

HANDBOK



De delar som är aktuella i denna HMK-skrift finns med i de nya handledningarna –

HMK-Geodesi: GNSS-baserad detaljmätning 2015 samt

HMK-Geodesi: Terrester detaljmätning 2015.

Observera även aktualitetsbeskrivningen i början av dokumentet.

Geodesi, Detaljmätning

Grafisk utformning, Muriel Bjureberg, LMV
Bilder Björn Jonsson och Muriel Bjureberg, LMV
Layout omslag, Mona Olsson och Muriel Bjureberg, LMV

Copyright©

Lantmäteriverket, Gävle 1996

Medgivande behövs för varje form av mångfaldigande.

Tryckning

Trycksam AB, Gävle 1996

Första upplagan, andra tryckningen, totalt 5000 exemplar.

Distribution och försäljning, Lantmäteriverket, Gävle
Telefon 026-63 30 00.

ISBN 91-7774-041-6

FÖRORD

Allmänt

Bakgrund

Tekniska förklaringar och anvisningar (TFA)¹ till Mätning-
kungörelsen (MK)² kom ut i mitten av 1970-talet.

Teknikutvecklingen har sedan dess gått mycket snabbt och
nya teknik- och tillämpningsområden har tillkommit. Detta
innebär att TFA till stora delar blivit föråldrad.

Lantmäteriverket har utarbetat en ersättning till TFA i form av
en dokumentserie i mät- och kartfrågor. Mätning-
kungörelsen utgör den författningsmässiga grunden för dokumentserien.

Syfte

I dokumentserien beskrivs den fackmannamässiga hanteringen
av mätning- och karttekniska frågor samt därmed samman-
hängande ADB-frågor. Dokumentserien innehåller teknik-
beskrivningar samt råd och rekommendationer beträffande pla-
nering och genomförande med mål att tillgodose nyttjarnas
funktionella och kvalitetsmässiga behov.

Tanken är att dokumenten också skall kunna ligga till grund
för organisations- och myndighetsspecifika regelverk samt för
upphandling av tjänster och produkter inom de ämnesområden
som behandlas i dokumentserien.

Dokumentseriens utformning

Dokumentserien behandlar teknikområdena geodesi, fotogram-
metri, digitalisering, databaser, kartografi och juridik.

Dokumentens benämning är "Handbok till Mätning-
kungörelsen" (HMK).

Varje teknikområde behandlas i en eller flera skrifter med
namnen HMK-Geodesi, HMK-Fotogrammetri osv.

Bransch- och sektorsinriktade dokument avses ta upp bransch-
specifika produktdefinitioner och produktkrav samt återopa
tillämpliga råd och rekommendationer i de olika teknikdoku-

¹ TFA = LMVs meddelande 1976:1

² MK = SFS 1974:339 med ändringar

menten. Bransch- och sektorsdokument utarbetas av företrädare för den sektor informationen riktar sig till. Dokumenten benämns "Handbok för bygg/anläggning" etc.

Lantmäteriverket är huvudman för handböckerna till Mätningenskungörelsen och för vissa bransch- och produktinriktade dokument.

Handböckerna till Mätningenskungörelsen har följande benämningar (dokumentens beteckning anges inom parentes):

HMK–Geodesi, Stommätning (HMK–Ge:S)

HMK–Geodesi, Detaljmätning (HMK–Ge:D)

HMK–Geodesi, Markering (HMK–Ge:M)

HMK–Geodesi, GPS (HMK–Ge:GPS)

HMK–Fotogrammetri (HMK–Fo)

HMK–Digitalisering (HMK–Di)

HMK–Databaser (HMK–Da)

HMK–Kartografi (HMK–Ka)

HMK–Juridik (HMK–Ju)

Status

I dokumentens text har

- föreskrift med direkt stöd i författning
- rekommendationer för detaljutförandet av enskilda moment markerats i avvikande manér.

Författning är den samlande benämningen på lagar, förordningar och andra föreskrifter, t.ex. myndighetsföreskrifter. Sådana är naturligtvis bindande.

Rekommendationer för detaljutförandet är inte bindande utan anger endast lämpliga förfaringsätt för att uppfylla ställda krav och användarnas behov.

Vid utformning av rekommendationerna har termen "bör" använts. Formulering med "skall", eller liknande förstärkningar, tillämpas endast i samband med föreskrifter och vid återgivande av faktiska förhållanden (tekniska eller andra) i råd och rekommendationer.

Dokumentens ursprungliga status kan förstärkas i de fall de utnyttjas för utarbetande av interna regelverk och vid hänvisning i upphandlingsavtal.

Hänvisning

Vid hänvisning till uppgift, föreskrift eller rekommendation i HMK används avsnittsnummer eller klartextåtergivning. Högre rubriknivåer innefattar lägre nivåer under samma avsnitt, men ej omvänt. Endast avsteg från denna huvudprincip behöver anges.

Fullständiga avsnittshänvisningar till huvudtext eller bilaga görs enligt följande exempel:

HMK–Da.4	(HMK–Da, avsnitt 4)
HMK–Ge:S.5.2.1	(HMK–Ge:S, underavsnitt 5.2.1)
HMK–Ge:D.A.3	(HMK–Ge:D, bilaga A, underavsnitt 3)
HMK–Fo.B	(HMK–Fo, bilaga B)

HMK–Geodesi, Detaljmätning

Innehåll

Detta dokument behandlar geodetisk detaljmätning i plan och höjd. Däri innefattas såväl inmätning som utsättning. Anslutning till stornät och noggrannhetsfrågor tas upp. Olika tillämpningar samt metoder för mätning och beräkning beskrivs, liksom kontroll och dokumentation av mätningar.

Dokumentstruktur

Efter en introduktion följer dokumentets huvudtext där även samtliga rekommendationer redovisas, i vissa fall genom hänvisning till toleranser m.m. i bilagor. Andra bilagor innehåller formler, exempel och dylikt.

Avgränsning mot andra HMK-dokument

Dokumentet har beröringspunkter med samtliga övriga geodesi-dokument samt med vissa andra HMK-dokument.

All detaljmätning utgår från stompunkter. Hur stornät planeras, mäts och beräknas beskrivs i HMK–Ge:S. Fri station, som kan betraktas som en tillfällig stornätsförtätning i samband med detaljmätningen, beskrivs både i stommätningens dokumentet

och i detta dokument. Även kontroll och justering av instrument finns beskrivet i båda dokumenten.

Detaljmätning med GPS-teknik omnämns endast kortfattat i detta dokument. En utförligare beskrivning av GPS-tekniken ges i HMK-Ge:GPS.

Markeringsfrågor berörs också mycket kortfattat, men finns utförligt behandlade i HMK-Ge:M.

Juridiska aspekter på markering, tillträde till mark, arkiveringsregler m.m. behandlas i HMK-Ju.

I de fall detaljmätningen avser en specificerad kartprodukt eller stödpunkter för fotogrammetrisk mätning, finns krav och rekommendationer på utförande, innehåll m.m. i HMK-Ka respektive HMK-Fo.

Slutligen finns en koppling till HMK-Da vad avser objekt-klassificering m.m.

Utarbetandet av dokumentet

HMK-Ge:D har utarbetats av en projektgrupp bestående av följande personer:

Bengt Andersson	LMV (delprojektledare)
Hans Holm	GeodesiGruppen
Lars Kvarnström	Helsingborg stad
Åke Lindberg	SIB
Clas-Göran Persson	LMV

Medförfattare har dessutom varit:

Lotti Jivall	LMV
Martin Lidberg	LMV
Runar Svensson	LMV

Dokumentet har i utkastform varit föremål för två remiss-behandlingar: en begränsad s.k. fackområdesremiss vid årsskiftet 1991/1992 och en slutremiss maj-juni 1992. Remissomgångarna har föranlett ett antal justeringar i den slutliga texten.



HMK-Detaljmätning

Dokumentet avser detaljmätning med konventionell teknik. Även om detaljmätning med RTK-teknik (GPS/GNSS) blir allt vanligare så utförs fortfarande en hel del detaljmätning med konventionell teknik, eller med en kombination av satellitteknik och terrester teknik. Det gör HMK-Detaljmätning ganska användbar än i dag. Vissa delar är helt allmängiltiga, oberoende av teknik, t.ex. olika mätobjekts definition (Bilaga E) och toleranser vid inmätning i Bilaga F.

På några ställen saknas koppling till de nya referenssystemen SWE-REF 99 och RH 2000. I "Nya HMK" kommer dessutom ett litet annat synsätt att anammas än den traditionella geodetiska felteorin. Det baseras på det internationella konceptet GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) som har fått ett stort genomslag, även i Sverige. Det är dock främst terminologin som är annorlunda - inte matematiken/statistiken, den gäller fortfarande på det sätt som beskrivs i dokumentet.

Läsanvisningar kapitel för kapitel

1. Giltigt så när som på att vissa felteoretiska termer kommer att ändras i linje med GUM.
2. Giltigt så när som på diagram 2.1.
3. Giltigt, med viss tveksamhet för referenserna till PBL (Plan- och bygglagen).
4. Giltigt i sin helhet, inklusive angivna felgränser. Avsnitt 4.2 "Fri station" kan särskilt rekommenderas.
5. Giltig i dess helhet vad gäller terrestra metoder, även om några torde ha utfasats helt (t.ex. ortogonal mätning med mätband och vinkelprisma). Beskrivningen av GPS-tekniken i detaljmätningssammanhang (avsnitt 5.6) är dock helt omodern och användningen av tröghetsteknik (5.7) fick aldrig något genomslag.

6. Giltig i sin helhet. Beskrivningen av hela kontrollapparaten är ganska allmängiltig och går även att överföra till kontroll av t.ex. RTK-mätning.
7. Giltig i sin helhet, även om avsnitten om skrivna mätprotokoll och hanteringen av fältkoder/ detaljtyper känns omodern.
8. Giltig i sin helhet.

Bilagor

- A Giltig i sin helhet men delvis omodern (metoderna används ej)
- B Giltig i sin helhet. Är detta område ett försummat område i dag?
- C Giltig i det stora hela men delvis omodern.
Följande modifieringar behövs för anpassning till SWEREF 99:
 - I C.1.1 ska höjderna avse höjder över ellipsoiden GRS 80 istället för Bessel-ellipsoiden.
 - I C.1.1, C.1.2, C.1.3, C.4.2 och C.8:1 ska jordens krökningsradie sättas till 6390000 (anpassning till GRS 80).
 - I C.1.2 gäller formlerna för de tolv projektionszonerna SWEREF 99 DD MM, men inte för SWEREF 99 TM (pga. skalreduktionsfaktorn).Tabellerna C.1 och C.2 gäller inte.
- D Giltig i sin helhet. Stilbildande än i dag!
- E Giltig i sin helhet. Allmängiltig.
- F Giltig i sin helhet.
- G Giltig i sin helhet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	i	
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	v	
1	INTRODUKTION	3
1.1	Allmänt	3
1.2	Termer och begrepp	3
1.2.1	Detaljmätning	4
1.2.2	Stomnät	4
1.2.3	Utgångspunkter för detaljmätning	4
1.2.4	Koordinatsystem	5
1.2.5	Koordinattransformation	5
1.2.6	Planmätning	6
1.2.7	Höjdmätning	7
1.2.8	Kombinationer av mätningar	7
1.2.9	Feltyper	8
1.2.10	Kvalitativa noggrannhetstermer	8
1.2.11	Kvantitativa noggrannhetstermer	10
1.2.12	Utjämningssteori	10
2	GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER	11
2.1	Noggrannhetsfrågor	11
2.1.1	Inmätning	11
2.1.2	Utsättning	12
2.1.3	Mätutrustning	12
2.2	Principer för felgränser/toleranser	13
2.3	Anslutning till stomnät	14
2.4	Geometriska korrekationer	14
2.4.1	Inmätning	14
2.4.2	Utsättning	15
3	DETALJMÄTNING INOM OLIKA VERKSAM- HETER	17
3.1	Kommunal detaljmätning	17
3.1.1	Kommunala baskartor	17
3.1.2	Framställning av kartprodukter	19
3.1.3	Utsättning och lägeskontroll	20
3.2	Detaljmätning för fastighetsbildning	23
3.3	Detaljmätning för bygg- och anläggningsverksamhet ..	23

3.4	Samråd och MBK-samarbete	23
4	STATIONSETABLERING	25
4.1	Känd punkt.....	25
4.2	Fri station	27
4.2.1	Planbestämning	27
4.2.2	Höjdbestämmning	29
4.2.3	Analysmetoder	31
4.2.4	Sammanfattning – råd vid fri station	33
4.3	Piképunkt	34
5	INMÄTNING OCH UTSÄTTNING	37
5.1	Mätmetoder i plan.....	37
5.1.1	Polär metod	38
5.1.2	Ortogonal metod	40
5.1.3	Avskärning	41
5.1.4	Inbindning	43
5.1.5	Inskärning	45
5.1.6	Skärbindning	47
5.1.7	Sidoskärning.....	48
5.2	Mätmetoder i höjd.....	49
5.2.1	Avvägning	49
5.2.2	Trigonometrisk höjdmätning	51
5.3	Kombinerad mätning i plan och höjd	54
5.4	Tillämpad inmätning	55
5.4.1	Förberedande åtgärder	55
5.4.2	Tillämpningar	56
5.5	Tillämpad utsättning	63
5.5.1	Förberedande åtgärder	63
5.5.2	Tillämpningar	65
5.6	GPS	68
5.6.1	Beskrivning av tekniken	68
5.6.2	GPS vid detaljmätning	68
5.7	Tröghetsteknik.....	69
5.7.1	Beskrivning av tekniken	69
5.7.2	Mätmetod	70

5.7.3	Beräkningsmetod	71
5.7.4	Exempel på användningsområden	72
6	KONTROLL	73
6.1	Kontrollprocedurer	73
6.1.1	Allmänna kontrollprinciper	73
6.1.2	Acceptans vid kontroll	74
6.1.3	Mätnoggrannhet vid kontroll	75
6.1.4	Bestämning av mätnoggrannhet vid kontroll	75
6.1.5	Kontrollförfaranden vid mätningar	77
6.2	Egenkontroll	79
6.3	Kontroller vid inmätning	80
6.4	Kontroller vid utsättning	80
6.4.1	Måttkontrollprogram	83
6.4.2	Dokumentation vid kontroll	84
6.5	Kontroll och ekonomi	85
6.5.1	Kontrollnivåer	86
6.6	Beställarens kontroll	87
7	DOKUMENTATION	89
7.1	Mätdata	90
7.1.1	Mätprotokoll och mätskiss	91
7.1.2	Fältminne/fältdator	94
7.2	Beräkningshandlingar	99
7.3	Kontrolldokument	99
7.4	Kvalitetsmärkning	100
7.5	Objektbeskrivning	100
8	MARKERING	103
8.1	Brukspunkter	103
8.2	Tillfälliga punkter	103
8.3	Byggplatspunkter	103
8.4	Utstaknings- och detaljpunkter	104

BILAGOR

A	ÖVERSIKT ÖVER PUNKTBESTÄMNINGS- METODER	105
A.1	Planbestämning	105
A.2	Höjdbestämning	107
A.3	Kombinerad bestämning i plan och höjd	108
B	KONTROLL OCH JUSTERING AV GEODETISKA MÄTINSTRUMENT	109
B.1	Allmänt	109
B.1.1	Olika typer av instrumentfel	109
B.1.2	Anordningar för instrumentkontroll och justering	109
B.2	Instrumentfel – åtgärdslista	110
B.2.1	Teodoliter och totalstationer	111
B.2.2	EDM-instrument och totalstationer	112
B.2.3	Avvägningsinstrument	113
B.2.4	Avvägningsstänger	113
B.2.5	Övrig utrustning	114
C	MATEMATISK FORMELSAMLING	115
C.1	Geometriska korrekationer	115
C.1.1	Lutnings- och höjdreduktion av längder	115
C.1.2	Projektionskorrektion av längder	116
C.1.3	Riktningsskorrektion	117
C.2	Koordinatberäkning	118
C.2.1	Polär inmätning	119
C.2.2	Ortogonal inmätning	120
C.2.3	Avskärning	121
C.2.4	Inbindning	122
C.2.5	Inskärning	123
C.2.6	Skärbindning	125
C.2.7	Sidoskärning	126
C.3	Koordinattransformation	127
C.3.1	Unitär transformation	128
C.3.2	Helmerttransformation	129
C.3.3	Affin transformation	130

C.4	Areaberäkning	132
C.4.1	Area för en figur med koordinatbestämda brytpunkter	132
C.4.2	Reduktion av area i projektionsplanet till area på ellipsoiden	133
C.5	Beräkning av riktning och avstånd	133
C.5.1	Orienterad riktning mellan två punkter	133
C.5.2	Avstånd mellan två punkter	134
C.5.3	Avstånd mellan punkt och linje	135
C.6	Skärningar	136
C.6.1	Linjeskärning	136
C.6.2	Linjeskärning, parallell linje	137
C.6.3	Skärning mellan linje och cirkelbåge	138
C.7	Cirkelkurva	139
C.7.1	Tangent - cirkelsegment	139
C.7.2	Tre punkter på en cirkel	143
C.8	Trigonometrisk höjdmätning	144
C.8.1	Beräkning av höjdskillnad	144
C.8.2	Höjdbestämmning	145
C.8.3	Viktsfunktion	145
D	MINSTA-KVADRATBESTÄMNING AV FRI STATION – BESKRIVNING OCH TESTEXEMPEL	147
D.1	Viktsättning	147
D.2	Närmevärden	149
D.3	Beräkning	150
D.4	Indata	152
D.5	Resultat	153
E	MÄTOBJEKT	157
F	TOLERANSER VID DETALJ- MÄTNING OCH KONTROLL AV DETALJMÄTNINGSOBJEKT	165
G	GREKISKA ALFABETET	169
	SAKREGISTER	171

1 INTRODUKTION

1.1 Allmänt

Här behandlas geodetisk (terrester) detaljmätning, dvs. sådan mätning som utförs direkt "i verkligheten" på de detaljer som skall lägesbestämmas. Fotogrammetrisk detaljmätning – där mätningen utförs indirekt, i bilder – behandlas i HMK–Fo.

Under senare år har den geodetiska detaljmätningen utvecklats avsevärt. Nya instrument och utvecklat datorstöd ger möjlighet till effektivare arbetsmetoder, där mätning, beräkning och kartuppbyggnad kan integreras. Datorstöd i fält ger t.ex. större flexibilitet vid val av stationspunkt, säkrare och snabbare datafångst samt bättre möjligheter till numeriska och grafiska kontroller i samband med mätningen.

Digital kartteknik ställer delvis nya krav på detaljmätningen vad avser innehåll och kvalitet. Tidigare kunde lägesnoggrannheten vid inmätning direkt relateras till skalan på den kartprodukt som skulle framställas. Idag lagras dock ofta resultatet av inmätningen i en databas, som förhoppningsvis skall kunna användas för framställning av flera olika kartprodukter, med olika kvalitetskrav, och dessutom för andra ändamål.

