



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R146:1985**

# **Digital monokartering**

**En fotogrammetrisk metod för  
ajourhållning av storskaliga kartor  
och kartdatabaser**

**Anders Östman**

*R  
ADP*

INSTITUTET FÖR  
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *Slv*

**Bygghforskningsrådet**

R146:1985

DIGITAL MONOKARTERING

En fotogrammetrisk metod för ajourhållning  
av storskaliga kartor och kartdatabaser

Anders Östman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830247-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för fotogrammetri, KTH, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R146:1985

ISBN 91-540-4489-8  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Liber Tryck AB Stockholm 1985

## INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	Den kommunala kartverksamheten	6
1.2	Fotogrammetriska metoder för ajourhållning	8
1.2.1	Enkla grafiska metoder	8
1.2.2	Enkla optiska metoder	8
1.2.3	Ortofototeknik	9
1.2.4	Digital monokartering	10
1.2.5	Konventionell stereokartering	10
1.3	Projektets syfte	11
2	ENKÄTUNDERSÖKNING BLAND SVERIGES KOMMUNER	12
2.1	Enkätundersökningens uppläggning	12
2.2	Allmänna uppgifter om kommunerna	13
2.3	Primärkartverkets aktualitet	14
2.4	Metoder för ajourhållning av primärkartor	16
2.5	Kostnader för ajourhållning av primärkartor	18
2.6	Problem i verksamheten	20
2.7	Slutsatser	21
3	DIGITAL MONOKARTERING	22
4	KAMEROR OCH KAMERAPLATTFORMAR	26
4.1	Kameror	26
4.2	Flygfarkoster	27
5	FÖRSTORING AV FLYGBILDER	30
6.	GRUNDLÄGGANDE GEOMETRISKA SAMBAND FÖR LINJEFOTOGAMMETRI	34
6.1	Sambandet bildpunkt och markpunkt	34
6.2	Sambandet bildpunkt och linje på marken	37
6.3	Tvådimensionell kartering	40
6.4	Kartering av cirkelbågar	40
7	NOGRANNHET VID DIGITAL MONOKARTERING	42
8	EKONOMISK JÄMFÖRELSE MELLAN METODER	46
8.1	Förutsättningar	46
8.2	Kostnader för olika mätmetoder	48
8.2.1	Fältmätning	48
8.2.2	Digital fotogrammetrisk stereokartering	49
8.2.3	Digital monokartering	50
9	DISKUSSION	53
9.1	Tekniska begränsningar	53
9.2	Alternativa tillvägagångssätt	53
9.3	Utrustning och införande	54
9.4	Behov av ytterligare forskning och utveckling	56
	LITTERATUR	57

## FÖRORD

Denna rapport beskriver en ny fotogrammetrisk mätmetod avsedd att användas för mindre karteringsuppdrag, t ex för ajourhållning av storskaliga kartor. Arbetet startade hösten 1983 under ledning av författaren och består av sex olika delstudier. Dessa delstudier har genomförts av Svante Mjörne, Björn Persson, Tiina Kilpeläinen, Ulla Nyström och Anders Östman. Detaljerade redogörelser för studierna finns publicerade eller kommer att publiceras i rapporter utgivna av institutionen för fotogrammetri, KTH. Samtliga delstudier är sammanfattade i denna rapport. En stor del av arbetet har således utförts av ovanstående personer, men för utformningen av denna rapport svarar författaren ensam.

Till projektet har även en referensgrupp knutits. Den har under arbetets gång inkommit med mycket värdefulla synpunkter. Denna referensgrupp har bestått av

- Benny Ageby, Intergraph Scandinavia AB
- Anders Ekengren, Kommundata
- Gunnar Ericsson, Lantmäteriverket
- Christer Josefsson, VIAK
- Algot Land, K-Konsult
- Hans Loven, Kommunförbundet
- Harald Nilsson, Borås kommun
- Lennart Olsson, VA-verket i Stockholm
- Hans Sandler, Stockholms kommun
- Einar Sigmark, Göteborgs kommun
- John Törnvall, Televerket
- Eskil Westermarck, AIB
- Håkan Ågren, Lantmäteriverket

Jag vill här framföra mitt varma tack till mina medarbetare, referensgruppen samt övrig personal vid institutionen för fotogrammetri, KTH, utan vars hjälp detta arbete hade varit omöjligt att genomföra.

## SAMMANFATTNING

Primärkartan innehar en central roll i den kommunala kartverksamheten i Sverige. Karttypen utgör en bas för en stor del av den övriga kartverksamheten inom kommunerna. Ajourhållning av primärkartan upplevs idag som ett problem i många kommuner. De kommunala mätningorganisationerna har svårigheter att få information om förändringar, mätningsarbetet är omfattande och det är tidsödande att införa förändringarna på kartorna.

För att lösa vissa av de problem som är behäftade med ajourhållning av storskaliga kommunala kartor har en ny fotogrammetrisk metod utvecklats. Den bygger på principen om digital monokartering. Metoden innebär att en fotogrammetrisk kartering utförs med hjälp av förstoraade flygbilder och ett digitaliseringsbord. De noggrannhetsstudier som har genomförts visar att man kan förvänta sig en noggrannhet som är jämförbar med den som uppnås vid kartering i traditionella stereoinstrument. En ekonomisk jämförelse mellan fältmätning, stereokartering och digital monokartering visar också att metoden kan ha stora ekonomiska fördelar vid t ex ajourhållningsarbete. Det bör dock betonas att den ekonomiska jämförelsen är mycket översiktlig och att osäkerheten i resultaten därför är stor.

Den digitala monokarteringen verkar kunna uppfylla noggrannhetskraven för flertalet av de objekt som idag redovisas på kommunala kartor. Eftersom den även är attraktiv ur ekonomisk synvinkel finns det all anledning till fortsatt forskning och utveckling av metoden. Det fortsatta arbetet föreslås främst bestå av

- metoder för orientering av bilder på befintlig kartinformation.
- bildtolkningskvalitet vid betraktning i mono.
- konstruktion av datorsystem för digital monokartering.

## 1. INLEDNING

### 1.1 Den kommunala kartverksamheten

Den kommunala kartverksamheten omfattar en mängd olika kartprodukter i olika skalor som t.ex turistkartor, översiktskartor, fastighetsregisterkartor, adresskartor, ledningskartor, geotekniska kartor, tunnelkartor etc. En central roll i denna kartverksamhet innehas av den s k primärkartan. Denna karttyp är tänkt att vara gemensam baskarta ur vilken andra kartprodukter sedan framställs.

Kommunerna är huvudmän för flertalet av de kartor som erfordras i samhällsbyggandet, däribland primärkartan. I många av de större kommunerna är det stadsmättningsavdelningen eller motsvarande organisation som ansvarar för primärkartan. I många mindre kommuner är det däremot vanligt att det lokala lantmäteriet sköter primärkarteverksamheten genom avtal. Framställningen av andra kartor med primärkartan som bas, görs ofta hos andra kommunala och statliga förvaltningar som t.ex televerket, gatukontoret, parkförvaltningen etc. En väl fungerande kommunal kartverksamhet kräver således ett väl fungerande samarbete mellan såväl kommunala, statliga som enskilda intressenter.

Kommunförbundet och Statens Lantmäteriverk publicerade 1975 riktlinjer för kommunernas mätningstekniska verksamhet (Kommunförbundet och Statens Lantmäteriverk, 1975). Här föreslogs att det i varje kommun skulle inrättas samrådsgrupper bestående av ansvariga tjänstemän inom förvaltningarna. Dess uppgift skulle vara att anpassa de föreslagna riktlinjerna rörande mätning och kartläggning till lokal nivå. Dessa grupper har kommit att kallas för MBK-grupper, där MBK står för Mätning, Beräkning och Kartläggning. Arbetet i dessa MBK-grupper har utmynnat i ett stort antal s k Kart- och MBK-program.

Ett stort intresse vid diskussionerna av MBK-gruppernas arbete har riktats mot de organisatoriska aspekterna, dvs gruppernas sammansättning, arbetsformer, arbetsuppgifter samt de förväntade vinsterna av det ökade samarbetet mellan de olika berörda intressenterna. De ekonomiska fördelarna har för övrigt även bekräftats i en ekonomisk analys av en liten svensk kommun (Svenska Kommunförbundet, 1984).

Eftersom primärkartan, om den är rätt upprättad och använd, omfattar så många kartprodukter och verksamhetsgrenar, kan den anses vara en mycket viktig del av MBK-gruppernas arbete. Detta arbete kan omfatta både upprättandet av primärkarta (val av skala, bladformat, antal deloriginal samt dess innehåll) samt underhåll av primärkartan, dvs dess ajourhållning och revidering. Med ajourhållning avses här en planerad process där ändringar i kartbilden införs fortlöpande.



Med revidering menas här en större genomgripande översyn och uppdatering av kartinformationen.

Många kommuner upplever just ajourhållningen av primärkartor som dyr och resurskrävande. I flera av de kommunala kart- och MBK-programmen konstateras detta problem. Bland de åtgärder som har vidtagits för att minska problemen kan nämnas

- Rationalisering av mätningsverksamheten t ex genom att använda s.k totalstationer och fältminnen.
- Rationalisering av karteringsverksamheten genom att införa ett ökat ADB-stöd, exempelvis i form av ett interaktivt grafiskt system (IGS).
- Differentierad ajourhållningsambition, där "viktig" information som fastighetsindelning, byggnader och planbestämmelser ajourhålls kontinuerligt medan annan information ajourhålls vid behov.

Vid ajourhållning av svenska primärkartor sker merparten av inmätningarna idag med geodetiska metoder. Dessa metoder har fördelen att de ger hög noggrannhet medan en nackdel är att de är resurskrävande. För att effektivisera mät- och karteringsverksamheten vid ajourhållning av t ex primärkartor behövs bl a effektivare mät- och karteringsmetoder.

Den fotogrammetriska utvecklingen har hittills i huvudsak varit inriktad mot nykartering. De fotogrammetriska metoder som har beskrivits i kapitel 1.2 har antingen för dålig noggrannhet eller så är de ej tillräckligt attraktiva ur ekonomisk synvinkel för ajourhållning av svenska primärkartor. Det förefaller således som om det här finns ett behov av utveckling av nya mätmetoder som uppfyller både kraven på hög noggrannhet och god ekonomi.

Man kan konstatera att ajourhållningsfrågorna är av stort intresse för nästan samtliga kartorganisationer. I en undersökning i Stor-Stockholmsområdet 1977 framkom det att primärkartornas ajourhållningskostnader överstiger kostnaderna för nyframställning (Stor-Stockholms Kartgrupp, 1978). Denna situation har sedan dess accentuerats och finns rapporterad även internationellt (Walker, 1984).

En stor del av mätningsarbetet för ajourhållning av primärkartor består av geodetisk fältmätning. I takt med datorutvecklingen har de geodetiska instrumenten försetts med processorer och minnen för bearbetning och lagring av data. Automatisk avläsning av såväl vinkel som längd har inneburit en kraftig rationalisering av fältarbetet. De förbättrade beräkningsmöjligheterna har även inneburit en utveckling av de geodetiska stornätens markering och uppbyggnad. I ett flertal kommuner pågår försök med s k väggmarkerade stornät (Kvarnström 1982, och Hellman et.al, 1985). Fördelen med dessa nät är att de är bättre anpassade till mätning i tätbebyggelse.

## 1.2 Fotogrammetriska metoder för ajourhållning

Fotogrammetriska metoder används idag endast i mycket begränsad omfattning för ajourhållning av primärkartor. Vanligen används då konventionella stereoinstrument där kartan passas in på ritbordet och kompletteras. Orsakerna till att fotogrammetriska metoder ej i någon större omfattning används för ajourhållning är flera. Karteringsuppdragen är här av relativt begränsad omfattning, varför traditionell fotogrammetrisk kartering ej är lönsam. En annan förklaring är att kommunerna ofta vill genomföra ajourhållningen inom den egna kommunala organisationen. Eftersom så gott som samtliga kommuner saknar fotogrammetriska stereoinstrument, återstår då endast fältmätning. En tredje orsak är att fältmätning ger högre noggrannhet jämfört med fotogrammetrisk mätning. Detta är av stor betydelse, bl a vad avser fastighetsgränser samt till viss del även byggnader.

De fotogrammetriska metoderna har å andra sidan andra fördelar. De är i regel billigare för karteringsuppdrag som överstiger en viss storlek. I och med att den geodetiska fältmätningen har automatiserats mer och mer, har denna gräns flyttats uppåt, d v s det har blivit ekonomiskt fördelaktigt att göra allt mer omfattande karteringar med geodetiska metoder. De fotogrammetriska metoderna har å andra sidan fördelen att det är förhållandevis enkelt att detektera förändringar med hjälp av flygbilder. För detta ändamål finns ett flertal instrument och metoder.

I en översikt av Walker, 1984, har metoder för ajourhållning av kartor med fotogrammetriska metoder studerats. Metoderna har här grupperats i sex olika klasser. Man bör notera att problemen vid ajourhållning omfattar såväl detektering av förändringar som inmätning av nya eller flyttade objekt. Det är ej ovanligt att man använder olika metoder och instrument vid dessa bägge faser.

### 1.2.1 Enkla grafiska metoder

Det finns många sätt att med relativt enkla grafiska medel jämföra punkter som är gemensamma mellan en karta och en flygbild. Ett sätt är att använda rektifierade och förstörade flygbilder och jämföra den med en transparent kopia av kartan. Dessa metoder har den nackdelen att de ej kompenserar för höjdvariationer i terrängen och därför har en dålig noggrannhet om metoden även används för kartering. I områden med väldigt platt terräng eller mycket liten kartskala, kan dock metoden vara av intresse även för kartering.

### 1.2.2 Enkla optiska metoder

Det finns ett stort antal relativt billiga instrument på marknaden som tillåter en samtidig stereobetraktning av såväl bilder som grafisk karta, se fig 1.1. Exempel på sådana instrument är Cartographic Engineering Zoom Stereosketch, APY-plottern, OMI

Stereo Facet Plotter, B&L Zoom Transfer Scope och Zeiss Jena Kartoflex. Det finns också instrument där endast en bild är överlagrad den grafiska kartan. Gemensamt för samtliga dessa instrument är att de ej arbetar efter de strikta centralperspektiviska samband som är en förutsättning för att kunna genomföra en kartering med hög noggrannhet. Även dessa instrument lämpar sig således endast för detektering av förändringar eller för kartering av platt terräng alternativt kartering i liten skala.

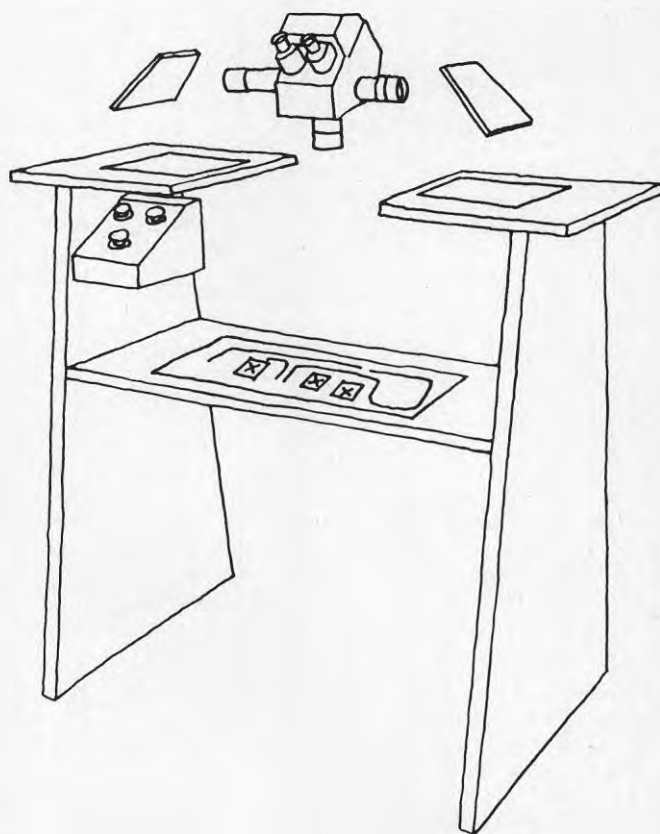


Fig 1.1 Cartographic Engineering Zoom Stereosketch. Bilderna betraktas i stereo med ett spegelstereoskop. Kartan betraktas genom en zoom-lins.

### 1.2.3 Ortofototeknik

En annan teknik för att jämföra bild och karta är användning av ortofoton eller stereo-ortofoton. Ett ortofoto är en flygbild omprojicerad från centralprojektion till ortogonalprojektion. Lämpligen skall då ortofotots skala överensstämma med kartan som skall ajourhållas. Kartering av nytillkomna detaljer kan

sedan ske direkt från ortofotot. Man bör påpeka att kvaliteten på dessa karterade detaljer är långt sämre än motsvarande stereokarterade objekt. För att öka noggrannheten i bildtolkningsen kan stereo-ortofoton användas (Ducher, 1982, Kraus och Störi, 1984).

En viktig faktor vid användandet av denna teknik är kvaliteten på den höjddatabank som används vid framställningen av ortofotot. Vid Statens Lantmäteriverket (LMV) är för närvarande en sådan databank under uppbyggnad (Verständig, 1982). Den är dessvärre avsedd för ortofotoproduktion i skalan 1:10 000 och ej för ortofoton i den skala som primärkartverken omfattar. För att kunna göra ortofoton i denna stora skala krävs således att nya höjddatabanker byggs upp.

