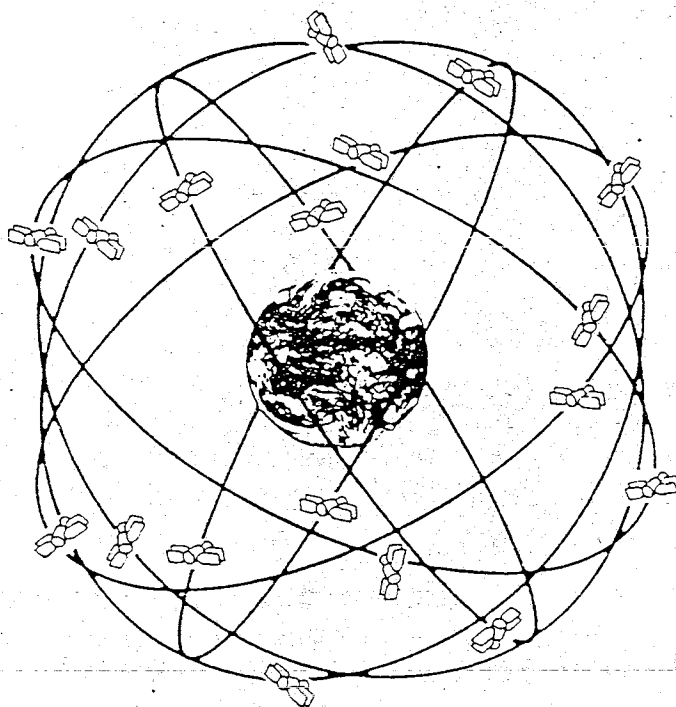


# PROGRAM FÖR GPS-VERKSAMHETEN I SVERIGE

MED TONVIKT PÅ STATIONÄR POSITIONERING



Utarbetat av den svenska GPS-gruppen och  
Utvecklingsrådet för landskapsinformation (ULI)

LMV-rapport 1988:19



Förteckning över senast utgivna LMV-rapporter

Rapport	Titel	Upphovsman e dyl
1988:1	Beståndsmetoden för skogsvärdering. - Tillväxt och avverkning	Börje Andersson
1988:2	Beståndsmetoden för skogsvärdering. - Sortimentutbyte och kvalitet	
1988:3-5	Beståndsmetoden för skogsvärdering. - Ytterligare rapporter inom fastighets- ekonomi. Planerad utgivning våren 1988.	
1988:6	Tioårigt ortofotoomdrev	Lars Lindgren
1988:7	Ett landskapsmuseum i Gävle	H-F Wennström
1988:8	Baskartor för översiktlig kommunal planering 1988	Gunnar Ericsson
1988:9	Fastighetsbildning för landsbygdens behov - översyn av reglerna om fastig- hetsbildning för mindre jordbruk	Lennart Pettersson
1988:10	Tröghetspositionerings tekniken	Jean-Marie Becker
1988:11	Baslinjemätning med satellitsystemet TRANSIT. Examensarbete, LTH	Carolin Ljungkrantz Pia Rystam
1988:12	Erfarenheter med motoriserad trigono- metrisk höjdbestämningssteknik (MTL). Jämförelser med övriga tekniker	Jean-Marie Becker Thomas Lithén Anders Nordquist
1988:13	Utvärdering av ekonomiska konsekven- ser vid planering och genomförande av detaljplaner	Hans Larsson
1988:14	Ekonomiska utredningar vid exploate- ringssamverkan	Kjell Svanberg
1988:15	Kalkylmodell för ekonomisk utvärde- ring av detaljplaner - en idéskiss	Bo Bäckström Mikael Jarle Hans Larsson
1988:16	The Fundamental Gravity Network of Sweden	Lars Åke Haller Martin Ekman
1988:17	Värdering av tomtanläggningar vid intrång	Eije Sjödin
1988:18	Översyn av lantmäteriets regionala organisation	Barbro Carlestam

Titel

PROGRAM FÖR GPS-VERKSAMHETEN I SVERIGE - MED  
TONVIKT PÅ STATIONÄR POSITIONERING

Utarbetat av den svenska GPS-gruppen och Utveck-  
lingsrådet för landskapsinformation (ULI)

Huvudinnehåll

Denna rapport utgör ett program för den fortsatta  
GPS-verksamheten i Sverige. Programmet omfattar  
främst forskning och utveckling, men även organisa-  
toriska frågor, standardisering och teknikförändring/  
utbildning tas upp. Tonvikten har lagts på stationär  
positionering. Tidshorisonten är 1991.

Bakgrunden till arbetet redovisas i kapitel 1.  
I kapitel 2 ges en kortfattad introduktion till  
GPS-tekniken. Kapitel 3 innehåller en behovsinven-  
tering och kapitel 4 föreslagna prioriteringar.

Programmet har lagts fast genom beslut av GPS-  
gruppen och i ULIs styrelse.

---

LDOK

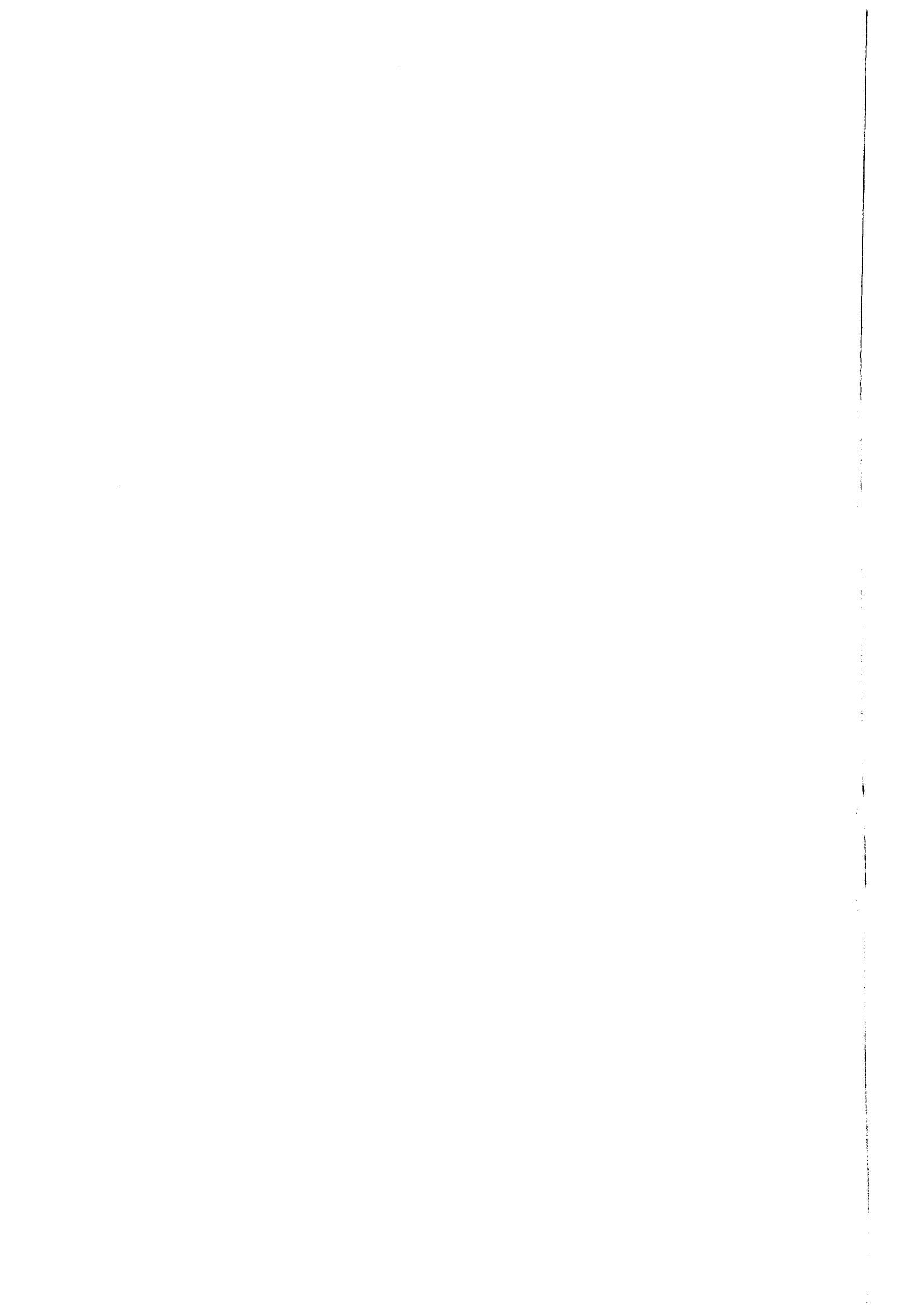
Kg Satellitgeodesi

---

Beställs hos

Lantmäteriverket  
Blankettförrådet  
801 82 GÄVLE





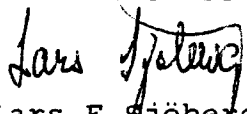
## FÖRORD

Detta program för GPS-verksamheten i Sverige har utarbetats i samarbete mellan den svenska GPS-gruppen och Utvecklingsrådet för landskapsinformation (ULI). Programmet omfattar främst forskning och utveckling, men också andra frågeställningar av betydelse i sammanhanget - t ex organisatoriska frågor, standardisering samt teknikinförande/utbildning - tas upp. Tonvikten har lagts på s k stationär positionering. Tidshorisonten är 1991, som är den tidpunkt då GPS-systemet förväntas vara fullt utbyggt.

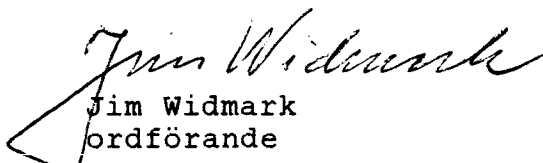
För underlagsmaterialet har i huvudsak GPS-gruppens medlemmar svarat, men även ett antal övriga intressenter har bidragit. Sammanställningen har utförts av GPS-gruppens sekreterare Arne Håkansson, geodetiska institutionen på KTH (KTH-geodesi), och kanslichef Clas-Göran Persson, ULI.

Programmet har slutgiltigt lagts fast genom beslut av GPS-gruppen och i ULIs styrelse.