De följande avsnitten och bilagorna är avsedda att ge vägledning vid metodval, kvalitetsbedömningar m.m. vid genomförande av olika detaljmätningssprojekt. Ett annat syfte är att dokumentet skall kunna användas som underlag vid upphandling av sådana arbeten. Dessutom kan materialet säkert vara av intresse vid utbildning och specifikation av beräkningsprogram.

Formeluttryck har i huvudsak undvikits i dokumentets huvudtext. Formlerna är istället samlade i en särskild bilaga. Därigenom blir dokumentet förhoppningsvis mera lättläst – både för den läsare som inte är intresserad av formlerna, och för den som just söker sådana.

1.2 Termer och begrepp

Inledningsvis ges här en beskrivning av de begrepp som används i dokumentet, och de termer som valts för dessa, samt ett antal andra termer och begrepp som bedömts vara relevanta i sammanhanget. Därutöver definieras vissa termer i direkt anslutning till de avsnitt där de används.

1.2.1 Detaljmätning

Till geodetisk *detaljmätning* räknas såväl *inmätning* som *utsättning*. Vid inmätning bestäms detaljernas lägen i förhållande till kända punkter i bruksnätet (se nedan) och detaljernas koordinater/höjder beräknas. Vid utsättning överförs givna punktlägen, numeriskt beräknade eller grafiskt bestämda, till terrängen.

Termen utsättning används vanligen i byggtekniska sammanhang medan *utstakning* används bl.a. i legala sammanhang. Ur teknisk synvinkel är det dock ingen större skillnad, varför endast termen utsättning används i detta dokument.

Visserligen är inmätning och utsättning varandras omvändning, men likheterna är ändå större än skillnaderna, varför de båda förfarandena här behandlas gemensamt. I de fall sådana skillnader föreligger att det kan anses vara befogat ges dock förtydliganden för respektive förfarande.

1.2.2 Stomnät

All detaljmätning relateras, direkt eller indirekt, till *stompunkter* ingående i *stomnät*. Inom stomnäten i Sverige finns en sorts rangordning, en hierarki.

Överst i hierarkin ligger *riksnäten* i plan och höjd. Nederst återfinns det som i första hand utnyttjas vid detaljmätning, nämligen *bruksnäten*. *Anslutningsnät* utgör länken mellan dessa båda ytterligheter.

I vissa fall är inte noggrannheten eller punkttätheten i bruksnätet tillräcklig för den tänkta användningen. Då etableras särskilda stomnät för tillämpningen i fråga, t.ex. *primärnät* på byggplatser. Dessa ansluts till bruksnätet på ett sådant sätt att de inte deformeras. Punkterna i ett primärnät benämns *primärpunkter*.

En stompunkt i ett höjdnät benämns *höjdfixpunkt* eller *höjdfix*.

1.2.3 Utgångspunkter för detaljmätning

Ibland behöver stomnätet (bruksnätet) förtätas för att detaljmätningen skall bli genomförbar. *Hjälppunkter* kan då bestämmas.

Ofta är det fråga om enstaka *piképunkter*, dvs. enkelt bestämda utgångspunkter, men det kan också krävas nedväxling av stomnätet i form av polygontåg, s.k. *detaljtåg*, som ansluts och beräknas på samma sätt som polygontåg i bruksnät.

För att möjliggöra kontroll, t.ex. av detaljmätning och piképunkter, inmätts även särskilda *kontrollpunkter*.

Utsättning och kontrollmätning av byggnadsdetaljer görs från byggnadens *sekundärsystem*, som markeras med *sekundärpunkter* på lämpliga ställen. Linjer genom sekundärpunkter kallas *sekundärlinjer*. Sekundärsystemet kan också betraktas som ett lokalt koordinatsystem. I vissa fall görs utsättningen direkt från primärnätet, vars koordinater är relaterade till sekundärsystemet.

1.2.4 Koordinatsystem

Resultatet av en lägesbestämning i planet, av en stompunkt såväl som av en *detaljpunkt*, redovisas som *koordinater* i ett *koordinatsystem*. I ett *kartesiskt koordinatsystem* är axlarna vinkelräta mot varandra och har samma skala.

I och för sig förekommer tre-dimensionella koordinatsystem, men vid mer lokal mätning brukar man ha separata system i plan och höjd.

Planbestämningen redovisas då vanligen som *plana koordinater* i ett *kartprojektionssystem*. Detta kräver att mätta längder, genom *höjdreduktion*, reduceras till en gemensam nivåyta, en *referensellipsoid*, varefter samtliga mätningar överförs till aktuellt *projektionssystem* genom tillägg av *projektionskorrektioner*.

Det i Sverige vanligen använda projektionssystemet benämns *Gauss' konforma projektion*, även kallad Gauss-Krügers projektion, Gauss' hannoverska projektion eller Transversal Mercatorprojektion. Det är en vinkelriktig (*konform*) projektion med en rätlinjig och längdriktig meridian (*medelmeridian*). För att minska projektionskorrektionerna har Sverige delats in i sex projektionssystem, med var sin medelmeridian.

För höjdangivelser används i regel termen *höjd*, även om *höjdkoordinat*, logiskt sett, också är relevant. *Nivå* som term för detta begrepp, vilken är vanlig inom t.ex. byggbranschen, är något oegentlig och har här undvikits.

1.2.5 Koordinattransformation

När man vill överföra koordinater från ett koordinatsystem till ett annat används *koordinattransformation*, med kortformen *transformation*.

De vanligast förekommande transformationsformlerna kompenserar för en eller flera av avvikelserna mellan två koordinatsystem genom:

- *translation*; parallellförflyttning i x- respektive y-led,
- *rotation*; vridning runt origo samt
- *skalförändring*.

De i transformationsformeln ingående *transformationsparametrarna* bestäms vanligen genom *inpassning*. Med detta avses en beräkning utgående från s.k. *passpunkter*, dvs. punkter för vilka koordinater finns tillgängliga i de båda aktuella systemen. Detta är således ett helt empiriskt transformationsförfarande, som huvudsakligen tillämpas när två koordinatsystem baseras på samma kartprojektion.

Vid stringenta, matematiska operationer, t.ex. byte av projektionssystem, används i stället termen *överräkning*.

1.2.6 Planmätning

Av de rent mätningstekniska termerna vid planmätning är det framför allt de som har med bestämning av vinklar att göra som kräver en mer utförlig förklaring. *Längdmätning* är mer okomplicerad.

Alla mätoperationer som utförs med teodolit brukar benämnas *vinkelmätning*. Vinklar bestäms dock som differensen mellan två *mätta riktningar*. Därför är det egentligen endast relevant att använda termen vinkelmätning när man avser exakt två objekt, t.ex. i polygontåg. Om mätningen inbegriper fler objekt är termen *riktningsmätning* mer korrekt.

En mätt riktning är inte relaterad till koordinatsystemet. Det är däremot en *orienterad riktning*, i och med att även den s.k. *orienteringskvantiteten* är bestämd.

Bestämningen av orienteringskvantiteten sker vanligen genom riktningmätning från en känd punkt till en annan. *Orienteringen* av de mätta riktningarna kan därefter göras genom beräkning av *referensriktningen*, dvs. den orienterande riktningen mot *referensobjektet*. Synonymer till referensobjekt är *utgångsobjekt* och *bakåtobjekt*.

Om instrumentet inte är uppställt exakt över markeringen föreligger en *instrumentexcentricitet*, vars storlek och riktning bestäms genom *centreringsmätning*.

En mätning som inte görs direkt mot den punkt som skall bestämmas, har en *objektsexcentricitet*, som normalt anges med mått längs och tvärs siktlinjen.

1.2.7 Höjdmätning

Höjdmätning sker genom *avvägning* eller *trigonometrisk höjdmätning*.

Avvägning utförs med hjälp av avvägningsinstrument, som har en horisontell siktaxel. I stommätningssammanhang skiljer man på *precisionsavvägning* (i riksnäten) och *finavvägning* (i anslutnings- och bruksnät).

Precisionsavvägning är alltså en reserverad term för en speciell tillämpning, även om avvägning med hög precision/noggrannhet kan förekomma även i andra sammanhang, t.ex. vid industrimätning, sättningskontroll och precisionsutsättning.

Avvägning av ytor vid detaljmätning benämns *ytavvägning*, till skillnad mot den *linjeavvägning* som utförs i t.ex. stomnät.

Vid trigonometrisk höjdmätning bestäms höjdskillnader genom mätning av *vertikalvinkel* och avstånd. Med vertikalvinkel avses, om inget annat anges, *zenitvinkel* (vinkeln mellan lodlinjen, riktad uppåt, och siktlinjen). Andra typer av vertikalvinklar är *nadirvinkel* (vinkeln mellan lodlinjen, riktad nedåt, och siktlinjen) och *höjdvinkel* (vinkeln, i ett vertikalplan, mellan horisontalplanet och siktlinjen).

1.2.8 Kombinationer av mätningar

Det finns också termer för vissa kombinationer av mätningar, exempelvis de s.k. *elementära punktbestämningsmetoderna*. Dessa utgörs av olika kombinationer av vardera två av de tre grundelementen avstånd (*a*), vinkel (*v*) och orienterad riktning (*or*). Det ger sammantaget sex metoder:

- *polär metod* ($a+or$)
- *avskärning* ($or+or$)
- *inbindning* ($a+a$)
- *inskärning* ($v+v$; eg. tre mätta riktningar)
- *skärbindning* ($a+v$)
- *sidoskärning* ($v+or$)

Till detta kommer den *ortogonala metoden*, som geometriskt kan ses som två på varandra följande bestämningar enligt den polära metoden, alternativt som en koordinattransformering. (En utförligare beskrivning av metoderna återfinns i avsnitt 5.1 och i bilaga A.)

En sammanhängande sekvens av mätningar benämns tåg, t.ex. *polygontåg* (som redan nämnts) och *höjdtåg*.

Fri station eller *fri instrumentuppställning*, innebär punktbestämning med hjälp av en valfri kombination av riktungs- och längdmätningar från den sökta punkten.

Kombinerad plan- och höjdmätning i form av polärmätning och trigonometrisk höjdmätning benämns ofta *takymetrering*.

1.2.9 Feltyper

Ett *fel* definieras som skillnaden mellan uppskattat eller mätt värde och det sanna värdet, dvs. "mätt minus sant". Ibland är tecknet på denna differens ointressant, vilket innebär att det i stället är det absoluta beloppet av felet som avses.

Man brukar skilja på *systematiska fel*, *grova fel* och *tillfälliga fel*.

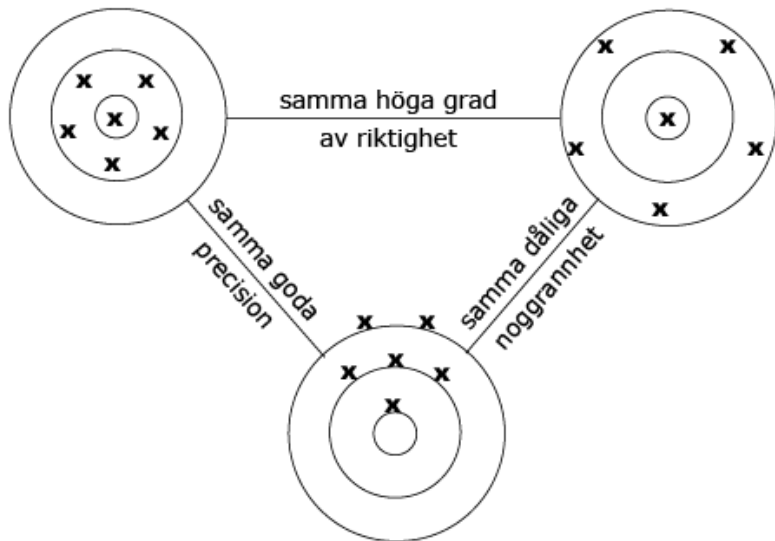
De systematiska felen elimineras, eller åtminstone reduceras, genom korrekationer och lämpligt valda mätmetoder (t.ex. eliminering av en teodolits *kollimationsfel* genom mätning i båda cirkellägena).

Sökningen av grova fel baseras på jämförelser mellan mätningar avseende samma storhet (t.ex. dubbelmätning av längder) och analyser i samband med beräkningen.

Effekten av de tillfälliga (slumpmässiga) felen, slutligen, reduceras genom upprepade mätningar och lämpligt valda beräkningsmetoder.

1.2.10 Kvalitativa noggrannhetstermer

Traditionellt har man skiljt på *noggrannhet* och *precision*. I modern litteratur har dessutom termen *riktighet* lanserats. Sambandet mellan dessa tre termer åskådliggörs i figur 1.1.



Figur 1.1. Sambandet mellan noggrannhet, precision och riktighet.

Riktigheten anger mätvärdenas genomsnittliga överensstämmelse med det sanna värdet, noggrannheten anger spridningen kring detta sanna värde och precisionen spridningen kring mätseriens medelvärde eller tyngdpunkt.

Om förekomsten av systematiska och grova fel har reducerats till ett minimum är riktigheten den högsta tänkbara, samtidigt som noggrannheten och precisionen är densamma. Detta förutsetts i det följande, varför endast termen noggrannhet används.

Det bör observeras att noggrannhet är en *qualitativ* term. Utsagor av typen "noggrannheten är 1 cm" är alltså felaktiga. Sådana påståenden kräver att *kvantitativa* mått har definierats, vilket behandlas i nästa underavsnitt.

I vissa fall används i stället motsatsformen *onoggrannhet*, som i många sammanhang känns naturligare.

Med *regional noggrannhet* avses noggrannheten sett över ett stort geografiskt område. Den *lokala*, eller *interna*, *noggrannheten* däremot avser ett mycket begränsat område: ett enskilt projekt, en byggplats etc. Vid detaljmätning är i regel den lokala noggrannheten viktigare än den regionala.

1.2.11 Kvantitativa noggrannhetstermer

Noggrannheten uttrycks vanligen i form av *medelfel*, som, löst uttryckt, är ett mått på det genomsnittliga (tillfälliga) felet i en mätning eller en sekvens av mätningar. Medelfelet i enskilda mätoperationer – *mätmedelfelet* – definieras med hjälp av *medelfelsfunktioner*, där olika felkällors inverkan ingår via sina *medelfelsparametrar*.

Medelfel som har uppskattats före mätningarnas genomförande, och som grundas på tidigare erfarenhet, benämns *a priori-medelfel*. Medelfel baserade på beräkningsresultatet benämns *a posteriori-medelfel* eller *beräknade medelfel*. Exempel på det senare är *punktmedelfel* och *medelfel i utjämnad höjd*.

Medelfel brukar betecknas med den grekiska bokstaven *sigma* (σ). Kvadraten på medelfelet benämns *varians* (σ^2).

1.2.12 Utjämningssteori

Inom geodesin utförs vanligen fler mätningar än vad som behövs för en entydig bestämning av sökta storheter. Antalet mätningar utöver minimiantalet benämns *överbestämningar*.

Under vissa statistiska antaganden är *minsta-kvadratmetoden* (*mk-metoden*) den mest effektiva metoden för lösning av överbestämda ekvationssystem, dvs. den som ger minsta varians för de sökta storheterna.

En samtidig beräkning av samtliga mätningar enligt denna metod benämns *sträng utjämnning*. I en sådan påverkar mätningarna slutresultatet i förhållande till sin *vikt*, som är omvänt proportionell mot kvadraten på mätmedelfelet (alltså mot mätningens varians). Det sker genom minimering av den viktade kvadratsumman av de s.k. *förbättringarna*, dvs. de korrekationer till mätningarna som krävs för att dessa skall överensstämma med utjämnade koordinater och höjder.

En storhet som vanligen redovisas tillsammans med resultatet från en utjämnning är *grundmedelfelet*. Det är det beräknade medelfelet för en mätning med vikten ett (1), och ger en allmän uppfattning om den faktiska mätnoggrannheten. Om vikten har beräknats som det inverterade värdet av variansen ($1/\sigma^2$) skall grundmedelfelet bli lika med ett. Avvikelser, uppåt eller nedåt, indikerar att mätnoggrannheten är lägre respektive högre än vad som antagits.

2 GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER

Här behandlas några principiella aspekter på detaljmätning.

Avsnitt 2.1 tar upp noggrannhetsfrågor allmänt och i avsnitt 2.2 redovisas hur dokumentets felgränser är konstruerade.

Avsnitt 2.3 behandlar anslutning till stornät, en grundläggande fråga vid datainsamling för geografiska informationssystem.

Höjdreduktion och projektionskorrektur har hittills sällan tillämpats vid detaljmätning. Digital kartteknik innebär ett ökat behov av noggrann lägesredovisning i enhetliga koordinatsystem, varför man inte längre kan bortse från dessa korrekturen. Detta tas upp i avsnitt 2.4.

2.1 Noggrannhetsfrågor

2.1.1 Inmätning

Kraven på inmättningsnoggrannhet varierar beroende på vad informationen skall utnyttjas till. I de fall då inmätningen endast kommer att användas för framställning av en väl-specifierad produkt, kan kraven på mätnoggrannhet direkt relateras till den avsedda slutprodukten. I många fall kan inmättningsresultatets framtida användning inte helt förutses. Resultatet lagras i databaser och informationen kommer senare att användas för framställning av olika produkter med olika noggrannhetskrav. Det är därför inte särskilt framsynt att endast utgå från den produkt som initierar mätuppdraget då man bestämmer vilken inmättningsnoggrannhet som behövs. Med dagens instrument och enhetliga mätmetoder får man också i många fall en bättre noggrannhet än vad som krävs med hänsyn till avsedd användning.

I bilaga F finns toleranser för inmätning och kontroll av detaljmättningsobjekt, som är baserade på användning av "normal" utrustning och metodik.

Inmätning av detaljer bör utföras med sådan noggrannhet att de i bilaga F angivna toleranserna inte överskrider.

Dessa rekommendationer kan behöva justeras från fall till fall, men om de är uppfyllda kan resultatet av inmätningen bl.a. användas till:

- digitala baskartor
- projekteringsunderlag
- relationsinmätning
- mängdberäkning.

2.1.2 Utsättning

Kraven på utsättningsnoggrannhet bör relateras till vad utsättningen avser. Utsättning berör dock oftast byggande och anläggning i någon form. För sådan utsättning finns svensk standard utarbetad.

Utsättning bör utföras enligt regler och krav angivna i standarden SS-ISO 4463-1.

Dessa krav avser "normal" mätnoggrannhet vid byggutsättning. I andra sammanhang kan det vara befogat att skärpa eller lindra dessa krav. Eftersom kraven i standarden är längdberoende, måste också hänsyn tas till maximala utsättningsavstånd (anges ej i standarden).

Beträffande småhus tolkas standarden på följande sätt:

Vid utsättning av småhus kan en byggnads begränsningslinjer, t.ex. fasadliv, likställas med sekundärlinjer, varför utsättningen bör uppfylla kraven för sekundärpunkter enligt SS-ISO 4463-1.

2.1.3 Mätutrustning

Vid all detaljmätning är det viktigt att mätutrustningen är kontrollerad och justerad. I bilaga B finns närmare anvisningar om detta. Där anges bland annat lämpliga tidsintervaller för instrumentkontroller samt toleranser för olika typer av instrumentfel.