#### 1.2.4 Digital monokartering

Denna metod, som troligen har sitt ursprung från ITC i Holland (Makarovic 1973, 1983), har bl a anammats av Besinicar, 1978, Masry och McLaren, 1978 och B Persson 1982. Grunden för digital monokartering är att mätningar görs i mono, t ex med en monokomparator eller ett digitaliseringsbord. För att erhålla tredimensionella koordinater från denna monobearbetning har en digital höjddatabank ofta använts (Masry & McLaren, 1978 och Besinicar, 1978). Ett annat sätt är att beräkna de tredimensionella markkoordinaterna med hjälp av de traditionella fotogrammetriska analytiska sambanden för perspektivisk koordinattransformation B Persson, 1982). Bilderna har då fotograferats med konventionell stereoövertäckning. Det bör påpekas att Perssons arbete endast behandlar mätning av punktobjekt. Intressant med digital monokartering är att relativt billiga mätinstrument kan användas, t ex digitaliseringsbord. Digital monokartering används bl a i republiken Slovenia i Jugoslavien för ajourhållning av ett kartverk i skala 1:5000 (Besinicar, 1978).

I Masrys & McLarens arbete har flygbilder även använts för detektering av förändringar. En digital karta är här omritad till samma projektion som flygbilden. Genom överlagring och visuell jämförelse kan sedan ändringar hittas relativt enkelt. Denna metod för detektering av förändringar har sedan med framgång kommit att användas bl a i Göteborgs kommun.

#### 1.2.5 Konventionell stereokartering

Det stora problemet vid användandet av stereoinstrument är metoder för att detektera förändringar. Ofta används därför ej själva stereoinstrumentet i denna fas, utan förändringarna upptäcks istället genom att t ex använda enkla grafiska metoder (se avsnitt 1.2.1). I de fall stereoinstrumentet används för att detektera förändringar, kan enkla spegelanordningar som profiloskop användas.

De nya stereoinstrumenten, med möjlighet till inspeglning av grafisk skärm i strålgången, erbjuder

dock nya möjligheter. Om kartdata finns lagrade digitalt kan den befintliga kartdatabasen via en grafisk skärm och ett optiskt system inspeglas i stereoinstrumentets strålgång. Här kan således förändringar i terrängen såväl detekteras som digitaliseras, i samma instrument.

### 1.3 Projektets syfte

Syftet med det projekt som denna rapport beskriver, är att utveckla nya fotogrammetriska metoder för ajourhållning av storskaliga kommunala kartor, speciellt då primärkartor. Arbetet har bedrivits i ett antal delprojekt. En enkätundersökning bland Sveriges kommuner har genomförts av Anders Östman. Dess syfte var att utreda befintliga metoder och problem med ajourhållning av storskaliga kommunala kartor. Vidare har Svante Mjörne gjort en översikt över kameror och kameraplattformar (flygfarkoster) som kan vara tänkbara för mindre karteringsuppdrag typ ajourhållning. En formalisering och en simuleringsstudie av en ny fotogrammetrisk teknik baserad på digital monokartering har genomförts av Björn Persson. Vidare har Tiina Kilpeläinen undersökt felkällor vid förstoring av flygbilder samt digitalisering av dessa på digitaliseringsbord. Till slut har ytterligare noggrannhets- och tidsstudier genomförts av Anders Östman, Tiina Kilpeläinen och Ulla Nyström. Samtliga dessa studier är sammanfattade i denna rapport. Mer detaljerade redogörelser finns publicerade i rapporter utgivna vid institutionen för fotogrammetri, KTH.

## 2. ENKÄTUNDERSÖKNING BLAND SVERIGES KOMMUNER

Vid bedömning av nyttan hos nya mätmetoder för ajourhållning av kartor är följande två frågor av stor betydelse.

- Vilka metoder används idag vid ajourhållning av kartor?
- Vilka problem finns i denna verksamhet?

För att söka finna svaren på dessa frågor genomfördes en datorunderstödd litteratursökning. Den gav som resultat ett antal olika referenser till tidskriftsartiklar och rapporter. De refererade skrifterna behandlar dock oftast ajourhållning och revidering av småskaliga kartor, vilka ofta är behäftade med andra problemställningar än de storskaliga kartorna. Dessutom var de flesta referenserna utländska arbeten och således ej inriktade på svensk kommunalteknisk verksamhet. Litteratursökningen gav inte någon referens till något arbete som kunde besvara ovanstående två grundläggande frågor. Av denna anledning genomfördes en enkätundersökning bland Sveriges kommuner. Resultatet av denna undersökning har tidigare redovisats i tidskrifter och vid konferenser (Östman 1984a, 1984b och 1985).

Projektet i sin helhet är främst inriktat mot ajourhållning av primärkartor. Med primärkarta avses här ett storskaligt grundläggande kommunalt kartverk, vars uppgift bl a är att vara utgångsmaterial för upprättande av grundkartor till detaljplan, tomtindelingskartor, nybyggnadskartor etc. Till primärkartan räknas dess koncept och deloriginal. Deloriginalen samkopieras till olika kartversioner (se TFA, kapitel 4.6.2, Statens Lantmäteriverk, 1976)

En viktig del av den kommunala kartverksamheten består av ledningskartor. Detta projekt är ej primärt inriktat mot denna typ av kartor, men eftersom denna kartverksamhet är av stort intresse för många kommuner, så har ett avsnitt rörande ledningskartläggning infogats i enkätundersökningen.

### 2.1 Enkätundersökningens uppläggning

Enkäten tillställdes stadsingenjören eller motsvarande i varje kommun i landet och adresserna hämtades ur Sveriges Kommunkalender. I några kommuner sköter det statliga lantmäteriet primärkarteverksamheten. Enkäten har i vissa av dessa fall då remitterats dit. Av landets 284 kommuner har totalt 183 stycken besvarat enkäten, vilket motsvarar en svarsfrekvens på c:a 64 procent. Enkäten besvarades under tiden december 1983 - februari 1984. De kommuner som ej har besvarat enkäten är i huvudsak små, befolkningsmässigt sett. Många mindre kommuner har i sina enkätsvar påpekat att enkätens utformning verkar vara avsedd för större

kommuner, vilket i så fall kan vara en orsak till svarsbortfallet i denna kommunkategori.

## 2.2 Allmänna uppgifter om kommunerna

Enkätens första del består av frågor rörande allmänna uppgifter om kommunerna. Avsikten med denna del är att ge en allmän överblick över kommunerna. Enkätsvaren visar att

- 49 % av de kommuner som besvarade enkäten ej använder några databanker eller datorbaserade register vid sin primärkarteverksamhet. Dessa kommuner är vanligen små eller medelstora, se fig 2.1. Eftersom många små kommuner ej har besvarat enkäten, kan man antaga att denna siffra ej är representativ för samtliga kommuner i Sverige. Det sanna värdet antages därför ligga något högre än 49 %.

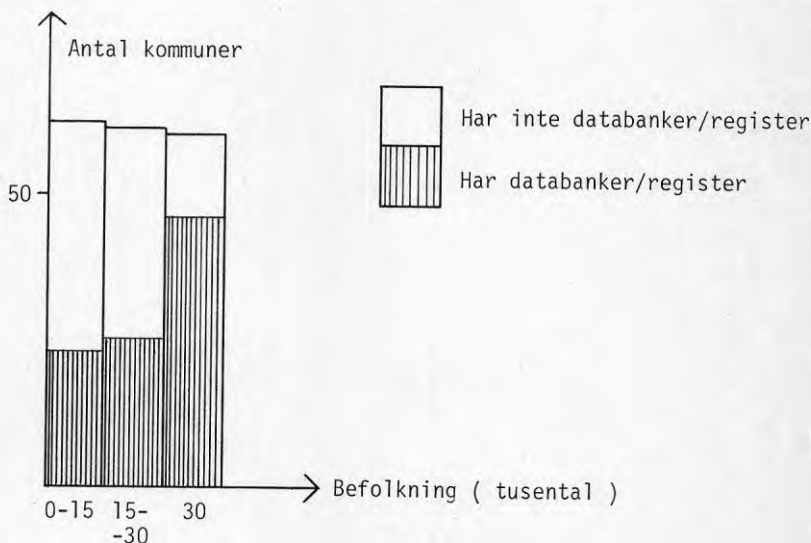


Fig 2.1 Datoriseringsgrad som en funktion av kommunstorlek.

- Det vanligaste innehållet i databanker och register är stamnätspunkter, gränspunkter och VA-ledningar. Av de kommuner som använder databanker och register så har så gott som samtliga ett datorbaserat register över stamnätspunkter i plan, se tabell T2.1.

Tabell T2.1. Innehåll i kommunala databanker och register. Uppgifterna avser antalet påbörjade databanker och register i förhållande till antalet kommuner.

Innehåll	Antal
Stomnätspunkter i plan	48 %
Stomnätspunkter i höjd	29 %
Gränspunkter	43 %
Fastighetsindelning	15 %
Byggnader	13 %
Övrig planinformation	5 %
Textinformation	7 %
Höjdinformation	3 %
Elledningar	10 %
Teleledningar	7 %
Va-ledningar	20 %
Värmeledningar	9 %

### 2.3 Primärkartverkets aktualitet

En kartas kvalitet kan anges av en mängd variabler som geometrisk noggrannhet, fullständighet, aktualitet, läsbarhet etc. Aktualiteten är således endast en komponent i begreppet kartkvalitet, men den är i många sammanhang mycket betydelsefull.

Ambitionerna att ajourhålla primärkartverket varierar mellan kommunerna. Orsakerna till detta kan vara dels att kartanvändarnas behov varierar dels att aktiviteten i kommunerna varierar dels att kommunernas egna resurser begränsar ambitionerna. Denna enkätundersökning har begränsats till att omfatta frågeställningar rörande ambitionernas variation och ej deras orsaker.

Hur pass aktuella vill nu kommunerna ha sina primärkartor? Detta varierar givetvis med kartans innehåll. Det är exempelvis mer angeläget att ajourhålla fastighetsindelningen än att ajourhålla förekomsten av staket och häckar. I enkätundersökningen är kartinnehållet indelat på fyra olika objekttyper, nämligen fastigheter, byggnader, gator och vägar samt övriga objekt.

Av svaren framgår att aktualitetskraven på fastighetsredovisningen är höga, se tabell T2.2. Det framgår även här att det främst är de större kommunerna som har höga krav, medan de små kommunerna ofta föredrar en årsvis revidering.

Beträffande kraven på aktuell redovisning av byggnader uppvisar den i stort sett liknande siffror som för fastigheter. Men för gator, vägar och övriga objekt är kraven annurlunda, se tabell T2.3.



Tabell T2.2 Ambition beträffande fastighetsredovisningens aktualitet på primärkartorna. Svaren är uppdelade efter kommunstorlek, % (antal).

	Kommunstorlek			Totalt	
	0-15000	15000-30000	30000-	Antal kommuner	Befolkn andel
Snar ajourhållning	65 (39)	92 (58)	98 (53)	85 (150)	94
Årsvis redovisning	30 (18)	6 (4)	0 (0)	12 (22)	4
Vid behov	3 (2)	2 (1)	0 (0)	2 (3)	1
Övrigt	2 (1)	0 (0)	2 (1)	1 (2)	1
Summa	100 (60)	100 (63)	100 (54)	100 (177)	100

Tabell T2.3 Ambition beträffande aktualiteten av redovisningen av gator och vägar på primärkartorna. Svaren är uppdelade efter kommunstorlek, % (antal).

	Kommunstorlek			Totalt	
	0-15000	15000-30000	30000-	Antal kommuner	Befolkn andel
Snar ajourhållning	38 (23)	50 (31)	54 (29)	47 (83)	52
Årsvis revidering	45 (27)	23 (14)	11 (6)	27 (47)	23
Vid behov	15 (9)	24 (15)	31 (17)	23 (41)	22
Övrigt	2 (1)	3 (2)	4 (2)	3 (5)	2
Summa	100 (60)	100 (62)	100 (54)	100 (176)	99

Även för gator och vägar dominerar kravet om en snar ajourhållning. Det framgår dock även att många stora kommuner reviderar dessa objekttyper "vid behov", medan små kommuner ofta föredrar en årsvis revidering. Gruppen "övriga objekt" uppvisar i stort sett samma siffror som gator och vägar.

Generellt sett så tycks således ambitionsnivån vara relativt hög vid ajourhållning av primärkartorna. Hur väl överensstämmer de redovisade ambitionerna med de verkliga förhållandena? Svartalternativen består här av en elvgradig skala mellan noll och tio, där tio motsvara full överensstämmelse mellan ambition och verklighet. Man kan redovisa svaren på denna fråga på flera olika sätt. Av intresse i sammanhanget är bl a de kommuner som upplever sig ha stora problem i sin ajourhållningsverksamhet. Antag att svaret fem eller lägre innebär att kommunen har sådana problem. Av detta följer då att nästan var tredje kommun har stora problem med ajourhållningen av gator, vägar och övriga objekt, se tabell T2.4.

Tabell T2.4. Andel kommuner med mindre än 50-procentig överensstämmelse mellan ambition och verklighet vad avser ajourhållningens aktualitet. Svaren är indelade efter kommunstorlek, % (antal).

	Kommunstorlek			Totalt	
	0-15000	15000-30000	30000-	Antal kommuner	Befolkn andel
Fastigheter	3 (2)	7 (4)	9 (5)	6 (11)	6
Byggnader	17 (10)	20 (12)	15 (8)	17 (30)	13
Gator och vägar	26 (15)	34 (20)	26 (14)	29 (49)	23
Övriga objekt	31 (16)	40 (23)	22 (11)	31 (50)	21

Det framgår vidare av tabell T2.4 att nästan var sjätte kommun har svårt att leva upp till sina ambitioner beträffande byggnadernas aktualitet. För fastighetsredovisningen är dock problemen ej så frekventa. Det kan även vara av intresse att notera att det är medelstora kommuner, dvs kommuner med mellan 15000 - 30000 invånare, som har svårast att leva upp till sina ambitioner.

#### 2.4 Metoder för ajourhållning av primärkartor

Traditionell kartverksamhet brukar indelas i momenten mätning-beräkning-kartläggning. Vid ajourhållning inträder ytterligare ett moment, nämligen detektering av förändringar. En förändring i landskapet som föranleder en ajourhållningsåtgärd är nästan alltid föranledd av mänsklig verksamhet. I vissa fall, t ex vid fastighetsbildning och uppförande av byggnader, erhåller den ansvariga karteringsorganisationen rutinemässigt information rörande sådana ändringar. Fastighetsbildnings- eller fastighetsregistermyndigheten förser ofta primärkarteorganisationen med uppgifter rörande förändringar i fastighetsbilden. Vidare skall de byggnadslovspliktiga byggnaderna lägeskontrolleras, vilket ofta utgörs av mätlag från den egna karteringsorganisationen. I bägge dessa fall finns således ofta ett fungerande informationsflöde till den organisation som är ansvarig för primärkartorna. Men för övriga objekttyper är informationsflödet mindre formaliserat. Visserligen bidrar gatukontor och vägverk ibland med information rörande förändringar i gatu- och vägnätet, men vanligen får karteringsorganisationen själv inhämta dessa uppgifter.

Inmätningen vid ajourhållning utföres nästan uteslutande av den egna förvaltningen eller av lantmäteriet, se tabell T2.5. Eftersom lantmäteriet ofta är ansvarig för fastighetsbildningen och fastighetsregistreringen, är det rätt naturligt att de även sköter inmätningen av fastighetsgränserna. I

övrigt sköts ajourhållningen av primärkartan till stor del av kommunerna själva.

Tabell T2.5 Organisationer som utför inmätning vid ajourhållning/revidering. Svaren är indelade efter objekttyp, % (antal).

	Objekttyper		
	Fastigheter	Byggnader	Gator och vägar
Egen förvaltning	57 (104)	71 (128)	71 (124)
Annan kom förvaltning	0 (0)	0 (0)	6 (11)
Lantmäteriet (A-avtal)	24 (43)	19 (35)	21 (36)
Lantmäteriet (övr)	48 (87)	13 (23)	13 (22)
Konsulter	1 (2)	3 (6)	5 (9)
Övrigt	0 (0)	1 (1)	0 (0)
Vet ej	0 (0)	1 (1)	1 (2)
Summa	(181)	(180)	(175)

Av de kommuner som anlitar lantmäteriet för inmätning av byggnader, gator och vägar, så har merparten av dem ett s.k A-avtal med lantmäteriet. Detta innebär att lantmäteriet har åtagit sig att sköta all mättningsverksamhet i kommunen. De övriga kommunerna som anlitar lantmäteriet för ajourhållning av primärkartor är till största delen små kommuner. De övriga konsulternas andel av mättningsarbetet vid ajourhållning är väldigt blygsam.

Den vanligast använda mättekniken för ajourhållning av primärkartor är geodetisk mätning. Den fotogrammetriska verksamheten är väldigt blygsam. Endast 20-30 % av kommunerna utnyttjar fotogrammetriska metoder för ajourhållning. I dessa kommuner utgör vidare de fotogrammetriska mätningarna i snitt endast 10 - 20 % av den totala omfattningen. Orsaken är dels att mätuppgiften ofta är så pass små att konventionell fotogrammetrisk teknik ej är billigare, dels att kommunerna ofta vill göra ajourhållningen inom den egna organisationen och att de saknar egna fotogrammetriska instrument.

Rittekniken vid ajourhållning varierar något beroende av objekttyp, se tabell T2.6.

Tabell T2.6. Ritteknik vid ajourhållning av olika objekttyper. I vissa fall används flera rittekniker varför procentsumman är högre än 100. % (antal).

	Objekttyper		
	Fastigheter	Byggnader	Gator och vägar
Manuell koordinatograf	86 (155)	81 (145)	88 (153)
Grafisk konstruktion	7 (12)	34 (61)	12 (21)
Autom. ritmaskin	19 (34)	17 (31)	20 (35)
Övrigt, vet ej	9 (16)	7 (14)	5 (8)
Summa	(181)	(180)	(174)

Manuella instrument typ koordinatograf är väldigt vanliga och används i 80 - 90 % av landets kommuner. Grafisk konstruktion, t ex avrinning av annat underlag med hjälp av linjaler, kurvmallar etc, används ofta vid kartering av nya byggnader. Automatiska ritmaskiner, till slut, används i c:a 15 - 20 % av kommunerna.