För GPS-gruppen

  
Lars E Sjöberg  
ordförande

För ULI

  
Jim Widmark  
ordförande



<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	<b>SIDA</b>
KAPITEL 1	3
BAKGRUND	
 KAPITEL 2	 5
INTRODUKTION TILL GPS	
2.1       SATELLITSYSTEMET	5
2.2       WGS -84	6
2.3       SIGNALER FRÅN GPS-SATELLITERNA	6
2.4       MÄTFÖRFARANDE	8
2.5       METEOROLOGISKA OBSERVATIONER	9
2.6       BANDATA	10
2.7       GPS-MOTTAGARE	10
2.8       BERÄKNINGSPROGRAM	12
2.9       OLIKA POSITIONSBESTÄMNINGSMETODER	12
 KAPITEL 3	 13
INVENTERING AV HITTILLSVARANDE VERKSAMHET OCH FRAMTIDA FOU-BEHOV - RAMPROGRAM FÖR GPS-OMRÅDET	
3.1       GENERELLA FRÅGESTÄLLNINGAR	13
3.1.1     SATELLITSYSTEMET	13
3.1.2     INFORMATIONSSPRIDNING	13
3.1.3     SIGNALSTÖRNINGAR	14
3.1.3.1   Jonosfärens inverkan	14
3.1.3.2   Troposfärens inverkan	14
3.1.3.3   Andra störningar	14
3.1.4     ALLMÄNNA NOGGRANNHETSASPEKTER	15
3.1.5     DATUMFRÅGOR	15
3.1.5.1   Koordinatsystem	15
3.1.5.2   Geoidfrågor	16
3.1.6     STANDARDISERINGSBEHOV	17
3.2       MOTTAGARE	17
3.2.1     STUDIER AV OLIKA MOTTAGARFABRIKAT	18
3.2.1.1   Marknadsöversikter	18
3.2.1.2   Empiriska jämförelser	18
3.2.1.3   Testmetoder	18
3.2.2     EGENUTVECKLING AV MOTTAGARE	18

3.3	MÄTNING	19
3.3.1	PRAKTISKA FRÅGOR KRING ARBETET I FÄLT	19
3.3.2	OBSERVATIONSSTRATEGIER VID STATIONÄR POSITIONERING	19
3.3.3	UTFORMNING OCH MÄTNING AV GPS-NÄT	19
3.3.4	MÄTNING VID KINEMATISKA TILLÄMPNINGAR	20
3.4	BERÄKNING - EFTERBEARBETNING	20
3.4.1	BERÄKNINGSMODELLER	20
3.4.2	STUDIER AV BEFINTLIGA BERÄKNINGSPROGRAM	20
3.4.2.1	Marknadsöversikter	20
3.4.2.2	Empiriska jämförelser - testmetoder	21
3.4.3	EGEN PROGRAMUTVECKLING	21
3.5	NATIONELLT TESTNÄT	21
3.6	SPÄRSTATIONER	22
3.7	FASTA REFERENSSTATIONER	22
3.8	TILLÄMPNINGAR	23
3.8.1	KONTROLL, STAGNING OCH SAMMANKNYTNING AV OLIKA GEODETISKA DATUM	24
3.8.2	SAMHÄLLSMÄTNING	24
3.8.3	MÄTNING FÖR PROJEKTERING	25
3.8.4	SPECIALMÄTNING	26
3.8.5	SKOGLIGA OCH GEOTEKNISKA TILLÄMPNINGAR	26
3.8.6	SJÖMÄTNING	27
3.8.7	KINEMATISK POSITIONERING - ALLMÄNT	27
3.8.8	NAVIGERING	28
3.8.9	GEODYNAMIK OCH GEOFYSIK	29
3.8.10	TIDSTJÄNST	30
3.9	TEKNIKINFÖRANDE OCH UTBILDNING	30
	KAPITEL 4	31
	SLUTDISKUSSION - PRIORITERINGAR	
	BILAGA 1	
	DEN SVENSKA GPS-GRUPPEN	
	BILAGA 2	
	UTVECKLINGSRÅDET FÖR LANDSKAPSINFORMATION (ULI) - MEDLEMSFÖRTECKNING 1988-05-26	
	BILAGA 3	
	FÖRTECKNING ÖVER FIRMOR SOM MARKNADSFÖR GPS-MOTTAGARE I SVERIGE (MAJ 1988)	



## 1

## BAKGRUND

Den svenska GPS-gruppen (GPS = Global Positioning System) bildades i början av 1985 och bestod i starten av representanter för geodetiska institutionen vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Stockholm, avdelningen för geodesi vid Uppsala Universitet (UU), Onsala rymdobservatorium vid Chalmers Tekniska Högskola (CTH), Göteborg, Lantmäteriverket (LMV), Gävle, Sjöfartsverket (Sjöv), Norrköping och Vägverket (VoV), Borlänge. Gruppen är en informell sammanslutning - av intresserade och inom området verksamma personer - för diskussioner om GPS-tekniken och samarbetsprojekt. Den har sedan dess vuxit och omfattar nu ett 40-tal personer vid olika högskolor och universitet, statliga verk och myndigheter samt kommunala organisationer (se sändlista i bilaga 1).

GPS-gruppen har sedan starten haft ett tiotal sammanträden och har vinnlagt sig om att förmedla kunskap om tekniken genom att arrangera seminarier (se förteckningar i bilaga 1). Ytterligare ett av gruppens syften har varit att försöka skapa finansiella resurser för anskaffning av instrument för GPS-mätningar. I början av år 1986 ingavs gemensamt av KTH, professor Lars E Sjöberg, CTH, professor Bernt Rönnäng och UU, docent Allen Anderson, en ansökan till Forskningsrådsnämnden (FRN) med begäran om anslag för instrumentinköp. Ansökan ingavs även till Wallenbergsstiftelsen och vidare äskades medel internt inom KTH. I maj 1986 kom så de positiva beskederna att FRN och Wallenbergsstiftelsen beviljat 1 Mkr vardera samt att geodetiska institutionen inom KTH erhållit 300 kkr - sammanlagt alltså 2.3 Mkr för instrumentinköp. I september 1986 beslöt dessutom LMV att satsa 750 kkr för att möjliggöra ytterligare inköp.

GPS-gruppen beslöt i december 1985 att etablera ett svenskt testnät för GPS-observationer kring LMVs geodetiska observatorium i Mårtsbo, 11 km SO om Gävle. Målsättningen med testnätet är att alla svenska tester av GPS-mottagare om möjligt ska utföras i detta nät - efter ett specificerat schema - för att på så sätt underlätta jämförelser dels mellan olika mottagare, dels mellan GPS-tekniken och konventionella terrestra metoder.

Under våren 1986 påbörjade LMV i samarbete med Vägverket och KTH testmätningar med olika instrument i detta nät. De sista provmätningarna ägde rum i november 1986. Då hade tre olika typer av instrument testats. GPS-gruppens medlemmar tog även ett stort antal internationella kontakter för att bilda sig en uppfattning om olika saluförda instrument och deras egenskaper. I december 1986 beslöts att igångsätta upphandlingen av instrument. Upphandlingen avslutades i april 1987 med en beställning av tre mottagare av typ Wild-Magnavox, WM 101, för stationär positionering. Instrumenten levererades i juni 1987 (en tillsatsenhet levereras dock först i slutet av 1988).

Under sommaren och hösten 1987 har därefter ett antal inledande projekt genomförts - främst av KTH och LMV. Dessutom driver Onsalaobservatoriet sedan 1987 en spårstation för GPS med hjälp av utrustning inlånad från Norge och USA. Erfarenheterna från denna verksamhet, och rapporter från motsvarande utländska studier, har gett upphov till en rad frågeställningar och problem som bör bearbetas.

GPS-gruppen har sett det som angeläget att samla dessa i en behovsinventering - ett ramprogram för GPS-området. Vidare har Utvecklingsrådet för landskapsinformation (ULI) - se medlemsförteckning i bilaga 2 - i sitt "Program för forskning och utveckling inom området landskapsinformation" (LMV-rapport 1986:13) gett GPS-området hög prioritet. Därför har det känts naturligt att göra gemensam sak i utarbetandet av ett sådant program.

Själva ramprogrammet redovisas i kapitel 3. Dessförinnan, i kapitel 2, ges en kortfattad introduktion till GPS och det avslutande kapitel 4 innehåller en sammanfattning av programmet, vissa prioriteringar samt en diskussion kring den fortsatta verksamheten inom området.

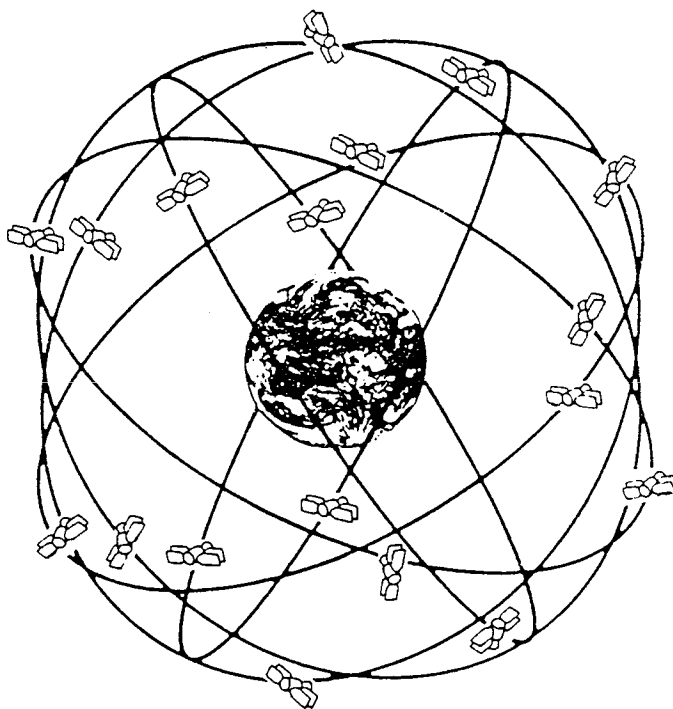
## 2 INTRODUKTION TILL GPS

### 2.1 SATELLITSYSTEMET

NAVSTAR GPS (the NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System) planerades ursprungligen under 1970-talet som ett navigationssystem för såväl militärt som civilt bruk. Med hjälp av från satelliter utsända signaler innehållande viss kodad information skulle snabb, praktiskt taget omedelbar, lägesbestämning kunna göras.

Hitintills har tio satelliter skjutits upp och placerats i bana. Sju av dessa är nu verksamma. De är experimentsatelliter utplacerade så att mest gynnsamma geometriska förhållanden ska finnas för att testa systemet i Nord-Amerika. Även i andra delar av världen - exempelvis i Sverige - finns möjlighet att använda dessa experimentsatelliter, men då endast under en begränsad tidrymd varje dag (f n cirka 3-4 timmar).

De nuvarande satelliterna är avsedda att ersättas av mer reguljära satelliter: 18 stycken + 3 reservsatelliter utplacerade i sex olika banplan (figur 2.1). De ska medge lägesbestämning i stort sett varje tid på dygnet runt hela jorden. Programmet för detta har dock försenats genom Challenger-olyckan, och systemet beräknas vara fullt utbyggt först år 1991.



Figur 2.1: Satellitkonstellationen i systemet NAVSTAR GPS

Satelliterna befinner sig mycket långt ut - cirka 20 200 km från jorden - för att bli så bra täckning av jordytan som möjligt. Omloppstiden är 12 timmar, stjärntid. På grund av jordens rörelse runt solen kommer därför en viss satellit tillbaka cirka fyra minuter tidigare nästa dag, och efter ett år återkommer satelliten vid samma tid som föregående år. Med det begränsade antal satelliter som nu finns betyder det att mätningar under vissa tider av året måste göras på obekvämt arbetstid. I Sverige kan mätningar ofta utföras på dagtid under sommaren men endast nattetid på vinterhalvåret.

Som jämförelse kan nämnas att i det nuvarande TRANSIT-systemet - där man använder dopplermätningsteknik - är satelliternas banhöjd cirka 1100 km och omloppstiden 107 minuter. Lägesbestämning kan där inte ske omedelbart utan tar lång tid.

## 2.2 WGS -84

Det koordinatsystem - eller geodetiska datum - som ligger till grund för positionering med GPS-teknik benämns World Geodetic System 1984 (WGS -84). Banddata liksom (primärt) mottagarpositioner relateras alltså till detta system. Därför måste positionerna i många fall räknas om till det datum som i övrigt används för tillämpningen i fråga, t ex sjökortsdatum och olika nationella och lokala koordinatsystem.