Utrustning som används vid detaljmätning skall kontrolleras regelbundet och justeras vid behov. Tidsintervaller för kontroller och toleranser för instrumentfel, enligt bilaga B, bör inte överskridas.

2.2 Principer för felgränser/toleranser

Gränsvärdena för avvikelser mellan upprepade mätningar, förbättringar och beräknade noggrannhetsmått vid utjämning samt kontrollmätningar av slutresultatet benämns *toleranser* eller *felgränser*. Den senare har hittills varit den vanligast förekommande termen inom geodesin, men en svängning mot toleranser kan idag skönjas.

Medelfel, som är det normala noggrannhetsmättet, utnyttjas för att ställa upp toleranser. För avvikelser, t.ex. mellan dubbelbestämningar eller mellan ursprunglig mätning och kontrollmätning, tillämpas här genomgående toleransen "två gånger medelfelet" (2 sigma).

Denna princip bygger på toleranser konstruerade så att ett medelfel, som tar hänsyn till noggrannheten i såväl ursprungsom kontrollmätningen, beräknas och multipliceras med två.

Detta motsvarar vad som inom statistiken kallas "95 % konfidensgrad", och innebär att i normalfallet bör 95 % av alla mätningar eller punktbestämningar klara kravet. Större avvikelser är alltså så osannolika att de bör betraktas som en indikation på att noggrannhetskraven inte är uppfyllda.

Även för beräknade medelfel kan toleranser ställas upp. Dessa konstrueras på ett annorlunda men likartat sätt – så att konfidensgraden 95 % åstadkoms.

I andra HMK-dokument, t.ex. det som behandlar geodetisk stommätning (HMK-Ge:S), tillämpas delvis andra principer för toleranser/felgränser, med flera nivåer (1 sigma, 2 sigma och 3 sigma). I samband med detaljmätning har dock en sådan nivåuppdelning bedömts vara alltför komplicerad för att vara praktiskt användbar.

2.3 Anslutning till stornät

Vid detaljmätning skall detaljernas lägen bestämmas i förhållande till någon referens. En sådan referens utgörs vanligen av stompunkter ingående i ett stornät.

De kommunala stornäten ansluts till riksnäten och utgör en förtätning av dessa på lokal nivå. I den mån detaljmätningar av skilda slag ansluts till de befintliga stornäten finns förutsättningar för utbyte av data inom och över kommungränserna mellan geografiska informationssystem (GIS). Den detaljmätning som utförs i kommunerna är en väsentlig del i uppbyggnaden av sådana system.

All detaljmätning bör anslutas till det för området gällande stornätet, som i sin tur normalt är anslutet till rikets nät.

2.4 Geometriska korrektioner

Punkters lägen anges vanligen med plana koordinater och höjder. För att åstadkomma plana koordinater ur mätdata måste – i princip – alla mätta längder och riktningar räknas om till projektningsplanet innan koordinaterna beräknas. Vid utsättning måste – i princip – alla avstånd och riktningar som beräknas ur plana koordinater räknas om till verkliga avstånd och riktningar före utsättningen.

Vid detaljmätning kan man dock bortse från projektningskorrektion för riktningar, utom i extremfall (se formel och exempel i bilaga C).

2.4.1 Inmätning

Vid inmätning bör mätta längder normalt korrigeras till projektningsplanet, genom att lutnings- och höjdreduktion samt projektningskorrektion påförs.

Formler för detta finns i bilaga C.

I vissa fall (korta längder, måttliga höjder och måttliga avstånd från medelmeridianen) kan man underlåta att påföra höjdreduktion och projektkorrektion. När så kan ske måste bedömas från fall till fall, med beaktande av aktuella noggrannhetskrav och korrektionernas storlek.

Korrektionernas sammanlagda storlek visas i diagram 2.1.

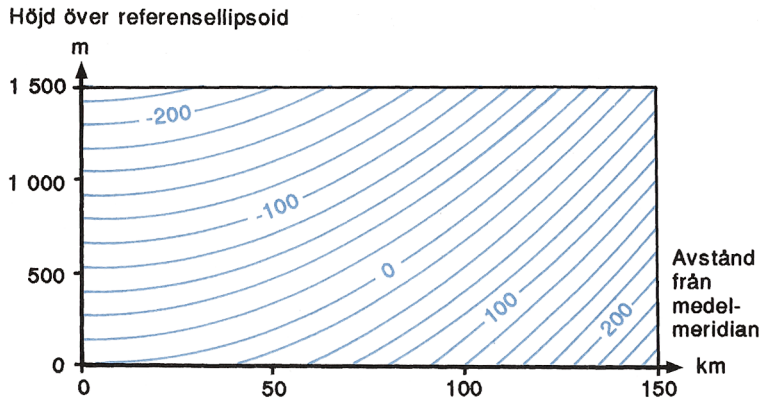


Diagram 2.1. Sammanlagd inverkan av höjdreduktion och projektkorrektion vid längdmätning (enhet ppm = mm/km).

EXEMPEL

Om man befinner sig 100 km från medelmeridianen och 500 m över referensellipsoiden blir korrektionen +44 ppm (mm/km).

2.4.2 Utsättning

Vid utsättning bör man givetvis också beakta de geometriska korrektionerna, särskilt då utsättningen utförs från flera stationspunkter. Att räkna om alla avstånd från projektningsplanet – via referensellipsoiden – till verkliga avstånd är dock opraktiskt, särskilt om utsättningsdata skall beräknas i fält.

Ett enklare förfarande är att korrigera via inmätning. Då sätts punkten först ut grovt (inom några centimeter), varefter den utsatta punkten mäts in och justeringsmått beräknas ur koordinatdifferenser mellan ursprungs koordinater och koordinater för inmätt punkt. Slutligen justeras punktläget på marken med

beräknade justeringsmått. Förfarandet förutsätter att geometriska korrekationer påförs mätt längd före koordinatberäkningen.

En annan metod är att en skalfaktor beräknas och appliceras på utsättningsdata.

Vid större byggnadsprojekt är det vanligt att ett lokalt stomnät (s.k. primärnät) etableras på byggplatsen. Höjd- och projektiionskorrekationer påförs normalt inte vid beräkningen av ett sådant nät, varför utsättningsdata då kan beräknas direkt ur koordinaterna.

3 DETALJMÄTNING INOM OLIKA VERKSAMHETER

3.1 Kommunal detaljmätning

Kommunerna svarar för den ojämförligt största volymen geodetisk detaljmätning i landet.

Den kommunala mätningstekniska verksamheten kan delas upp i *basverksamhet* och *ärendeverksamhet*, där den senare utgör mätningstekniska uppdrag i anslutning till byggnads- och anläggningsverksamhet.

Till basverksamheten hör upprättande av storskaliga kartverk, vilka inte är möjliga att ta fram utan ett geodetiskt bruksnät, som är en integrerad del av basverksamheten och en förutsättning för denna.

Exempel på mätningsteknisk ärendeverksamhet är upprättande av grundkartor, nybyggnadskartor samt inmätningar och utsättningar. De mätningstekniska uppdrag som omfattas av ärendeverksamheten utgör till stor del myndighetsutövning och regleras i Plan- och bygglagen (PBL) m.fl. lagar.

Det storskaliga kartmaterial i skalområden från 1:400/500 till 1:10 000 som kommunerna upprättar och ajourhåller behövs för detaljplanering, projektering och plangenomförande. De är nödvändiga som bas för kommunernas myndighetsutövning inom det mätningstekniska området och materialet har uppstått främst för att täcka dessa behov. På senare tid har primär-/baskartematerialet dock fått en allt större betydelse som underlag för projektering och redovisning av ledningsnät av olika slag och som underlag för projektering av byggnader och anläggningar. Denna användning är idag den dominerande.

3.1.1 Kommunala baskartor

För att tillgodose interna kommunala behov av storskaligt kartmaterial har en stor mättningsverksamhet vuxit fram. Omfattande bladindelade kartsystem har byggts upp som ett resultat av denna verksamhet. Dessa benämns ofta *primärkartor*, med vilket avses de analoga kartverk i skalor från 1:400/500 upp till 1:2000, som traditionellt upprättas på ritfilm eller gravyr i olika deloriginal.

Bladindelade primärkartesystem har inrättats i de flesta kommuner och har ursprungligen tillkommit på kommunernas eget initiativ för att kunna hålla en hög beredskap att upprätta grundkartor till detaljplaner (stadsplaner, byggnadsplaner). Någon formell, i lag reglerad skyldighet för kommunerna att upprätta och ajourföra primärkarteverk finns inte, men verksamheten har varit ett effektivt sätt att lösa de uppgifter som åläggs kommunerna enligt byggnadslagstiftningen.

De storskaliga kartsystemen i kommunerna är alltså inte i egentlig mening officiellt kartmaterial. Det är framtaget för internt kommunalt bruk och har fått mycket stor spridning. Materialet används idag som tekniskt projekteringsunderlag både av kommunala förvaltningar och andra projektörer.

Primärkartan utgör alltså idag baskarta och underlag för användning inom många områden utanför de traditionella. Storskaligt kartmaterial behövs inom kommunerna för att tillgodose olika behov i samband med projektering, byggande och redovisning av gator och vägar, tekniska anläggningar och ledningsnät av skilda slag. Det befintliga primärkartematerialet utnyttjas härvid för att ta fram de olika baskartor som behövs i dessa sammanhang.

I de flesta kommuner ersätts nu primärkartematerialet i snabb takt av digitalt kartmaterial, bl.a. genom att befintliga primärkartor konverteras till digital form och förs över till datorbaserade karthanteringssystem. Nyframställning av kartmaterial görs nästan uteslutande med användning av digitala metoder. Genom den digitala tekniken skapas större möjligheter att från samma kartdatabas framställa baskartor för vitt skilda ändamål med skiftande krav på skala, utformning och detaljinnehåll. I grunden sker emellertid inmätningen på traditionellt sätt med geodetisk eller fotogrammetrisk detaljmätning.

För kartmaterial som framställs och lagras digitalt är benämningen primärkarta något oegentlig. Begreppet *digital baskarta* har börjat bli vanlig för de digitalt lagrade kartsystemen.

De kommunala kartsystemen bör upprättas i ett för kommunen enhetligt koordinatsystem. Detta är en förutsättning för överföring av kartmaterialet till datorbaserade karthanteringssystem.

Förutom primärkartans redovisning av plandetaljer redovisas gränser för fastigheter, samfälligheter samt planer, bestämmelser och rättigheter av olika slag. Denna information hämtas från registerakter och den formella registerkartan och sammanställs i

grafisk form på primärkartan. Ofta erfordras en numerisk koordinattolkning för att materialet skall kunna knytas geometriskt korrekt till gällande koordinatsystem. Insamling av data om gränslinjer och planlinjer sker dels genom numerisk tolkning av formella detaljplaner, dels genom kompletterande fältmätningar, varvid ofta erfordras detaljmätning i fält av gränsmarkeringar, hägnader, hävdelinjer och andra geografiska plandetaljer av betydelse för tolkningen av äldre akter och handlingar.

Primärkartan utgör stommen i varje kommunalt storskaligt geografiskt informationssystem. Den upprättas fotogrammetriskt eller genom detaljmätning i fält. Uppdateringen utförs oftast genom geodetisk detaljmätning, både som självständig åtgärd och vid upprättande av olika specialkartor i samband med planläggning, projektering och byggande (t.ex. grundkartor, förrättningskartor, nybyggnadskartor).

Den geodetiska detaljmätningen är den noggrannaste datafångstmetoden för uppbyggnad av den storskaliga geografiska basinformation som erfordras för olika skeden i samhällsbyggnadsprocessen. Den noggrannhet som erhålls vid detaljmätning i fält är ofta nödvändig för att baskartematerialet skall kunna användas som projekteringsunderlag i områden med tät bebyggelse och höga markvärden.

3.1.2 Framställning av kartprodukter

Grundkarta

Med *grundkarta* avses sådan karta som upprättas som underlag för detaljplan enligt PBL 5 kap. 19 §.

Grundkartan behövs bl.a. för att skapa underlag för att göra de i PBL 5 kap. 2 § föreskrivna hänsynstagandena till befintliga bebyggelse-, äganderätts- och fastighetsförhållanden, som kan inverka på genomförandet av den fysiska planläggningen.

Upprättande av grundkarta till detaljplan utförs tekniskt som geodetisk eller fotogrammetrisk detaljmätning.

Nybyggnadskarta

Vid bygglovsprövning av ny- och/eller tillbyggnad krävs i regel en *situationsplan* över fastigheten och byggnadens läge.

Inom område med sammanhållen bebyggelse skall byggnadsnämnden tillhandahålla *nybyggnadskarta* som underlag för situationsplanen.

Nybyggnadskartan redovisar fastighetsförhållanden såsom gränser för fastigheter, samfälligheter, servitut och nyttjanderätter samt gällande planer och bestämmelser som har betydelse för bygglovsprövningen. Även tekniska uppgifter om anslutningspunkter för vatten och avlopp redovisas när detta är tillämpligt.

De uppgifter som redovisas är nödvändiga som underlag för detaljprojektering och upprättande av situationsplan för nybebyggelse. Eftersom situationsplanen skall ligga till grund för utsättning av byggnaders lägen, erfordras normalt att kartan upprättas i skala 1:400 eller 1:500. I enklare fall kan dock annan kartskala användas.

3.1.3 Utsättning och lägeskontroll

För sådan bebyggelse som avses i PBL 9 kap. 5 § skall som underlag för bygglovsprövningen finnas bl.a. en situationsplan som visar byggnadens läge i förhållande till gränser och planbestämmelselinjer (egenskapsgränser) m.m.

Utsättningen syftar till att byggnadens läge och form på marken skall överensstämma med situationsplanen. Byggnaden skall hamna i rätt läge på fastigheten, på rätt avstånd från gränser och i rätt höjd i förhållande till gator och VA-ledningar.

Utsättning av byggnader eller anläggningar är en service till den byggande, som byggnadsnämnden är skyldig att tillhandahålla enligt PBL 9 kap. 5 §.

Om den byggande själv eller genom ombud besitter nödvändiga kunskaper kan, efter prövning av byggnadsnämnden, utsättningen göras i egen regi.

Byggnadsnämnden bör, med ledning av PBL:s huvudprincip om förenkling för den byggande, nyttja de möjligheter lagen ger till förenkling utan att för den skull ge avkall på den service och kontroll som allmänheten kan förvänta av nämnden. Granne skall ges ett rimligt skydd mot att byggnader och anläggningar inte inkräktar på angränsande fastighet eller rättigheter eller uppförs i strid mot bestämmelser i detaljplanen. Detta förutsätter i regel anslutning till stornät.

Med *lägeskontroll* avses inmätning av den utförda grundkonstruktionens läge. Lägeskontrollen ingår i de besiktningar

som byggnadsnämnden i erforderlig utsträckning är skyldig att utföra. Åtgärden innebär kontroll av byggnadens läge i plan och höjd samt av byggnadens storlek och form. Den ger möjlighet att rätta till eventuella fel om den utförs i tid.

Vid det slutliga godkännandet av lägeskontrollen jämförs de genom inmätningen beräknade koordinaterna med motsvarande från situationsplanen beräknade värden.

Behovet av lägeskontroll avgörs av byggnadens storlek samt läget i förhållande till fastighetsgränser och plangränser. För komplementbyggnader och för vissa byggnader utanför område med detaljplan kan byggnadsnämnden avstå från kravet på lägeskontroll. Inom tätbebyggt område bör dock lägeskontroll normalt utföras även för sådan bebyggelse där utsättning inte bedömts nödvändig.

EXEMPEL

Följande tabeller är ett exempel på hur man i en kommun beslutar i vilka fall utstakning och lägeskontroll av bygglovpliktig byggnad eller annan anläggning skall ske genom byggnadsnämndens försorg.

STÖRRE BYGGNADER OCH ANLÄGGNINGAR (BYA > 70 kvm)		Utstakning	Lägeskontroll
NYBYGGNAD	< 1.0 m från gräns	JA	JA
	> 1.0 m från gräns	JA	NEJ
TILLBYGGNAD	< 1.0 m från gräns	Motbyggd befintlig byggnad i gräns	NEJ
		Förlängning av befintlig byggnad i gräns	JA
		Övriga fall	JA *)
	> 1.0 m från gräns	NEJ	NEJ

MINDRE BYGGNADER OCH ANLÄGGNINGAR (BYA < 70 kvm)		Utstakning	Lägeskontroll
NYBYGGNAD	< 1.0 m från gräns	JA *)	NEJ
	> 1.0 m från gräns	NEJ	NEJ
TILLBYGGNAD	< 1.0 m från gräns	Motbyggd befintlig byggnad i gräns	NEJ
		Förlängning av befintlig byggnad i gräns	JA
		Övriga fall	JA *)
	> 1.0 m från gräns	NEJ	NEJ

Anmärkning: *) Om byggnad eller anläggning i dessa fall förläggs skild från gräns mot grannfastighet kan kravet på utstakning respektive lägeskontroll efterges om gränsen är lagligen bestämd och dess sträckning därvid har numeriskt bestämts i förhållande till kommunens stornät.

Tabellerna kan också användas vid tidsbegränsade bygglov. Vid kortare lovtider än ett år och byggnaden eller anläggningen förläggs >1.0 m från gräns görs ej utstakning.

3.2 Detaljmätning för fastighetsbildning

Fastighetsbildningsverksamheten ger upphov till omfattande detaljmätningsåtgärder. I samband med det tekniska utredningsarbetet förekommer detaljmätning för att dokumentera hävdelinjer och byggnadsförhållanden. Nyttillkomna fastighetsgränser utmärks vanligtvis i terrängen genom utsättning av gränsmarkeringar. Dessa definierar – så länge de finns kvar och är orubbade – fastighetens läge på ett entydigt sätt.

I samband med utsättning av byggnader eller anläggningar på fastigheten är det väsentligt att gränsernas läge är väl definierade i handlingar eller på marken.

För att möjliggöra koordinatregistrering av fastigheter och uppbyggnad av ett geografiskt informationssystem är det väsentligt att fastighetsgränserna redovisas i det för området gällande koordinatsystemet. En koordinatredovisning medför också möjligheter att med stor tillförlitlighet återutsätta läget för en förkommen fastighetsgräns.

3.3 Detaljmätning för bygg- och anläggningsverksamhet

Detalj­mätning i anslutning till bygg- och anläggningsverksamhet utgör sammantaget en stor volym. Förutom ren lägesutsättning, se avsnitt 3.1.3, sker detaljmätning i stor omfattning internt inom byggplatsen för att åstadkomma en god lägesnoggrannhet mellan närbelägna byggnadsdetaljer. Vid större byggarbetsplatser, eller då i övrigt höga noggrannhetskrav gäller (t.ex. vid brobyggnader, tunnelbyggnader m.m.), upprättas ibland lokala stornät (s.k. primärnät) för att ligga till grund för detaljmätningsarbetet.