## 2.5 Kostnader för ajourhållning av primärkartor

Kostnader för mättningsverksamhet och annan lantmäteriverksamhet har undersökts i tidigare enkätundersökningar. På uppdrag av 1980 års lantmäteriutredning (LU80) har bl a kostnaderna för den lokala lantmäteriorganisationen undersökts (Bostadsdepartementet, 1982). I denna undersökning fann man att små kommuner generellt sett hade lägre kostnader för lantmäteriverksamheten jämfört med större kommuner. Detta oberoende av om man uttryckte kostnaden per capita, per påbörjad lägenhet i bostadsbyggandet eller per lantmäteriförrättning. Men eftersom inga uppgifter fanns om kvaliteten i verksamheten så kunde inga slutsatser dras om effektiviteten. Diskussionen i LU80 var således helt inriktad på kostnaden.

I 1983-84 års enkät rörande ajourhållning av primärkartor har uppgifter rörande kostnaderna för primärkarteverksamheten inhämtats. Även i denna undersökning är det således endast kostnaderna som diskuteras och ej kvaliteten. Någon skillnad mellan kommuner av olika storlek, liknande den som LU80 har redovisat, kunde dock ej påvisas vad avser primärkarteverksamheten. Kostnaderna förefaller således vara oberoende av kommunstorlek. Däremot kan en skillnad avseende kostnadsfördelningen mellan ajourhållning och nyframställning påvisas, se tabell T2.7.

Tabell T2.7 Kostnader för primärkartverket 1979 - 83 fördelade på nyframställning och ajourhållning. Svaren är indelade efter kommunstorlek.

	Befolkning			Samtliga kommuner
	0-15000	15000-30000	30000-	
Nyframställn.	80 %	64 %	32 %	44 %
Ajourhållning	20 %	36 %	68 %	56 %

Man kan konstatera att kostnaderna för nyframställning relativt ajourhållning avtar med kommunstorlek. Detta beror på att de stora kommunerna till stora delar är färdiga med sin nyproduktion av primärkartor. Ajourhållningskostnaderna är således den dominerande kostnaden i de större kommunerna, vad avser primärkartor.

Stor-Stockholms kartgrupp genomförde 1977 en enkätundersökning rörande kartkostnaderna i Stockholms län (Stor-Stockholms kartgrupp, 1978). Här framkom det att ajourhållningskostnaderna för primärkartorna var ca 58 % av den totala kostnaderna för länets primärkartverk. I den rikstäckande undersökningen 1983-84 uppgick kostnaderna för ajourhållning till ca 56 % av den totala kostnaden.

Vidare kunde Stor-Stockholms kartgrupp konstatera att 44 % av kommunerna i Stockholms län hade ajourhållningskostnader som översteg kostnaderna för nyframställning under 1977. Motsvarande siffra i 1983-84 års enkät är för hela riket 27 %, se tabell T2.8.

Tabell T2.8 Kommuner där ajourhållningskostnaderna överstiger kostnaderna för nyframställning. Svaren är indelade efter kommunstorlek, % (antal).

Period	Kommunstorlek			Summa	Andel av total befolkn
	0-15000	15000-30000	30000-		
1979-1983	12 (5)	23 (10)	50 (16)	27 (31)	55
1984-1988	31 (13)	39 (15)	57 (20)	42 (48)	64

Av tabell T2.8 framgår även att ajourhållningsarbetet i framtiden beräknas bli dominerande i allt fler kommuner, oberoende storlek. Liknande förväntningar uttrycktes i Stockholmsundersökningen 1977 och de har verifierats i denna undersökning.

## 2.6 Problem i verksamheten

I enkätundersökningen har kommunerna ombetts att nämna de problem de upplever vid ajourhållningen av primärkartorna. Eftersom de som har svarat själva har fått formulera problemen är det ej angeläget att behandla frekvensen av ett visst problem på ett detaljerat sätt. Att ett visst problem är utelämnat i ett enkätsvar behöver ej betyda att problemet i fråga ej existerar i denna kommun. I detta avsnitt kommer dock att redovisas några av de intryck man får vid en genomläsning av enkätsvaren.

Ajourhållningen av fastighetsindelningen ter sig relativt problemfri. Visserligen finns ett stort antal problem nämnda, men de är vanligen omnämnda i ett fåtal enkätsvar. Av de mer vanliga problemen kan nämnas dubbelarbete vid arbete i olika skalor/del-original, att arbetet är tidskrävande samt problem att få information från lantmäteriet. Det bör dock påpekas att frekvensen hos dessa problem är relativt låg och att problemen är små överensstämmer bra med övriga resultat erhållna i denna undersökning.

Beträffande ajourhållning av byggnader så är bilden något annorlunda. Här kan man urskilja två typer av problem som är relativt frekventa. Det ena problemet rör svårigheterna att få kännedom om alla förändringar. Det gäller dels ej byggnadslovspliktiga hus och dels okontrollerad rivning. Det andra problemområdet gäller redovisning av takbegränsningar och ej husliv på fotogrammetriskt karterade primärkartor. Problemen är då dels att redovisningen är blandad, vilket försvårar användandet av kartan, dels att det är problematiskt att redovisa geodetiskt inmätta tillbyggnader på fotogrammetriskt inmätta takbegränsningar. I detta sammanhang kan det vara värt att notera att kommunerna i denna enkätundersökning har blivit tillfrågade om de godtager en redovisning av takbegränsningarna i stället för husliven. På denna fråga svarade 67 % att de godtog redovisning av takbegränsningarna på primärkartan medan 9 % ej godtog en sådan redovisning. De övriga 23 % svarade att de godtog en redovisning av takbegränsningar endast under vissa förutsättningar. Även om en sådan redovisning uppenbarligen leder till en del problem så bedöms tydligen dessa ej så stora att de motiverar den högre kostnad som en kartering av husliv redan vid nyframställningen skulle innebära.

Det dominerande problemet vid ajourhållning av gator och vägar och som redovisas i enkätsvaren rör svårigheter att få information rörande förändringar i gatu- och vägnätet. Ett annat problem som påpekas i många enkätsvar är de knappa resurserna för ajourhållningsarbete. Detta är kanske inget att förvåna sig över i dessa tider med kraftiga nedskärningar inom den offentliga verksamheten. Men problemet är ändå väldigt vanligt och visar att effektivare metoder är av stort intresse.

## 2.7 Slutsatser

Den genomförda enkätundersökningen har lämnat många värdefulla uppgifter, som ligger till grund för det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet. Några av de viktigaste är

1. Arbetet med att ajourhålla primärkartor är i ett stort antal kommuner mer omfattande än nyproduktionen. Detta gäller speciellt i de större kommunerna. Den totala kostnaden för ajourhållning är redan idag större än kostnaden för nyframställning och skillnaden beräknas öka. Ajourhållningsfrågor utgör således ytterst angelägna problem att försöka lösa.

2. Problemen vid ajourhållning varierar med kartinnehållet, dvs vilka typer av objekt som skall ajourhållas. Problemen är vanligast vid ajourhållning av gator, vägar samt övriga objekt, men till viss del även ajourhållning av byggnader. Problemen består här bl a av svårigheterna att få information rörande förändringar i landskapet samt bristande resurser avseende såväl mätning som kartering.

3. De flesta kommunerna ombesörjer ajourhållningen av primärkartan med egna resurser. Vid utveckling av eventuell ny teknik bör således hänsyn tagas till detta faktum och tekniken utformas så att den kan användas av de kommunala mätningsorganisationerna. Som bekant saknar nästan samtliga dessa organisationer fotogrammetriska stereoinstrument.

Mot bakgrund av detta, har intresset fokuserats mot nya fotogrammetriska metoder för ajourhållning av primärkartor. Flygbilder kan med fördel användas för att upptäcka förändringar. Digital monokartering, dvs bearbetning av flygbilder med digitaliseringsbord, förefaller vara en metod som passar kommunal mätningsteknisk verksamhet ur såväl instrumentell som noggrannhetsmässig synpunkt. Det fortsatta arbetet inom detta projekt innebär således att en sådan metod utvecklas och testas. Överslagsberäkningar visar att metoden troligen är billigare än geodetisk fältmätning vid medelstora karteringsuppdrag. Noggrannheten är däremot något sämre, men den bedöms vara fullt tillräcklig för kartering av objekt typ gator och vägar samt eventuellt också för byggnader. Många kommuner har dessutom redan införskaffat digitaliseringsbord för digitalisering av befintliga kartor. Metoden bedöms därför kunna användas av de kommunala mätningsorganisationerna utan nya betungande instrumentköp.

### 3. DIGITAL MONOKARTERING

Begreppet digital monokartering introducerades i fotogrammetriska sammanhang troligen av Makarovic, 1973. Metoden innebär att karteringen görs i ett monoinstrument, t ex en monokomparator eller ett digitaliseringsbord (se fig 3.1) och ej i ett stereoinstrument. Metoden har vidareutvecklats av bl a Besenicar, 1978 samt Masry och McLaren, 1978. Vid mätning med digitaliseringsbord kan t ex förstora flygbilder användas. Jämfört med konventionella stereoinstrument är digitaliseringsbordet billigare, instrumenttypen är väl spridd bland landets kommuner och det är lättarbetat.

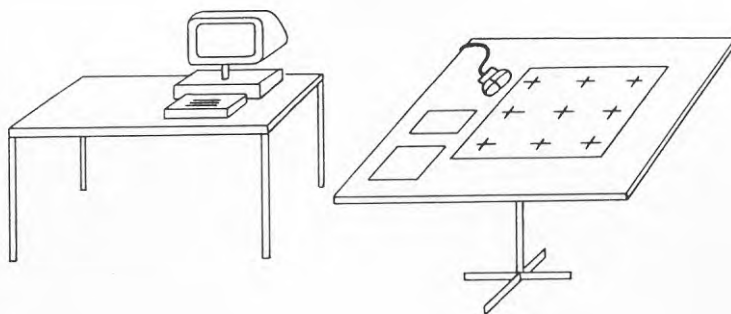


Fig 3.1 Tänkt system för digital monokartering.

Traditionellt har såväl de fotogrammetriska metoderna som instrumenten varit konstruerade för mätning av punkter. Vid bestämning av läget hos en punkt i rummet  $(x,y,z)$  med stereofotogrammetri, har motsvarande punkt mätts i två bilder med hjälp av stereoseendet. Läget i rummet har därefter rekonstruerats analogt i stereoinstrumenten, t ex med hjälp av mekaniska stänger, eller analytiskt ur mätta bildkoordinater. Monomätningar har oftast baserats på samma geometriska villkor och har då avsett punktobjekt som t ex signaler och brunnar. Vid mätning i mono av objekt som saknar distinkta punkter är denna metod ej möjlig. Det går då inte att med god noggrannhet mäta motsvarande punkter i två bilder utan att använda stereoseendet.

Bsenicar, 1978 och Masry och McLaren, 1978 har kringgått detta problem genom att använda en digital höjdmodell vid beräkning av markkoordinater. För svensk kommunalteknisk verksamhet är denna lösning ej attraktiv. Metoden fordrar nämligen tillgång till en noggrann digital höjddatabank. Den lösning som därför



föreslås här, innebär att den traditionella fotogrammetriska mätningen av punkter utvidgas till att omfatta även mätning på linjer. Vid traditionell fotogrammetri beräknas en punkt i rymden som skärningen mellan två linjer. I analogi med detta kan en linje i rymden beräknas som skärningen mellan två plan, se fig 3.2. För att erhålla en lösning måste dock samma objekt mätas i minst två bilder, men stereoseende är ej nödvändigt.

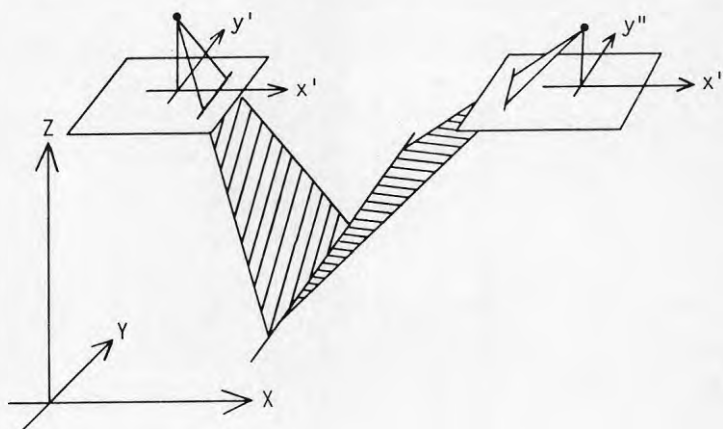


Fig 3.2 En linje på marken beräknas som skärningen mellan två plan.

Den variant av digital monokartering som beskrivs i denna rapport utgår ifrån flygbilder fotograferade med mellanformatskamera och med 60-procentig övertäckning mellan bilder i samma stråk. Dessutom rekommenderas att övertäckningen tvärs stråken utökas till 60%. Anförskaffningen av stödpunkter kan naturligtvis ske på konventionell väg, d v s genom signalering, blocktriangulering etc. Vid ajourhållning av kartor finns också möjligheten att orientera bilderna på befintliga kartdetaljer.

Innan karteringen startar skall dock bilderna förstöras. Bilder tagna med en Hasselbladskamera MK70 kan utan svårighet förstöras tio gånger och sedan bearbetas på digitaliseringsbord. Vid ajourhållning av kartor skall även förändringar inventeras, d v s detekteras. En jämförelse mellan flygbilder och karta är en god metod för sådan inventering. Om negativskalan är 1:4000 blir skalan på de förstörade bilderna 1:400. En jämförelse med en befintlig primärkarta i samma skala är väldigt enkel att göra, trots att bilderna ej är helt skalriktiga. Bättre överensstämmelse mellan karta och bild kan naturligtvis erhållas om kartan, inklusive höjdinformation, är lagrad digitalt. Då kan kartan utan större svårigheter ritas om i samma projektion som bilden (Masry och McLaren, 1978 samt Svenska Kommunförbundet, 1983c).

Traditionellt indelas kartering i s.k analoginstrument i momenten förberedelser, orientering och själva karteringen.

I begreppet förberedelser för kartering ingår sådana moment som underlagskartering, bildinventering, markering av kartbladsindelning på kontaktkopior etc. Vid övergång från grafisk kartering till digital kartering kan flera av dessa moment rationaliseras och förenklas, t ex underlagskarteringen. Däremot går det ej att bortrationalisera bildinventeringen. En bildinventering är oundviklig såväl vid digital som vid grafisk kartering. För övrigt kan skillnaderna i förberedelser mellan digital och grafisk kartering vara rätt stora. Vad avser skillnaderna i förberedelsearbetet mellan digital stereo- och digital monobearbetning är skillnaderna däremot ej så stora. Det är ungefär samma moment som behöver göras. Däremot skiljer sig själva tillvägagångssättet något mellan de två digitala karteringsmetoderna.

Metoderna för orientering av bilderna skiljer sig väsentligt mellan digital monobearbetning och digital stereobearbetning. Vid arbete i analoga stereoinstrument indelas orienteringen i inre, relativ och absolut orientering. Den inre orienteringen innebär att operatören passar in bildernas rammärken i bildhållarna samt att instrumentets kamerakonstanter justeras. Relativorienteringen innebär att bildernas inbördes läge rekonstrueras och att en formriktig modell av objektet erhålles (stereomodell). Absolutorienteringen innebär att stereomodellen skalbestäms och anpassas till det geodetiska (kartans) koordinatsystemet. Vid traditionell grafisk kartering är samtliga dessa moment manuella, eventuellt med visst räknestöd. Vid digital stereokartering kan främst absolutorienteringen rationaliseras genom att stödpunkter inmätas och transformationsparametrar beräknas av en dator.

Vid digital monokartering utföres samtliga orienteringsmoment analytiskt i en dator. Orienteringsfasen består här av en inre och en yttre orientering. Den inre orienteringen innebär att bildens rammärken inmätas och den yttre orienteringen innebär att stödpunkter eller stödojekt inmätas. Ur dessa mätningar beräknas sedan parametrar för koordinattransformer mellan bild och objekt.

Vid kartering skall objekten inmätas och kodas, såväl vid digital monokartering som digital stereokartering. Själva det praktiska förfarandet skiljer sig däremot åt, bl a beroende på betraktningsanordningarna. Dessutom skall samtliga objekt ges id-värden vid en digital monokartering. Id-märkningen har samma uppgift som t ex punktnummering vid triangulering. Vid sammanställning av mätningar från olika bilder måste dessa samsorteras inför utjämningsberäkningarna. Denna id-märkning av objekt kan dock automatiseras, men den påverkar bildinventeringen och även kodningsarbetet något.

Noggrannheten hos ett digitaliseringsbord är vanligen sämre än hos ett stereoinstrument. Noggrannheten hos de bästa digitaliseringsborden ligger runt 0.05 - 0.07 mm uttryckt som kvadratisk medelvärde av motsägelser i kontrollpunkter efter affin transformation (Svenska Kommunförbundet, 1983c). Motsvarande värden för analoga stereoinstrument ligger c:a en tiopotens bättre. Förhöjd noggrannhet i processen kan erhållas genom att använda förstorade bilder (B Persson, 1982). Metoden har dock några geometriska begränsningar, som exempelvis digitaliseringsbordets storlek samt de geometriska deformationer som införs vid förstoringen av bilderna.

För att kunna bedöma kvaliteten hos kartor karterade med digital monoteknik, måste först noggrannheten i de olika delmomenten studeras. Dessa delmoment avser t ex korrektion av de förstorade bildernas geometriska deformation samt felfortplantningen hos de geometriska sambanden som har formulerats. Ur dessa noggrannhetsstudier kan sedan den sammanlagda noggrannheten uppskattas.

För att kunna bedöma om fortsatt utveckling av digital monokartering är önskvärd, krävs även en ekonomisk analys rörande kostnader och lönsamhet. Noggrannhetsstudierna samt den ekonomiska analysen finns redovisade i de följande kapitlen i rapporten.