## 2.3 SIGNALER FRÅN GPS-SATELLITERN

GPS-satelliterna sänder på två frekvenser. Den ena på 1575.42 MHz kallas L1 och den andra på 1227.60 MHz kallas L2. Dessa signaler tas emot av en mottagare placerad på den punkt som ska lägesbestämmas. Två-frekvensmottagare - mottagare som utnyttjar både L1 och L2 - kan ge en bättre noggrannhet än en-frekvensmottagare genom att det i dessa finns möjlighet att korrigera för den sk jonosfäriska refraktionen. (Jonosfären är skiktet mellan ca 40 och 1000 km från jordytan.) Sändningsfrekvenserna är härledda från mycket noggranna frekvensstandarder, som finns ombord på satelliterna. I de kommande reguljära satelliterna siktar man på en frekvensnoggrannhet av 1 på  $10^{14}$ ; i experimentsatelliterna är noggrannheten lägre.

För att ge precisa tidsmarkeringar - för att separera olika signaler och för att skapa säkrare signalbehandlingsförutsättningar i mottagarna (undvikande av reflekterade signaler t ex) - använder GPS en Pseudo-Random Noise (PRN) signalmoduleringsstruktur. Den genereras av en matematisk algoritm i satelliten; samma algoritm måste därför även finnas i mottagarna. Två typer av PRN-koder genereras i varje satellit. De kallas för Coarse/Acquisition Code (C/A-kod) och Precise Code (P-kod). C/A-koden sänds bara på L1-frekvensen och upprepas varje millisekund. P-koden sänds både på L1- och L2-

frekvensen och har en period på 267 dygn; den är alltså mycket svår att dechiffrera. P-koden är den noggrannare av de två.

Tillgång till P-koden kommer troligen att förbehållas militära användare i framtiden, medan C/A-koden blir tillgänglig även för civilt bruk. C/A-kodens noggrannhet kan komma att sänkas, men för många tillämpningar spelar detta ingen roll (jämför nedan). F n har även civila användare tillgång till P-koden. I det fullt utbyggda GPS-systemet kommer, den troligtvis degraderade, C/A-koden att benämnas SPS-kod (Standard Positioning Service) och P-koden kallas då PPS-kod (Precise Positioning Service).

Utöver de tidigare diskuterade koderna sänder satelliterna även ut 30 sekunder långa meddelanden med en hastighet av 50 bitar/sekund. Meddelandena innehåller all nödvändig information för att beräkna satellitens läge. Bl a redovisas klockkorrektionsparametrar (stånd, dragning, "andraderivata") för satelliten, så att dess tidsskillnad mot GPS-referenstid kan bestämmas för varje mättillfälle. I meddelandet redovisas vidare satellitens banddata. Dessa utgörs av dels medelbanparametrar ("almanacksdata"), dels de sk banelementen, som definierar satellitens beräknade avvikelser från medelbanan. Banelementen uppdateras varje timme för att hela tiden medge noggrann lägesbestämning av satelliten.

Det hela styrs från en kontrollcentral i Colorado Springs i Colorado, USA, som till sitt förfogande har fem observationsstationer från vilka satelliterna kontinuerligt observeras. Dessa kontrollstationer ("spårstationer") är belägna på Hawaii, på Kwajalein i Stilla havet nordost om Australien, på Diego Garcia i Indiska oceanen, på Ascencion i Sydatlanten och i Colorado (figur 2.2).



Figur 2.2: GPS-systemets kontrollstationer

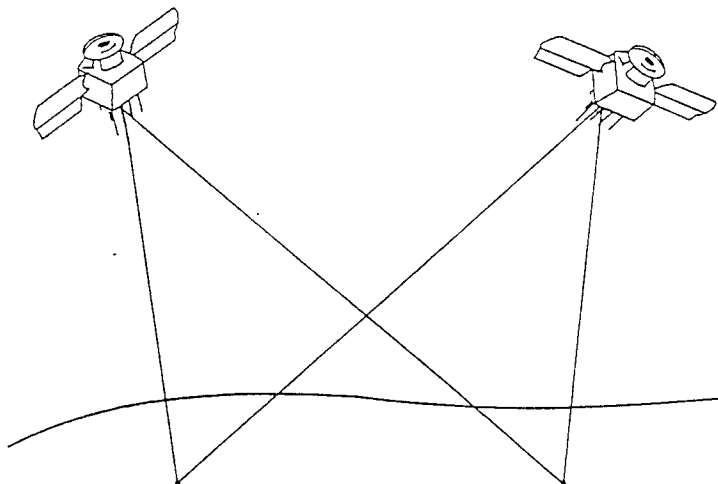
## 2.4 MÄTFÖRFARANDE

GPS-mätningar kan göras antingen genom att använda bärvågs-signalen som sådan (L1/L2) eller de koder som sänds (C/A-kod och P-kod). Metoderna benämns bärvågsmätning respektive kod-mätning.

Kodmätningar är enklast att åskådliggöra geometriskt eftersom de väsentligen är avståndsmätningar (gångtiden konverterad till avstånd). Avstånden blir dock inte helt korrekta på grund av de klockfel som finns; de brukar därför benämnas "pseudo-avstånd" (Eng. pseudo-ranges). Om man gör mätningar mot fyra satelliter samtidigt är det möjligt att bestämma fyra obekanta: de tre obekanta koordinaterna (x, y och z) för mottagaren och dess klockfel. Det är alltså fråga om "inbindning i rymden" med satelliterna som kända punkter. Precis som vid vanlig inbindning blir noggrannheten beroende av den geometriska konfigurationen. Bästa geometrin vore att ha en satellit i varje kvadrant och under en höjdvinkel av  $40^\circ$  -  $70^\circ$  ovan horisonten. Den absolutnoggrannhet i punktbestämningen som man kan uppnå vid positionering/navigering med hjälp av P-koden ligger mellan 5 och 10 meter - uttryckt som medelfel vid 2-dimensionell bestämning. Detsamma kommer att gälla för PPS-koden. För dagens C/A-kod uppskattas absolutnoggrannheten till ca 15 m - för den framtida SPS-koden sannolikt uppemot 50-100 m. Det duger bra i de flesta navigationssammanhang, men är kanske inte särskilt intressant för t ex geodetiska mätningar.

Bärvågsmätningar - fasmätningar på bärvågen - är däremot betydligt noggrannare. Våglängden som svarar mot L1-frekvensen blir ungefär 19 cm, så även ganska grova bestämningar av fasläget kan ge avståndsmätningar med cm-noggrannhet. Problemet är dock, liksom vid vanlig elektronisk distansmätning (EDM), att bestämma hur många hela våglängder vi dessutom har till sändaren/satelliten. Inget lätt problem att lösa när sändaren ligger 20 200 km ut i rymden! Även om klockorna ombord på satelliterna är oerhört noggranna, går det inte att bestämma grovavståndet på mer än meternivå. Då vet man fortfarande inte hur många våglängder å 19 cm man har mellan sig och satelliten. Fasmätningens skärpa kan alltså inte användas, varför absolut positionsbestämning genom bärvågsmätning - åtminstone idag - inte är praktiskt genomförbar.

Det enda sättet för att tillgodogöra sig noggrannheten hos fasmätningen är att gå över till relativmätningar (differensmätningar). Mätning sker då på två stationer samtidigt, och genom att bilda differenser mellan samtida mätvärden på den ena och den andra stationen gentemot en viss satellit ("enkeldifferenser") kan verkan av satellitens klockfel tas bort. Markstationernas klockfel kan i sin tur elimineras genom att inkludera samtida mätningar mot flera satelliter och bilda differenser mellan enkel-differenserna för respektive satellit, så kallade dubbel-differenser (figur 2.3). Med fyra satelliter samtidigt tillgängliga finns det möjlighet att bilda tre sådana dubbel-differenser för ett stationspar och på så sätt få en rymdvektor mellan stationspunkterna.



Figur 2.3: Dubbeldifferensmätning

Det är väsentligen denna teknik som används vid geodetisk tillämpning av GPS-mätningar. Metoden leder till omfattande beräkningar, varför datorstöd och bra beräkningsprogram är nödvändiga hjälpmedel. Relativnoggrannheten ligger på cm-nivå vid mätning med stillastående mottagare ("stationär positionering") och på dm-nivå vid tillämpningar där mottagaren befinner sig i rörelse ("kinematisk positionering").

Relativ bestämning kan även tillämpas vid kodmätning. Den förväntade relativnoggrannheten vid användning av PPS-koden är här ca 1-2 m vid stationär positionering och 2-4 m vid kinematisk positionering - för SPS-koden är siffrorna ungefärligen de dubbla.

Vid många tillämpningar av relativ positionering är en mottagare placerad på en s k referensstation med känd position.

Det bör påpekas att den definition av noggrannhetsmått som här har tillämpats - medelfel vid 2-dimensionell positionsbestämning - inte är den enda som förekommer. Ibland anges noggrannheten för 3-dimensionell positionering, och istället för medelfel används ofta konfidensintervall. Detta som ett observandum vid jämförelse med andra källor! I avsnitt 2.9 ges en sammanställning av de olika varianter som finns av positionsbestämning med GPS-teknik.

## 2.5 METEOROLOGISKA OBSERVATIONER

Som ett komplement till GPS-mätningarna utförs ofta väderobservationer, dvs mätning av lufttryck samt "torr" och "våt" temperatur (den senare för att fastställa vattenångestrycket).

Signalerna från satelliterna påverkas nämligen inte bara vid passage genom jonosfären, som tidigare nämnts, utan även i troposfären - den del av jordens atmosfär som ligger mellan jordytan och jonosfären. Det är speciellt höjdbestämningen av mätpunkten som påverkas - latitud och longitud berörs mindre. Vid beräkningen appliceras de uppmätta meteorologiska värdena i någon matematisk modell av atmosfären (t ex Saastamoinens), eftersom det av praktiska och ekonomiska skäl inte går att göra väderobservationer upp till 40 km höjd eller högre varje gång man mäter.

Vid t ex geodetiska mätningar, där man bildar differenser av mätvärden på olika markpunkter, är det närmast skillnader i meteorologiska data mellan de olika stationspunkterna, som är intressanta. Ligger punkterna relativt nära varandra är ofta skillnaderna i väderdata så små att de helt kan försummas - speciellt om inte höjdskillnader ska beräknas. Beräkningarna genomförs då med en "standardatmosfär".

## 2.6 BANDATA

De uppgifter som erhålls från respektive satellit beträffande bandata är prognoser - men i regel mycket goda sådana. De brukar betecknas "Broadcast Ephemeris" (närmast "utsända bandata" i svensk översättning). Vill man ha högsta möjliga skärpa i beräkningarna kan man i efterhand få "Precise Ephemeris" ("precisionsbandata"), som erhållits genom bearbetning av mätningar både från de ovannämnda spårstationerna på Hawaii, Kwajalein etc och från ytterligare ett antal observationsstationer. Mätning mot satelliterna pågår hela tiden från dessa stationer.