3.4 Samråd och MBK-samarbete

Kommunens ansvar för den fysiska planeringen och exploateringsverksamheten innebär också en faktisk skyldighet att inom kommunens område skapa och underhålla ett enhetligt referenssystem och stornät som all mät­nings- och kart­läggningsverksamhet kan anslutas till. Planeringen av mätningstekniska uppdrag såsom upprättande av storskaligt kartmaterial, grundkarta eller annan detaljmätning, medför i de flesta fall även överväganden beträffande utvidgning eller förtätning av det kommunala bruksnätet. Vid all mät­ningsverksamhet bör därför samråd med

byggnadsnämnden ske, så att anslutning till stomnätet kan göras på lämpligt sätt. Samråd är särskilt viktigt i samband med anläggning av lokala stomnät av olika slag.

Vid mätningstekniska planeringssamråd bör bl.a. följande behandlas:

- Avsikten med detaljmätningen, noggrannhetskrav m.m.
- Inventering av befintligt kartmaterial.
- Inventering av befintligt stomnät, eventuell komplettering och anslutningskrav.
- Arbetsfördelning mellan byggnadsnämnd och konsult. Behörighetsfrågor, myndighetskontroll m.m.
- Dokumentation och redovisning samt eventuell standard för digital lagring och objektkodning.

I de flesta kommuner förekommer ett långt drivet samarbete mellan de tekniska förvaltningarna beträffande mättnings- och kartläggningsfrågor, s.k. *MBK-samarbete*.

MBK-verksamheten innebär bl.a. att de ledningsdragande verken (kommunala och privata) samarbetar med mättningskontor eller motsvarande om uppbyggnad och utnyttjande av det mätningstekniska basmaterialet i form av stomnät och primär-/baskarta.

4 STATIONSETBLERING

Detaljmätning sker – direkt eller indirekt – utgående från kända punkter i bruksnätet. De stationsetableringsmetoder som finns idag och som beskrivs nedan kan delas in efter förfarandet vid punktbestämningen. De tre viktigaste metoderna är:

- stationsetablering på känd punkt
- fri station
- piképunkt.

Kombinationer kan förekomma, t.ex. känd i plan, fri i höjd. I begreppet stationsetablering ingår bestämning av instrumentets läge och orientering. Ett eventuellt fel i stationsetableringen påverkar många punkter vid efterföljande detaljmätning och den måste därför utföras med omsorg.

I fallet ”stationsetablering på känd punkt” beskrivs förfarandet då stationsetablering sker på en tidigare bestämd punkt. Detaljmätningen sker i detta fall direkt utgående från kända punkter i bruksnätet.

”Fri station” och ”piképunkt” innebär att stationspunkten nybestäms i samband med detaljmätningen, som då sker indirekt utgående från bruksnätet. På grund av att piképunkter inte är överbestämda finns det inte heller några inbyggda kontrollmöjligheter. Metoden bör därför användas med sparsamhet, även om det ofta finns möjlighet till någon form av indirekt kontroll.

Motsvarande får anses gälla även vid icke överbestämd fri station. Däremot kan överbestämd fri station, vid god konfiguration och beräkning enligt utjämningsförfarande (mk-metoden), anses ha väl så god noggrannhet som bruksnätet i övrigt. Rätt utförd ger en fri station vanligen det bästa resultatet, från såväl noggrannhets- som kontrollsynpunkt.

4.1 Känd punkt

Den hittills vanligast förekommande typen av stationsetablering innebär att instrumentet centreras och horisonteras över en känd punkt i bruksnätet. För vidare detaljmätning i plan krävs även att instrumentet orienteras. Detta åstadkoms genom mätning av referensriktning mot minst en annan punkt i samma bruksnät. Vid detaljmätning i höjd krävs dessutom bestämning av instrumenthöjd.

Centreringsförfarandet underlättas avsevärt vid tillgång till optiskt lod eller lodstav. Viktigt är då att optiskt lod och vattenpass är väl kontrollerade/justerade.

Mätning av instrumenthöjd är en vanlig felkälla. Mätningen underlättas dock vid användande av lodstav eller mätband som kan fästas i stativets fästskruv, då man från denna har ett känt mått till instrumentets mätcentrum.

Instrumentets orientering är ett moment som är särskilt viktigt, eftersom inverkan av ett fel i orienteringen ger ett fel i nypunkterna som är direkt proportionellt mot siktlängden och har en riktning tvärs siktlinjen. Detta innebär att felet i nypunkterna varierar i både storlek och riktning beroende av siktlinjen. Med anledning härav bör orienteringen utföras med överbestämning/kontroll.

Vid val av bakåtojekt bör så långa siktlängder som möjligt eftersträvas.

Detta krävs för att minimera centreringsfels (samt koordinatfels) inverkan på orienteringen. För högre noggrannhet i orienteringen kan man vid flera bakåtojekt beräkna ett (vägt) medeltal av de olika orienteringsbestämningarna. Vikten för en orienteringsbestämning brukar då sättas proportionell mot kvadraten på siktlängden.

Identifieringen av bakåtojekt bör kontrolleras genom att riktningsmätning görs mot två bakåtojekt, eller att riktnings- och längdmätning görs mot ett bakåtojekt.

Då kan motsvarande vinkel respektive avstånd beräknas ur kända koordinater och jämföras med mätt vinkel/längd.

Mätningarna på en station bör alltid avslutas med en upprepad inriktning mot ett bakåtojekt.

Däriigenom fås en grov kontroll på att ingenting hänt med instrumentets orientering under mätningens gång.

4.2 Fri station

Fri station är benämningen för vad som i andra sammanhang kallas "fri uppställning", "fri stationsetablering" etc. och innebär att instrumentets läge i plan och/eller höjd, samt orientering, bestäms genom mätning från en fritt vald uppställningspunkt. Vid planmätning krävs bestämning av instrumentets läge i plan samt orientering, medan höjdmätning kräver höjdbestämning av instrumentet.

Vid fri station uppnår man en högre regional noggrannhet i stationsetableringen än vid uppställning på "känd" punkt, eftersom den fria stationens läge interpoleras från flera omkringliggande brukspunkter med samma kvalitet som den "kända" punkten. På detta sätt får man mindre motsättningar mellan detaljer inmätta från två fria stationer än mellan detaljer inmätta från två kända punkter, i synnerhet då man vid de två fria stationerna använt samma referensobjekt.

4.2.1 Planbestämning

Planbestämning åstadkoms genom riktnings- och/eller längdmätningar mot kända punkter. För bestämning av läge och orientering (tre obekanta) krävs minst tre mätningar, varav minst en riktningsmätning för orienteringen. Exempel på sådana stationsetableringsmetoder är inskärning, skärbindning och inbindning, se avsnitt 5.1 och bilaga A.

Gemensamt för dessa metoder är att de ej är överbestämda, dvs. kontroll på punktbestämningen saknas. De är inte ens entydiga, då vissa villkor måste förutsättas vara uppfyllda vid beräkningen.

En bra konfiguration minimerar påverkan på stationsetableringen vid förekomst av fel i mätningarna (gäller såväl tillfälliga som grova fel), men för att upptäcka och lokalisera grova fel krävs överbestämningar.

Vid en överbestämning finns möjlighet att upptäcka förekomsten av grova fel, men det är omöjligt att peka ut var felet är begånget. För lokalisering av grova fel krävs minst två överbestämningar, men ju fler överbestämningar man har, desto säkrare blir felsökningen. Fler överbestämningar ger dessutom högre noggrannhet i stationsetableringen även utan förekomst av grova fel.

För nöjaktig kontroll av stationsetablering vid fri station bör man ha en överbestämning per obekant.

Vid stationsetablering i plan har man tre obekanta, en x - och en y -koordinat, samt en orienteringskvantitet, vilket innebär att man bör ha tre överbestämningar. Detta erhålls exempelvis genom längd- och riktningsmätning mot tre kända punkter (sex mätningar).

Fri station med nöjaktig kontroll kan ur noggrannhetssynpunkt jämföras med de punkter mot vilka inmätningen gjorts. En sådan stationspunkt är således likställd med de brukspunkter som använts vid bestämningen.

Fri station utan överbestämningar kan, som tidigare nämnts, anses ha samma status som piképunkt och bör således förekomma endast i undantagsfall. I sådana fall bör någon form av indirekt kontroll utföras, t.ex. inmätning av s.k. kontrollpunkter från flera stationer (se avsnitt 4.3).

Fri station bygger på traditionella metoder. Nya beräkningshjälpmedel har emellertid gjort det möjligt att utnyttja fri station på ett rationellt sätt, då såväl beräkning som kontroll kan ske direkt i fält. Metoden möjliggör även att stationspunkten kan väljas på lämpligaste plats både med avseende på stationsetableringens konfiguration och planerade detaljmätningar. En fördel ur noggrannhetssynpunkt är att man eliminerar felkällor som annars uppkommer vid centrering.

De beräkningsmetoder som finns för bestämning av stationspunkt med överbestämningar kan delas in i tre huvudkategorier, nämligen:

- medeltalsberäkning
- koordinattransformation
- sträng utjämning enligt mk-metoden.

Medeltalsberäkning innebär att medeltal bildas av de olika fall av inskränning, inbindning och skärbindning etc. som mätdata tillåter. Nackdelarna med denna metod är att den är känslig för dåliga konfigurationer i enskilda fall, samt att det är svårt att upptäcka och lokalisera grova fel. Fördelen med metoden är att den inte kräver stor beräkningskapacitet.

Koordinattransformation innebär bestämning av stationspunkten genom koordinattransformation och kräver att både riktning och längd är mätta mot samtliga objekt. Detta är nödvändigt för att

kunna beräkna koordinater på objekten i ett lokalt system som sedan kan transformeras.

En nackdel med denna metod är att man inte, utan besvär, kan orientera instrumentet genom mätning mot t.ex. kyrkspira, då längdmätning i sådana fall kan vara problematisk att utföra. Vidare finns ej möjlighet att vikta enskilda mätningar.

Fördelar är att statistisk felsökning kan utföras vid minst tre överbestämningar, vilket möjliggör detektering och lokalisering av grova fel. Metoden kräver inte särskilt stor datorkapacitet.

Vid beräkning av fri station genom koordinattransformation bör unitär transformation (3-parameterstransformation) användas.

Vid Helmerttransformation (4 parametrar), där även skalfaktorn bestäms, kan grova fel bli mycket svåra att upptäcka.

Sträng utjämnning är den metod som vanligen ger bästa resultat och största valfrihet vad gäller kombinationer av riktningar och längder vid inmätningen. Även denna metod möjliggör statistisk felkontroll för detektering/lokalisering av grova fel. En ytterligare fördel är att enskilda mätningar kan viktsättas. Metoden kräver dock större datorkapacitet än övriga metoder. Se vidare beräkningsexempel i bilaga D.

4.2.2 Höjdbestämning

Höjdbestämningen av stationspunkten (instrumentet) erhålls genom trigonometrisk mätning av höjdskillnader till kända brukspunkter i höjd.

Om avståndet mellan den fria stationen och utgångsobjektet är känt krävs endast mätning av vertikalvinkel för bestämning av höjdskillnaden. Observera att det då ej är avståndet i projektiionsplanet som skall användas. Detta medför att projektiionskorrektion och höjdreduktion bör elimineras från avstånd beräknade ur plana koordinater. Inverkan på höjdskillnaden från dessa "fel" i avståndet kan emellertid anses försumbar, så länge man använder sig av koordinater i ett lokalt system. Befinner man sig långt från medelmeridianen måste dock dessa korrektioner elimineras. Se diagram 2.1 beträffande korrektionernas storlek.

Har man inte tillgång till avståndet måste även lutande längd mätas till objektet.

Vid långa siktlängder (> 300 m) är refraktionen den begränsande faktorn för noggrannheten i höjdbestämningen. Refraktionen varierar beroende på temperatur-, sol- och vindförhållanden samt siktlinjens höjd över markytan. Till stor del kan refraktionens inverkan reduceras genom *korresponderande mätning* (samtida mätning i båda riktningarna), vilket även eliminerar jordkrökningens inverkan. Korresponderande mätning är dock sällan praktiskt genomförbar vid fri station. Siktlängder > 300 m bör då undvikas och en standardkorrektion för jordkrökning och refraktion appliceras.

Vid beräkning av trigonometrisk höjdmätning skall hänsyn tas till inverkan från jordkrökning och refraktion.

Felet i höjdskillnaden på grund av dessa båda faktorer är proportionellt mot kvadraten på det horisontella avståndet och de två faktorerna motverkar normalt varandra. Formel för beräkning finns i bilaga C. Storleken av en standardkorrektion framgår av tabell 5.10.

Vid fler utgångsobjekt erhålls överbestämningar (en per objekt). Instrumentets höjd kan då beräknas genom medeltalsbildning, viktad eller ej. En funktion finns framtagen för vikten för trigonometriskt mätta höjdskillnader, se bilaga C.

Vid korta siktlängder (< 100 m) är det mätning av signalthöjder som är den begränsande faktorn för noggrannheten i höjdbestämningen. En bättre höjdbestämning kan i sådana fall uppnås genom direkt mätning mot en avvägningsstång placerad på en höjdbestämd punkt, genom att använda instrumentet som ett avvägningsinstrument och då läsa av stängen i båda cirkellägena – för att kompensera ett eventuellt kollimationsfel i instrumentet.

Vid detaljmätning i höjd finns egentligen aldrig något skäl att ställa upp centriskt över en känd punkt, utan höjdbestämningen av instrumentet underlättas snarare av en excentrisk uppställning (fri station). På detta sätt undviks den felkälla som härrör från mätningen av instrumenthöjd.

4.2.3 Analysmetoder

De storheter som traditionellt har analyserats vid noggrannhetskontroll och felsökning är förbättringar, grundmedelfel samt punktmedelfel. Det har dock visat sig att denna analys ofta varit otillräcklig för detektering och, framför allt, lokalisering av grova fel i samband med bestämning av en fri station.

Det är mätningarnas förmåga att kontrollera varandra som styr förbättringarnas fördelning. I vilken grad en mätning kontrolleras av andra mätningar brukar kallas *redundans*, ett tal mellan 0 och 1, som talar om hur stor del av ett fel i mätningen som korrigeras genom förbättring. Resten av felet påverkar punktbestämningen och orienteringen.

Summan av alla mätningars redundanser är lika med totala antalet överbestämningar. Den genomsnittliga redundansen i stationsetableringen kan därför enkelt beräknas genom att dividera antalet överbestämningar (\ddot{o}) med det totala antalet mätningar (n). Detta s.k. *kontrollerbarhetstal* (k-tal) kan alltså skrivas

$$k = \frac{\ddot{o}}{n}$$

och bör vid planmätning vara ca 0.5, vilket är fallet om man har en överbestämning per obekant.

En bättre kontroll fås om man relaterar förbättringarnas storlek till redundansen och motsvarande a priori-medelfel i stället för att studera förbättringens absoluta storlek. Om man dividerar varje mätnings förbättring (v) med a priori-medelfelet (σ) och roten ur kontrollerbarhetstalet (k-tal) fås en testkvot (t) som kan skrivas

$$t = \frac{|v|}{\sigma\sqrt{k}}$$

Mätningen med den största kvoten bör kontrolleras om denna kvot är större än två ($t > 2$), vilket är i analogi med 2-sigma-principen enligt avsnitt 2.2.

Ett bättre test erhålls naturligtvis om man har tillgång till varje enskild mätnings redundans i stället för den genomsnittliga redundansen. De testkvoter som då erhålls benämns *standardiserade förbättringar* och hanteras på samma sätt som storheten t ovan. En förutsättning för att felsökningen skall fungera är också att man har minst två överbestämningar.

En första indikation på om grova fel finns i materialet fås av grundmedelfelet. Om detta skiljer sig avsevärt från ett (1) är det

antingen ett tecken på felaktig viktsättning (dålig uppskattning av a priori-medelfel), eller en indikation på grova fel. Det senare kan misstänkas vid onormalt stort grundmedelfel.

Ovanstående analysmetoder kan användas vid både plan- och höjdbestämmningen, men beroende på att dessa system är fysiskt helt skilda från varandra bör tester och analyser ske separat i plan och höjd. Enligt ovan krävs minst två överbestämningar för att ha en möjlighet att kontrollera mätningarna. Eftersom man vid stationsetablering i höjd endast har en obekant bör således kontrollerbarhetstalet här vara minst $2/3$ (0.67).

Denna test av förbättringar förordas men vanligen räcker det med den analys av medelfelen i plan och höjd efter utjämning som beskrivs i det följande.

Noggrannhetskraven för en fri station i plan och höjd måste ställas i relation till det aktuella bruksnätets kvalitet. Den fria stationens punktmedelfel och medelfelet i utjämnad höjd bör inte överskrida medelfelen i brukspunkterna. Nedanstående gränsvärden grundas på en mätmetodik enligt ovan, samt att avståndet till brukspunkterna inte överskrider något hundratal meter (100 - 200 m).

Vid inmätning av fri station mot ett konventionellt bruksnät bör ommätning ske om följande toleranser överskrids:

beräknat punktmedelfel:	max 14 mm
medelfel i utjämnad höjd:	max 10 mm

Vid inmätning av fri station mot ett lokalt geodetiskt nät med hög intern noggrannhet, t.ex. ett primärnät på byggplats, bör ommätning ske om följande toleranser överskrids:

beräknat punktmedelfel:	max 7 mm
medelfel i utjämnad höjd:	max 5 mm

Beräkning av punktmedelfelet förutsätter sträng utjämning. För medeltalsberäkning finns ingen relevant motsvarighet, men för planbestämning av fri station med hjälp av koordinattransformation kan jämförbara toleranser för grundmedelfelet vid inpassningen ställas upp.

Vid beräkning av fri station i plan med koordinattransformation bör ommätning ske om grundmedelfelet överskrider följande toleranser:

konventionellt bruksnät:	max $10\sqrt{n}$ mm
primärnät:	max $5\sqrt{n}$ mm

där n är antalet utgångspunkter (objekt).

Toleranserna i höjd påverkas ej eftersom höjdbestämningen sker separat, på samma sätt som vid sträng utjämning.

Dessa krav får naturligtvis även ställas i relation till de noggrannhetskrav man har på detaljpunkterna. Vid väldefinierade objekt, som exempelvis gränspunkter, bör krav enligt ovan gälla, medan inmätning av t.ex. en strandlinje ej ställer så höga krav på stationsetableringen.

4.2.4 Sammanfattning – råd vid fri station

- Överbestämmd fri station med god konfiguration är vanligen att föredra framför uppställning på en känd punkt.
- För att erhålla en god konfiguration vid inmätning i planet bör utgångsobjekten om möjligt vara jämnt fördelade kring stationspunkten. På detta sätt undviker man också att stationspunkten hamnar på den "farliga cirkeln". Vid enbart riktningsmätning bör spetsiga vinklar undvikas.
- En dålig konfiguration bör kompenseras genom mätning mot ytterligare objekt. Riktningsmätning stabiliserar punktbestämningen i tvärled och längdmätning i längsled.
- Vid osäkerhet om noggrannheten i stationstableringen kan det vara lämpligt att göra en extra kontroll genom att mäta och beräkna riktning och/eller längd mot ett objekt som inte använts som utgångsobjekt.
- Orientera helst instrumentet genom att mäta referensriktning mot avlägsna referensobjekt. Ibland kan det vara en fördel att först bestämma läget och sedan orienteringen.
- Vid höjdbestämning kan man vid korta siktlängder öka noggrannheten genom direkt mätning mot avvägningsstång.