#### 4. KAMEROR OCH KAMERAPLATTFORMAR

Kostnaden för flygfotografering vid fotogrammetrisk kartering utgör en mindre men för den skull ej försumbar del av totalkostnaden. Speciellt vid små karteringsuppdrag, t ex ajourhållning av primärkartor, ökar fotograferingskostnadens betydelse. Det är därför i detta sammanhang av stor vikt att beröra problemställningar som val av kamera och kameraplattform (luftfarkost) för mindre karteringsuppdrag.

På grund av de höga investeringskostnaderna, t ex i form av kameror och flygplan, är det oftast lämpligast att själva flygfotograferingen sköts av speciella konsulter. Val av kameratyp och kameraplattform spelar däremot en stor roll vid planeringen av mätningararbetet. Syftet med detta kapitel är att ge en översikt över kameror och kameraplattformar som kan tänkas användas för mindre storskaliga karteringar. Presentationen grundar sig på en inventering och översikt, genomförd av S Mjörne, 1984.

##### 4.1 Kameror

Traditionellt används s k mätkameror för fotogrammetrisk karteringsverksamhet. Dessa kameror kännetecknas av att deras inre geometri är känd (kalibrerad). Detta är vanligen en förutsättning för att erhålla en hög noggrannhet i slutresultatet. Denna översikt är begränsad till mätkameror som används i Sverige. För en mer detaljerad översikt hänvisas till Manual of Photogrammetry (American Society of Photogrammetry, 1980).

Flygkameror kan klassificeras på många skilda sätt, t ex med avseende på öppningsvinkel, kamerakonstant, bildformat, användningsområde etc. I denna sammanställning delas kamerorna in med avseende på bildformat. Detta beroende på att bildformatet spelar en stor ekonomisk roll för kostnaden vid flygfotograferingen. En stor bild täcker nämligen ett större område än en liten bild med samma bildskala.

De kameror som för närvarande används för kartering här i Sverige har vanligen bildformatet 23 x 23 cm, t ex Wild RC10. Öppningsvinkeln kan dock variera, från övervidvinkel till normalvinkel. Normalt används vidvinkeloptik med c a 90 graders öppningsvinkel. En annan kameratyp som ibland också används vid kartering är de s k mellanformatskamerorna, t ex Hasselblad MK 70. Deras bildformat är 6 x 6 cm och kameratypen kan fås med olika objektiv med varierande brännvidd.

En mätkamera med stort bildformat har den fördelen att man behöver färre bilder för att täcka det aktuella området. De är även försedda med tillbehör, som t ex kontroll av exponeringsintervall (intervalometer), navigationsteleskop, exponeringsmätare etc. Nackdelen med dessa stora kameror ligger främst i deras storlek

och pris. Deras högre vikt sätter vissa begränsningar vid valet av flygfarkost. Det höga inköpspriset medför även att det endast är organisationer med stor flygfotograferingsverksamhet som har en ekonomisk möjlighet att införskaffa denna typ av kameror.

Mellanformatskamerorna har motsvarande fördelar som storformatskamerornas nackdelar. De är relativt billiga i inköp och passar ur den anledningen organisationer med en begränsad omfattning på sin flygfotograferingsverksamhet. De är dessutom förhållandevis lätta, vilket medför att de även kan användas i lättare flygfarkoster. Nackdelen är kanske främst det lilla bildformatet, vilket kan bli kostsamt vid större karteringsarbeten. Dessutom är bilderna ej direkt användbara i analoga stereoinstrument och kamerorna är inte försedda med automatisering, horisontering och övertäckningsreglage mm.

#### 4.2 Flygfarkoster

Den vanligaste typen av kameraplattform för fotogrammetrisk kartläggning i Sverige är medeltunga flygplan som Air Commander, Learjet etc. Det finns omfattande erfarenheter från användningen av dessa flygplan och de är således väl beprövade. De har lång räckvidd på så sätt att de kan snabbt förflytta sig även till avlägsna delar av vårt land. Kameran är här monterad i golvbrunn.

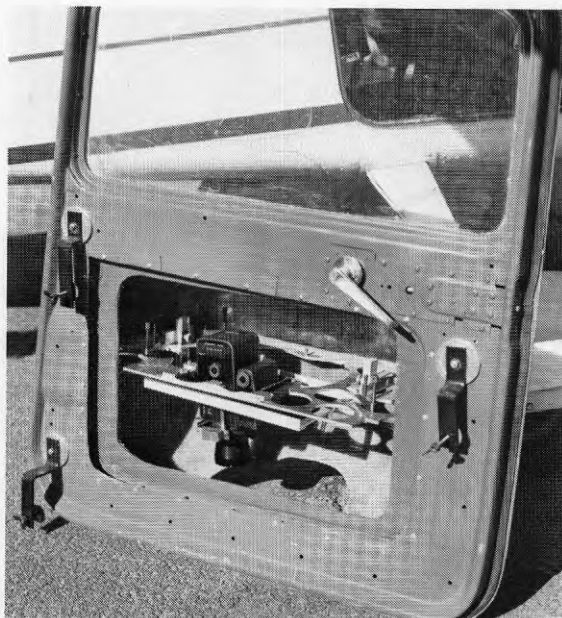


Fig 4.1 Montering av Hasselbladskamera i ombyggd flygplansdörr.

Lättare flygplan, t ex Cessna 207, används också för flygfotografering. Denna flygplanstyp något mindre och de har ej samma räckvidd som de tunga flygplanen. De är i gengäld något billigare i inköp och drift. Kameran monteras även här vanligen i en golvbrunn. Vid institutionen för fotogrammetri, KTH, har försök gjorts med mellanformatskamera monterad i flygdörren, se fig 4.1. Resultaten från försöket är lovande och metoden kan vara av intresse för de flygfirmer som ej har flygfotografering som sin främsta uppgift.

Andra bemannade flygfarkoster som kan användas för karteringsändamål är t ex helikoptrar, luftballonger och ultralätta flygplan. Helikoptrar används idag som kameraplattformar främst vid fotografering från låg höjd där flygplansfotografering skulle ge alltför stor rörelseoskärpa. Omfattningen av fotografering från helikopter är mycket begränsad.

Luftballonger har däremot använts utomlands med gott resultat. Användningsområdet är här främst dokumentation och kartering av arkeologiska fynd (Heckes et al, 1984). Nackdelen med denna typ av kameraplattformar är att de är personalintensiva samt att de har begränsad manövrerbarhet.

De ultralätta flygplanen har under de senaste åren fått en allt större uppmärksamhet, av olika anledningar. Experiment med flygfotografering från sådana flygplan har genomförts bl a av ITC i Holland, med lovande resultat (ITC Journal, 1983). Erfarenheterna är än så länge begränsade, vilket gör att dessa farkoster ännu ej kan rekommenderas för flygfotograferingsändamål. Haveristatistiken är dessutom oroande, vilket bl a har föranlett luftfartverket att studera frågan. Trots detta bedöms denna typ av farkoster vara intressanta för mindre karteringsuppdrag, men större erfarenheter krävs innan de kan bli ett reellt alternativ.

Förutom de bemannade farkosterna kan naturligtvis även obemannade farkoster användas, t ex radiostyrda modell-helikoptrar och flygplan. Vid Försvarets forskningsanstalt (FOA) har ett radiostyrt modell-flygplan utvecklats, benämnt Skatan (Gunnerhed, 1976). Den kamera som här användes var i huvudsak en småbildskamera, men även en Hasselbladskamera provades. För karteringsuppdrag med denna typ av farkost bör främst navigeringsmetoderna och landningsmetoderna förbättras. Det är tveksamt om en mätkamera klarar de landningsmetoder som har beskrivits i Gunnerhed 1976, utan att en omkalibrering måste genomföras.

Radiostyrda modellhelikoptrar har använts i ett antal olika karteringsprojekt. Bland de svenska konstruktörerna av sådana farkoster kan nämnas J Barabas, Södertälje. Mätkameror är förhållandevis tunga laster, jämfört med modellhelikoptrarnas normala användningsområden. Detta ställer extra höga krav på rotorblad och motorer. Även denna typ av farkost har problem med

navigeringen, speciellt i tätbebyggt område. Om helikoptern skulle försvinna ur sikt, t ex bakom ett hustak, kan den ej styras med i värsta fall omfattande personskador som följd.

Sammanfattningsvis kan nämnas att de kamerplattformar som för dagen verkar vara aktuella för mindre karteringsuppdrag är de tyngre och de lätta flygplanen. Dessa typer av flygplan har möjlighet att bära såväl de lättare mellanformatskamerorna som de tyngre storformatskamerorna. Kameravalet kommer då att bero på andra faktorer än luftfarkostens lastförmåga. De ultralätta planen kan vara av intresse när mer erfarenhet har erhållits och när säkerhetsaspekterna är bättre tillgodosedda.

Man får ej i egen regi genomföra en flygfotografering. För flygfotografering för kartläggningsändamål fordras tillstånd, vilket måste inhämtas från regeringen. Regeringen inhämtar synpunkter från luftfartverket, försvaret och lantmäteriverket innan beslut fattas. Ett eventuellt tillstånd är oftast kopplat till vissa restriktioner i t ex verksamhetens omfattning, flyghöjder etc.

Val av såväl kamera som typ av flygfarkost beror på många olika faktorer som t ex fotograferingsområdets storlek, kraven på bildkvalitet (rörelseoskärpa, stråkhållning etc), kostnader för fotograferingen, bildstorlek, tillgänglighet etc. Eftersom förutsättningarna för olika karteringsuppdrag varierar såpass mycket ges ej här några mer detaljerade rekommendationer. Det förefaller dock som om de traditionella flygplanen är de mest lämpliga i dagsläget, men man bör ändå överväga de alternativa luftfarkosterna. De kan vara ekonomiskt fördelaktiga i vissa fall, speciellt om de fortsätter att vidareutvecklas i samma takt som hittills.

## 5. FÖRSTORING AV FLYGBILDER

Fotogrammetrisk stereobearbetning av flygbilder sker vanligen i instrument med väldigt hög geometrisk noggrannhet. Ett digitaliseringsbord skiljer sig från de traditionella fotogrammetriska instrumenten bl a genom att de har en mycket sämre noggrannhet samt att de tillåter ett större bildformat. Noggrannheten hos de noggrannaste digitaliseringsborden är c:a en tiopotens sämre än de fotogrammetriska instrumenten, medan det största tillåtna bildformatet kan t ex uppgå till  $1.1 \times 1.5$  m. Genom förstoring av flygbilderna, kan det stora bildformatet utnyttjas till att höja noggrannheten i slutresultatet.

Vid förstoring av bilder sker alltid en geometrisk deformation. Korrektion av denna deformation är mycket väsentlig för att erhålla ett slutresultat med hög kvalitet. Vanligen korrigeras filmdeformationer i bilder med hjälp av rammärken. De flygkameror som traditionellt används för kartering innehåller fyra rammärken. Detta är oftast tillräckligt för konventionell fotogrammetrisk bearbetning. En förstoringprocess kan däremot förväntas ge så pass oregelbundna filmdeformationer att fyra rammärken ej är tillräckligt, se fig 5.1. Av intresse i detta sammanhang är att Hasselbladskameran MK 70 innehåller 25 stycken rammärken. Här finns således förhållandevis stora möjligheter att korrigeras för en oregelbunden filmdeformation, orsakad av t ex en förstoringprocess.

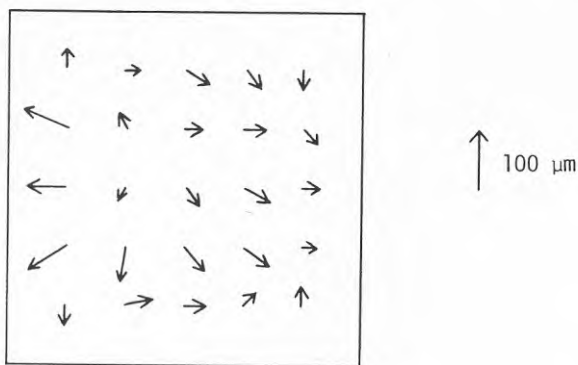


Fig 5.1 Exempel på geometrisk deformation, orsakad av förstoringprocessen. Vektorerna visar restfel efter affin transformation på de fyra hörnpunkterna.

Vid konventionell analytisk bearbetning av flygbilder är det vanligt att filmdeformationer korrigeras med hjälp av en s k affin transformation med sex parametrar. Behovet av en mer avancerad form av



korrektion för geometriska deformationer vid mätning av förstorad bilder framgår av B Persson, 1982.

För att bedöma noggrannheten vid mätning av förstorade bilder med digitaliseringsbord, har en test genomförts. Syftet med undersökningen är här bl a att undersöka olika metoder för korrektion av bilddeformation. Arbetet är utfört av Tiina Kilpeläinen och finns närmare rapporterat i Kilpeläinen, 1985.

I testet användes ett rutnät, vars koordinater hade bestämts genom mätning i stereokomparator. Den geometriska noggrannheten i rutnätet anses således vara mycket hög. 25 stycken punkter i rutnätet utvaldes till rammärken och dess lägen överensstämmer med rammärkenas lägen i en Hasselblad MK70. För uppskattning av noggrannheten efter geometrisk korrektion har ytterligare 16 punkter använts som kontrollpunkter. Dessa är belägna innanför de 25 rammärkena, se fig 5.2.

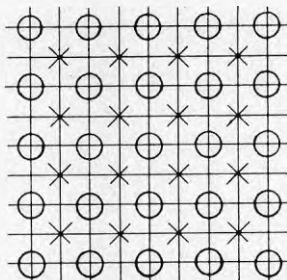


Fig 5.2 Rutnät för test av förstoringsprocessen. Rammärken markerade med ring, kontrollpunkter markerade med kryss.

I testet har variablerna förstoringsgrad, förstoringsapparat samt metod för korrektion av geometrisk deformation undersökts. Dessa har varierats enligt följande.

- Förstoringsgrad.

Rutnätet har förstorats med tre olika faktorer, nämligen 5, 7.5 och 10 gånger.

- Förstoringsapparat.

Två olika typer av förstoringsapparater har testats. Den ena är av fabrikatet Durst och den används av institutionen för fotogrammetri vanligen för förstoring av småbilder. Vidare har Arkitektkopia anlitats för förstoring. De har använt en specialbyggd apparat av fabrikatet Falköping. Sammanlagt har 24 bilder

förstorats, fyra per förstöringsapparat och förstöringsgrad.

- Metod för korrigerig av geometrisk deformation.

Fyra olika metoder för korrektion av geometrisk deformation har testats, nämligen

- a) Affin transformation på fyra rammärken
- b) Kollokation med filtrering av mätfel (Kraus, 1972)
- c) Polynom Anpassning till tredjegrads polynom
- d) Bilinjär interpolation mellan rammärken

Digitalisering av de förstörade bilderna har skett på ett digitaliseringsbord av fabrikatet Bendix. Noggrannheten i detta bord uppskattas till c:a 0.05 mm. Resultatet av undersökningen sammanfattas i tabell T5.1

Tabell T5.1 Sammanställning över kvadratisk medelvärde av motsägelser i kontrollpunkter, mikrometer i negativskala.

Först-app.	Först-grad	Affin transf.	Kollokation	Polynom-interp.	Bilinj-interp.
Durst	5	18	18	12	11
	7.5	15	15	9	9
	10	41	28	9	9
Fal-köping	5	15	12	12	11
	7.5	10	9	9	8
	10	12	11	7	7

Av resultaten kan följande slutsatser dras

1. Enbart affin transformation är ingen bra metod för korrektion av förstörade bilder. Ofta uppkommer ett perspektiviskt fel som den affina transformationen ej kan korrigera helt. En perspektivisk transformation med åtta parametrar är här att föredraga, även om noggrannheten ändå inte blir acceptabel (B Persson, 1982).

2. Kollokationsmetoden som användes var ej framgångsrik, vilket var något förvånande. Vid interpoleringen användes en kovariansfunktion enligt Kraus, 1972. Resultaten kan tolkas så att de teoretiska förutsättningarna ej var uppfyllda. Detta betyder att såväl kovariansfunktionen som storleken på filtreringen bör bestämmas ur mätdata, vilket är relativt omständigt. Metoden tenderar således att bli mycket beräkningsintensiv.

3. Bilinjär interpolation ger generellt sett något bättre resultat än polynominterpolation. Skillnaderna är dock väldigt små. Bilinjär interpolation är dessutom väldigt enkel att utföra vilket medför att

den förefaller vara den metod som såväl ur beräknings- teknisk synpunkt som noggrannhetssynpunkt är bäst lämpad för korrektion av geometrisk deformation hos förstörade flygbilder.

4. De bästa resultaten erhålles vid 10 gångers förstoring och med korrektion av bilddeformation med polynomanpassning eller bilinjär interpolation. För förstoringar utförda hos arkitektkopia erhålles ett nästan linjärt samband mellan förstoringsgrad och noggrannhet. Slutsatsen av detta blir då att det då främst är själva digitaliseringsbordet som begränsar noggrannheten. Vid förstoringar utförda med Durst-apparaten sker ingen märkbar förbättring om man ökar förstoringen till 10 gånger. Tydligt är då bilddeformationerna av sådan art att den bilinjära interpolationen ej kan korrigera för dessa.

5. I denna undersökning har endast två olika förstoringsapparater studerats. De genomförda noggrannhetsuppskattningarna kan ej generaliseras till att gälla andra förstoringsapparater. För andra apparater måste givetvis liknande undersökningar göras innan man kan uttala sig om deras lämplighet för förstoring av flygbilder.

6. Det är naturligtvis även av stort intresse att analysera de olika metodernas känslighet för grova fel. Restfel i de 25 rammärkena efter affin eller ännu hellre en perspektivisk transformation, ger värdefulla upplysningar om förekomsten av grova fel. Såväl absolutbeloppen av de enskilda restfelen som jämförelser med medianvärden av intilliggande rammärken kan vara tänkbara procedurer för felsökning. Skevheter i statistiska fördelningar kan också ge upplysning om förekomsten av grova fel. Detta är således ett område där ytterligare forskning är nödvändig.