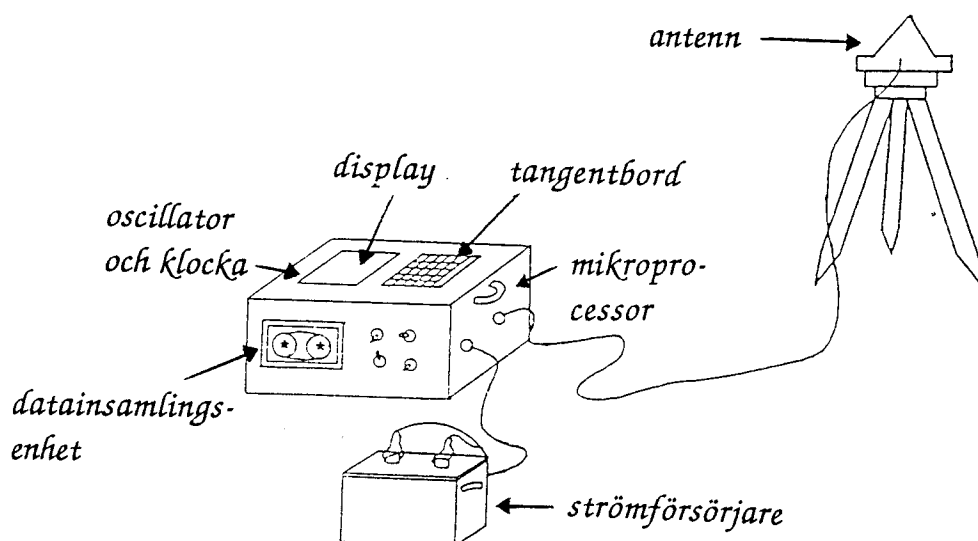
Kvaliteten på utsända bandata kan avsiktligt sänkas om kontrollcentralen i Colorado Springs så önskar. Ett sätt att möta detta är att i egen regi etablera fasta observationsstationer, som följer satelliterna och ger möjlighet att räkna fram precisionsbandata. Detta, och de nuvarande amerikanska observationsstationernas placering på jordklotet, har startat diskussioner om ett europeiskt samarbete i denna fråga.

## 2.7 GPS-MOTTAGARE

Det har redan börjat växa upp en rikhaltig flora av GPS-instrument. I boken D E Wells (1986): "Guide to GPS Positioning" beskrivs inte mindre än ett 25-tal olika mottagare. En förteckning över de firmor som marknadsför GPS-mottagare i Sverige återfinns i bilaga 3.

En satellitmottagare består av antenn, mottagare, dataprocessor (inklusive programvara) samt en kontroll-/displayenhet (figur 2.4). Mottagaren ska klara av en rad uppgifter. Vid exempelvis pseudoavståndsmätning, se avsnitt 2.4, gäller följande:





**Figur 2.4:** Principskiss för GPS-mottagare

- Först ska processorn beräkna den satellitkonstellation som ger bäst geometri för positionsbestämningen.
- För varje satellit ska sedan en "L-frekvens" genereras och synkroniseras med den mottagna signalens P- eller C/A-kod. Detta ska klaras trots att den mottagna signalen påverkas av satellitens, jordens och ev också av mottagarens rörelse.
- Därpå mäts signalens ankomsttid och dess dopplerskift noggrant - antingen kontinuerligt eller sekventiellt och repeterande - för varje satellits signal.
- Sedan ska mottagaren demodulera satelliternas navigationsmeddelanden, dela upp dessa och med paritetskontroll fogas samman till kompletta meddelanden.
- När satelliternas banddata är avkodade och signalernas gångtider beräknade är nästa steg att beräkna satellitpositioner och hastigheter med hjälp av navigationsmeddelandena.
- Till slut ska satelliternas positioner och hastigheter - samt dopplerskift - kombineras för att ge mottagarens position, dess hastighet om den befinner sig i rörelse samt

avvikelserna från referenssystemet i mottagarens och satelliternas klockor.

- Mottagaren ska dessutom kunna delge den beräknade positionen till användaren.

Det är alltså fråga om synnerligen avancerad teknik, och priserna på GPS-mottagare är för närvarande relativt höga. Prisutvecklingen går dock åt rätt håll, dvs nedåt.

## 2.8 BERÄKNINGSPROGRAM

Som framgår av det ovanstående finns en hel del beräkningskapacitet inbyggd i mottagarna. Mer avancerade beräkningar - för tillämpningar med höga noggrannhetskrav, t ex utjämning av GPS-nät - utförs dock i efterhand med hjälp av speciella beräkningsprogram.

Det pågår en mycket snabb utveckling av sådana datorprogram: från de tidiga sk baslinjeprogrammen, vilka som resultat ger koordinatskillnader mellan parvisa mätstationer, till "multistationsprogram" som klarar av att utjämna hela nät i ett sammanhang. Även på hårdvarusidan sker en utveckling - från stor- och minidatorer till mikrodataor/PC.

## 2.9 OLIKA POSITIONSBESTÄMNINGSMETODER

Sammantaget kan positionsbestämning med GPS-teknik delas in i flera undergrupper.

Först och främst skiljer man på stationär positionering, med stillastående mottagare, och kinematisk positionering där mottagaren befinner sig i rörelse under mätningens gång. Navigering utgör en särskilt viktig kinematisk tillämpning, som ställer måttliga noggrannhetskrav.

Dessutom kan positionsbestämningen vara absolut eller relativ. Absolut positionering sker direkt i satellitdatumet (WGS -84), medan relativ positionering avser bestämning av punkters inbördes lägen - varav en ofta är en referensstation med känd position. Detta gäller såväl de stationära som de kinematiska tillämpningarna. Allmänt gäller att relativ positionering ger högre noggrannhet än absolut positionering.

Vidare skiljer man på bärvågsmätning och kodmätning. Bärsvågsmätning används (idag) uteslutande vid relativ positionering medan kodmätning används både vid absolut och relativ bestämning. Bärsvågsmätning är noggrannast. Båge mätförfarandena kan tillämpas på såväl stationär som kinematisk positionering.

Slutligen finns det olikheter beträffande vid vilken tidpunkt beräkningen av positionen sker: i realtid eller i efterhand; högsta noggrannhetskrav kräver efterbearbetning.

### 3 **INVENTERING AV HITTILLSVARANDE VERKSAMHET OCH FRAMTIDA FOU-BEHOV - RAMPROGRAM FÖR GPS-OMRÅDET**

I detta avsnitt redovisas ramprogrammet, som utgör en kartläggning av de framtida behoven - främst på FoU-sidan - inom GPS-området. Under respektive rubrik tas även den hittillsvarande verksamheten upp, dvs pågående och planerade projekt i den mån sådana finns.

Med "behov" avses i sammanhanget dels de utvecklingsbehov som finns för specifika och i förväg preciserade tillämpningar, dels det behov som forskningen har i sig att närmare studera olika olösta delproblem inom områden - utan knytning till någon viss tillämpning.

Som tidigare påtalats ligger tonvikten på stationär positionering. Tidshorizonten för ramprogrammet är 1991, dvs den tidpunkt då GPS-systemet beräknas vara fullt utbyggt.

#### 3.1 GENERELLA FRÅGESTÄLLNINGAR

##### 3.1.1 SATELLITSYSTEMET

Till de mest grundläggande frågorna hör naturligtvis de som rör själva satellitsystemet. Bl a bör följande klargöras:

- o När är satellitsystemet fullt utbyggt?
- o Vilken noggrannhet har bandata (Broadcast respektive Precise Ephemeris)?
- o Hur ser prognosen ut beträffande tillgängligheten - till systemet som sådant och till bandata?
- o Vilka faktorer - militära, politiska, ekonomiska och andra - kan komma att påverka prognosen och hur?

De militära/politiska aspekterna - vad händer med tillgängligheten i en krissituation - har hittills inneburit att försvaret har "legat lågt" då det gäller GPS. Inställningen har dock förändrats, och idag märks ett ökat intresse för denna teknik - kanske främst inom marinen och flottan. Det finns ett behov av ett fredssystem för positionsbestämning - oberoende av krigsuppgiften - och där kan GPS komma in som "back-up" eller komplement.

##### 3.1.2 INFORMATIONSSPRIDNING

I en GPS-verksamhet i stor skala är det viktigt att alla användare fortlöpande och snabbt får information om systemets status. Sådan information kan fås direkt från USA, men det

synes olämpligt att varje enskild användare själv ska svara för bevakningen. En bättre lösning torde vara att någon organisation - befintlig eller speciellt tillskapad - svarar för detta och vidarebefordrar relevant information till användarna. Denna organisation kan då också förmedla sådant som har med den svenska GPS-verksamheten internt att göra.

Om ett nät av fasta referensstationer etableras i Sverige - se avsnitt 3.7 - kan driftcentralen för detta nät vara en lämplig organisation för informationsspridning om GPS. Någon typ av databas som GPS-användare kan nå via t ex telefonnätet borde vara ett lämpligt medium.

### 3.1.3 SIGNALSTÖRNINGAR

Satellitetsignalerna störs på olika sätt på sin väg mellan satelliten och mottagaren.

#### 3.1.3.1 Jonosfärens inverkan

För att komma till rätta med inverkan från jonosfären tillämpas huvudsakligen två-frekvensmätning (L1/L2). Befintliga metoder för detta bör analyseras och alternativa förfaranden, t ex möjligheten att ta fram lokala jonosfärsmodeller, studeras - i olika områden och under olika förutsättningar.

#### 3.1.3.2 Troposfärens inverkan

Vid korrektion för inverkan från troposfären används olika troposfärsmodeller. Befintliga modeller bör jämföras och utvärderas och nya ev tas fram. Därutöver bör studeras möjligheterna att genom meteorologiska observationer och utnyttjande av vattenångeradiometrar kunna förfina korrektionsmetoderna.

En vattenångeradiometer - som bl a finns på Onsala rymdobservatorium - är med säkerhet ett alltför dyrbart instrument för mer regelmässig användning i samband med GPS-mätning. Instrumentet kan dock antas vara till stor hjälp för att utveckla och testa mjukvara som kan uppskatta atmosfärsfördröjningen vid själva GPS-observationerna, och spårstationer för GPS (se avsnitt 3.6) bör definitivt ha sådan utrustning. Pionjärarbete inom detta område har redan startats på Jet Propulsion Laboratory i Pasadena, Kalifornien, USA.

#### 3.1.3.3. Andra störningar

Mottagningen av satellitetsignalerna kan också försvåras på grund av hinder. Dessa kan naturligtvis helt omöjliggöra mätning. Vårre är det dock i de fall ett resultat erhålls, men då detta är av dålig kvalitet - t ex på grund av "spöksignaler" förorsakade av reflexer från hindren. Andra tänkbara störningskällor är radiosändare, bl a den radioutrustning som används för interkommunikationen vid genomförandet av GPS-projekt.

Effekterna av sådana störningar måste undersökas, så att nödvändig hänsyn till olika signalhinder kan tas vid planeringen av ett mätprojekt och så att det kan klargöras i vilka sammanhang GPS-mätning går - respektive inte går - att använda.

#### 3.1.4 ALLMÄNNA NOGGRANNHETSASPEKTER

Noggrannhetsfrågorna är naturligtvis starkt kopplade till tillämpningarna, se avsnitt 3.8. Det finns dock även ett behov av mer generella noggrannhetsstudier, bl a för en första bedömning av tänkbara användningsområden för GPS-tekniken.

Dessa studier bör dels avse noggrannheten i de enskilda delmomenten i processen, dels tekniken som helhet. Det bör klart framgå vilka förutsättningar som krävs för att uppnå en viss noggrannhet.

För analys av "slutprodukten" (koordinaterna) krävs ett jämförelsematerial, t ex ett testnät med hög - men framför allt känd - noggrannhet, se avsnitt 3.5. Sådana analyser bör avse både plan- och höjdnoggrannheten och innefatta såväl stationär positionering som kinematiska tillämpningar - inom lokala och över mer regionala områden.

Vidare måste enhetlighet i noggrannhetsredovisningen eftersträvas: På vilka grundläggande definitioner ska noggrannhetsmått baseras, hur ska de redovisas och hur ska grova fel hanteras?

#### 3.1.5 DATUMFRÅGOR

##### 3.1.5.1 Koordinatsystem

Med "koordinatsystem" avses här såväl 3-dimensionella geocentriska koordinater som latitud/longitud, koordinater i olika kartprojektioner samt höjder.