- Trigonometrisk höjdmätning är osäker vid långa siktlängder (> 300 m).
- Vid planmätning bör en överbestämning per obekant eftersträvas. Detta erhålls vid mätning av längd och riktning mot tre utgångsobjekt.
- Vid höjdmätning bör två överbestämningar per obekant eftersträvas. Detta erhålls vid mätning av höjdskillnader mot tre utgångsobjekt.
- Använd helst en beräkningsmetod med utjämning och statistisk felsökning, så att grova fel kan detekteras och lokaliseras. Lokaliseringen kräver då att man, som angetts i de två föregående styckena, har minst två överbestämningar.
- Markera den fria stationen tillfälligt om beräkningsmetoden i fält är bristfällig. Det möjliggör kompletterande mätning/kontroll om fel upptäcks i en senare beräkning.
- Avsluta alltid mätningarna på en station med en upprepad inriktning mot ett bakåtoobjekt – en grov kontroll på att ingenting hänt med instrumentets orientering under pågående mätning.

4.3 Piképunkt

Med piképunkt brukar avses enstaka brukspunkt bestämd genom polär metod. Piképunkt får dock snarare anses som en form av hjälppunkt, som läggs ut och används som stationspunkt då ingen lämplig befintlig brukspunkt finns att tillgå och då överbestämd fri station är omöjlig att etablera. Begreppet piképunkt kan därmed anses gälla även för övriga punktbestämningsmetoder, som ej uppfyller de krav på överbestämningar som angetts för fri station.

En piképunkt kan sägas vara en excentrisk punkt. Därför bör man sträva efter att minimera de excentriska måtten för att på detta sätt bibehålla så mycket som möjligt av bruksnätets noggrannhet.

Grovt uttryckt är piképunktens noggrannhet sämre än bruksnätets. Dock måste naturligtvis dess kvalitet vara tillräcklig för att erhålla en godtagbar noggrannhet i den efterföljande detaljmätningen.

Piképunkter, och andra icke överbestämda stationspunkter, bör kontrolleras genom en oberoende kontrollmätning – i plan och/eller höjd, beroende på den tänkta användningen.

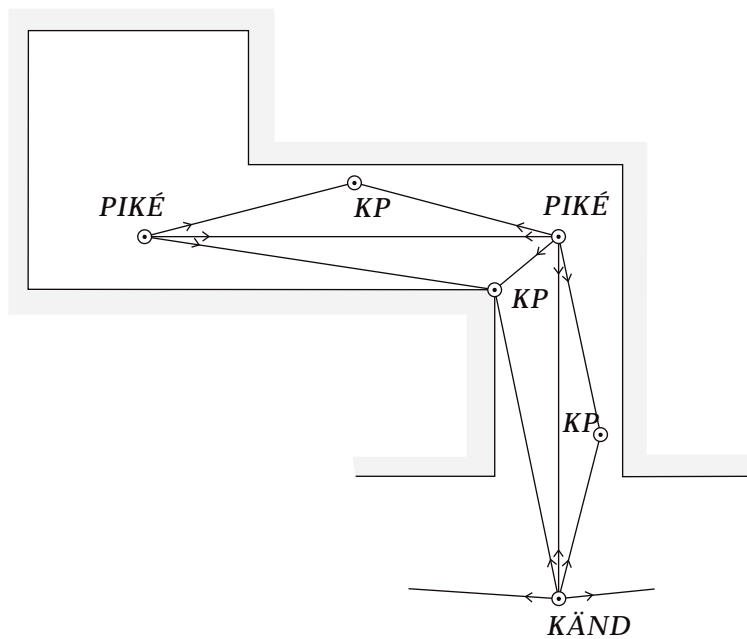
En indirekt kontroll av en piképunkt fås om man från denna mäter in en brukspunkt förutom den från vilken pikén är utlagd. En annan möjlighet är att från pikén mäta in minst en väldefinierad detalj som kontrollpunkt. Piképunkten kontrolleras sedan genom inmätning av kontrollpunkten/-punkterna även från en brukspunkt.

Piképunkt bör normalt ej följa på piképunkt utan att dessa sammanbinds i detaljtåg och ansluts till en annan brukspunkt än utgångspunkten. Om terrängen eller bebyggelsen omöjliggör sådan anslutning kan dock korta tåg med högst två piképunkter mätas "flygande", dvs. utan anslutning i sista punkten. Tvångscentrering bör då användas och piképunkterna bör kontrolleras genom inmätning av dubbla kontrollpunkter.

Principen för ett flygande tåg med två piképunkter och kontrollpunkter åskådliggörs i figur 4.1.

Avvikelsen mellan olika bestämningar av en kontrollpunkt, eller vid kontrollinmätning av brukspunkt från en piképunkt, bör ej överstiga 20 mm (radiellt) i plan och 10 mm i höjd.

Detta gäller generellt. Kontrollen vid bestämning av piképunkter måste dock ställas i relation till den efterföljande mätningens ändamål.



Figur 4.1. Exempel på "flygande" tåg med dubbla kontrollpunkter (KP).

5 INMÄTNING OCH UTSÄTTNING

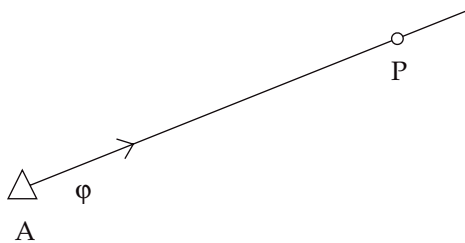
I detta avsnitt redogörs för de olika punktbestämningsmetoder som kan användas vid detaljmätning. Metoderna beskrivs först var för sig med avseende på plan- respektive höjdmätning (avsnitt 5.1 – 5.2), därefter beskrivs hur de kan kombineras (avsnitt 5.3). En sammanställning av metoderna återfinns i bilaga A. Beräkningsformler redovisas i bilaga C.

Praktiska tillämpningar beskrivs i de avsnitt som behandlar tillämpad inmätning och utsättning (avsnitt 5.4 – 5.5). Här behandlas också planering av mättningsarbetet.

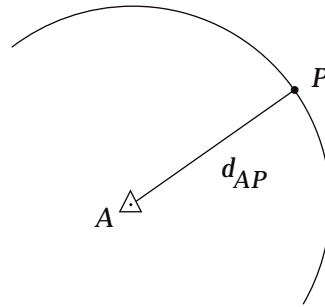
En kortfattad beskrivning av GPS- och tröghetsteknik i detaljmätningssammanhang finns i avsnitt 5.6 respektive 5.7.

5.1 Mätmetoder i plan

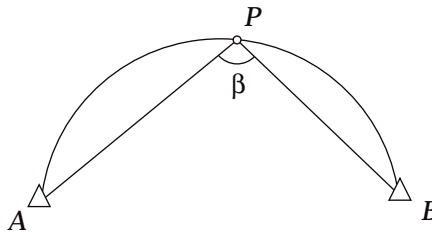
Det finns sex elementära planmättningsmetoder (punktbestämningsmetoder). De kan beskrivas som olika kombinationer av tre typer av observationer, nämligen:



- Orienterad riktning, som bestäms genom riktningsmätning i känd punkt med referens i annan känd punkt. Den sökta punkten ligger på en rät linje.



- Avstånd, där den sökta punkten ligger på en cirkel med centrum i den kända punkten och med en mätt längd som radie.



- Vinkel, som bestäms genom vinkelmätning i den sökta punkten mot två kända punkter. Den sökta punkten ligger på en cirkelbåge genom APB.

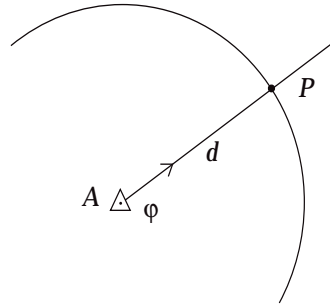
För de olika planmättningsmetoderna anges nedan punktmedelfel för olika avstånd. Dessa baseras mera på praktiska erfarenheter än på teoretiska beräkningar. De förutsätter någorlunda gynnsam geometri, och att inga centreringsfel eller fel i utgångspunkterna finns.

5.1.1 Polär metod

Den polära metoden är den idag mest använda, för såväl inmätning som utsättning. Speciellt vid utnyttjande av totalstation (eller teodolit kombinerad med ett EDM-instrument) är metoden enkel, snabb och tillförlitlig.

Rent geometriskt kan den polära metoden ses som skärningen mellan en rät linje och en cirkel med given radie. Se figur 5.1.

Eftersom skärningen mellan linjen och cirkeln alltid sker under rät vinkel, finns det inga ogynnsamma geometriska fall vid användning av den polära metoden.



Figur 5.1. Polär metod. Den sökta punkten bestäms av skärningen mellan en rät linje och en cirkel med given radie.

I praktiken sker lägesbestämningen av den sökta punkten genom mätning av längd och riktning från en tidigare lägesbestämd punkt. För beräkning av horisontell längd krävs dessutom att en vertikalvinkel mäts.

Vid polär mätning behövs också riktningsmätning mot ett referensobjekt. Denna riktning används för att beräkna instrumentets orientering, se avsnitt 4.1.

Polär utsättning kräver att de punkter som skall sättas ut är koordinatbestämda så att utsättningsdata kan beräknas. Utsättningsdata består av en orienterad riktning från aktuell stationspunkt mot ett referensobjekt, samt orienterade riktningar och avstånd mellan stationspunkten och samtliga punkter som skall sättas ut. Punkterna sätts ut genom att deras polära data mäts ut på marken.

Noggrannheten vid polär mätning framgår av tabell 5.1.

Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
10	5
50	7
100	10

Tabell 5.1. Punktmedelfel vid polär mätning.

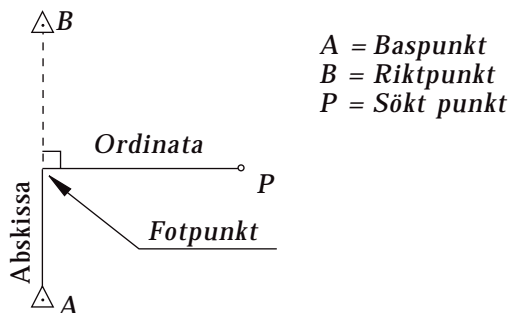
Anmärkning: Centreringsfel för instrument och signaler, samt fel i utgångspunkter, tillkommer.

5.1.2 Ortogonal metod

Den ortogonala metoden har hittills varit en mycket vanlig metod, speciellt vid mätning på byggsplats där måttsättnings-systemet utgörs av ett linjesystem, varifrån måtten utgår vinkelrätt (ortogonalt). Metoden möjliggör mätning med enkel utrustning såsom mätband och vinkelprisma. För att erhålla noggranna resultat måste mätningen göras med totalstation (eller teodolit kombinerad med EDM-instrument) från fotpunkten. Detta är dock tidsödande och praktiseras därför sällan.

Det är med enkla redskap som metoden är mest utnyttjad. Den är då användbar för inmätning och utsättning av punkter där noggrannhetskraven är låga. Den ortogonala metoden kan också utföras med enbart mätband, till exempel vid rundmätning av hus, där man kan förutsätta räta vinklar.

Geometriskt kan den ortogonala metoden ses som två på varandra följande polära mätningar, se figur 5.2.



Figur 5.2. Ortogonal metod. Den sökta punkten bestäms genom två på varandra följande polära mätningar.

Vid användande av denna metod utgår man från en *baslinje*, som går från en känd *baspunkt* mot en känd *riktpunkt*. De sökta punkternas lägen bestäms sedan av två horisontella avstånd, det ena längs baslinjen och det andra vinkelrätt mot densamma. Mått längs baslinjen benämns *abskissa* eller *längdmått* och mått tvärs baslinjen kallas *ordinata* eller *tvärmått*.

Positiv ordinata har riktning åt höger och negativ ordinata har riktning åt vänster från baslinjen. Abskissan är positiv mot riktpunkten. *Fotpunkten* är belägen i skärningen mellan baslinjen och den linje som definieras av ordinatan.

Med användning av mätband och vinkelprisma kan man förvänta sig ett punktmedelfel för denna metod enligt tabell 5.2.

Avstånd		Punktmedelfel (mm)
Absskissa	Ordinata (m)	
10	10	50
20	20	100

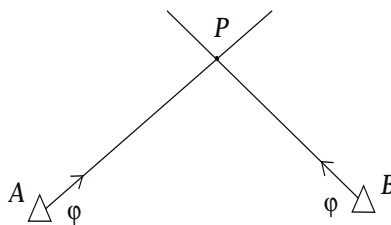
Tabell 5.2. Punktmedelfel vid ortogonal mätning med mätband och vinkelprisma.

Anmärkning: Avser plan terräng.

5.1.3 Avskärning

Avskärning bygger på riktningsmätning. Det är en metod vars betydelse minskat i och med utvecklingen av totalstationen. Metoden är dock användbar där längdmätning är svår eller omöjlig att genomföra. För avskärning i samband med inmätning krävs en teodolit, men vid utsättning behövs två teodoliter och samtidig mätning för att metoden skall bli rationell.

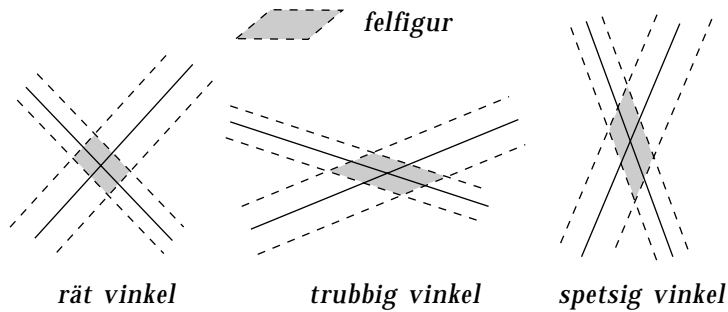
Geometriskt kan avskärning ses som skärningen mellan två rätta linjer. Se figur 5.3.



Figur 5.3. Avskärning. Den sökta punkten bestäms av skärningen mellan två linjer.

För bästa geometri bör linjerna skära varandra under rät vinkel. I praktiken eftersträvar man att hålla toppvinkeln vid punkten P inom intervallet 70 - 130 gon.

Fel i riktningsmätningen får större effekt vid trubbiga eller spetsiga vinklar. Detta åskådliggörs av felfigurena i figur 5.4.



Figur 5.4. Felfigurer för rät, trubbig och spetsig vinkel mellan de två skärande linjerna vid avskärning.

Inom relativt korta avstånd är avskärning en mycket noggrann metod. Metoden är därför lämplig vid industrimätning, t.ex. i samband med utsättning eller kontroll av maskinmontage. Avskärning används också för mätning av deformationer. Detta gäller framför allt där punkterna är svåra att komma åt, exempelvis på höga skorstenar eller dammkrön.

Vid noggrann avskärning bör riktningsmätningen utföras i helsats, och från minst tre stationspunkter med bra konfiguration.

Genom satsmätning elimineras instrumentfelen och genom överbestämning finns möjlighet att bedöma noggrannheten i resultatet.

Noggrannheten vid avskärning framgår av tabell 5.3. Avstånd avser nypunkt – kända punkter.

Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
20	1
50	3
100	5

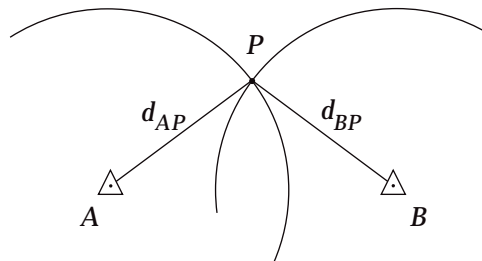
Tabell 5.3. Punktmedelfel vid avskärning, med bra konfiguration.

Anmärkning: Centreringsfel för instrument och signal, samt fel i utgångspunkter, tillkommer.

5.1.4 Inbindning

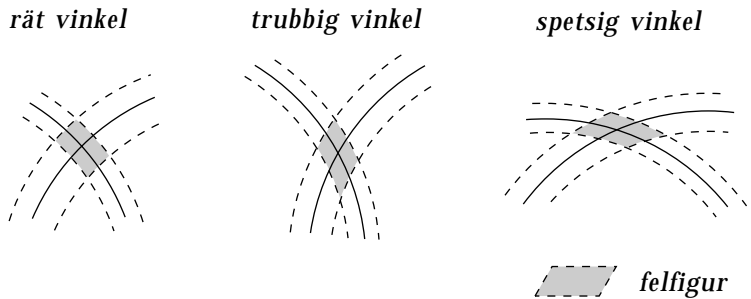
Inbindning är en metod där enbart längdmätning utnyttjas. En fördel med metoden är därför att enkla redskap som mätband kan användas.

Geometriskt kan inbindning ses som skärningen mellan två cirklar med givna radier. Se figur 5.5.



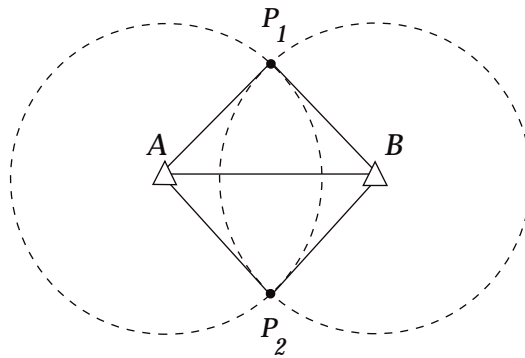
Figur 5.5. Inbindning. Den sökta punkten bestäms av skärningen mellan två cirklar med givna radier.

Noggrannheten vid inbindning bestäms av skärningsvinkeln mellan måttlinjerna samt den noggrannhet varmed måtten kan mätas. Skärningsvinkeln bör vara inom intervallet 70 - 130 gon. Trubbig eller spetsig vinkel ökar effekten av mätfel, se figur 5.6.



Figur 5.6. Felfigurer för rät, trubbig och spetsig vinkel mellan de två måttlinjerna vid inbindning.

Inbindning innebär att den sökta punktens planläge bestäms genom längdmätning mellan denna punkt och två kända punkter. Det finns då två lösningar, se figur 5.7. Punkten P kan ligga till vänster eller till höger om linjen $A - B$. Därför måste man också ange vilken lösning som avses, eller överbestämma mätningen med längd mot ytterligare en känd punkt.



Figur 5.7. Två möjliga skärningspunkter vid inbindning, till vänster resp höger om linjen $A - B$.

I de fall mätband används, och speciellt när underlaget är lutande, ger metoden begränsad noggrannhet. Vid plant underlag och med korta mått kan dock metoden ge bra resultat.

Noggrannheten vid inbindning framgår av tabell 5.4. Avstånd avser nypunkt – kända punkter.