7. Den genomsnittliga noggrannheten vid 10 gångers förstoring hos Arkitektkopia var 7 mikrometer i negativskalan. Denna noggrannhet är av samma storleksordning som noggrannheten hos de traditionella fotogrammetriska stereoinstrumenten (Talts och Torlegård, 1972). Det förefaller således som om förstörade flygbilder och digitaliseringsbord kan användas i en fotogrammetrisk process med goda resultat.

## 6 GRUNDLÄGGANDE GEOMETRISKA SAMBAND FÖR LINJEFOTOGRAMMETRI

Vid traditionell fotogrammetrisk stereokartering inmättes punkter i bilderna varefter deras läge i rymden rekonstrueras (se t ex Hallert, 1964 och Torlegård, 1978). Denna rekonstruktion av punktens tredimensionella läge baseras på att samma markpunkt har identifierats i de bägge bilderna. Stereoseendet är här till stor hjälp vid denna identifiering.

Vid mätning i mono, d v s utan stereobetraktning, fordrar således den traditionella punktfotogrammetrin att samma markpunkt identifieras i de olika bilderna. Detta sker enklast genom att mäta väl definierade punktobjekt som t ex signaler. Eftersom linje- och ytobjekt ofta saknar distinkta punkter, är det mycket svårt att mäta samma markpunkt i flera bilder utan att använda stereoseendet. Av denna anledning har därför de traditionella fotogrammetriska sambanden utvidgats till att omfatta även linjeobjekt som räta linjer och cirkelbågar. Med dessa nya samband är det ej längre nödvändigt att mäta samma markpunkt i flera bilder utan det räcker med att mäta samma linje i bilderna, vilket är fullt möjligt även vid monobetraktning.

Syftet med detta kapitel är att beskriva de geometriska samband som råder mellan observerad bildpunktskoordinat och linjens läge i den tredimensionella verkligheten. Dessutom är syftet att visa hur de geometriska sambanden används i utjämningsberäkningar. De utjämningsberäkningar som här beskrivs har två skilda funktioner. För det första används de vid bestämning av bildernas yttre orientering, d v s bestämning av projektioncentrums läge samt kamerans vridningsvinklar vid exponeringstillfället. Här inmättes kända markstöd i bilderna varefter den yttre orienteringen beräknas. Utjämningsberäkning används också vid själva karteringen. Här inmättes objektets bildkoordinater, kamerans yttre orientering är känd från den tidigare orienteringsproceduren och objektets markkoordinater kan beräknas.

Kapitlet är indelat i avsnitt som var för sig beskriver de olika geometriska villkor som kan användas för olika typer av geometriska objekt. Inom varje avsnitt beskrivs sedan hur dessa geometriska villkor kan användas dels vid orientering av bilderna dels vid kartering. Denna framställning baseras till stor del av ett arbete utfört av Björn Persson. För en mer detaljerade redovisning, speciellt då av avsnitt 6.2, hänvisas till B Persson, 1985.

### 6.1 Sambandet bildpunkt och markpunkt

Vid beskrivning av de geometriska sambanden för fotografering, kan det vara lämpligt att börja med det s k kollinearitetsvillkoret. Detta för fotogrammetrin så viktiga samband innebär att markpunkt, bildpunkt

och projektionscentrum är belägna längs samma linje, fig 6.1.

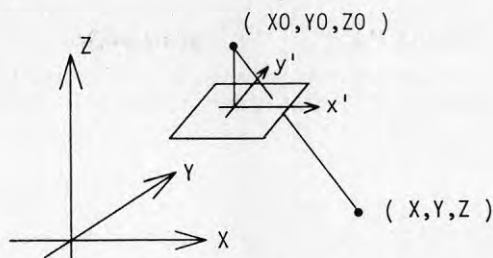


Fig 6.1 Kollinearitetsvillkoret.

Detta villkor kan i formelväg skrivas som

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \lambda R \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ -c \end{pmatrix} \quad (\text{F6.1})$$

där

- $X, Y, Z$  är punktens markkoordinater i det geodetiska systemet  
 $X_0, Y_0, Z_0$  är projektionscentrums koordinater i det geodetiska systemet  
 $\lambda$  är en skalär  
 $R$  är en rotationsmatris som beskriver bildens rotation  
 $x', y'$  är mätta bildkoordinater i bildens koordinatsystem  
 $c$  är kamerakonstanten.

Ekvationen F6.1 kan omformuleras som

$$R^T \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ -c \end{pmatrix}$$

Skalären  $\lambda$  är oftast av mindre intresse, varför den vanligen förkortas bort. Då erhålles den perspektiviska koordinattransformationen

$$-c \frac{r_{11}(X-X_0) + r_{21}(Y-Y_0) + r_{31}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0) + r_{23}(Y-Y_0) + r_{33}(Z-Z_0)} = x' \quad (\text{F6.2})$$

$$-c \frac{r_{12}(X-X_0) + r_{22}(Y-Y_0) + r_{32}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0) + r_{23}(Y-Y_0) + r_{33}(Z-Z_0)} = y'$$

där  $r_{11} - r_{33}$  är element i rotationsmatrisen  $R$  och således funktioner av bildens rotation (Torlegård, 1978).

Denna viktiga ekvation (F6.2) används såväl vid bestämning av bildens yttre orientering som vid bestämning av koordinater för nypunkter. Vid bestämning av bildens yttre orientering mätes

bildkoordinater  $x'$  och  $y'$  för kända stödpunkter, se fig 6.2. Dessa punkter har således kända markkoordinater  $(X, Y, Z)$  och de sökta obekanta är kamerans projektiionscentrum  $(X_0, Y_0, Z_0)$  samt dess rotation, som bestämmer rotationselementen  $r_{11} - r_{33}$ . Problemet löses vanligen med minsta kvadratmetoden, där kollinearitetsvillkoret ovan utgör observations-ekvationer. Ekvationssystemet, som är överbestämt, betecknas i matrisform

$$A X = L - E$$

där  $A$  är den  $s \times k$  designmatrisen  
 $X$  är de obekanta  
 $L$  är mätta bildkoordinater  
 $E$  är felen i mätningarna

Lösningen på detta ekvationssystem är enligt minsta kvadratmetoden (se t ex Bjerhammar, 1958)

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L \quad (F6.3)$$

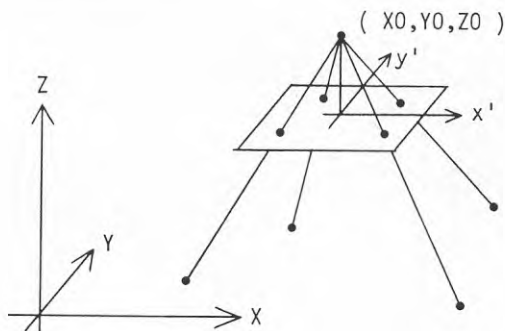


Fig 6.2 Bestämning av bildens yttre orientering genom mätning av kända stödpunkter (enkelpunktsinskränning i rymden).

Vid bestämning av koordinater för nypunkter baseras observationsekvationerna även nu på formel F6.2. Skillnaden är dock den att nu är det punktkoordinaterna som är obekanta medan läget för projektiionscentrum och kamerans rotationer är kända, se fig 6.3. För att kunna erhålla en lösning krävs här att punkterna är mätta i minst två bilder. Vid lösning enligt minsta kvadratmetoden används även här elementutjämnning, vars lösning framgår av formel F6.3.

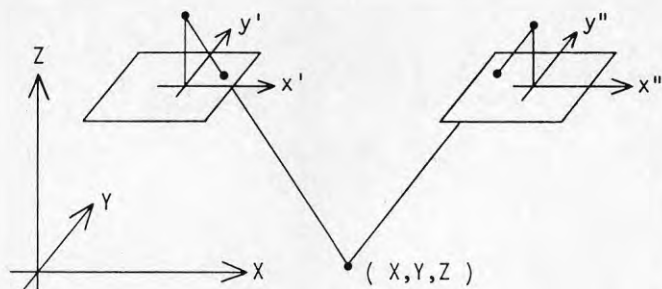


Fig 6.3 Bestämning av markkoordinater för punkter genom mätning i minst två bilder och avskärning.

### 6.2 Sambandet bildpunkt och en rät linje på marken.

Sambandet mellan en punkt i bilden och en linje på marken har mycket stora likheter med kollinearitetsvillkoret formel F6.1. Skillnaden består här av att markpunktens koordinater har ersatts med den räta linjens ekvation. se fig 6.4.

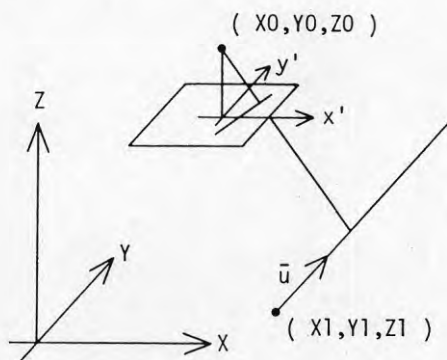


Fig 6.4 Sambandet bildpunkt - rät linje på marken

Detta samband kan skrivas som

$$\begin{pmatrix} X1 \\ Y1 \\ Z1 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} ux \\ uy \\ uz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X0 \\ Y0 \\ Z0 \end{pmatrix} + \lambda R \begin{pmatrix} x^- \\ y^- \\ -c \end{pmatrix} \quad (\text{F6.4})$$

där

$X1, Y1, Z1$  är baspunkten på den räta linjen  
 $ux, uy, uz$  är komponenter i linjens riktningsvektor  
 $t$  är en skalär.

Formeln kan omformuleras på samma sätt som kollinearitetsvillkoret

$$-c \frac{r_{11}(X_1+t \cdot ux-X_0) + r_{21}(Y_1+t \cdot uy-Y_0) + r_{31}(Z_1+t \cdot uz-Z_0)}{r_{13}(X_1+t \cdot ux-X_0) + r_{23}(Y_1+t \cdot uy-Y_0) + r_{33}(Z_1+t \cdot uz-Z_0)} = x \quad (F6.5)$$

$$-c \frac{r_{12}(X_1+t \cdot ux-X_0) + r_{22}(Y_1+t \cdot uy-Y_0) + r_{32}(Z_1+t \cdot uz-Z_0)}{r_{13}(X_1+t \cdot ux-X_0) + r_{23}(Y_1+t \cdot uy-Y_0) + r_{33}(Z_1+t \cdot uz-Z_0)} = y$$

Liksom vid punktfallet kan denna ekvation användas såväl vid orientering av bilderna som vid kartering, vilket här innebär bestämning av linjeparametrar för en nymätt rät linje.

Det bör noteras att skalären  $t$  har olika värden för olika punkter längs den räta linjen. Således ingår det ett unikt  $t$ -värde för varje observerad bildpunkt. Dessa skalärer är vanligen helt ointressanta för slutresultatet. Vid lösning av ekvationssystemet kan de obekanta delas upp i grupper, s k elementutjämning i grupper. Grupp A utgörs här av de intressanta parametrarna, t ex koordinaterna för projektioncentrum samt bildens rotationer och grupp B utgörs av de ointressanta skalärerna  $t$ . Ekvationssystemet blir då i linjäriserad form

$$A X_a + B X_b = L - E$$

Lösningen enligt minsta kvadratmetoden blir då

$$X_a = (C^T C)^{-1} C^T L \quad (F6.6)$$

$$\text{där } C = A^T - A^T B (B^T B)^{-1} B^T$$

Inga observationsekvationer som har beskrivits i detta kapitel är linjära. För lösning enligt de skisserade metoderna måste de därför först linjäriseras kring sina närmevärden. Metoder för anskaffning av närmevärden på bildernas orienteringselement är relativt väl utvecklade och skall ej beröras här. Anskaffning av närmevärden för linjens ekvation kan ske genom att bilda skärningen mellan två plan, som uppspannes av observationsvektorer ur två lämpliga bilder, se fig 6.5.

Bestämningen av linjens ekvation enligt ovan beskrivna metod, innehåller ett linjärt beroende mellan de obekanta. Skalärerna  $t$  är beroende dels av baspunkten  $(X_1, Y_1, Z_1)$  dels av längden på riktningsvektorn  $(ux, uy, uz)$ . Detta linjära beroende kan elimineras genom att vid bildandet av ekvationssystemet definitionsmässigt ansätta  $t$ -värdet för de två första observationerna till noll respektive ett.



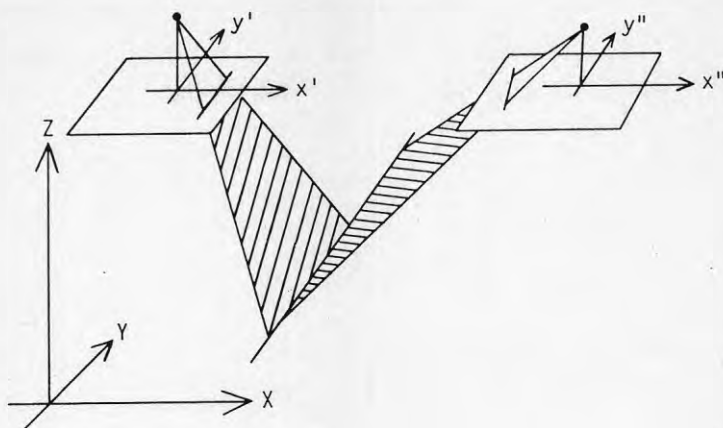


Fig 6.5 Bestämning av linjens ekvation som skärning mellan två plan.

Ett kanske mer allvarligare problem vid bestämningen av linjens ekvation är att observationerna i vissa fall är linjärt beroende av varandra. Så är fallet när den sökta linjen ligger i ett epipolarplan för de bilder i vilka linjen mätes, se fig 6.6. Denna situation kan uppstå om basriktningen, d v s flygriktningen ligger parallellt med linjens riktning. Om samtliga observationer av en linje är linjärt beroende av varandra är ekvationssystemet olösbart. Eftersom problemet ej är lösbart på matematisk väg, får situationen istället undvikas. Genom en vettig planering av fotograferingen kan t ex sidoövertäckningen väljas så pass stor att basriktningen även kan väljas tvärs stråken.

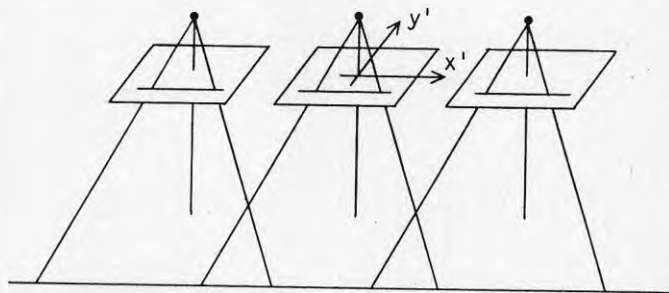


Fig 6.6 Linjärt beroende mellan observationerna. Linjen på marken ligger i epipolarplanet för bilderna.

### 6.3 Tvådimensionell kartering

En stor del av den information som finns lagrad i geografiska databanker har erhållits genom digitalisering av befintliga kartor. I många kommuner digitaliseras endast planbilden, varför dessa databanker följaktligen endast innehåller koordinater i plan. Även sådana kartdatabanker behöver ajourhållas och således är tvådimensionell kartering och ajourhållning av stort intresse. Vid orientering av bilder vore mycket vunnet ur ekonomisk synvinkel om den befintliga databanken kunde användas som stöd. Om databanken då endast innehåller koordinater i plan, måste såväl orienteringen som den efterföljande karteringen begränsas till dessa koordinater. De grundläggande formlerna F6.1 och F6.4 måste då förminska till två ekvationer. För punktobjekt blir då sambandet

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} + \lambda RO \begin{pmatrix} x^- \\ y^- \end{pmatrix} \quad (\text{F6.7})$$

där RO är en  $2 \times 3$ - matris.

och för linjeobjekt blir sambandet

$$\begin{pmatrix} X_1 + t \cdot u_x \\ Y_1 + t \cdot u_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} + \lambda RO \begin{pmatrix} x^- \\ y^- \end{pmatrix} \quad (\text{F6.8})$$

Den efterföljande utjämnigen, såväl vid orientering som kartering, blir av formen villkorsutjämnning med obekanta (Bjerhammar, 1958). De linjäriserade ekvationerna kan skrivas på formen

$$AX + B(L - E) = C$$

och dess lösning blir enligt minsta kvadratmetoden

$$X = (A^T(BB^T)^{-1}A)^{-1}A^T(BB^T)^{-1}(C-BL) \quad (\text{F6.9})$$

### 6.4 Kartering av cirkelbågar

I det grundläggande geometriska sambandet som har använts i detta kapitel (F6.1), har koordinaterna för en markpunkt uttryckts som en funktion av mäta bildkoordinater. Om markpunkten är belägen på en linje, är markkoordinaterna även en funktion av linjeparametrarna. Den räta linjens ekvation kan då substitueras in i kollinearitestvillkoret, formel F6.4.

För andra typer av linjer, t ex cirkelbågar, är funktionssambanden mer komplicerade. Det kan då vara praktiskt att formulera ekvationssystemen på ett något

annorlunda sätt. Detta förfarande kan förenkla programmeringsarbetet betydligt.

Det grundläggande sambandet består här fortfarande av kollinearitetsvillkoret, formel F6.2. Detta villkor utgör observationsekvationer. Dessutom finns s k tilläggs villkor för markkoordinaterna (X,Y,Z), som beskriver geometrin på det karterade objektet. För en sluttande vägkurva kan följande tillägsvillkor formuleras.

$$(X-X_c)^2 + (Y-Y_c)^2 = R^2$$

$$Z = Z_c + R \cdot \alpha \cdot dz$$

där  $X_c, Y_c$  är kurvans centrumpunkt

$R$  är kurvradien

$\alpha$  är punktens bäring, d v s  $\arctan((Y-Y_c)/(X-X_c))$

$dz$  är kurvans lutning

$Z_c$  är en höjdkonstant

Eftersom tilläggs villkoren ej är linjära måste de linjäriseras innan de kan ingå i en utjämning. Ekvationssystemet blir i princip av formen villkors-utjämning med obekanta som har beskrivits tidigare (formel F6.9).

