		Asfalt/Grusyta
	Stup, större/mindre		Sankmark, öppen
	Stenröse/Säpråglat träd		Sankmark, bevuxen
	Sjö/Vattensamling		Sankmark, öframkomlig
	Vattendrag		Diffus sankmark
	Bäck, dike		Jordkällare
	Dike, otydligt		
	Surdrag		
	Brunn/Källa/Vattenhål		

Skala 1:10 000 Ekvidistans 4 m