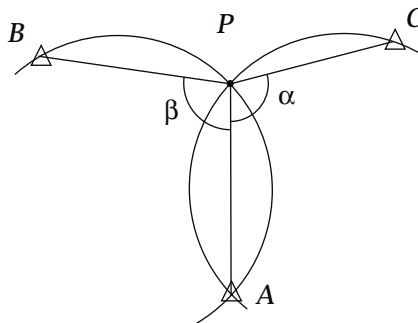
Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
10	10
20	15
50	25

Tabell 5.4. Punktmedelfel vid inbindning med mätband, plant underlag och en god konfiguration.

Anmärkning: Fel i utgångspunkter tillkommer.

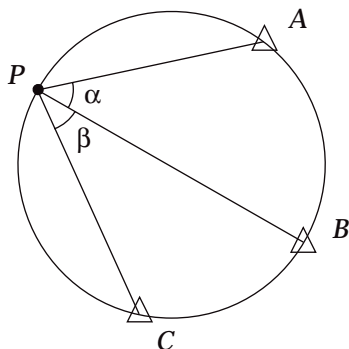
5.1.5 Inskärning

Inskärning bygger på riktningsmätning i den sökta punkten. Geometriskt kan metoden ses som skärningen mellan två cirklar. Se figur 5.8.



Figur 5.8. Inskärning. Den sökta punkten bestäms av skärningen mellan två cirklar.

För att erhålla bästa konfiguration, och därigenom bästa noggrannhet, bör skärningen mellan cirkelbågarna vara nära rät vinkel. Vid riktigt dålig konfiguration kan den sökta punkten och referensobjekten hamna på en och samma cirkel, den så kallade "farliga cirkeln", se figur 5.9. I detta fall finns ingen lösning.



Figur 5.9. Inskärning – den "farliga cirkeln".

För att undvika att hamna på den farliga cirkeln bör man se till att referensobjekten ligger jämnt fördelade kring nypunkten.

Lägesbestämningen av den sökta punkten sker genom riktningmätning från denna mot minst tre kända punkter. För kontroll krävs emellertid mätning mot minst fyra punkter, vilket gör att mätningen blir överbestämd.

Noggrannheten vid inskränning framgår av tabell 5.5. Avstånd avser ny punkt – kända punkter.

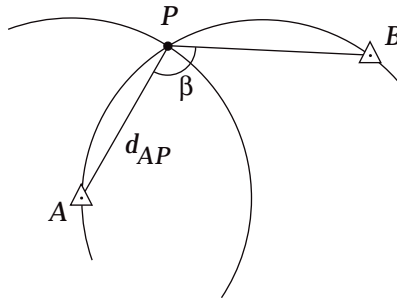
Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
10	3
50	4
100	6

Tabell 5.5. Punktmedelfel vid inskränning, med bra konfiguration.

Anmärkning: Centreringsfel för signaler, samt fel i utgångspunkter, tillkommer.

5.1.6 Skärbindning

Geometriskt kan en skärbindning ses som skärningen mellan två cirklar. Den ena cirkeln bestäms genom ett avstånd, den andra av en vinkel, se figur 5.10.



Figur 5.10. Skärbindning. Den sökta punkten bestäms av skärningen mellan två cirklar.

Lägesbestämningen av den sökta punkten sker genom riktningmätning från denna mot två kända punkter samt mätning av längd mot en av dessa.

Om den mätta längden (d_{AP}) är längre än avståndet mellan de kända punkterna (d_{AB}) finns det två lösningar (två skärningspunkter). En entydig lösning, och en fördelaktigare konfiguration, erhålls om man alltid mäter längden till den närmaste kända punkten ($d_{AP} < d_{BP}$).

Det är lämpligt att även mäta den andra längden, för att därigenom erhålla en kontroll på mätningen. Man kan då med hjälp av cosinusteometet och mätta data beräkna avståndet mellan de kända punkterna och jämföra detta med det ur koordinaterna för dessa punkter beräknade avståndet.

Noggrannheten vid skärbindning framgår av tabell 5.6. Avstånd avser nypunkt – kända punkter.

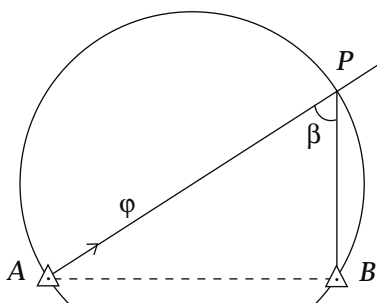
Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
10	5
50	10
100	15

Tabell 5.6. Punktmedelfel vid skärbindning med längdmätning mot båda bakåtobjekten.

Anmärkning: Centeringsfel för signaler, samt fel i utgångspunkter, tillkommer.

5.1.7 Sidoskärning

Sidoskärning är en ovanlig metod. Geometriskt kan den ses som skärningen mellan en rät linje och en cirkel. Den rätta linjen ges av en riktning och cirkeln av en vinkel, se figur 5.11.



Figur 5.11. Sidoskärning. Den sökta punkten bestäms som skärningen mellan en rät linje och en cirkel.

Punktbestämning med sidoskärning görs genom riktningsmätning från en känd punkt mot den sökta punkten, samt en vinkelmätning i den sökta punkten mellan den kända punkten och ytterligare en känd punkt. Bästa konfiguration erhålls då den tänkta vinkeln i punkt B är rät, eftersom linjen AP då skär cirkeln under rät vinkel, se figur 5.11.

Noggrannheten vid sidoskärning framgår av tabell 5.7. Avstånd avser nypunkt – kända punkter.

Avstånd (m)	Punktmedelfel (mm)
20	2
50	5
100	10

Tabell 5.7. Punktmedelfel vid sidoskärning.

Anmärkning: Centeringsfel för instrument och signaler, samt fel i utgångspunkter, tillkommer.

5.2 Mätmetoder i höjd

5.2.1 Avvägning

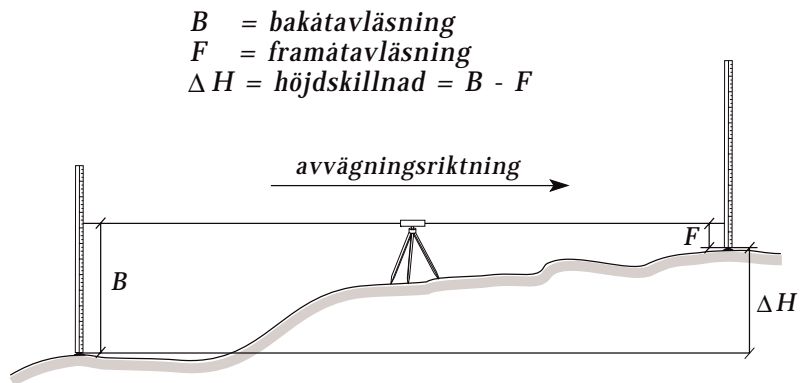
Nuvarande teknik för avvägning har sin grund i kikarens tillkomst. Kikaren försågs med ett vattenpass för dess horisontering och det blev därigenom möjligt att avläsa höjdskillnader på en graderad mätstång. Tekniken idag skiljer sig inte nämnvärt från detta klassiska sätt – förutom att den har förfinats så att den möjliggör mycket högre precision i mätningen. Med utvecklingen av självhorisonterande avvägningsinstrument förenklades handhavandet av instrumentet, samtidigt som mättiden kunde reduceras. Idag kan avvägning ske med elektronisk avläsning mot streckodsgraderad stång och beräkningar kan utföras i instrumentets inbyggda program.

Avvägning utförs som standard- eller finavvägning. Med *standardavvägning* görs avläsning direkt mot en centimetergraderad avvägningsstång, eventuellt med skattning av millimetrar.

Vid *finavvägning* används avvägningsinstrument med *planglasmikrometer* samt *invarstång*. Med planglasmikrometern kan strålgången parallellförflyttas, så att stångavläsningen kan göras på hel (halv) centimeter. Förflyttningen, i mm och delar därav, läses av på mikrometern, vilket ökar avläsningsnoggrannheten avsevärt. Invarstångens skala har låg längdutvidgningskoefficient, vilket ger ökad noggrannhet i avvägningen.

Inom bygg- och anläggningssektorn görs även avvägning med *plangivare*. Plangivaren är oftast ett instrument med en inbyggd självhorisontterande, roterande laser, och benämns då *byggglaser*. Instrumentet genererar ett horisontellt plan, men vissa modeller medger även inställning av lutande plan. Avläsningen kan göras direkt på en avvägningsstång, men som regel används en detektor som känner av laserstrålen. Numera används i allt högre grad infrarött ljus, som är osynligt och därför kräver avläsning med detektor.

Principen för avvägning framgår av figur 5.12.



Figur 5.12. Principen för avvägning.

Avvägning bör, om möjligt, utföras med mittuppställning av instrumentet.

Lika långa siktlängder bakåt och framåt eliminerar kollimationsfel och jordkrökningens inverkan samt reducerar inverkan av refraction, varför inga korrekationer behöver göras. Vid olika långa siktlängder är det speciellt viktigt att instrumentet är justerat med avseende på kollimationsfel.

Siktlängderna vid avvägning bör avstämmas mot den noggrannhet som eftersträvas.

Lämplig siktlängd vid standardavvägning är ca 60 m och vid finavvägning är ca 20 meter ett bra riktvärde, delvis beroende på kikarens förstoring.

Noggrannhet vid avvägning

Tabellerna 5.8 och 5.9 visar noggrannheten vid standard- respektive finavvägning och avser väldefinierade punkter. Fel i utgångspunkter tillkommer. Vid detaljmätning är det dock oftast möjligheten att definiera mätobjekten som sätter gränser för noggrannheten. Vid avvägning av t.ex. råmark finns ingen anledning att göra mm-avläsningar.

Siktlängd (m)	Medelfel i höjd (mm)
20	1
50	2
80	3

Tabell 5.8. Medelfel i höjd vid standardavvägning.

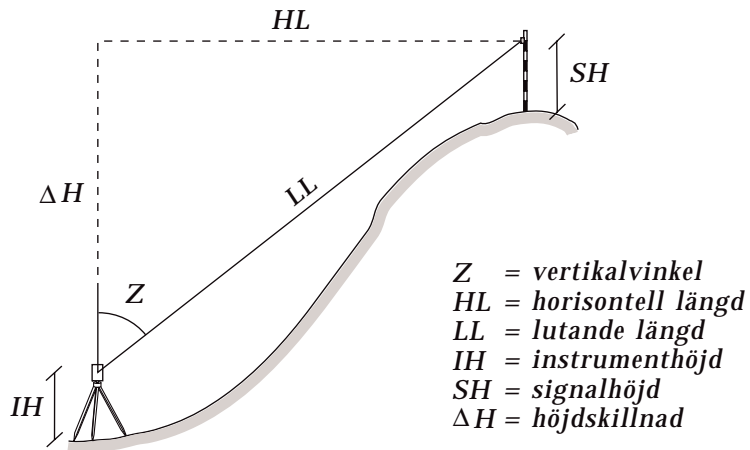
Siktlängd (m)	Medelfel i höjd (mm)
5	0.03
10	0.04
20	0.06

Tabell 5.9. Medelfel i höjd vid finavvägning, avläsning på 0.01 mm.

5.2.2 Trigonometrisk höjdmätning

Med totalstationer har trigonometrisk höjdmätning blivit enkel att utföra och därmed kommit att användas alltmer.

Trigonometrisk höjdmätning, se figur 5.13, kan i många fall ersätta avvägning, främst där terrängen är starkt kuperad.



Figur 5.13. Principen för trigonometrisk höjdmätning.

Lutande längd och vertikalvinkel samt instrument- och signalhöjder mäts vanligtvis. Vid fri station mäts inte instrumenthöjd, varigenom en felkälla undviks. Se även avsnitt 4.2.2.

Jordkrökning och refraction

Eftersom mätta höjdskillnader utgår från ett tangentplan till jorden, måste även jordytans krökning tas med vid beräkningen.

Refractionen beror på att siktlinjen passerar luftlager med olika täthet och därigenom bryts. Refraktionskoefficienten (k) är ett mått på refractionens storlek och antas normalt variera mellan 0.08 och 0.20. Vanligen används värdet 0.14 (standardkorrektion).

Vid beräkning av trigonometrisk höjdmätning skall hänsyn tas till inverkan från jordkrökning och refraction.

Felet i höjdskillnaden på grund av dessa båda faktorer är proportionellt mot kvadraten på det horisontella avståndet och de två faktorerna motverkar normalt varandra. Formel för beräkning finns i bilaga C. Storleken av en standardkorrektion framgår av tabell 5.10.

Horisontellt avstånd (m)	Korrektion (mm)
50	0.2
100	0.7
200	2.7
300	6.1

Tabell 5.10. Standardkorrektion för jordkrökning och refraktion vid olika siktlängder i samband med trigonometrisk höjdmätning ($k = 0.14$).

Totalstationer har ofta inbyggd korrektion för jordkrökning och refraktion vid beräkning av höjdskillnader. Observera att de inbyggda korrektionerna inte alltid är anpassade för svenska förhållanden.

Vid samtidig mätning från två stationer mot varandra, s.k. korresponderande mätning, kan refraktionens inverkan till stor del reduceras. Samtidigt elimineras jordkrökningens inverkan på höjdskillnaden. Behovet av korrektioner utgår därmed. Detta förfarande rekommenderas för noggranna mätningar.

Noggrannhet vid trigonometrisk höjdmätning

I tabell 5.11 redovisas noggrannheten vid trigonometrisk höjdmätning vid måttliga höjdskillnader.

Medelfel i vertikalvinkel 2 mgon.

Medelfel i avstånd 5 mm.

Siktlängd (m)	Medelfel i höjd (mm)
50	2
100	4
200	7

Tabell 5.11. Medelfel i höjd vid trigonometrisk höjdmätning.

Anmärkning: Fel i bestämning av instrumenthöjd och signalhöjd samt fel i utgångspunkter tillkommer.

5.3 Kombinerad mätning i plan och höjd

Bestämning av ett objekts läge i plan och höjd sker idag ganska enkelt med hjälp av totalstation. De flesta inmätningar och en betydande del utsättning för mark och anläggningar sker med kombinerad plan- och höjdmätning.

En kort historisk tillbakablick visar hur tekniken för kombinerad mätning har utvecklats.

Fram till 1950-talet utfördes mätning med distanstub kombinerad med avvägningsinstrument för sökning av nivåkurvor, eller takymetrering med teodolit och avvägningsstång.

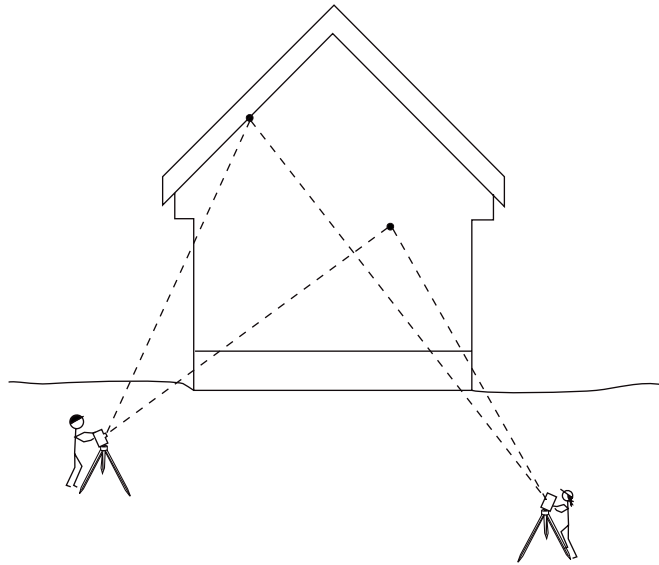
Fram till 1970-talet utfördes mätning med s.k. takymeter, där höjdskillnader direkt kunde erhållas i instrumentets skalor. Takymetern innebar en stor förenkling gentemot tidigare metoder. Den medförde dock inte någon ökad mätnoggrannhet.

Under 1970-talet kom EDM-instrument i allmänt bruk. Punkter kunde bestämmas i plan och höjd, dels med kombinationen teodolit/EDM-instrument, dels med de första totalstationerna, som ofta kallades elektroniska takymetrar.

Den metod som är den mest använda för samtidig mätning i plan och höjd är polärmätning i kombination med trigonometrisk höjdmätning. Den benämns fortfarande ofta takymetrering.

Även andra planmätningssmetoder kan kombineras med trigonometrisk höjdmätning. Om längden inte har mätts, beräknas avståndet mellan utgångspunkt och objekt. Genom mätning av vertikalvinkel bestäms höjdskillnaden.

I figur 5.14 visas avskärning vid punktbestämning i plan och höjd på en fasad. Detaljpunkterna "signaleras" med en laser-teodolit. Med denna och en annan teodolit mäts riktningar och vertikalvinklar. Metoden innebär s.k. "beröringsfri mätning".



Figur 5.14. Avskärning som kombinerad mätning.

5.4 Tillämpad inmätning

5.4.1 Förberedande åtgärder

Ett fungerande fältarbete kräver en väl utförd planering. Små inmätningssupdrag kan ofta planeras och utföras samtidigt, men vid större arbeten krävs planering i förväg.

En bedömning av kvalitet och täthet på befintligt stomnät bör göras. Börja med att studera den redovisning av stomnätsarbetet, som förhoppningsvis finns. Skaffa också fram erforderliga punktbeskrivningar. Ofta krävs dessutom en fältinventering för att kontrollera om stompunkterna finns kvar och att markeringarna inte är skadade.

Vid inventeringen är det lämpligt att också rekognosera för eventuell förtätning av stomnätet. I öppen terräng med någorlunda intakt stomnät kan fri station med fördel utnyttjas. I områden med begränsade siktmöjligheter och/eller raserat stomnät, behöver sannolikt bruksnätet kompletteras. Samråd då med stomnätets huvudman, se avsnitt 3.4.

Val av teknik och metoder bör göras i ett tidigt skede. Det påverkar bedömningen av stornätets täthet. Ta reda på vilka kvalitetskrav som ställs på inmätningen och välj teknik/metodik därefter. Befintlig mät- och beräkningsutrustning är delvis styrande, men nyanskaffning/uppgradering kan bli lönsam genom rationellare mätning och mätdatahantering.

Före fältarbetet måste beställare och utförare klara ut ambitionsnivån vad avser detaljnehållet. Vilka objekt skall mätas in? Hur skall de klassificeras och kodas? Vilka övriga uppgifter (attribut) skall samlas in? Upprätta gärna en checklista som stöd för fältarbetet. Ambitionsnivån för hur objekten definieras rent geometriskt bör också klaras ut. I bilaga E finns stöd för detta.

Omfattningen av den egenkontroll som skall ske bör fastläggas i förväg. Se vidare avsnitt 6.2.

Val av dokumentationsmetod ingår också i förberedelserna. Skall traditionella mätprotokoll eller fältminne/fältdator användas? Skall ritinformation (underlag för kartuppbyggnad) dokumenteras på mätskisser eller digitalt? Vilket filformat skall användas? Det är tillgång till utrustning och möjligheter/begränsningar i det system där mätdata skall bearbetas som är styrande. Se även avsnitt 7.