För att inte ett kaos ska uppstå genom blandning av koordinater från olika koordinatsystem krävs samordning. Bl a behövs en enhetlig metod för dokumentationen av i vilket system positionerna anges.

Vidare måste sannolikt vissa överenskommelser träffas om vilket, eller vilka, system som i första hand bör användas - åtminstone på nationell eller regional nivå. WGS-84 är naturligtvis det system man då först kommer att tänka på, men redan befintliga - terrestra, nationella - system kan för många tillämpningsområden vara mer ändamålsenliga. Det viktigaste är att sambanden mellan olika system klarläggs. För detta måste metoder utvecklas och formler för överräkning mellan systemen tas fram.

Eftersom anslutning till olika lokala system ändå alltid kommer att bli nödvändig i många sammanhang, behövs mot-

svarande studier även på det lokala planet - här med stor tonvikt på enkelheten i hanteringen.

Volymen på den arbetsinsats som krävs för att ta fram metoder, bestämma transformationsparametrar och genomföra dylika överräkningar ska inte underskattas. Detta arbete förutsätter också erfarenhet och god kunskap om de olika systemen. Sannolikt behövs en stödfunktion som kan ge råd i koordinatsystemfrågor och hjälpa till med överräkningar.

### 3.1.5.2 Geoidfrågor

Geoiden ingår visserligen som en del i ett geodetiskt datum, eller koordinatssystem, men geoidfrågorna förtjänar inte desto mindre en särskild rubrik. Dels är bestämningen av geoiden förenad med avsevärda problem - av såväl teoretisk som praktisk art - dels är detaljkunskap om geoiden avgörande för möjligheterna att bestämma (noggranna) höjder med hjälp av GPS-teknik. Med GPS får man ju, primärt, höjden över en referensellipsoid, medan "vanliga" - ortometriska - höjder relateras till geoiden. Därför behövs information om geoiden, eller mer exakt: dess höjd över referensellipsoiden.

I detta avsnitt behandlas de grundläggande geoidfrågorna. Själva bestämningen av geoiden - i den mån den sker med GPS-teknik, med användande av de metoder som kommer ut av sådana grundläggande studier - tas upp i tillämpningsdelen.

Vad som behövs är bl a:

- o utveckling av metoder för bestämning av geoiden - nationellt, regionalt och lokalt - där GPS-tekniken används tillsammans med andra tekniker, t ex GPS-mätning i kombination med avvägning
- o empiriska jämförelser mellan sådana metoder och andra, "klassiska", geoidbestämningsmetoder, t ex gravimetriska och astronomiska (astrogeodetiska) metoder
- o studier av de lokala geoidundulationerna - med GPS- och/eller annan teknik.

De sistnämnda analyserna behövs för framtagandet av metoder för bestämning av s k mikrogeoider, dvs detaljredovisningar av lokalt avgränsade delar av geoiden. Sådan kunskap är emellertid också av stor betydelse vid planering av höjdnät som ska mätas med GPS-teknik - i de fall detaljerad geoidinformation saknas - samt för en bedömning av vilken höjdnoggrannhet som då kan förväntas.

Det är också viktigt att lägga fast sambanden mellan olika geoidbestämningar - t ex globalt beräknade kontra befintliga nationella - och, vilket är ett närbesläktat problem, mellan olika höjdsystem.

Ett projekt vid KTH-geodesi, i samarbete med LMV, syftar till att bestämma en mikrogeoid längs en profil i det svenska

testnätet för GPS-observationer. (Projektansvarig: Lars E Sjöberg - se vidare avsnitt 3.5.)

Vid Uppsala universitet avser man att studera bestämning av finstrukturen i geoiden med astrogeodetiska metoder samt att jämföra dessa resultat med de som erhållits med gravimetriska metoder. Vidare kommer man att inom detta projekt jämföra astrogeodetiska observationer med GPS-observationer.

### 3.1.6 STANDARDISERINGSBEHOV

Standardiseringsfrågorna tas upp på flera ställen i denna sammanställning. För att betona vikten av en samordnad satsning i dessa frågor är det dock på sin plats med en uppsummering.

Terminologin inom GPS-området bör snarast läggas fast. Ett problem är här den "svengelska" som idag tillämpas, och som inte precis underlättar dialogen med användarna. Termer som "cycle slips" och "ambiguities" borde t ex inte behöva förekomma i svenska GPS-artiklar och svenskspråkiga beskrivningar av GPS-tekniken.

Lunds universitet (LTH-geodesi) har tagit initiativ till - och påbörjat - ett arbete syftande till att ta fram ett förslag till terminologistandard för GPS.

Vidare bör enhetlighet och likformighet eftersträvas på följande punkter:

- o redovisning av mätprojekt - speciellt vad beträffar erhållna noggrannhet
- o testnät
- o metoder för testning av mottagare och beräkningsprogram
- o redovisning av testresultat
- o koordinatsystem och transformationsparametrar/översättningsformler.

Och: Samordning och standardisering tar tid, så det gäller att snarast sätta igång detta arbete.

Målsättningen bör vara att standardiseringsarbetet rörande GPS i tillämpliga delar inordnas i den samordnade satsning på standardisering inom landskapsinformationsområdet som ULI har initierat.

### 3.2 MOTTAGARE

Utvecklingen beträffande mottagare - för såväl stationär positionering som för kinematiska tillämpningar - måste bevakas fortlöpande.

### 3.2.1 STUDIER AV OLIKA MOTTAGARFABRIKAT

#### 3.2.1.1 Marknadsöversikter

Bl a bör utbudet med jämna mellanrum sammanställas i form av marknadsöversikter. Utöver de rent tekniska aspekterna ska där även sådant som pris, tillgänglighet m m tas upp.

En sådan översikt finns i S Pehrson (1986): "GPS - en marknadsöversikt med introduktion" (examensarbete, KTH, Stockholm).

#### 3.2.1.2 Empiriska jämförelser

Dessutom krävs testmätningar och empiriska jämförelser mellan olika utrustningar - de som enligt marknadsöversikterna framstår som mest intressanta.

Bl a bör följande undersökas:

- o Hur fungerar mottagarnas "självtester"?
- o Måste mottagarnas oscillatorer kalibreras mot en yttre frekvensnormal?
- o Är antennernas elektriska centra stabila och väldefinierade - framför allt i höjd?
- o Är utrustningarna fältmässiga (temperaturtålighet, ström-försörjning etc)?
- o Vilka effekter har ev olikheter i konstruktionen och i mätmetodiken?

I FoU-sammanhang är det också synnerligen viktigt att ha fullständig kunskap om vad som sker i mottagarnas mikroprocessorer (ev korrektioner och andra förändringar av mottagna data).

#### 3.2.1.3 Testmetoder

För att åstadkomma "objektivitet" och kontinuitet i denna bevakning krävs ett enhetligt testschema och en enhetlig redovisning av utförda tester; i vissa fall finns det sannolikt även ett behov av utveckling av nya testmetoder.

### 3.2.2 EGENUTVECKLING AV MOTTAGARE

Förutsättningarna för egenutveckling, inom Sverige, av system där GPS-mottagare ingår som viktig komponent bör närmare utredas. Det kan avse såväl nyutveckling som anpassning av befintliga utrustningar för speciella tillämpningar.

Vid ingenjörsfirman Håkan Lans bedrivs utveckling av en flyg-navigeringsutrustning där bl a GPS-teknik används.



Företaget LL Position AB bedriver utveckling och konstruktion av GPS-teknik och mottagare för olika tillämpningsområden. Tekniken grundar sig på nationell kunskap om såväl mjuk- som hårdvara.

### 3.3 MÄTNING

#### 3.3.1 PRAKTISKA FRÅGOR KRING ARBETET I FÄLT

Arbetet i fält är förenat med en hel del praktiska problem. De kan ofta synas vara bagatellartade, men för den som ideligen måste brottas med dem - ofta under stark tidspress - är de nog så påtagliga. Hjälpmedel som löser sådana problem måste därför om möjligt utvecklas.

Ett exempel bland många är behovet av master för mottagarantenner - som är lätta att bära, lätta att resa, lätta att loda in och ändå stabila. Vid firmorna GEO-Standard och Allgonantenn AB pågår utveckling av sådana master.

För de kinematiska tillämpningarna torde här finnas en stor utvecklingspotential.

#### 3.3.2 OBSERVATIONSSTRATEGIER VID STATIONÄR POSITIONERING

Beträffande observationsstrategier krävs omfattande och grundläggande studier för att få fram allmänna riktlinjer, bl a på följande punkter:

- o Hur många mottagare behövs i olika mätprojekt (minimiantal och optimalt antal)?
- o Vilka krav ska vid mätning ställas på satellitgeometrin för att resultatet ska bli bra?
- o Hur ska flyttnings- och observationsschemata utformas?
- o Hur påverkas resultatet av olikheter i observationstidens längd och valet av mättidpunkt?

#### 3.3.3 UTFORMNING OCH MÄTNING AV GPS-NÄT

I samband med GPS-nät finns också en del att utreda - t ex hur nät- och satellitkonfigurationen påverkar noggrannheten, tillförlitligheten (känsligheten för grova fel) och ekonomin samt hur anslutningsmätningar lämpligen bör utföras. Ev olikheter härvidlag mellan höjdnät, plana nät, 3-dimensionella nät och olika specialnät - samt mellan lokala och regionala nät - bör även utredas.

Det som har tagits upp i de två senaste avsnitten gäller i princip endast stationär positionering; förutsättningarna vid de kinematiska tillämpningarna är till största delen helt annorlunda.

### 3.3.4 MÄTNING VID KINEMATISKA TILLÄMPNINGAR

På grund av de relativt stora skillnaderna mellan kinematisk positionering med höga noggrannhetskrav och navigering är det svårt att göra några generella studier av de kinematiska tillämpningarna; de hänger så intimt samman med själva tillämpningen i sig. Eftersom denna del av GPS-tekniken - för svenskt vidkommande - hittills inte har varit föremål för något större intresse, behövs dock en kunskapsuppbyggnad. Därför finns det anledning att, också med en mycket generell ansats, närmare studera vilka möjligheter som finns, hur mätning vid kinematiska tillämpningar rent allmänt bör gå till och vilka speciella krav som ställs.

### 3.4 BERÄKNING - EFTERBEARBETNING

Här avses inte de positionsbestämningar som utförs i mottagarnas mikroprocessorer, utan de beräkningar som utförs i efterhand och de beräkningsprogram som används för detta ändamål - för såväl stationär positionering som för kinematiska tillämpningar.

#### 3.4.1 BERÄKNINGSMODELLER

Först och främst krävs allmänna studier av beräkningsmodeller - för olika ambitionsnivåer, för olika tillämpningar (stationära och kinematiska) och för olika datorstorlekar (t ex minidatorer kontra persondatorer). Vidare behövs analyser av olika felsökningsmetoder, metoder för modellering av fel i banddata samt metoder för hantering - och även lagring - av geoidinformation.

Sådan kunskap är nödvändig dels för att kunna förstå och jämföra befintliga beräkningsprogram, dels för att kunna bedöma behovet av - och ev genomföra - egen programutveckling.

#### 3.4.2 STUDIER AV BEFINTLIGA BERÄKNINGSPROGRAM

##### 3.4.2.1 Marknadsöversikter

Precis som för mottagare finns det redan idag ett ganska stort utbud av beräkningsprogram på marknaden - och fler lär det bli. Därför behövs även här en kontinuerlig bevakning, dvs regelbundet återkommande marknadsundersökningar utförda på ett enhetligt sätt.