Det genomförda programmeringsarbetet i detta projekt har hittills varit koncentrerat på mätning av punkter och räta linjer, d v s objekt som beskrivs i avsnitten 6.1 - 6.2 i denna rapport. Resultaten från detta arbete är dock så pass lovande att en fortsatt utveckling, motsvarande avsnitten om tvådimensionell kartering och kartering av cirkelbågar, bedöms vara både önskvärd och möjlig.

## 7 NOGGRANNHET VID DIGITAL MONOKARTERING

En karta genomgår under sin "livstid" en mängd olika förändringar. Under dess produktion sker en stereokartering och därefter en renritning, antingen manuellt eller med hjälp av ritmaskin. Därefter vidtar reproduktion, arkivering, underhåll etc. Samtliga dessa moment inverkar mer eller mindre på kartans kvalitet och geometriska noggrannhet. En noggrannhetsundersökning kan således avse kartor av skilda åldrar och med varierande bakgrund. Beroende på syftet med noggrannhetsundersökningen, studeras oftast en begränsad del av kartans livscykel.

Den karteringsmetod som har utvecklats i detta projekt kan användas för såväl nykartering som för underhåll av kartor. Eftersom förutsättningarna för karteringsarbetet är skilda vid dessa bägge moment, blir även den geometriska kvaliteten i produkterna olika. Kvaliteten hos stödpunkter (signalerade stomnätspunkter jämfört med befintlig karta) är exempel på faktorer som påverkar den geometriska noggrannheten i slutresultatet. För att kunna analysera de olika momenten vid digital monokartering, är det lämpligt att i de inledande noggrannhetsundersökningarna försöka begränsa antalet faktorer som påverkar noggrannheten i slutresultatet. Dessa s k partialtester innebär således att endast en begränsad del av kartans livscykel undersöks. Detta kan kanske upplevas som en begränsning, men metoden innehåller dock andra väsentliga fördelar. I en partialtest är antalet parametrar begränsade, vilket underlättar den efterföljande analysen och genereringen av förbättringsåtgärder.

Traditionell stereokartering har varit föremål för ett flertal undersökningar, t ex Pichlik och Roule 1968, R Förstner 1968, Ageby 1977 och Waldhäusl 1980. I dessa undersökningar har det visats att noggrannheten i karterade detaljer beror delvis på bildskalan. Man brukar normalt antaga att noggrannheten i fotogrammetriska mätningar är linjärt beroende av bildskalan. Detta innebär att en halvering av skalfaktorn från t ex 1:10000 till 1:5000 innebär att medelfelet i de fotogrammetriska mätningarna halveras. För bilder med större skala än 1:4000 upphör dock detta linjära samband att gälla. Orsakerna till detta kan vara många, t ex den ökande rörelseoskärpan i bilder med större skala, att effekterna av fel i stödpunkter ökar eller att objekten som karteras är så pass diffusa att en ökad bildskala ej är till någon större nytta (Torlegård, 1983).

Förutom bildskalan är även objekttyp en viktig komponent i noggrannheten vid stereokartering. Waldhäusl, 1980, har undersökt hur noggrannheten varierar med objekttyp, se tabell 7.1. Utgående från medelfelet i signalerade punkter uttrycks här noggrannheten i de övriga objekten som relativa fel.

Det bör understrykas att dessa värden är starkt beroende av bildskalan. De i tabell T7.1 redovisade värdena gäller endast för stereokarterade objekt i bilder i skalor mellan 1:1500 och 1:4000.

Tabell T7.1. Relativ noggrannhet vid stereokartering av olika objekt i bildskalorna 1:1500, 1:2500 och 1:4000. Efter Waldhäusl, 1980.

Objekt	Relativ noggrannhet	
	plan	höjd
Signalerade punkter	1	1
Hushörn och murhörn	5.1	3.3
Stakethörn	5.5	1.9
Lyktstolpar och master	4.3	1.9
Ledningsdetaljer, brunnslock	2.8	1.4

Noggrannheten hos fotogrammetriska kartor över Stockholm har undersökt av Ageby, 1977. Resultatet av denna undersökning var bl a att noggrannheten i plan för takhörn uppskattades till 13 cm medan den för mur-, staket- och trapphörn uppskattades till 16 cm. Bildskalan var 1:3000 samt 1:4000. I analysen av resultaten anger Ageby att medelfelet för icke signalerade punkter uppgår till c:a 4 gånger medelfelet för signalerade punkter. Dessa resultat stämmer väl överens med andra undersökningar, t ex Waldhäusl 1980.

De undersökningar som har refererats i detta kapitel har avsett konventionell grafisk stereokartering. Vid numerisk fotogrammetri och digital kartering kan man förvänta sig en noggrannhetsförbättring. Denna kan i så fall delvis bero på att man eliminerar den mekaniska överföringen från stereomodell till ritbord. Dessutom tillåter den numeriska fotogrammetrin att tilläggsvillkor kan ansättas på objekt, t ex att byggnader skall vara rätvinkliga (Westermarck och Wiberg, 1979).

B Persson har tidigare genomfört två olika undersökningar avseende noggrannheten vid digital monokartering (B Persson, 1982), som kortfattat refereras här.

#### a) Noggrannheten i signalerade punkter.

Här har testfältet i Mårtsbo, strax söder om Gävle fotograferats med en Hasselbladskamera från en höjd av 220 meter. Bilderna hade negativskalan 1:3600 och bilderna förstörades mellan 5 och 7.5 gånger inför digitaliseringen i digitaliseringsbord. Noggrannheten för signalerade punkter blev här 16 mm i plan samt 76 mm i höjd. Detta motsvara c:a 4 resp 21 mikrometer i negativskalan.

## b) Noggrannheten i ej signalerade punkter

I denna undersökning har ett område i Bromma i Stockholm fotograferats med en Hasselbladskamera. Flyghöjden var här 330 meter vilket ger en negativskala på 1:5500. Planstödpunkter digitaliserades ur papperskopia av grundkarta i skalan 1:400 och bilderna förstörades 7 ggr. Nypunkterna bestod av såväl signalerade som ej signalerade VA-detalljer som nedstigningsbrunnar och rännstensbrunnar. Noggrannheten i plan för de signalerade och osignalerade punkterna blev 72 mm resp 138 mm. Detta motsvarar 13 resp 25 mikrometer i negativskalan. En orsak till den försämrade noggrannheten i denna test jämfört med Mårtsbo-testet är troligen kvaliteten på stödpunkterna. En rullad papperskopia av en grundkarta är en ur felteoretisk synpunkt dålig källa för stödpunkter. Men eftersom det är förhållandevis dyrbart att signalera och inmäta stödpunkter är däremot metoden av stort ekonomiskt intresse. Man kan även notera att enligt denna undersökning är den relativa plannoggrannheten för VA-detalljer c:a 2, vilket är jämförbart med värdet 2.8 i Waldhäusl undersökning, tabell T7.1. Materialet är dock alltför begränsat för att kunna bedömma huruvida de relativa noggrannheterna enligt Waldhäusl också kan tillämpas på digital monokartering.

Digital monokartering omfattar flera moment som skiljer sig betydligt från traditionell stereokartering och därför måste studeras speciellt. I ett tidigare kapitel i denna rapport har förstoring av bilder samt mätning av dessa på digitaliseringsbord studerats i detalj. Resultatet av denna undersökning visar att man utan större svårighet kan nå en noggrannhet på 7 mikrometer i negativskala, vilket är i samma storleksordning som de traditionella stereoinstrumenten.

B Persson har genomfört en simuleringsstudie avseende noggrannheten vid bestämning av linjens ekvation enligt avsnitt 6.2 i denna rapport (B Persson, 1985). Denna simuleringsstudie är begränsad till att endast omfatta felfortplantningen, d v s mätfelets inverkan på den räta linjens ekvation. Det antages således här att bl a bildernas yttre orientering är felritt bestämd. Resultatet av simuleringsstudien visar att medelfelet i plan är c:a 2 ggr medelfelet i bildkoordinaterna, för linjer vars vinkel mot epipolarlinjen överstiger 25 gon. Motsvarande medelfel i höjd är c:a 6 ggr medelfelet i bildkoordinaterna. Vid bildskalan 1:4000 samt medelfelet 7 mikrometer i bildkoordinaterna motsvarar detta ett medelfel på 56 mm resp 168 mm. Noggrannheten vid bestämning av linjens ekvation har här räknats till punktnoggrannhet vid linjens ändpunkter.

Med hjälp av dessa studier kan noggrannheten i slutresultaten uppskattas. Antag att digitaliseringsbordets noggrannhet inkl filmdeformation är 7 mikrometer i negativskala. Vid orientering av bilderna

på väl markerade punkter bör medelfelet i bildkoordinatmätning uppgå till 10 - 15 mikrometer i negativskalan. För bilder med bildskalan 1:4000 bör medelfelet i en linjens ändpunkter bli 8 - 12 cm i plan och 24 - 36 cm i höjd.

För att verifiera denna uppskattning av medelfelen och dess fortplantning har ett något större noggrannhetstest genomförts. I denna test har ett testfält fotograferats med en Hasselbladskamera och ett 60 mm Biogon-objektiv (Nyström, 1985). Testfältet ifråga utgjordes av en digital karta som uppritades i skalan 1:150. Vid fotograferingen erhöles en negativskala på c:a 1:4000 jämfört med den kartdatabas som genererade ritningen. Den förväntade noggrannheten i testfältet i plan uppskattades till c:a 15 mm. Noggrannheten i höjd hos testfältet var något sämre, mycket beroende på svårigheterna att få testfältet att vara helt plant under fotograferingen. En bristande planliggning på 0.3 mm skulle då motsvara en noggrannhet i höjd på 45 mm. Mot bakgrund av den förväntade noggrannheten hos de fotogrammetriska mätningarna är dessa värden försumbara.

Resultaten av testet blev följande. Noggrannheten i bildkoordinatmätning vid yttre orientering blev i genomsnitt 13 mikrometer i negativskalan. Som resultat av själva karteringen erhöles en uppsättning linjeparametrar (baspunkt och riktningsvektor) för varje karterad linje. Koordinater för skärningspunkterna mellan de karterade linjerna beräknades sedan. Det kvadratiske medelvärdet mellan dessa skärningspunkter och de givna koordinaterna var 10 cm i plan och 12 cm i höjd. Noggrannheten i plan överensstämde således med det förväntade värdet, medan noggrannheten i höjd var mycket bättre än väntat. Orsakerna till detta är ännu ej utredda.

Det kan vara av intresse att jämföra dessa siffror med de riktlinjer som TFA anger (Statens Lantmäteriverk, 1976). De objekt som karterades i testet utgjordes av distinkta och väl markerade linjer. Ur bildtolknings-synpunkt kan de således jämföras med signaler. Ur TFA framgår det att den i testet erhållna noggrannheten i plan (10 cm) motsvarar kraven för mätclass II / kartskala 1:400. Noggrannheten i höjd (12 cm) motsvarar vidare enligt TFA mätclass III / kartskala 1:400 alternativt mätclass II / kartskala 1:1000.

## 8 EKONOMISK JÄMFÖRELSE MELLAN MÄTMETODER

Vid utvärdering av nya mätmetoder spelar noggrannhetsfrågorna och de ekonomiska frågorna en central roll. Arbetet i detta projekt har i huvudsak varit inriktat mot noggrannhetsfrågor och resultat av dessa grundläggande studier finns redovisade i de tidigare kapitlen i denna rapport. När nu noggrannheten hos digital monokartering har befunnits vara så pass god, är det av stort intresse att även studera de ekonomiska förutsättningarna för metoden. Det är i detta läge ej möjligt att erhålla en detaljerad bild av kostnaderna. Begreppet digital monokartering innehåller nämligen så pass många alternativa tillvägagångssätt som måste prövas och utvärderas var för sig. Dessutom är metoden ej ännu använd i praktisk karteringsverksamhet här i Sverige. Syftet med jämförelsen är istället att försöka bedöma huruvida fotogrammetrisk monokartering har möjlighet att konkurrera med andra metoder för ajourhållning. Resultatet av jämförelsen kommer därför endast att ingå i underlag för bedömning huruvida metoden är värd ett fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete eller ej.

Vid en ekonomisk jämförelse spelar den ekonomiska modellen en central roll. En sådan modell kan bl a beskriva de faktorer som påverkar kostnaderna, hur de påverkar kostnaderna, hur kostnaderna varierar mellan olika organisationer etc. Kostnadsmodeller för fotogrammetrisk verksamhet är för närvarande föremål för forskning inom den europeiska fotogrammetriska forskningsorganisationen OEEPE (Jerie och Holland, 1982). Här har ett antal fotogrammetriska processer som t ex stereokartering brutits ner i delprocesser. De faktorer som påverkar kostnaderna i de olika delprocesserna har även identifierats. Modellerna är ännu ej färdigbearbetade men förhoppningsvis kan de bidra till att klarlägga kostnadsbildningen vid olika fotogrammetriska uppgifter. Det fortsatta arbetet inom OEEPE består bl a av att konstruera sk relationsmatriser som visar hur mycket de olika faktorerna påverkar kostnaderna samt att sammanställa statistik på produktiviteten hos delprocesserna. Det bör tilläggas att Jerie också leder en arbetsgrupp inom ISPRS med liknande inriktning. Det arbete som bedrivs inom OEEPE bör således vara av stort intresse för svensk kartverksamhet. Det finns således all anledning att bevaka detta arbete i fortsättningen. Det har dock ännu inte presenterats några resultat från arbetet som rör ajourhållningsfrågor.

## 8.1 Förutsättningar

Eftersom syftet med denna ekonomiska jämförelse är att ge underlag till en bedömning huruvida digital monokartering även ur ekonomisk synvinkel är värd fortsatt forskning och utveckling, kan en relativt enkel ekonomisk modell användas. De faktorer som kan



tänkas påverka kostnaderna för ajourhållning av primärkartor är

- Punkttäthet för området
  - Storlek på det område som skall ajourhållas
  - Ajourhållningsbehov
  - Bebyggelsetyp
  - Kvalitet hos befintlig primärkarta och övrigt underlag
  - Personalkostnader
  - Instrumentkostnader
  - Metod för ajourhållning
- etc

I det s k Boråsprojektet (Svenska kommunförbundet, 1985) har en jämförande undersökning genomförts. Över ett provområde i Borås har olika metoder för digitalisering av befintlig kartinformation samt för ajourhållning av primärkartan undersökts. Resultaten har i rapporten från undersökningen generaliserats till att gälla hela Borås kommun. Underlag i form av tidsuppgifter och kostnadsuppgifter redovisas också, vilket medför att resultaten även kan användas för kostnadsjämförelser i andra kommuner.

Boråsprojektet utgör således en relativt god grund för ytterligare ekonomiska jämförelser. De metoder som har prövats i Boråsprojektet är fältmätning, ajourhållning med stereo-instrument samt fotogrammetrisk nykartering. Eftersom digital monokartering ej är provad, måste tidsstudier genomföras separat för denna metod. Det bör således påpekas att de ekonomiska data som ingår i denna kostnadsjämförelse är av varierande kvalitet. Originaldata från Boråsprojektet är erhållna ur mätningar i produktionsmiljö medan data för digital monokartering är erhållna ur mätningar på ett system i utvecklingskede.

I Boråsprojektet har olika ajourhållningsmetoder jämförts med avseende på varierande ajourhållningsbehov. Samma jämförelsegrund har använts även i detta projekt. En kritik man kan rikta mot detta förfarande är att jämförelsen ej är generell, d v s endast två variabler har varierats i jämförelsen. En förutsättning för att jämförelsen skall vara meningsfull är då att de undersökta variablerna, i detta fall ajourhållningsmetoder och ajourhållningsbehov, har stor betydelse för den totala kostnaden. En annan förutsättning är att de övriga konstanta variablerna har realistiska värden. Att bägge dessa förutsättningar är uppfyllda, åtminstone vad avser fältmätning, ajourhållning i stereo-instrument samt nykartering, framgår av rapporten från Boråsprojektet (Svenska kommunförbundet, 1985). Vad gäller digital monokartering med användning av Hasselbladsbilder kan invändningen göras att området verkar vara väl stort för flygfotografering med mellanformatskamera. Trots detta bedöms undersökningen uppfylla sitt syfte, nämligen att ge underlag för en bedömning om fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete.

De förutsättningar som förelåg vid den jämförande undersökningen i Boråsprojektet var följande.

- 1.) Punkttäthet: c:a 240 punkter/hektar.
- 2.) Områdets storlek: 38.4 hektar d v s sex kartblad i skala 1:400.
- 3.) Ajourhållningsbehovet: 68 % av det totala antalet punkter.
- 4.) Bebyggelse: Villaområde (4 blad), hyreshus (2 blad).
- 5.) Befintlig primärkarta: koncept från början av 70-talet.
- 6.) Timkostnader för instrument inkl operatör enligt följande

Inventering	80 kr
Digitalisering	165 kr
Fältmätning	260 kr
Editering	200 kr
Uppritning	480 kr
Fotogram. bearb	300 kr

Timkostnaderna omfattar således kostnader för såväl operatör som instrument. Samtliga moment, med undantag för den fotogrammetriska bearbetningen, antages bli utförda av kommunens egen personal. Dessa kostnader utgör således ett självkostnadspris utan pålägg för externdebitering. Detta påverkar givetvis den fortsatta ekonomiska jämförelsen högst väsentligt. Man kan dock antaga att detta förhållande är vanligt bland Sveriges kommuner. Vid en eventuell jämförelse av ovanstående kostnader med motsvarande kostnader hos andra organisationer bör således ovanstående förutsättningar beaktas.