Om markering och/eller siktröjning skall göras, bör erforderliga markägarkontakter tas i förväg. Beträffande val av markeringstyper etc. finns stöd i HMK-Ge:M.

5.4.2 Tillämpningar

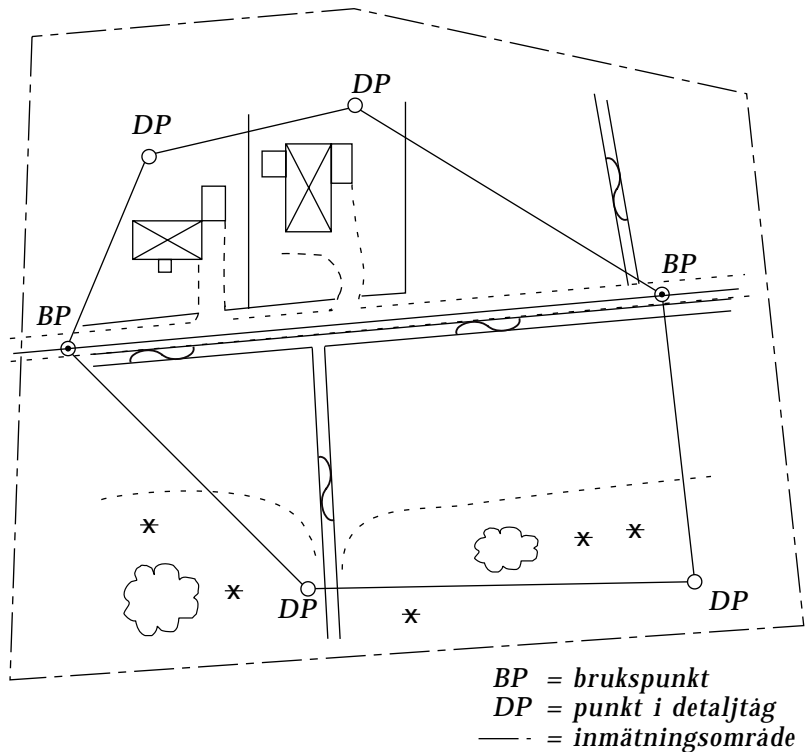
Nedan visas hur olika metoder kan användas i ett antal inmätningssammanhang. Vid den praktiska tillämpningen är det mycket vanligt att de olika mätmetoderna kombineras, ofta i flera steg. Genom instrumentens utformning och inbyggda program upplevs dock mätningen som en enda metod.

Underlag för kartframställning/kartkomplettering

Geodetisk detaljmätning används nästan undantagslöst vid nyframställning av kartor över mindre områden, samt för komplettering vid fotogrammetrisk framställning. Kompletteringen kan då t.ex. avse täta skogspartier, där fotogrammetrisk detaljmätning ej varit möjlig. En annan form av komplettering är ajourhållning, dvs. uppdatering av befintlig karta på grund av förändringar i samband med byggande etc.

Av stor vikt är planering av de hjälppunkter som kan behövas för inmätningen om befintligt bruksnät och fri station inte räcker till. Hjälppunkterna (punkter i detaljtåg, piképunkter) bör ge en så god täckning att flertalet objekt kan mätas in polärt. Det är dock inte rationellt att skapa hjälppunkter så att varje enstaka detalj kan nås med polär mätning.

Figur 5.15 visar hur detaljtåg placerats och anslutits till befintligt bruksnät i samband med ett mindre kartkompletteringsuppdrag.



Figur 5.15. Detaljtåg för kartkomplettering.

Detaljtåget mäts med fördel i samband med detaljmätningen. På varje stationspunkt mäts först riktningar och längder för detaljtåget. Mätmetodikerna för stommätning (satsmätning etc.) bör följas, se HMK-Ge:S. Därefter görs detaljmätningen, dvs. inmätning av kartobjekten. Dokumentationen bör dock separera-

ras i olika protokoll eller olika mäldatafiler, eftersom beräkningarna vanligtvis hanteras var för sig.

Vid detaljmätningen bör man ha tillgång till en teleskopisk prismastav, så att lägre sikthinder (häckar, bilar etc.) inte försvårar mätningen. Högre signalhöjder ger dock större centreringsfel, som måste ställas i relation till noggrannhetskraven. En väl fungerande radiokommunikation mellan observatör och prismabärare är också värdefull. Fel i typkodning och signalhöjder kan då undvikas.

I samband med byte av stationspunkt görs lämpligen kompletterande bandmätning för bestämning av enstaka, skymda, detaljer och för kontroller. Skymda punkter kan t.ex. bestämmas med ortogonal mätning eller inbindning utifrån andra, väldefinierade detaljer, som mätts in polärt. T.ex. kan ett skymt hushörn bindas in från angränsande hushörn. Kontrollerna avser oftast avstånd mellan detaljer, t.ex. fasadmått.

Med bra beräkningsprogram kan mätningen underlättas avsevärt. T.ex. kan en bra hantering av objektexcentriciteter minska antalet nödvändiga stationspunkter, genom att man "kommer runt" mindre sikthinder. Man bör dock observera att noggrannheten i punktbestämningen oftast påverkas negativt då excentriciteter förekommer.

Projekteringsunderlag och relationsinmätning

Metodiken skiljer sig inte nämnvärt från den som beskrivs under kartkomplettering.

Projekteringsunderlaget har en större detaljrikedom än t.ex. primärkartan. Dessutom kan noggrannhetskravet i höjd vara stort, eftersom underlaget skall ligga till grund för detaljhöjdsättning av mark och anläggningar.

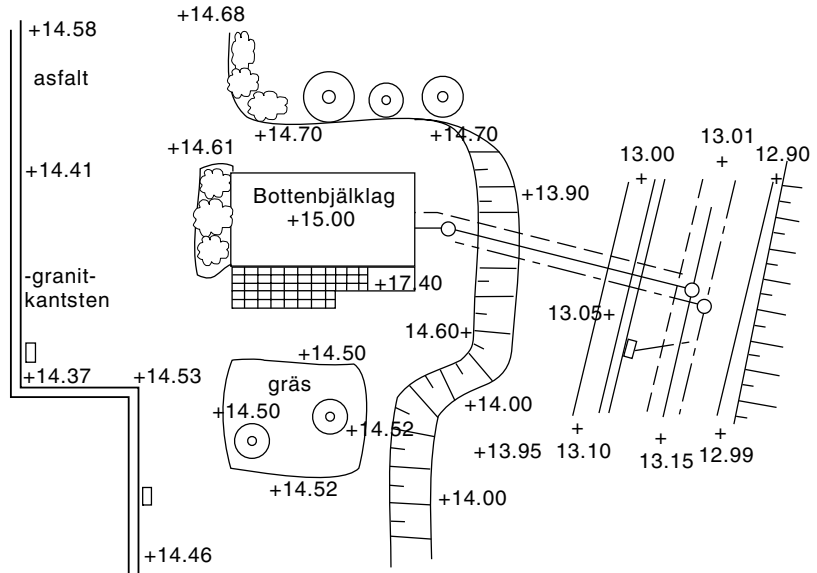
Utdrag från ett projekteringsunderlag visas i figur 5.16.

En *relationshandling* upprättas efter det att ett hus eller anläggningsprojekt färdigställts. Relationshandlingen består vanligen av en detaljrik karta, i kombination med detaljritningar, profiler och sektioner.

Relationshandlingen kan liknas vid projekteringsunderlaget, dvs. den utgör en aktuell beskrivning av hus och anläggningar.

Relationsinmätningen kan utföras etappvis, beroende på vad inmätningen avser. T.ex. bör en ledningssträckning, som skall överfyllas, mätas in i plan och höjd innan fyllning av ledningsgraven sker.

Vid relationsinmätning bör även nödvändig tilläggsinformation om inmätta objekt insamlas, t.ex. dimensioner på ledningar, material etc.



Figur 5.16. Utdrag från projekteringsunderlag visande inmätningar i höjd.

Inmätning för terrängmodell

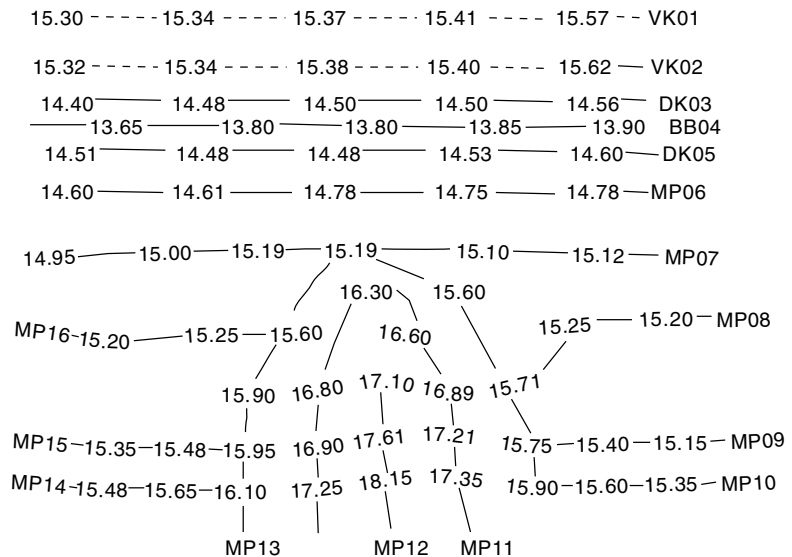
Inmätningar i plan och höjd till grund för terrängmodell har blivit vanligare i och med de förbättrade och förenklade programvaror som utvecklats. Ofta benämns arbetet *ytavvägning*, även om höjdbestämningen görs trigonometriskt.

Inmätningen kan avse underlag för framställning av en s.k. *plushöjdsplan*, se figur 5.17, eller utgöra grund för att skapa en digital terrängmodell.

Vid all form av ytavvägning gäller att bestämma punkter i plan och höjd för terrängens brytlinjer och brytpunkter.

Terrängmodellen interpoleras fram ur de inmätta punkterna. Metoden för interpolation kan variera, t.ex. i rutnät eller i trianglar, med eller utan brytlinjer. Mätpunkter i terrängen bör därför väljas med beaktande av den interpolationsmetod som är aktuell.

Beroende på den noggrannhet som eftersträvas, och terrängens beskaffenhet, bestäms punkter med en viss täthet. Täthet kan beskrivas som ungefärligt antal punkter per hektar, t.ex. 100, 150 osv. Alternativt kan tätheten anges som ett mått i ett rutnät med sidlängden 5 m, 10 m etc. Punkterna väljs dock inte strikt efter rutnätet, utan där markens förändringar sker.

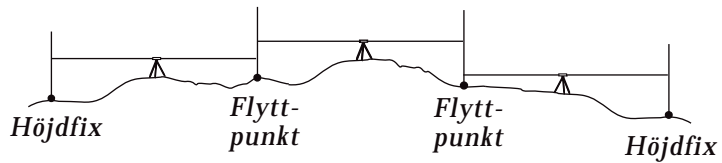


Figur 5.17. Plushöjdsplan – underlag för terrängmodell.

Linjeavvägning

Vid avvägning inom ett större område, där detaljerna ej kan nås från en uppställning, utförs en förtätning av stomnätet i höjd. Denna görs som en "tågmätning" med ett visst antal flyttpunkter, beroende av avståndet och höjdskillnaden, se figur 5.18. Avvägningen utförs normalt som finavvägning med avläsningar på minst 0.1 mm. Väl definierade flyttpunkter vid linjeavvägning kan höjdbestämmas som kontrollåtgärd. Dessa punkter brukar benämnas *mellanpunkter*.

Linjeavvägning bör alltid kontrolleras genom *dubbelavvägning*, dvs. fram och tillbaka mellan utgångspunkt och slutpunkt, samt genom avvägning mellan två kända höjdfixar.



Figur 5.18. Linjeavvägning.

Detalj- och ytavvägning

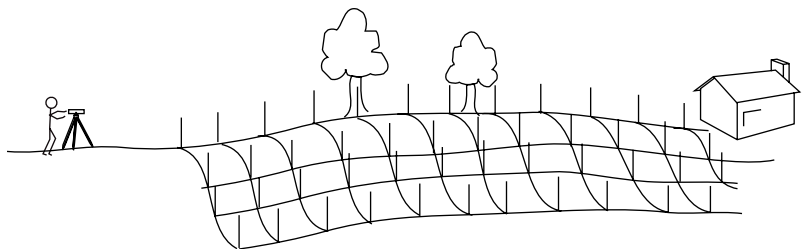
En detalj avvägs i den punkt som definierar dess höjd. Det kan vara vattengången i en brunn, överkanten på ett trappplan, anslutningen mellan cykelväg och gata osv.

Ytor avvägs i brytpunkter, samtidigt som punkternas läge i plan bestäms. Vid avvägningen väljs sådana punkter där lutningsförändringar sker.

Alternativt görs avvägningen i skärningspunkterna i ett teoretiskt rutnät (*rutavvägning*), se figur 5.19. Rutnätet stakas normalt ut på marken. Rutnätsstorleken bestäms av vilka lutningar som förekommer. I inte alltför kuperad terräng kan 10 meter vara ett lämpligt mått.

Ytavvägning med avvägningsinstrument har nästan helt ersatts av mätning med totalstation i plan och höjd (takymetrering).

I bilaga E återfinns exempel på hur punkter definieras vid detalj- och ytavvägning.

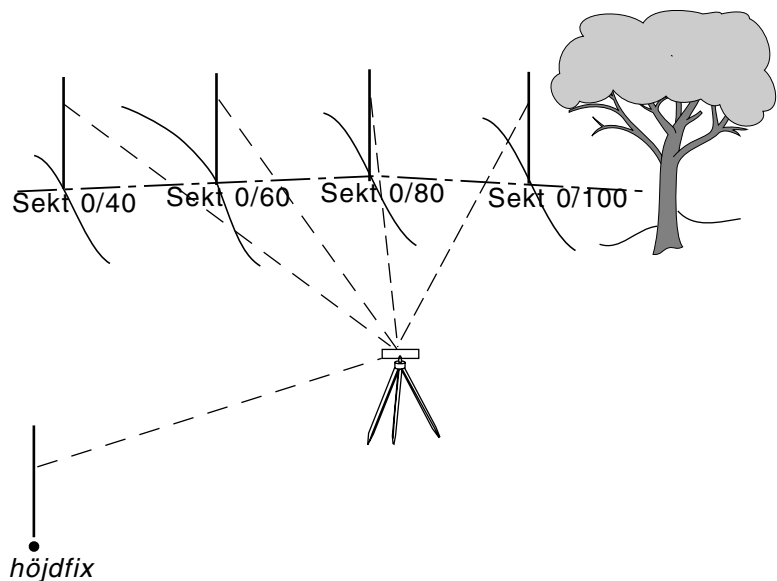


Figur 5.19. Rutavvägning.

Profil- och sektionsavvägning

Avvägning av profiler och sektioner sker sedan utgångslinjen stakats ut. Avvägningen kombineras ofta med linjeavvägning. Profilavvägning sker normalt på var 10:e eller 20:e meter, se figur 5.20, samt där stora höjdskillnader eller brytningar finns mellan jämna sektioner.

Tvärsektioner avvägs vinkelrätt ut – till vänster respektive höger om linjen – med erforderlig bredd. Avvägning sker i markens brytlinjer och/eller på ca var 4:e meter.



Figur 5.20. Profil- och sektionsavvägning.

Ett alternativ till detta utförande kan vara att utmed tänkt linjesträckning – med en viss antagen bredd – mäta in detaljer och marknivåer. Utgångslinjen kan då i efterhand låsas i valfria lägen, varpå profiler och sektioner interpoleras fram ur underlaget.

5.5 Tillämpad utsättning

Här beskrivs den praktiska användningen av olika metoder för utsättning.

Vid utsättning utförs plan- respektive höjdsättningen vanligen, av praktiska skäl, var för sig. Instrument och programvarors utveckling har dock medfört att samtidig utsättning i plan och höjd blivit möjlig. Vad som avgör valet av metodik är de toleranskrav som gäller samt övriga förutsättningar för mätningen.

Vid utsättning bör – i om möjligt ännu högre grad än vid inmätning – kontrollmätningar utföras och dokumenteras noga.

5.5.1 Förberedande åtgärder

All utsättning bygger på underlagsdokument i form av ritningar, koordinatlistor etc. Eftersom fel i utsättningar kan medföra stora ekonomiska konsekvenser, finns det anledning att noggrant förbereda och planera mätningarna.

Förbered arbetet genom att gå igenom följande punkter innan utsättningen påbörjas.

Underlagsdokument för utsättningen

Ta reda på gällande ritningar och handlingar. Av speciell vikt kan vara att kontrollera senaste revideringar av ritningar.

Kontrollera hur mått angivits på ritning. Finns det överbestämda mått som skall kontrolleras på plats?

Undersök vad byggnadsbeskrivningen anger avseende utsättning och de olika toleranskrav som specificerats för olika detaljer. Vanligen hänvisas till standarden SS-ISO 4463-1 för utförande och utsättningsnoggrannhet.

För större byggnader upprättas speciella utgångslinjer som underlag för detaljutsättning. Linjerna är låsta med mått till byggnadens fasader och fasaderna i sin tur till yttre bestämmande detaljer, som kan vara fastighetsgräns, befintliga byggnader etc. Anläggningsprojekt – typ vägar, ledningar och liknande – är oftast bestämda med koordinater i samband med projekteringen. Gå igenom underlaget.

Utgångspunkter för utsättning

Av speciell vikt vid utsättning är att utgångspunkterna håller tillräcklig noggrannhet för arbetet ifråga. Det kan därför finnas anledning att kontrollera dessa innan utsättning sker.

Vid utsättning, där utgångspunkternas noggrannhet ej är kända, bör dessa kontrolleras inbördes eller genom kontrollmätning till annan närbelägen brukspunkt.

Detaljer med krav på hög inbördes noggrannhet bör om möjligt sättas ut från samma station.

Val av utsättningsmetod

Bedöm lämplig metod efter de förhållanden som råder på platsen, samt med avseende på de toleranskrav som angetts för utsättningen.

Kontroll och dokumentation

Bedöm vilka konsekvenser en felutsättning kan få, och ställ kontrollinsatsen i relation till detta, se avsnitt 6.

Klarlägg vad som skall kontrollmätas och hur dokumentationen skall utföras.

Befästning och markering

Undersök om utsättningen skall befästas, dvs. försäkringsmarkeras vid sidan om utsättningsobjekten.

Undersök lämpliga markeringar som skall användas för respektive detaljer. Avses utsättning med höga krav på noggrannhet är detta speciellt viktigt.

Bedöm riskerna för att markeringar kan rubbas eller skadas av tunga transporter, sättningsbenägen mark etc.

5.5.2 Tillämpningar

Nedan beskrivs utsättning i plan och höjd, som skilda metoder samt i kombination.