Dessa bör bl a belysa olikheter beträffande prestanda, beräkningsmetoder, ev restriktioner, uppläggning i stort (systemutformning), hantering av grova observationsfel och fel i banddata, atmosfärskorrekktioner, grad av interaktivitet, möjligheter till användaranpassning samt tillgänglighet och pris.

En grov översikt av detta slag finns i A-C Jivall & L Jakobsson (1987): "Mäta med GPS" (examensarbete, KTH, Stockholm).

#### 3.4.2.2 Empiriska jämförelser - testmetoder

Utöver dessa översikter krävs empiriska försök: mätningar och beräkningar i ett testnät för absolutstudier (se avsnitt 3.5), och/eller beräkningar av ett enhetligt testmaterial för inbördes jämförelser av olika beräkningsprogram.

Ett sådant testdataset har tagits fram inom ramen för GPS-gruppens kampanj "SVENAV 87", 17-19 november 1987 (koordinator: B Jonsson, LMV).

#### 3.4.3 EGEN PROGRAMUTVECKLING

På grund av den tradition och det kunnande som finns i landet vad beträffar geodetiska beräkningar och utveckling av beräkningsprogram torde goda förutsättningar finnas för egen programutveckling. Behovsbilden är dock något oklar idag då det gäller generella program, men beräkningsprogram för vissa specifika tillämpningar kommer med all sannolikhet att behövas inom en snar framtid. Detta gäller inte minst det kinematiska området.

### 3.5 NATIONELLT TESTNÄT

Som tidigare antytts utförs tester av mottagare och beräkningsprogram - och av tekniken som helhet - med fördel i ett speciellt utformat testnät. Dels är det ett praktiskt arrangemang, dels ger det den enhetlighet som krävs. Det gör det också möjligt att - en gång för alla - bestämma punkterna i nätet med mycket hög noggrannhet, vilket ger ett slags "facit" för studier av noggrannheten vid positionsbestämning med GPS-teknik. Ett testnät måste vara lätt tillgängligt för alla!

GPS-gruppen har påbörjat uppbyggnaden av ett nationellt testnät i Mårtsbo utanför Gävle. Frågorna för framtiden är därför främst vilka förbättringar och utvidgningar som behövs av detta nät - för att det ska bli så noggrant som möjligt, för att det ska gå att använda för tester i samband med både regionala och lokala tillämpningar och för såväl stationär som kinematisk positionering. Vissa förbättringar är redan planerade, bl a inom det tidigare nämnda projekt (KTH-geodesi/LMV) som syftar till att bestämma noggranna geoidhöjder inom testnätet, se avsnitt 3.1.5.2.

Dessutom diskuteras behovet av lokala testnät - främst för detaljstudier av vissa delar av tekniken och av praktiska skäl (avståndet till Mårtsbo). Uppsala universitet planerar t ex att bygga upp ett eget testnät kring observatoriet i Hällby. Detta är främst avsett för studier av mikrogeoiden, se avsnitt 3.1.5.2.

### 3.6 SPÅRSTATIONER

Satellitbanan bestäms genom observationer på punkter med noggrant bestämda positioner, såsom spårstationer. Sådana finns som en del i NAVSTAR-GPS-konceptet, men på flera håll finns funderingar på att bygga upp egna nät av spårstationer. Det beror bl a på osäkerheten om den framtida tillgängligheten beträffande banddata från USA. Dessutom är satellitsystemets spårstationer så placerade, att dessa banddata - i de fall de avser satelliternas passage över andra kontinenter än den amerikanska - kan misstänkas vara av diskutabel kvalitet.

Det senare gäller t ex för Europa, vilket har aktualiserat frågan om ett europeiskt - eller kanske t o m ett nordiskt - spårstationsnät. För detta krävs bl a studier av olika metoder för sådan banbestämning i "egen regi". Vidare måste den tekniska realiseringen analyseras noggrant och diverse interna och externa organisationsfrågor lösas.

VLBI-teknik (VLBI = Very Long Baseline Interferometry) har nämnts som en möjlig metod att bestämma spårstationers positioner. Det kräver dock en sammanknytning av referenssystemen för VLBI och GPS, vilket alltså är en angelägen uppgift.

Referenssystemen för VLBI och GPS är bl a sammanknutna på Onsala rymdobservatorium. Detta har skett genom att observatoriet deltagit i ett flertal globala och regionala GPS-experiment under de senaste två åren. Sedan december 1987 utförs kontinuerliga GPS-observationer vid Onsala, som en av flera globala spårstationer vilkas observationer samordnas och planläggs av National Geodetic Survey i Rockville, Maryland, USA.

En nationellt finansierad spårstation vid Onsala är således av stort intresse.

Ett alternativ till VLBI kan i dessa sammanhang vara SLR-teknik (SLR = Satellite Laser Ranging).

På uppdrag av länsstyrelsen i Norrbottens län har LMV utrett förutsättningarna för att förlägga en spårstation till Kiruna - som ett svenskt bidrag till ett större spårstationsnät (projektansvarig: B G Reit). Samtidigt har undersökts möjligheten att kombinera detta med ett engagemang i ett nät av fasta referensstationer, se nästa avsnitt. Utredningen redovisas i rapporten "Spårstation för satelliter - ny verksamhet i Kiruna?" (LMV, Gävle, 1988).

### 3.7 FASTA REFERENSSTATIONER

Referensstationer används vid vissa typer av relativ positionering - stationär eller kinematisk. Användarnas stationer bestäms då i förhållande till referensstationen, som ska ha en känd position.

En referensstation kan i och för sig vara en tillfällig före- teelse - placerad och driftsatt för ett enskilt mätprojekt, och för vilken användaren själv ansvarar. Med fasta referens- stationer kan emellertid behoven för många användare - arbe- tande inom olika projekt inom stationens täckningsområde - tillgodoses parallellt. En särskild organisation svarar då för att referensstationen alltid är aktiv, och förser använ- darna med data för relativa bestämningar. Dessa data kan distribueras i efterhand eller skickas ut direkt, t ex via radio.

Här finns en hel del att reda ut - först och främst behoven, men även frågor av teknisk art och många frågeställningar kring organisationen (inom och utom landet), kring driften och kring formerna för datadistributionen.

Många tillämpningar har höga krav på referensstationernas lägesnoggrannhet. Detta ställer frågorna rörande framtagning av bättre metoder för atmosfärkorrektioner på sin spets, se avsnitten 3.1.3.1 och 3.1.3.2. Dessutom måste det klarläggas vilken räckvidd man kan räkna med för referensstationerna, samt hur avståndet mellan referensstationen och användar- stationen påverkar noggrannheten, eftersom detta är avgörande för hur tätt referensstationerna ska ligga - dvs för hur många sådana som behövs. Tekniken för dataöverföring, och behovet av standardiserade gränssnitt/protokoll för denna, måste likaledes studeras.

LMV avser att studera behov och utformning av ett nationellt nät av fasta referensstationer.

### 3.8 TILLÄMPNINGAR

Förutom mer generella undersökningar behövs direkta tillämp- ningsstudier. Det är först då som GPS-teknikens möjligheter och begränsningar kan studeras i detalj. Det blir här huvud- sakligen fråga om "pilotprojekt", som måste vara väl plane- rade - och "vetenskapligt" upplagda - för att allmängiltiga slutsatser ska kunna dras.

Gemensamt för sådana tillämpningsprojekt är att de ska ge svar på följande frågor:

- o Vilka noggrannhetskrav - och andra speciella krav - ställs, och går dessa att uppfylla?
- o Hur står sig GPS-tekniken vid jämförelse med konventionella förfaranden och alternativa tekniker, och finns det möjlig- het att kombinera olika metoder?
- o Kan GPS-tekniken tillföra något nytt, som hittills inte varit möjligt?

De ekonomiska frågeställningarna bör ägnas särskilt intresse. Dessutom finns det naturligtvis mer tillämpningsspecifika aspekter att belysa.

I det följande tas tillämpningarna upp i tur och ordning.

### 3.8.1 KONTROLL, STAGNING OCH SAMMANKNYTNING AV OLIKA GEODETISKA DATUM

GPS-tekniken ger - främst på grund av sin långa räckvidd - unika möjligheter då det gäller att sammanknyta olika länders geodetiska system, framför allt i de fall landförbindelse saknas. Tekniken kan också användas för att "staga upp" terrestra system som täcker större områden samt för kontroll av skala och orientering.

Som förslag till projekt inom detta område har nämnts GPS-mätning kombinerad med geoidberäkning för sammanknytning av de nationella höjdsystemen i Sverige och Danmark, vid Öresund, samt mellan Sverige och Finland (via Åland och över Kvarken).

Vissa mätningar syftande till att bestämma sambandet mellan de finska och svenska höjdsystemen utfördes i oktober 1987 inom ramen för en kampanj med deltagande från Finland, Västtyskland och Sverige (svensk kontaktman: L E Sjöberg, KTH-geodesi).

Ett annat projekt, som nu är inne i sin slutfas, avser att specialstudera mätning av långa baslinjer - >200 km - med GPS-teknik (projektansvarig: G Hedling, LMV).

### 3.8.2 SAMHÄLLSMÄTNING

Inom samhällsmätningen finns stora förhoppningar på GPS-tekniken, men frågetecknen är också många.

Bland de tillämpningar som bör studeras kan nämnas:

- o stommätning (nymätning, punktförtätning och anslutningsmätning) som ett komplement till, eller en ersättning för, traditionell triangulering, polygonisering och höjdmätning - ja GPS-teknik skulle i framtiden till och med kunna bli ett alternativ som i vissa sammanhang gör stommätning mer eller mindre överflödig
- o stagnering av långa, terrestert mätta polygontåg
- o positionsbestämning i samband med detektering och kartering av underjordiska ledningar
- o inmätning av stödpunkter samt smärre kompletteringsmätningar vid fotogrammetrisk kartläggning; GPS gör det möjligt för en person att ensam utföra mätningarna och dessutom är man mindre beroende av närheten och tillgången till markerade stödpunkter (beträffande fotogrammetritillämpningar se även avsnitt 3.8.7)
- o mätning i tätort - med de speciella problem som är förknippade med detta, t ex insynsproblem på grund av byggnader

- o anslutning av lokala, avlägset belägna, koordinatsystem; det kan t ex gälla lokala stornät eller lokala koordinater från glesbygdsförrättningar
- o detaljmätning vid kartering
- o mätningar i samband med utstakning.

Samhällsmätningen ställer traditionellt stora krav på enhetlighet i redovisningen av utförda projekt: Vem som helst ska i efterhand kunna förstå vad som har mätts, hur det är mätt och vilken noggrannhet som har uppnåtts. Detta gäller även GPS-mätningar, vilket kräver att standarder utformas bl a för dokumentationen av mätuppdrag, för utformningen av nätkartor samt för noggrannhetsredovisningen. Här behövs en samordning med den pågående översynen av mätningsskuggörelsen (MK) och de tekniska förklaringarna och anvisningarna till denna (TFA). Enkla beräkningsmetoder och datorprogram - för "gemene man" - är också av betydelse i sammanhanget.

Ett alternativ/komplement till GPS-tekniken i dessa tillämpningar kan i vissa fall vara tröghetsnavigering, varför jämförande studier - av dessa tekniker såväl som av andra alternativa metoder och konventionell teknik - likaledes är av stort intresse.