## 8.2 Kostnader för olika mätmetoder

I följande avsnitt följer en redogörelse för kostnadsberäkningarna samt uppgifter om hur kostnaderna har uppskattats. Vissa kostnader är beroende av ajourhållningsbehovet. De har i sammanställningen uttryckts som en konstant kostnad. De kostnader som är beroende av ajourhållningsbehovet har å andra sidan uttryckts i kronor per ajourhållningsbehov i procent.

### 8.2.1 Fältmätning

Inventering av förändringar i fält	1034 kr
Fältmätning	1025.40 kr/ajourh-%
Editering	52.76 kr/ajourh-%
Uppritning	2918 kr

Total kostnad: 3952 kr + 1078.16 kr/ajourh-%

Samtliga kostnadsuppgifter är från Boråsprojektet.

## 8.2.2 Digital fotogrammetrisk stereokartering.

## Alt S1. Stödpunkter ur blocktriangulering

Fotografering, triangulering etc	6984 kr
Inventering av förändringar	486 kr
Förberedelser vid stereoinstr.	7845 kr
Kartering	332.87 kr/ajourh-%
Editering	79.40 kr/ajourh-%
Uppritning	2918 kr

Total kostnad: 18233 kr + 412.27 kr/ajourh-%

Samtliga kostnadsuppgifter är från Boråsprojektet.

## Alt S2. Stödpunkter från befintlig kartdatabank

Fotografering	5400 kr
Inventering av förändringar	486 kr
Förberedelser vid stereoinstrument	8150 kr
Kartering	332.87 kr/ajourh-%
Editering	79.40 kr/ajourh-%
Uppritning	2918 kr

Total kostnad: 16954 kr + 412.27 kr/ajourh-%

Skillnaden mellan alternativen S1 och S2 består i sättet att anskaffa stödpunkter för orientering av stereomodellen. En triangulering är en ur felteoretisk synpunkt väl beprövad metod, men den medför i detta fall en liten merkostnad. Orientering på befintlig karta görs ibland vid fotogrammetrisk ajourhållning, men dess felteoretiska aspekter är ej väl utredda. Metoden kan dock ej användas vid väldigt höga ajourhållningsbehov, eftersom det då ej finns så många detaljer kvar för orientering av modellen. Det bör också tilläggas att långt ifrån samtliga objekt på en primärkarta är lämpliga att använda som stöd vid orientering. Vid kostnadsberäkningen för alternativ S2 har trianguleringskostnaderna utgått och ersatts med en något högre kostnad för orientering av stereomodellerna. Kostnaden för flygfotografering har hämtats ur offert från LMV.

## Alt S3: Fotogrammetrisk nykartering

I Boråsprojektet har priset för fotogrammetrisk nykartering uppskattats till 48 692 kr.

## 8.2.3 Digital monokartering

Alt M1: Stödpunkter erhållna genom blocktriangulering

Fotografering, triangulering etc	50 500 kr
Inventering av förändringar	7 800 kr
Förstoring av bilder	7 200 kr
Förberedelser, inkl orientering	495 kr
Kartering	109 kr/ajourh-%
Editering	53 kr/ajourh-%
Uppritning	2 918 kr

Summa kostnader: 68 913 kr + 162 kr/ajourh-%

Kostnaderna har beräknats på följande sätt. För att täcka området med acceptabel övertäckning erfordras 90 st Hasselbladsbilder. Fotograferingskostnaderna för dessa är enligt offert från LMV 8500 kr och trianguleringen beräknas kosta 42000 kr. Vid inventering av förändringar används utsnitt ur nyritade kartor, till en kostnad av 6000 kr för uppritningen och 1800 kr för inventeringen. På grund av inventeringsarbetet i de tidigare skedena och på grund av blocktrianguleringen beräknas förberedelser och orienteringsarbete bli mycket enkla och beräknas till 495 kr, d v s 2 min. per bild. Kostnaderna för kartering är uppskattade dels ur erfarenhet från digitalisering av befintliga kartor dels ur egna tidsstudier vid digital monokartering. Editeringskostnaden är hämtad från de editeringskostnader som erhöles i Boråsprojektet för manuell digitalisering.

Alt M2: Stöd från befintlig databank

Fotografering	8 500 kr
Inventering av förändringar	7 800 kr
Förstoring av bilder	7 200 kr
Förberedelser, inkl orientering	1 500 kr
Kartering	109 kr/ajourh-%
Editering	53 kr/ajourh-%
Uppritning	2 918 kr

Total kostnad: 27 918 kr + 162 kr/ajourh-%

Kostnaderna är identiska med alternativ M1, med undantag för att trianguleringskostnaderna har utgått och ersatts av högre kostnad vid orientering av bilderna.

Man kan konstatera att för så pass stora mätuppdrag som i detta fall (90 st bilder), så är det kostsamt att göra en triangulering för att erhålla stödpunkter. Följdaktligen kan mycket vinnas på att orientera mot befintlig kartdatabank. Det bör betonas att samtliga siffror avseende digital monokartering är behäftade med stor osäkerhet. För att erhålla större säkerhet i kostnaderna bör metoden provas i praktisk produktion. Men innan detta kan ske måste metoden först färdigutvecklas.

Resultaten av beräkningarna kan sammanfattas i figur 8.1. Här framgår att fältmätning är lönsam fram till ett ajourhållningsbehov om c:a 20 %. Därefter blir de fotogrammetriska metoderna mer lönsamma. I intervallet över 40 % ligger digital monokartering enligt metod M2 på en lägre kostnadsnivå än stereokarteringen. Man kan observera att de konstanta kostnaderna är relativt höga för monokarteringen, mycket beroende på den stora areal som provområdet omfattar. Karteringskostnaderna per punkt bedöms däremot vara lägre än traditionell stereokartering. Detta beror dels på billigare utrustning, dels på att självkostnadstaxa har använts för denna utrustning och dels på att en viss tidsbesparing väntas ske. En cursor på ett digitaliseringsbord är mycket snabbare att förflytta än ett mätmarke i ett stereoinstrument.

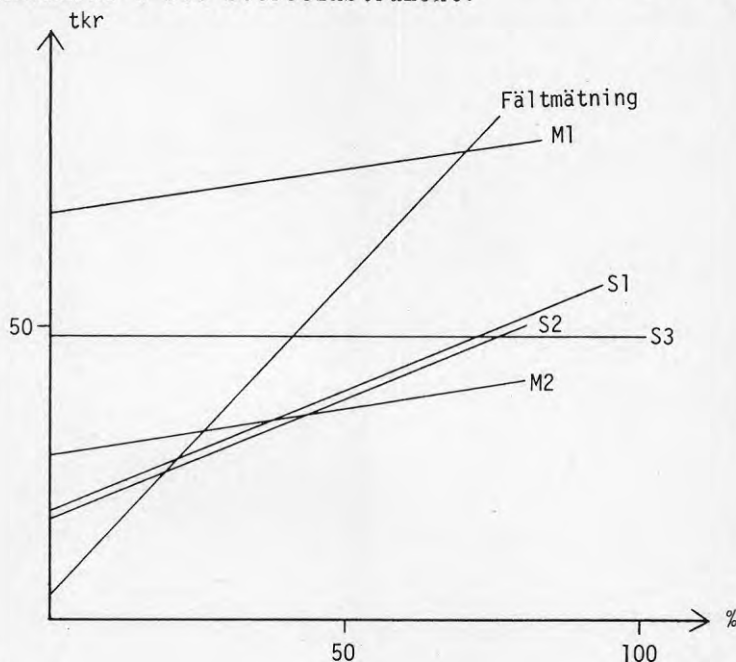


Fig 8.1 Ajourhållningskostnader för olika mätmetoder.

Man kan också notera att digital monokartering har mycket höga fasta kostnader. En stor del av dessa består av kostnader för blocktriangulering (M1) och för kostnader för förstoring av bilder och bildinventering. Dessa kostnader är direkt proportionerliga mot antalet bilder  $d$   $v$   $s$  områdets storlek. För mindre områden kommer således de fasta kostnaderna för digital monokartering att sjunka. Man kan också förvänta sig att de sjunker snabbare än motsvarande fasta kostnader för de övriga metoderna. Troligen är digital monokartering ännu mer attraktiv vid kartering av mindre arealer än de 38.4 hektar som denna jämförelse har grundats på. Denna frågeställning har dock ej ännu utretts i detalj.

Man bör dock beakta att kostnaderna för digital monokartering är väldigt osäkra och jag vill eftertryckligen varna för att okritiskt använda dessa kostnadsuppgifter i andra kostnadskalkyler. Digital monokartering är en relativt oprövad metod. Erfarenheterna har erhållits på ett testsystem och ej på ett system i produktion. Trots detta kan man dra följande viktiga slutsats:

- Digital monokartering har uppenbarligen en möjlighet att effektivisera ajourhållningsverksamheten och därmed sänka dess kostnader. Detta gäller under förutsättning att stödpunkter kan inhämtas från befintliga databanker. Det finns således all anledning att fortsätta att utveckla metoden samt att så småningom genomföra tester i produktionsmiljö för att få bättre kostnadsuppskattningar och därmed möjlighet till bättre beslut rörande optimal metod för ajourhållning av kartor.

## 9 DISKUSSION

Införandet av en ny mätteknik i en mättningsorganisation är ej problemfri. Det är därför av stor vikt att den digitala monokarteringens för- och nackdelar analyseras noggrant. Eftersom metoden ännu ej är fullt utvecklad utan snarare befinner sig i sin linda, måste en sådan analys därför bli mycket preliminär. Allt eftersom tekniken vidareutvecklas och omvärldens krav förändras, måste tidigare analyser och bedömningar omvärderas. Trots detta är det mycket viktigt att redan nu försöka bedöma den digitala monokarteringens för- och nackdelar samt att diskutera dess roll i en framtida kartverksamhet.

### 9.1 Tekniska begränsningar

Det finns två viktiga begränsningar med digital monokartering som man i dagens läge kan förutse. Det gäller dels den begränsade noggrannhet som metoden har jämfört med fältmätning och dels de begränsade möjligheterna till bildtolkning som monoseendet erbjuder.

Fotogrammetrisk mätning har i allmänhet sämre noggrannhet än fältmätning. Detta gäller också för digital monokartering. Det har i denna rapport visats att man kan förvänta sig att digital monokartering ger ungefär samma noggrannhet som stereokartering. Eftersom en stor del av dagens kartproduktion sker med fotogrammetriska metoder kan man antaga att digital monokartering uppfyller de flesta kraven på geometrisk noggrannhet.

En annan begränsning med digital monokartering är att betraktning endast sker i mono. Det är allmänt bekant att stereobetraktning ger mycket bättre möjligheter att tolka bilderna, d v s att känna igen objekt. Behovet av hög noggrannhet i bildtolkningen är beroende av informationens användning. Bildtolkningsproblemen är sålunda starkt relaterade till karteringens ändamål. Det har ej i detta projekt genomförts några undersökningar angående effekterna av den minskade bildtolkningsförmåga som monobetraktningen innebär. Detta ämnesområde har lämnats till fortsatta studier.

### 9.2 Alternativa tillvägagångssätt

En digital monokartering kan naturligtvis genomföras på många olika sätt. Man kan variera metoderna för stödpunktsanskaffning, flygfarkoster, kameror, beräkningsalgoritmer etc. Metoder för anskaffning av stödpunkter samt olika flygfarkoster har diskuterats tidigare i denna rapport och skall därför ej upprepas här.

Rapporten har till största delen varit inriktad mot bearbetning av bilder tagna med mellanformatskamera, t ex Hasselblad MK 70. En bearbetning i mono av storformatsbilder är naturligtvis också fullt möjligt. Dessa bilder är dock endast försedda med fyra eller åtta rammärken, vilket är otillräckligt för att korrigera för den deformation som uppkommer vid förstoringen. En sådan korrektion kan däremot genomföras genom att samkopiera flygbilden och ett rutnät vid själva förstöringsprocessen. Det stora bildformatet innebär dock ytterligare ett problem. Vid tio gångers förstoring erhålles då papperskopior med formatet  $2.3 \times 2.3$  meter, vilket är alldeles för stort för bearbetning på ett normalt digitaliseringsbord. I sådant fall kan endast delförstorningar användas, vilket i sin tur kan försvåra karteringen. Fördelarna med att använda storformatsbilder är annars att kostnader för exempelvis blocktriangulering minskar betydligt. Det krävs färre bilder för att täcka området. Man kan också i detta sammanhang tänka sig att genomföra blocktrianguleringen i storformatsbilder och själva karteringen i mellanformatsbilder. Med detta förfarande kan man således minska trianguleringskostnaderna samtidigt som man undviker eventuella problem med förstörade storformatsbilder.

Även beräkningsmetoderna kan varieras. Den metod som har använts i detta arbete, har inneburit att beräkningarna har delats upp i en inre orientering, en yttre orientering och en kartering. Det är naturligtvis möjligt att sätta samman alla dessa beräkningssteg till en enda stor utjämning, liknande modern blocktriangulering. Dessutom kan alternativa algoritmer användas. Det finns ett stort antal metoder för lösning av utjämningsproblem enligt minsta kvadratmetoden. Beroende på den speciella strukturen på ekvationssystemen vid monokartering, finns här stora möjligheter till förenklingar av beräkningsprocessen.

Noggrannheten i en bildkoordinatmätning beror till stor del på noggrannheten i digitaliseringsbordet, förstöringsfaktorn hos de förstörade flygbilderna och storleken hos de kvarvarande systematiska felen efter korrektion. Effekten av en bristande upplösning i digitaliseringsbordet kan uppvägas av ökad förstöringsgrad på bilderna. För att däremot minska effekterna av de systematiska felen i bilderna fordras bättre modeller för hur denna systematik ser ut eller att tätare rutnät används för korrektion. Andra metoder för korrektion av bilddeformationer kan således vara av intresse.

### 9.3 Utrustning och införande

Den utrustning som har använts i detta projekt består av ett Bendix digitaliseringsbord samt en vanlig persondator (IBM PC-XT). Detta system är dock inte ett komplett kartsystem utan det skall snarare ses som en arbetsstation i ett större system. Metoden som sådan är naturligtvis ej knuten till ovan nämnda fabrikat, utan i princip kan valfritt digitaliseringsbord och



valfri dator användas. Det är dock önskvärt att digitaliseringsbordet håller så hög geometrisk noggrannhet som möjligt. Programvaran, som har namnet CYKLOP, är skriven i programmeringsspråket PASCAL. Programmen arbetar under operativsystemet MS-DOS, vilket har blivit en de-facto standard bland dagens persondatorer. Det innebär således att programvaran är förhållandevis portabel mellan persondatorer som använder MS-DOS. Programmen är dock ännu ej i sådant skick att de kan användas i produktionsmiljö, men avsikten är att även framställa sådana versioner.

Den utrustning för digital monokartering som här beskrivs är relativt billig. Många mättningsorganisationer är förhållandevis små vilket innebär att de ekonomiska marginalerna för nyinvesteringar är mycket begränsade. Det finns naturligtvis en teknisk möjlighet att genomföra motsvarande karteringar med hjälp av mini- och stordatorer.

Vid införandet av denna teknik krävs inte bara ny utrustning utan såväl utbildning av personalen som omorganisation av verksamheten kan bli aktuell. De flesta kommunala mättningsorganisationer saknar någon större erfarenhet av fotogrammetrisk kartering i allmänhet och således även digital monokartering. En utbildning av personalen är således i dessa fall ett absolut krav. Vilka personalkategorier som är mest lämpade att genomföra denna kartering (mätningstekniker eller karttekniker) är en fråga som ej kan besvaras inom ramen för detta projekt.

Den digitala monokarteringen kan naturligtvis ej lösa samtliga problem vid ajourhållning av storskaliga kartor. Eftersom metoden som sådan är en teknisk mätmetod har denna rapport till största delen endast behandlat de tekniska aspekterna. Man kan dock ej bortse ifrån att det finns andra problem av helt annan natur. Utbildningsfrågorna har tidigare berörts och andra frågor som är av stor betydelse i sammanhanget är förknippade med kartinnehåll och kartnytt. Vad skall kartorna innehålla, vilken kvalitet skall de ha (geometrisk noggrannhet, aktualitet etc), hur används informationen o s v. Dessa frågor kräver ett nära samarbete mellan olika intressenter i kommunerna. Det kan i detta sammanhang noteras att lantmäteriet har inlett en översyn av TFA, som delvis behandlar dessa frågor. Vidare pågår ett samnordiskt forskningsarbete inom ISOK-projektet, vars uppgift är att genomföra en kostnads- och nyttoanalys av digitala kartor (Svenska Kommunförbundet, 1985a).

I dagens informationssamhälle finns en trend mot ökad användning av datorer och informationssystem. Denna rapport har genomgående använt begreppet kartor som lagringsmedium av geografisk information. Projektets resultat är dock ej hårt knutet till detta lagringsmedium utan resultaten är naturligtvis fullt tillämpbara även om kartinformationen lagras i datorer.

#### 9.4 Behov av ytterligare forskning och utveckling

Digital monokartering förväntas ge en noggrannhet som ungefär motsvarar traditionell stereokartering. Metoden förefaller även kunna innebära ekonomiska fördelar. Det finns således all anledning till att fortsätta forskningsarbetet och att vidareutveckla metoden. Det eventuella fortsatta arbetet kan indelas i teoretiska studier samt mer praktiskt inriktat utvecklingsarbete.

Det teoretiska arbetet bör omfatta delstudier och frågeställningar som exempelvis

- Metoder för orientering av bilder på befintlig karta eller kartdatabank.
- Metoder för detektering av grova fel i mätningar.
- Förfinade metoder för korrektion av systematiska fel.
- Förbättrade algoritmer för utjämningsberäkningar.
- Tilläggsvillkor för vissa typer av objekt, t ex hus (rätvinkliga), kurvor (cirkelbågar) etc.
- Noggrannhet i bildtolkning vid monobetraktning.