Inom användningsområdet har några projekt redan genomförts, och flera är planerade:

- o Inför den nu slutförda upphandlingen av GPS-utrustning utförde LMV våren 1986 några av förstudierna som pilotprojekt inom detta område (projektansvarig: B Jonsson).
- o KTH-geodesi genomförde sommaren 1987 ett projekt på Bjärehalvön som avsåg upprättande av ett kommunalt huvudstornät (projektansvarig: A Håkansson). Där studerades flera av de problem som har tagits upp ovan. Planer på en fortsättning finns - bl a syftande till att närmare studera höjdbestämmning med GPS-teknik, utformning och anslutning av kommunala nät, samordning med konventionell teknik samt att klarlägga kostnaderna i sammanhanget. 1987 års mätningar redovisas i A Håkansson (1987): "GPS i Bjäre".
- o LMV har under hösten 1987 bedrivit ytterligare två projekt inom området. Det ena, benämnt "XYZ 87", behandlar möjligheterna till stagning av långa polygontåg - i plan och höjd. I det andra, "ROR 87", studeras anläggning av ett lokalt precisionsnät med GPS-teknik samt metoder för anslutning av ett sådant nät till riksnätet. Båda projekten befinner sig i slutfasen (projektansvarig: B Jonsson).

### 3.8.3 MÄTNING FÖR PROJEKTERING

Vissa av frågeställningarna från föregående avsnitt gäller även mätning i samband med vägprojektering och liknande tekniska projekt, t ex projektering av kraftledningar och

gasledningar. Det finns dock också frågor som mer specifikt rör dessa senare tillämpningar.

Det faktum att vi här främst har med linjeformiga, långsträckta objekt att göra ställer särskilda krav på stornäten. Dessa måste vara enhetliga för hela projektet samtidigt som det måste finnas goda möjligheter att ansluta dem till de lokala system som finns inom området. Stompunkterna - som ska vara bestämda i såväl plan som höjd - måste vidare vara så placerade, att den fortsatta mätningen kan utföras med konventionell teknik. Det finns också skäl att anta att noggrannhetskraven rent allmänt är något lägre än vid samhällsmätning, vilket i sin tur ger andra analysförutsättningar - t ex för studier av olika nätformer samt för kostnadsuppskattningar.

Här har ganska litet gjorts i Sverige hittills, men internationellt är GPS-tekniken i dessa sammanhang föremål för ett mycket stort intresse, och de rapporter som har redovisats andas stor optimism.

Intressanta tillämpningar inom detta område är även lägesbestämning i samband med geotekniska och liknande undersökningar, se avsnitt 3.8.5.

#### 3.8.4 SPECIALMÄTNING

Området "specialmätning" angränsar till de tillämpningar som har behandlats ovan i avsnitten 3.8.2 och 3.8.3 - samhällsmätning och mätning för projektering - men kännetecknas av att kraven på positioneringsnoggrannheten är betydligt högre.

Exempel på specialmätning är:

- o deformationsmätning
- o byggmätning
- o projekteringsmätning med höga noggrannhetskrav.

Tillämpning av GPS-teknik i dessa sammanhang bör också studeras. Vissa svårigheter att dra generella slutsatser angående teknikens användbarhet kan dock förväntas, eftersom varje specialmätningssprojekt till stor del är unikt - med varierande krav och förutsättningar.

#### 3.8.5 SKOGLIGA OCH GEOTEKNISKA TILLÄMPNINGAR

De skogliga och geotekniska tillämpningarna av positionering har vissa gemensamma drag och ställer därför också liknande krav. Noggrannhetskraven ligger någonstans "i mitten" - högsta noggrannhet behövs inte, men lägesbestämningen får inte vara av alltför dålig kvalitet. Detsamma gäller kraven på hur lång tid mätningen får ta: inte i realtid men inte heller för långsamt. Mottagaren måste vidare vara lätt att bära med sig, enkel att hantera - och billig!



Möjliga skogliga GPS-tillämpningar är:

- o koordinatsättning av provytor
- o lägesbestämning av bestånd i samband med inventering
- o "positionering" av de som arbetar med avverkning och annat fältarbete - som ett säkerhetssystem för att reducera de risker som finns med sådant ensamarbete.

Då det gäller geotekniska undersökningar - t ex vid prospektering och projektering - är behovet av enkla lägesbestämningssmetoder stort. Lägesbestämningen vid prospektering tar för närvarande en stor del av totaltiden i anspråk, och geotekniska undersökningar i samband med projektering utförs i regel i ett så tidigt skede att stornät vanligen saknas (idag är positionsbestämningen därför ofta av alltför dålig kvalitet). Även övriga behov av lägesbestämning i projekterings tidiga faser kan tillgodoses med GPS-teknik.

### 3.8.6 SJÖMÄTNING

Inom sjömätningen finns ett antal GPS-tillämpningar som närmare bör studeras:

- o navigering av sjömättingsfartyg
- o positionsbestämning av djupmätningar
- o inmätning av fyrar och andra fasta sjömärken.

I vissa moment finns behov av realtidsbestämningar samtidigt som kraven på noggrannhet är höga - en svår kombination. Det står dock redan idag klart att GPS-tekniken är intressant i samband med mätning i den yttre skärgården, där noggrannhetskraven vanligtvis är lägre än i den inre. (Grunda områden kräver större precision i lägesbestämningen.)

På grund av de höga noggrannhetskraven blir det i samtliga ovannämnda tillämpningar fråga om relativ positionering via referensstationer. Detta kräver tillgång till ett nät av sådana stationer i ett väldefinierat geodetiskt datum samt att transformationssambandet mellan detta och sjökortsdatum är fastlagt.

Inom Sjöfartsverket pågår ett allmänt studium av effekterna av GPS vid positionering i kustbandet, sjökartläggning och navigering.

### 3.8.7 KINEMATISK POSITIONERING - ALLMÄNT

Det finns även andra områden än sjömätning där kinematisk positionering kan komma in.

En intressant tillämpning är positionering av flygkameran vid flygfotografering - dels för att kunna följa den uppgjorda

stråkplanen, dels för att ge orienteringsdata för den efterföljande bearbetningen och på så sätt reducera behovet av stödpunkter. Det senare kan synas spektakulärt, men redan nu pågår sådana försök i USA.

LMV avser att genomföra försök med att styra flygkameror med en GPS-mottagare för exponering i förutbestämda positioner (projektansvarig: L Ottoson).

Det finns också ett stort behov av noggrann positionsbestämning inom fjärranalysen, nämligen för kinematisk positionering av flyg- eller helikopterburna sensorplattformar. Detta för att kunna lägesbestämma informationen i samband med datafångsten - och dessutom göra det noggrant.

Inom det området planerar en konstellation bestående av AVENA-gruppen (kontaktperson: S Nyblom), firma C A Clase (B Agårdh, J Tauson) samt SAAB-Helikopter (L Rahm) ett projekt rörande kinematisk GPS-positionering i samband med insamling av fjärranalysdata från helikopter. De tillämpningsområden som avses studeras är: skoglig verksamhet, miljövård, geodesi (digitala terrängmodeller), klimatologi samt glaciologi.

Maskinstyrning är en intressant landtillämpning av kinematisk positionering. Möjligheten att sekundsnabbt och med centimeternoggrannhet bestämma positioner är en mycket svår uppgift. Dessa krav måste dock uppfyllas om förare av hyvlar, schaktmaskiner, grävare och liknande ska ha någon glädje av lägesangivelserna. Vad som talar för att denna tillämpning ändå blir av är bl a:

- o Atminstone en av de största tillverkarna av GPS-mottagare har insett marknadspotentialen och satsar utvecklingsresurser på problemet.
- o Ett antal experimentmätningar med olika mätmetoder och beräkningsmodeller har gjorts, som visar att problemet inte är olösligt.
- o Pseudosatelliter ("pseudolites") - markbaserade monitorer som sänder signaler som liknar GPS-satelliternas - håller på att utvecklas. Dessa kan förstärka satellitgeometrin i t ex djupa skärningar, där alltför stor del av himlen skärmas av för att fyra satelliter ska "synas".

Mottagare för maskinstyrning kommer nog inte att vara klara till GPS-systemets premiär utan dröjer sannolikt ytterligare några år.

### 3.8.8 NAVIGERING

En självklar tillämpning av GPS-teknik är navigering - till sjöss, på land och i luften. (Ja man talar faktiskt också om bilnavigering!) Inom landet har vi dock för närvarande inte så mycket att redovisa här vad beträffar utförda förstudier

etc - även om vissa, mer eller mindre lösa, funderingar finns. Det krävs därför en kraftsamling inom detta område, vilken även bör innefatta spridning av kunskapen om GPS till denna kategori av presumtiva användare, så att behoven kan klarläggas mer i detalj.

Navigation till sjöss kräver att fyrar och andra sjömärken har positionsbestämts noggrant, se avsnitt 3.8.6. På motsvarande sätt behövs vid flygnavigation kunskap om flygplatsers och flygfyrars positioner.

Flera tänkbara landtillämpningar finns. Vägverket har t ex angett ett användningsområde i anslutning till vägunderhåll:

- Vägmästaren skulle kunna ha med sig en GPS-mottagare i bilen under sina inspektioner.
- När brister som behöver åtgärdas upptäcks kan läget registreras med hjälp av denna.
- Läget överförs sedan till färddatorn i det fordon - t ex lastbil, hyvel etc - som vägarbetarna behöver för att rätta till bristerna.
- Detta fordon är också försett med en GPS-mottagare, och med hjälp av denna och färddatorn kan fordonet dirigeras till rätt vägvagn.

### 3.8.9 GEODYNAMIK OCH GEOFYSIK

Inom geodynamiken och geofysiken bör möjligheterna undersökas att använda GPS-teknik för studier av bl a landhöjningen, tidjorden, tektoniska rörelser samt rörelser hos havsisar och glaciärer.

Dessutom finns här flera intressanta tillämpningar med anknytning till geoiden, bl a bestämning av mikrogeoider för geofysiska studier och - naturligtvis - den stora uppgiften att bestämma en detaljerad nationell geoid.

I juni 1986 utförde universitetet i Hannover - i samarbete med Onsala rymdobservatorium, KTH och LMV - GPS-observationer på 11 stationer i den svenska delen av en europeisk geoidpolygon. Syftet med dessa observationer var att kontrollera och förbättra de olika lokala europeiska geoiderna samt att ansluta dem till varandra. Slutrapporten är ännu ej publicerad.

I ett projekt vid Uppsala universitet ("Arctic Geodynamics", A Andersson m fl) ingår bl a bestämning av plattrörelser med hjälp av GPS.

KTH planerar att i samarbete med Geophysical Observatory, Addis Abeba, upprätta ett kontrollnät över Rift Valley i Etiopien för studium av platttektonik.

### 3.8.10 TIDSTJÄNST

I princip skulle det gå att ersätta traditionella metoder och tekniker för tidöverföring med en tidstjänst baserad på GPS-teknik.

Televerket undersöker för närvarande förutsättningarna för detta i en pågående förstudie.

### 3.9 TEKNIKINFÖRANDE OCH UTBILDNING

För att GPS-tekniken ska slå igenom fullt ut, krävs att en omfattande informationsverksamhet bedrivs parallellt med forskning och utveckling. Som framgår av det som redovisats ovan gäller detta inte minst de kinematiska tillämpningarna.

Det räcker inte med att det finns en kategori som kan GPS och en annan som kan tillämpningarna. För att finna nya användningsområden, och för att kunna bedöma om de är realistiska, måste det finnas personer som behärskar båda delarna.

Även inom den traditionella mätningssektorn krävs en breddning - såväl bland de som är yrkesverksamma, som inom skolundervisningen. T ex måste de mätningstekniska gymnasierna ge kurser i GPS-teknik, vilket förutsätter tillgång till svensk-språkig litteratur - något som alltså måste tas fram.