Det praktiskt inriktade utvecklingsarbetet kan bedrivas på flera sätt. Det kan vara av stort värde att bedriva det i nära samarbete med potentiella användare. Utvecklingsarbetet innefattar nämligen ofta att arbetsmetoder och program anpassas till en produktionsmiljö. Det omfattar förutom programutveckling även utveckling av manuella rutiner. Ett nära samarbete mellan KTH och en potentiell användare av karteringsmetoden förefaller vara en bra metod för att erhålla ett effektivt utvecklingsarbete.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att digital monokartering förefaller kunna lösa vissa problem behäftade med ajourhållning av storskaliga kartor. Metoden fordrar ytterligare undersökningar rörande framför allt orientering av bilder på befintlig kartinformation samt noggrannhet i bildtolkning. Det är dessutom önskvärt att de ekonomiska aspekterna på verksamheten utreds närmare. Digital monokartering bedöms således vara av så pass stort intresse att en vidareutveckling bör komma till stånd. Det är min förhoppning att de resultat som har presenterats i denna rapport kritiskt granskas och att de väcker ideer och kanske även eftertanke. Förhoppningsvis kan den digitala monokarteringen komma att innebära ett stort steg mot en effektivare ajourhållning av storskaliga kartor.

## LITTERATUR

- Ageby B, 1977. Kontroll av noggrannheten i fotogrammetriska kartor över Stockholm. Svensk Lantmäteritidskrift, 1977:2.
- Airosmaa U, 1983. Datorbaserad ledningskartläggning i Helsingfors stad. Svensk Lantmäteritidskrift, 1983:2.
- American Society of Photogrammetry, 1980. Manual of Photogrammetry, Fourth Edition. Falls Church, Virginia, USA.
- Arninger K-G, 1981. MBK-arbetet i kommunerna. Svensk Lantmäteritidskrift, 1981:4.
- Besenicar J, 1978. Digital Map Revision. International Archives of Photogrammetry, Vol XXII-4, Ottawa.
- Bjerhammar A, 1958. Felteori. KTH, Stockholm.
- Borås kommun, 1980. Kommunalt kartprogram, del 1. Stadsbyggnadskontoret i Borås kommun.
- Bostadsdepartementet, 1982. Den lokala lantmäteriorganisationen. Ds Bo 1982:1.
- Ducher G, 1982. Some Aspects of Medium and Small Scale Map Revision at L'Institut Geographique National (IGN). Photogrammetric Record, 10(60), pp 669-680.
- Ekgren A, 1982. ADB-stöd inom stadsmätning - i Västerås kommuns perspektiv. Svensk Lantmäteritidskrift, 1982:2.
- Ekström B, 1981. Stockholms MBK-projekt. Svensk Lantmäteritidskrift, 1981:4.
- Ekström B, 1984. Kommunalteknisk FoU. Stadsbyggnad, nr 6, 1984.
- Forrest R B, Hattaway D P, 1968. LR-1 Portable Line-Drawing Rectifier. International Archives of Photogrammetry, Vol XVII, Part 6, Lausanne.
- Förstner R, 1968. Brief Report on the Results of the Reichenbach Test of Commission C of the OEEPE. International Archives of Photogrammetry, Vol XVII, Part 9, Lausanne.
- Gunnerhed M, 1976. Fältförsök med mini-RPV Skatan. Rapport nr C 30057-E1, FOA 3, Linköping.
- Gävle Kommun, 1980. Förslag till MBK-program för Gävle kommun. Stadsingenjörskontoret, Gävle.
- Hallert B, 1964. Fotogrammetri, P.A Norstedt & Söner, Stockholm.

Hardy R L, 1977. Least Squares Prediction. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 43, No 4, pp 475 - 492.

Heckes J, Kotowski R, Mauelshagen L, 1984. Ballon-Photogrammetrie über dem Grabungsfeld von Mohenjodaro/Pakistan. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol XXV, Part A5, Rio de Janeiro, pp 402 - 410.

Hellman B, Källström B, Oldenmark T, Persson CG, Virking J, 1985. Vägghmarkerade Stomnät - sammanställning av erfarenheter. Tekniska skrifter, LMV-rapport 1985:6, Statens Lantmäteriverk, Gävle.

ITC Journal, 1983. News/Notices, pp 184- 185, 1983-2.

Jerie H.G, Holland, E.W, 1982. Cost Models for Photogrammetric Processes OEEPE Research Task: Progress Report. Proceedings ISPRS Commission IV Symposium 1982, Crystal City, Virginia, USA.

Kilpeläinen T, 1985. Geometrisk korrektion av förstörade flygbilder (preliminär titel). Institutionen för fotogrammetri, KTH. Under bearbetning.

Kommunförbundet och Statens Lantmäteriverk, 1975. Mätning och Kartläggning. Kommunförbundet, Stockholm.

Kraus K, 1972. Film Deformation Correction with Least Squares Interpolation. Photogrammetric Engineering, Vol 38, No 5, pp 487 - 493.

Kraus K, Störi P, 1984. Map Revision with Stereorthophotos. International Archives of Photogrammetry, Vol XXV, Part A4, pp 230-237.

Kvarnström L, 1982. Stommätning som vis sekelskiftet. Svensk Lantmäteritidskrift, 1982:2.

Kölbl O, 1984. Interactive Digital Stereoplotting. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol XXV, Part A4, pp 223-229.

Leonard J.P, 1982. Revision of Ordnance Survey 1:2500 Scale Maps. Photogrammetric Record, 10 (60), pp 681-685.

Loven H, Ruud L, 1981. MBK i kommunerna. Svensk Lantmäteritidskrift, 1981:4.

Makarovic B, 1973. Digital Mono Plotters. ITC Journal 1973-4, pp 583-599.

Makarovic B, 1982. Data Base Updating by Digital Mono-plotting. ITC Journal, 1982-4, pp 384-389.

Malmö kommun, 1984. MBK-program för Malmö kommun.

Masry S.E, McLaren R.A, 1978. Digital Map Revision. International Archives of Photogrammetry, Vol XXII-4, Ottawa.

Nyström U, 1985. (Titel ännu ej bestämd). Institutionen för fotogrammetri, KTH, under bearbetning.

Park S K, Schowengerdt R A, 1982. Image Reconstruction by Parametric Cubic Convolution. Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol 23, No 3, pp 258 - 272.

Persson B, 1982. FOTO-DIG, Fotogrammetrisk detaljmätning med digitaliseringsbord i komparatorfunktion. Examensarbete, Institutionen för fotogrammetri, KTH, Stockholm

Persson B, 1985. Linjefotogrammetri (preliminär titel). Institutionen för fotogrammetri, KTH, Stockholm. Under bearbetning.

Persson C-G, Popoff T, 1983. Datorstödd kartframställning i Stockholms kommun - Redovisning av ett produktionsförsök. Svensk Lantmäteriidskrift, 1983:2.

Pichlik V, Roule M, 1968. Planimetric Accuracy of Plotting in Built-Up Areas. International Archives of Photogrammetry, Vol XVII, Part 9, Lausanne.

Ransgård A, 1982. Kartframställning i Göteborg. Svensk Lantmäteriidskrift, 1982:5.

Rastatter J.A, 1975. Map Revision Using Digital Techniques. Proceedings of the ASP 41st annual meeting, March 9-14, 1975, Washington D.C.

Simonsson G, 1981. Storskalig halvautomatisk fotogrammetrisk kartering (SHAFK). Rapport R86:1981, Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Sollefteå kommun, 1981. Förslag till kartprogram.

Spieß E, 1980. Revision of Topographic Maps - Results of the Fribourg Test by Commission D of the OEEPE. International Archives of Photogrammetry, Vol XXIII, Part B4, pp 655-669.

Statens lantmäteriverk, 1976. TFA - Tekniska förklaringar och anvisningar. Lantmäteriverket, meddelande 1976:1

Stokes K.J, 1978. Medium Scale Map Revision Methods. Internationa Archives of Photogrammetry, Vol XXII-4, Ottawa.

Stor-Stockholms Kartgrupp, 1978. Kartkostnader. Stockholms stadsbyggnadskontor.

Svalövs kommun, 1983. Kommunalt kartprogram för Svalöv.

Svenska Kommunförbundet 1983a. Kommunal kartprogram, Finspång. Kommunsamköp, Älvsjö.

Svenska kommunförbundet 1983b. Mariestads kommun - MBK-frågor av organisatorisk och ekonomisk art.

Svenska Kommunförbundet 1983c. Digitalisering - Rapport om digitalisering av befintliga kartor. Kommunsamköp, Älvsjö.

Svenska Kommunförbundet, 1984. Kostnads- nyttoeffekter av MBK - en förstudie. Kommunsamköp, Älvsjö.

Svenska Kommunförbundet 1985a. ISOK-verksamheten - Lägesrapport februari 1985. Kommunförbundet ISOK.

Svenska Kommunförbundet 1985b. Kommunalt kartprogram för Borås - Delstudie 3. Kommunsamköp, Älvsjö.

Talts J, Torlegård K, 1972. Accuracy of Pracrical Block Triangulation. Svensk Lantmäteritidskrift, 1972:2.

Torlegård K, 1978. Fotogrammetrisk triangulering. Institutionen för fotogrammetri, KTH, Stockholm.

Torlegård K, 1983. The Question of Accuracy in the Transition from Analogue to Analytic Photogrammetry. Fotogrammetriska Meddelanden, Report No 2:47, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Waldhäusl P, 1980. Ergebnisse des Versuches Wien der OEEPE/C. International Archives of Photogrammetry, Vol XXIII, Part B4, pp 747-757.

Walker A.S, 1984. A Review of Map Revision by Photogrammetry. Photogrammetric Record, 11 (64), pp 395-405.

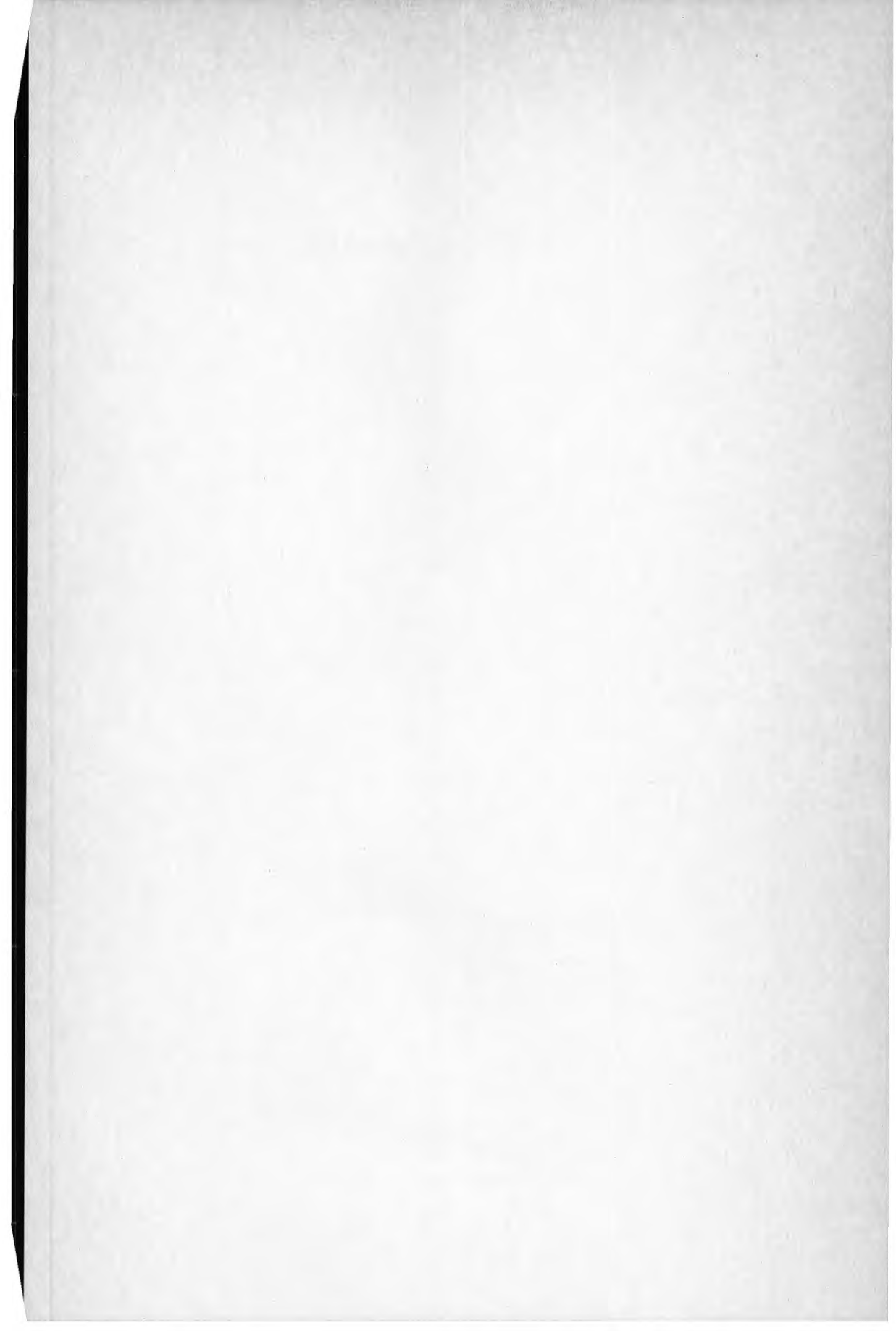
Verständig M, 1982. Följdprodukter från höjddatabanken. Svensk Lantmäteritidskrift, 1982:2.

Westermarck E, Wiberg B, 1979. Digital Kartering - Basrutiner för byggnadsverk. Examensarbete, Institutionen för fotogrammetri, KTH, Stockholm.

Östman A, 1984a. Ajourhållning av primär- och ledningskartor. Institutionen för fotogrammetri, KTH.

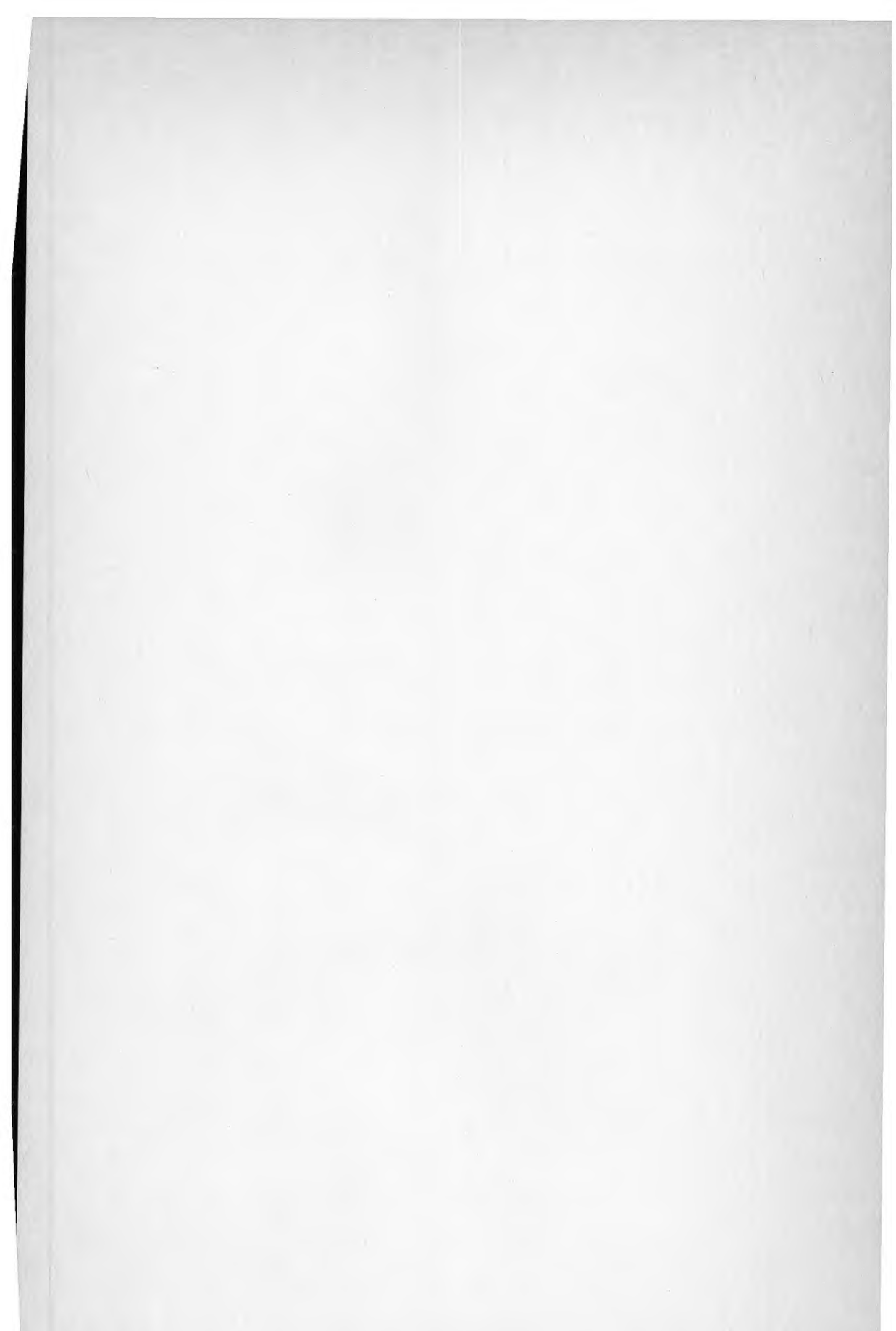
Östman A, 1984b. Hur ajourhåller kommunerna sina primärkartor? Svensk Lantmäteritidskrift, 1984:5.

Östman A, 1985. The Maintenance of Local Geographic Information Systems in the Swedish Municipalities. Proceedings from the First Scandinavian Conference on Geographical Information Systems, Linköping, Sweden, June 13-14, 1985.











Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830247-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för fotogrammetri, KTH, Stockholm.

R146: 1985

ISBN 91-540-4489-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705146

Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 30 kr exkl moms