Att ordna seminarier och liknande går förhållandevis snabbt, men det krävs många sådana för att få ett verkligt genomslag. Skolundervisning, å andra sidan, har stor genomslagskraft, men det tar lång tid att ändra kursplanerna - framför allt i fleråriga utbildningar. I båda fallen gäller det alltså att starta upp verksamheten i tid.

#### 4 SLUTDISKUSSION - PRIORITERINGAR

Som framgått av det föregående kapitlet är det en lång rad problem och frågeställningar som kräver forskning, utveckling och utredning. Vissa frågor framstår dock som särskilt viktiga varför det finns anledning att återkomma till dem.

**Nomenklaturfrågor** bör bli föremål för snar utredning. Den "svengelska" som idag tillämpas underlättar inte dialogen med presumtiva användare av GPS-tekniken. En svensk terminologistandard bör därför utarbetas. Målsättningen bör vara att standardiseringsarbetet rörande GPS i tillämpliga delar samordnas med den satsning på standardisering inom landskapsinformationsområdet som ULI initierat.

**Testnät** behövs för kontroll och tester av olika typer av mottagare och beräkningsprogram. Ingående punkter bör vara bestämda med mycket hög noggrannhet för att kunna ge ett slags "facit" för studier av noggrannheten vid positionsbestämning med GPS-teknik. Ett testnät måste vara lättillgängligt för alla!

**Fasta referensstationer** - behov och utformning - bör speciellt studeras. Det är sannolikt vid positionsbestämning i realtid, som sådana stationer främst blir aktuella. Viktigt är då studier av utformningen av datalänk och standard för överföringen av data.

**Banbestämningsproblem** - ev svensk spårstation - bör studeras. En nationellt finansierad spårstation/fast referensstation vid Onsala framstår som mycket intressant.

**Koordinatsystemfrågorna** behöver utredas. För att inte kaos ska uppstå genom blandning av koordinater från olika system krävs samordning. En enhetlig standard för dokumentation av i vilket system positionerna anges bör utarbetas. Vidare bör sambanden mellan olika system klarläggas och formler för överräkning mellan systemen tas fram.

**Höjdbestämningsproblemen** - geoidproblemen - bör speciellt studeras. Med GPS får man primärt höjden över en referensellipsoid, medan "vanliga" - ortometriska - höjder relateras till geoiden. Därför behövs information om höjdsambandet ellipsoid-geoid.

**Tillämpningsstudier** - med frågor om noggrannhet, mätstrategi, nätutformning, tillförlitlighet, ekonomi samt kombination med annan teknik - bör ha hög prioritet. Förutom mer generella undersökningar behövs studier av specifika tillämpningar, där GPS-teknikens möjligheter och begränsningar kan studeras i detalj.

**Utbildningsfrågor**, slutligen, bör även prioriteras. För att GPS-tekniken skall slå igenom fullt ut, krävs att en omfattande utbildnings- och informationsverksamhet bedrivs parallellt med forskning och utveckling.

GPS är, som framgår av namnet, ett globalt system. En ytterligare satsning inom detta område på internationellt samarbete är därför angelägen.

Som angetts i titeln till detta ramprogram har tyngdpunkten i framställningen lagts inom området stationär positionering. På sikt kommer dock troligen de kinematiska tillämpningarna att få en väsentligt större volym än de stationära. Det torde därför så småningom bli aktuellt med en utvidgning/fortsättning på det nu föreliggande ramprogrammet. Viktigt är dock att redan nu påbörja studier av de grundläggande frågeställningar inom det kinematiska området som här har tagits upp.

**DEN SVENSKA GPS-GRUPPEN**

SÄNDLISTA FÖR GPS-GRUPPEN

Enhet	Adress	Namn	Kallelse till sammanträde
CTH	Onsala Rymd-observatorium RÄÖ 430 34 ONSALA	Gunnar Elgered Jan Johansson Bernt Rönnäng	x
Försvaret	Flygstaben Box 80004 104 50 STOCKHOLM	Bo Näsell	
	FOA 2 Box 27322 102 54 STOCKHOLM	Sylve Arnzén	
	Försvarets Materiel- verk 115 88 STOCKHOLM	Carl-Henrik Walde Arne Åboge	
	Marinstabens nau- tiska avdelning Box 80003 104 50 STOCKHOLM	Björn Borg Erik Thermaenius	x
Kommunförbundet	Svenska Kommun- förbundet Hornsgatan 15 116 47 STOCKHOLM	Gösta Pellbäck	
	Stadsbyggnadskon- toret Box 2554 403 17 GÖTEBORG	Arne Ransgård	x
	Stadsingenjörskon- toret Box 153 301 03 HALMSTAD	Sven Palmqvist	
	Stadsingenjörskon- toret 551 89 JÖNKÖPING	Erik Stenberg	

	Stadsingenjörskon- toret Box 2500 200 12 MALMÖ	Arne Santesson	
	Stadsbyggnadskon- toret Box 8314 104 20 STOCKHOLM	Torbjörn Olofsson	
KTH	Geodetiska insti- tutionen KTH 100 44 STOCKHOLM	Arne Forsberg Arne Håkansson Jadwiga Piechocinska Lars E Sjöberg	x  x
LMV	Lantmäteriverket 801 82 GÄVLE	Jean-Marie Becker Gunnar Hedling Ann-Charlotte Jivall Bo Jonsson Lars Ottoson Bo-Gunnar Reit Jim Widmark	   x  x
LTH	Avdelningen för geodetisk mätning Box 118 221 00 LUND	Lars Ollvik Leif Svensson	 x
Sjöv	Sjöfartsverket 601 78 NORRKÖPING	Lars Jakobsson Göran Nordström Peter Sundberg Anders Tammelin	x
Televerket	Televerket Fack 123 86 FARSTA	Erland Brännström	x
ULI	Utvecklingsrådet för landskapsin- formation c/o LMV 801 82 GÄVLE	Clas-Göran Persson	x
UU	Avdelningen för geodesi Hällby 755 90 UPPSALA	Allen Anderson Peter Hodacs Hans-Georg Scherneck	x



VoV	Statens Vägverk 781 87 BORLÄNGE	Sven-Inge Johansson Leif Jormsjö Lars Sporrön	x  x
-----	------------------------------------	---	------------

#### FÖRTECKNING ÖVER GPS-GRUPPENS SAMMANTRÄDEN

1985-02-08	KTH, geodetiska institutionen, Stockholm
1985-04-29	Uppsala universitet, avdelningen för geodesi, Uppsala
1985-08-26	CTH, Onsala Rymdobservatorium, Råö
1985-12-09	Sjöfartsverket, Norrköping
1986-05-21	Vägverket, Borlänge
1986-08-28	Lantmäteriverket, geodetiska utvecklingsenheten, Gävle
1986-11-05	Lantmäteriverket, observatoriet i Mårtsbo, Gävle
1986-12-18	Arméstaben, Stockholm
1987-05-12	KTH, geodetiska institutionen, Stockholm
1987-10-07	Uppsala universitet, avdelningen för geodesi, Uppsala
1988-02-01	KTH, geodetiska institutionen, Stockholm
1988-05-25	KTH, geodetiska institutionen, Stockholm

#### FÖRTECKNING ÖVER ARRANGERADE GPS-SEMINARIER

1986-01-30	KTH, geodetiska institutionen, Stockholm
1987-09-10	Vägverket, Borlänge (ingående i symposiet "Vägprojektering 87")
1987-11-03	Lantmäteriverket, Gävle



**UTVECKLINGSRÅDET FÖR LANDSKAPSINFORMATION (ULI)  
- MEDLEMSFÖRTECKNING 1988-05-26**

Centralnämnden för fastighetsdata  
Chefen för armén  
Data General AB  
Domänverket  
Försvarets forskningsanstalt  
Gävle kommun, stadsingenjörskontoret  
Göteborgs kommun, stadsingenjörskontoret  
Göteborgs universitet, Handelshögskolan,  
kulturgeografiska institutionen  
Intergraph (Scandinavia) AB  
Jönköpings kommun, stadsingenjörskontoret  
Kalmar kommun, stadsingenjörskontoret  
Kommundata AB  
Kommunförbundet  
Köpings kommun, mätningkontoret  
Landskapsarkitekterna Söderblom & Palm AB  
Lantbruksstyrelsen  
Lantmäteriverket  
Linköpings universitet, avd för geografi vid  
sällskapsvetenskapliga institutionen  
Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län  
Länsstyrelsen i Jämtlands län  
Länsstyrelsen i Jönköpings län  
Länsstyrelsen i Kopparbergs län  
Länsstyrelsen i Kronobergs län  
Länsstyrelsen i Skaraborgs län  
Länsstyrelsen i Stockholms län  
Länsstyrelsen i Södermanlands län  
Länsstyrelsen i Uppsala län  
Länsstyrelsen i Värmlands län  
Länsstyrelsen i Västernorrlands län  
Länsstyrelsen i Älvsborgs län  
Länsstyrelsen i Örebro län  
Länsstyrelsernas organisationsnämnd  
Naturvårdsverket  
Nyköpings kommun, stadsingenjörskontoret  
Nämnden för skoglig fjärranalys (NSF)  
Philips Elektronikindustrier AB (PEAB)  
Planverket  
Regionplanekontoret, Stockholms läns landsting  
Riksantikvarieämbetet/Statens historiska museer  
Rymdbolaget  
SCA Skog AB  
Sjöfartsverket  
Skogsstyrelsen  
Statistiska centralbyrån  
Statskontoret  
Stockholms kommun, stadsbyggnadskontoret  
Stockholms universitet, naturgeografiska  
institutionen  
Sundsvalls kommun, stadsingenjörskontoret

Svenska konsultföreningen  
Sveriges geologiska AB  
Sveriges geologiska undersökning  
Sveriges lantbruksuniversitet, avdelningen  
för fjärranalys  
Tekniska högskolan i Stockholm,  
institutionen för fotogrammetri  
Tekniska högskolan i Stockholm,  
institutionen för geodesi  
Televerket  
Umeå kommun, stadsingenjörskontoret  
Uppsala kommun - MBK  
Vägverket  
Västerås kommun, stadsingenjörskontoret

(Totalt 59 medlemmar)

**FÖRTECKNING ÖVER FIRMOR SOM MARKNADSFÖR GPS-MOTTAGARE  
I SVERIGE (MAJ 1988)**

Atlas Marin och Industri AB Tor Anders Arby Marieholmsgatan 40 Box 400 401 26 GÖTEBORG Tel 031/844550	Polytechnic
C A Clase Björn Agårdh Ruskvädersgatan 8 417 34 GÖTEBORG Tel 031/540150	Magnavox MX 4400
Eiva A/S Niels Vase 40 Gunnar Clausensvej DK-8620 Viby AARHUS DANMARK	Edo, Texas TI 4100
Robertson-Shipmate AB Mikael Ringdal Svalörtsgatan 14 421 68 VÄSTRA FRÖLUNDA Tel 031/299320	Shipmate RS 5200
Stenhardt Mats Björkman Skälbyvägen 140 Box 5054 162 05 VÄLLINGBY Tel 08/7390050	Motorola Eagle
Technitron Sweden AB Per Myhrman Alströmergatan 41 Box 49013 100 28 STOCKHOLM Tel 08/132400	Trimble
Wild Leitz Jan Eriksson Strömögatan 6 163 40 SPÅNGA Tel 08/7510155	Wild-Magnavox WM 101