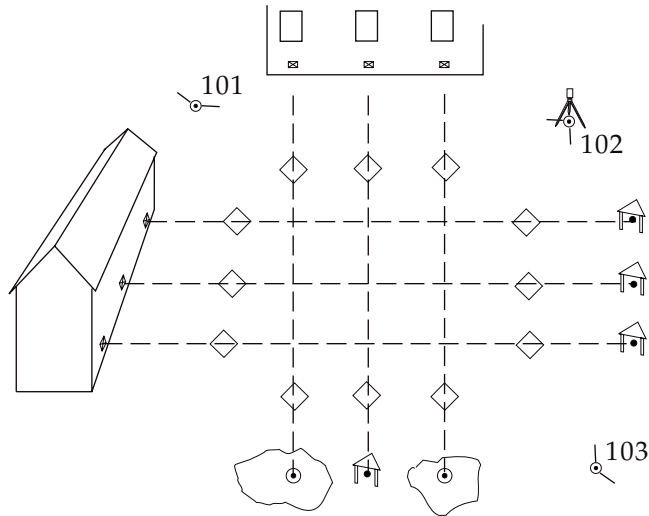
Polär utsättning i plan

Sedan stationsetableringen utförts, se avsnitt 4, kan utsättningen påbörjas. Här finns olika möjligheter till arbetsätt, nämligen:

- Grovutsättning av riktning och avstånd så att markeringen kan anläggas (inom några centimeter). Grovutsättningen kan göras med instrumentets s.k. trackingfunktion. Därefter finutsättning av riktning och avstånd i två moment.
- Utsättningsteknik enligt ovan, dock med den skillnaden att instrumentet utför nedräkning mot "0" för riktning och avstånd. Vid kontrollinmätning erhålls direkta avvikelser i riktning och avstånd.
- Ett dokumenterat bra arbetsätt vid utsättning är att utnyttja inmätning i finutsättningskedet. Grovutsättningen utförs på vanligt sätt. Då markering av den "provisoriska" punkten utförts, mäts den in noggrant (polär inmätning). Inmätta data kontrolleras sedan gentemot utsättningsberäkningarna och läget finjusteras. Denna metodik bygger på att inmätning erfarenhetsmässigt kan utföras något noggrannare än utsättning. Metoden skall dock inte uppfattas som ett kontrollförfarande, utan kontroll utförs som en separat åtgärd.

Vid utsättning med mätband bör dessa vara SIS-märkta. Korrektioner för lutning, nedböjning (fritt hängande band) och temperatur påförs där noggrannheten så kräver. Utsättningsavstånden bör inte överstiga 25 m.

I figur 5.21 visas utsättning av ett s.k. sekundärnät för ett större husprojekt. Utsättning görs först av skärningspunkterna mellan respektive linjer. Efter utsättningen kontrollmäts vinklar och avstånd mellan punkterna. Därefter befästes linjerna med måttangivna markeringar utåt sidorna.



Figur 5.21. Utsättning av sekundärnät för större husprojekt.

Höjdutsättning

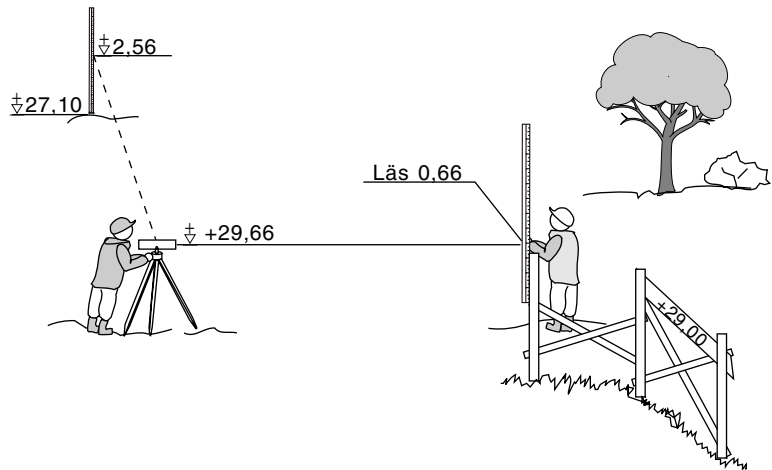
Utsättning i höjd innebär att man märker ut olika detaljers läge i höjd. Höjden anges normalt med flukt eller på annat lämpligt sätt, vanligen med jämnt mått över den avsedda höjden, t.ex. + 4.0 m VG (vattengång).

En jämn höjd kan också sättas ut direkt på det sätt som framgår av figur 5.22.

Vid höjdutsättning bör instrumentet vara kontrollerat och justerat för eventuellt kollimationsfel. Detta på grund av att utsättning ofta sker med varierande siktlängder.

Höjdutsättning vid byggande bör ske från sekundärpunkter i höjd. S.k. hjälpfixpunkter betraktas som sekundärpunkter.

Vid avslutad utsättning bör en kontrollavläsning mot utgångsfixen eller annan lämplig höjdfix göras.



Figur 5.22. Detaljutsättning i höjd.

Kombinerad utsättning

Kombinerad utsättning innebär att höjdläget sätts ut samtidigt med planläget. Metoden utnyttjas framför allt vid anläggningsprojekt typ vägar, ledningar etc. Sedan planläget märkts ut utförs höjdmätningen, vilket kan ske på olika sätt, t.ex.:

- Instrumentkikaren ställs i horisontellt läge och höjden avläses på en stång.
- Längdmätning och vertikalvinkelmätning utförs mot ett referensläge på den i plan markerade punkten, varpå höjdskillnad och/eller absolut höjd erhålls. Kikartuben förs sedan – uppåt eller nedåt – till rätt höjd eller höjdskillnad. Denna funktion i instrumentet benämns ofta "rullande höjd".

Noggrannhetsmässigt kan den senare metoden jämföras med standardavvägning. Resultatet påverkas av noggrannheten i vertikalvinkel- och längdmätningen, lutningen samt inriktningen i vertikalled mot objektet.

5.6 GPS

5.6.1 Beskrivning av tekniken

GPS (engelska: Global Positioning System) är ett satellitbaserat system för navigering och positionsbestämning som har utvecklats av USA:s försvarsdepartement. Det är i första hand avsett för militärt bruk men också tillgängligt för civil användning. Systemet består fullt utbyggt (mars -94) av 24 produktionssatelliter, som sänder kodade signaler på två frekvenser: *L1* och *L2*. Det övervakas från en driftsledningscentral i Colorado Springs.

GPS uppnådde IOC-status (engelska: *Initial Operation Capability*) i december 1993, vilket innebär att fastställda systemspecifikationer kan uppfyllas dygnet runt samt att planerade driftsavbrott annonseras minst 48 timmar i förväg.

Principen för GPS-systemet är att satelliterna fortlöpande sänder ut kodade radiosignaler med information om bl.a. korrekationer till satellitklockorna och satelliternas banparametrar. Dessa signaler tas emot av mottagare, som mäter fasdifferenser på "kod" och "bärvåg" mellan de mottagna signalerna och en i mottagaren genererad referenssignal.

Ur *kodmätningar* kan avståndet mottagare–satellit beräknas och en absolutposition (3 koordinater och en korrektion till mottagarens klocka) kan ögonblickligen bestämmas vid mätning mot fyra samtidigt satelliter.

För att erhålla noggrannheter användbara för geodetiska tillämpningar måste man dock använda relativ *bärvågsmätning* (samtidig mätning med minst två mottagare).

Beroende på hur det praktiska mätförfarandet går till brukar man skilja på *statisk* och *kinematisk* mätning. Statisk positionsbestämning sker med stillastående mottagare och kinematisk positionsbestämning med mottagarna i rörelse.

5.6.2 GPS vid detaljmätning

GPS-tekniken är redan i dag fullt användbar för koordinatbestämning av utgångspunkter för detaljmätning. Detta kan antingen göras genom regelrätt stornätsförtätning eller genom inmätning av enstaka parpunkter anslutna till det överordnade nätet. Råd för stommätning och anslutningsmätning med GPS-teknik tas upp i HMK–Ge:GPS.

Den mätmetod med GPS som kan vara aktuell för själva detaljmätningen är s.k. semikinematisk mätning, vilken fortfarande befinner sig i ett utvecklingskede.

Metoden bygger på relativ mätning mellan en mottagare som står stilla på en känd punkt, en s.k. fast mottagare, och en rörlig mottagare som registrerar några observationer på varje detaljpunkt. Detaljmätningen påbörjas och avslutas med någon/några minuters statistiska GPS-observationer på en punkt som – för vissa beräkningsmetoder – skall ha känt läge i plan och höjd i förhållande till den fasta mottagaren.

Den noggrannhet som erhålls med semikinematisk GPS-mätning är likvärdig med konventionell detaljmätning i plan och höjd. En begränsande faktor hos metoden är dess känslighet mot signalavbrott. Känsligheten varierar beroende av beräkningsmetod och vilka observationsdata den använda mottagaren ger (enfrequens- eller tvåfrekvensdata).

Beräkningen sker i allmänhet i efterhand, men på marknaden börjar det nu komma GPS-mottagare som – med lämplig data-länk – kan utföra relativ semikinematisk bärvågs-mätning i realtid.

Ett exempel där semikinematisk GPS-mätning redan i dag skulle kunna vara ett konkurrenskraftigt alternativ till konventionell teknik är mätning i flack terräng med ganska tät 2-3 m hög vegetation.

5.7 Tröghetsteknik

5.7.1 Beskrivning av tekniken

Tröghetsteknik är en motoriserad (vanligtvis bil- eller helikopterburen) tre-dimensionell mätteknik som samtidigt ger position i plan (x , y) och höjd. Uppgifter om tyngdkraft och lodavvikelse kan också fås med vissa typer av instrument.

Tekniken bygger på principen att med hjälp av accelerometrar och gyron mäta accelerationen i tre kända och inbördes vinkelräta riktningar. För att erhålla hög noggrannhet stannas fordonet med jämna mellanrum (s.k. ZUPT-stopp, engelska: zero velocity update), vilket möjliggör kalibrering av accelerometrar och horisontering av mätplattform.

De viktigaste delarna i ett tröghetssystem för geodetisk mätning är:

- tröghetsenhet med mätplattform där gyron och accelerometrar är monterade
- enhet för att lagra data, t.ex. bandspelare eller portabel dator
- system för centreringsmätning mellan tröghetsenhet och mätobjekt; detta kan vara allt från en enkel markering på värdfordonet till en i tröghetssystemet integrerad totalstation.

Rationell användning av tröghetstekniken fordrar:

- att man med fordonet kan ta sig till de objekt som skall mätas in
- att det är relativt många punkter som skall lägesbestämmas, eller att andra mätmetoder är dyra eller svåra att utnyttja.

5.7.2 Mätmetod

Detaljmätning genomförs vanligen som enkelmätning, dvs. såväl utgångs- som detaljpunkter besöks endast en gång.

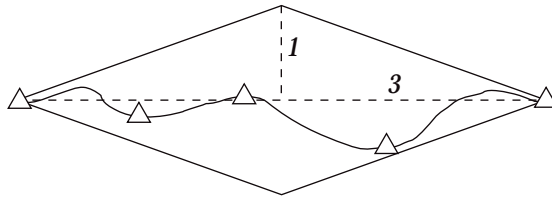
Om följande krav är uppfyllda ger tröghetstekniken ett medelfel på ca 1 - 2 dm i plan och höjd – förutsatt att felet i centreringsmätningarna kan begränsas till ett fåtal cm:

- Mätningen bör börja och sluta i en anslutningspunkt.
- Mätsträckan bör vara rak. Ingen punkt får avvika från en rät linje mellan ändpunkterna med mer än 1/3 av avståndet till närmaste ändpunkt, se figur 5.23.
- Tiden mellan ZUPT-stopp måste understiga 3 minuter.
- Avståndet mellan ändpunkter bör understiga 4 km.
- Tiden för en mätning bör vara jämnt fördelad över mätsträckan och understiga 1.5 timmar. Fordonets hastighet spelar mindre roll.
- Under mätning bör man köra så mjukt som möjligt. Onödiga svängar, tvärbromsningar och stora accelerationer bör undvikas.

Om mätsträckan är krokig, kommer en skillnad i skalpel mellan norr- och öst-accelerometrarna att leda till större mätfel.

Om de yttre förutsättningarna är gynnsamma, och om tröghetssystemet fungerar bra (väl kalibrerat och små gyrodrufter), kan

rekommenderat avstånd mellan ändpunkter och tid för mätning överskridas utan att det påverkar mätnoggrannheten nämnvärt.



Figur 5.23. Konfiguration vid tröghetsmätning.

5.7.3 Beräkningsmetod

Vid beräkning av tröghetsmätning måste korrektion ske för följande systematiska fel:

- skalfel
- azimuthfel vid mätningens början
- linjär drift i azimuth
- drift i höjd.

För detta krävs minst fem, över mätsträckan jämnt fördelade, anslutningspunkter som hålls fast i beräkningen.

Andra beräkningsmetoder kan ge lika bra noggrannhet men risken är att tillförlitligheten (möjligheten att hitta grova fel) försämras.

Om det inte finns kända punkter med lämplig placering för anslutning av detaljmätningen till aktuellt stornät, kan anslutningsmätning göras i form av ett dubbelmätt tröghetståg.

Anslutnings- och detaljmätning bör genomföras var för sig.

5.7.4 Exempel på användningsområden

Med hänsyn tagen till de förutsättningar som måste vara uppfyllda för teknikens användning, samt den noggrannhet som hittills har uppnåtts, bör i första hand följande tillämpningsområden komma ifråga:

- kabelinmätning
- inmätning av höjdfixars läge i plan
- inmätning av flygsignaler
- inmätning av vägar/väglinjer.

6 KONTROLL

Att kontrollera instrument, mätningar och resultat ingår som en självklar del i arbetet. Omfattningen av kontrollen bör ställas i relation till den typ av mätningarbete som utförs, ställda krav på noggrannhet samt personliga bedömningar på utförandet.

6.1 Kontrollprocedurer

6.1.1 Allmänna kontrollprinciper

Kontroll kan ske efter ett flertal principer, där två huvudtyper kan urskiljas:

- förebyggande kontroll
- konstaterande kontroll.

Den förebyggande kontrollen avser att under arbetets utförande kontrollera instrument, enstaka viktiga mätdata samt resultat som underlag för eventuell korrigerings av de mätrutiner och mätmetoder som används.

Den konstaterande kontrollen sker med avseende på slutresultatet. Kontrollen kan medföra krav på att delar av eller hela arbetet måste göras om. Den konstaterande kontrollen är vanlig som beställarens medel för att granska resultatet av ett beställt arbete.

Kontroll kan också delas upp med avseende på omfattningen i:

- allkontroll
- delkontroll.

Allkontroll innebär att allt utfört arbete och alla resultat kontrolleras.

Delkontroll innebär att endast viss del av arbete eller resultat granskas eller kontrollmäts.

Delkontrollen kan ske efter i första hand tre principer:

- stickprovskontroll
- procentuell kontroll
- statistisk kontroll.

Stickprovskontroll innebär att ett fåtal, slumpvis utvalda kontrollmätningar utförs. Stickprovets syfte är att ge besked om huruvida

en mer omfattande kontroll kan krävas, enligt någon av nedanstående principer eller genom allkontroll.

Procentuell kontroll innebär att en viss del i % av arbetet kontrolleras. T.ex. att en karterad yta kontrollmäts i slumpvis utvalda partier, utgörande 2 % av det utförda arbetet. Den procentuella andelen bestäms vanligen utifrån tidigare erfarenheter och vilken kontrollkostnad som är rimlig.

Den procentuella kontrollen kan ses som en mera utvecklad stickprovskontroll, där omfattningen beskrivs mer detaljerat. Beroende på kontrollens omfattning, kan denna kontroll ge ett säkrare resultat på hur arbetet utförts. Den procentuella kontrollen kan dock normalt inte ställas i relation till hur hela arbetet är utfört.

Statistisk kontroll är den mest utvecklade kontrollprincipen. Den baseras på att felorsaker som skall kontrolleras är kända till sin fördelning, t.ex. normalfördelade avvikelser. Vid statistisk kontroll kan man beräkna kontrollens omfattning i relation till vilken säkerhet som kontrollen ger för hela arbetet. Ju högre säkerhet desto större antal kontrollmätningar. Vid statistisk kontroll är det viktigt att grova fel eller avvikelser ej ingår i analysen.

Den statistiska kontrollen väljs vanligtvis så att resultatet ger en sannolikhet på ca 95 % för arbetet som helhet. I standarden SS 02 01 30 anges provtagningens storlek i relation till en viss sannolikhetsnivå.

EXEMPEL

Antalet inmätta punkter = 1000 st.

För att utföra kontroll som till resultat ger en bedömning av hela mätningens kvalitet – med 95 % sannolikhet – krävs kontrollmätning av 80 punkter.

För alla kontrollprinciperna gäller slumpvis val av kontrollobjekt.

6.1.2 Acceptans vid kontroll

Om samtliga kontroller uppfyller ställda krav på resultatet är arbetet godkänt. Om uppmätta avvikelser överskrider ställda krav, underkänns normalt arbetet. Detta kan i praktiken innebära förnyad förhandling av anbudssumma eller ersättningsanspråk, att visst arbete görs om eller att arbetet ändå kan accepteras om

avvikelseerna bedöms vara ringa. Det är därför viktigt att villkoren för kontrollens utförande samt förfaranden vid överskridelser anges i kontrakt och beställning, så att klara och entydiga regler gäller.

6.1.3 Mätnoggrannhet vid kontroll

Kontrollmätning i fält bör genomföras med en bättre mätnoggrannhet än utförandet av arbetet.

Medelfelet vid kontrollmätning bör vara högst 40 % av den tolerans som åsatts den storhet som kontrolleras.

Toleranser för olika typer av detaljmätningsobjekt samt för kontrollmätning av dessa anges i bilaga F.

EXEMPEL

Toleranserna för en grund till ett prefabricerat småhus var angivna till ± 10 mm i plan och ± 5 mm i höjd på grundplattans överkant.

Vid kontrollmätning bör medelfelen inte vara större än 4 mm i plan och 2 mm i höjd.

Kravet på bättre noggrannhet vid kontrollmätningar betingas av att resultatet skall ligga till grund för godkännande eller underkännande av utfört arbete och därför kan medföra avsevärda ekonomiska konsekvenser.

6.1.4 Bestämning av mätnoggrannhet vid kontroll

För de flesta kontrollmätningar gäller att mätnoggrannheten skall anges.

För att beräkna mätnoggrannheten krävs att mätningen är överbestämd. Då kan det skattade medelfelet för mätningen beräknas. Exempel på överbestämning för olika mätmetoder framgår av figur 6.1.

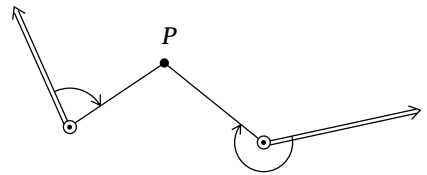
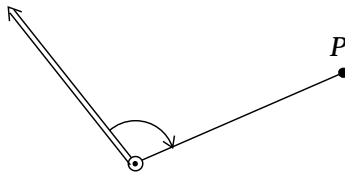
Ett alternativt förfarande är att bestämma mätnoggrannheten för ett visst utförande/en viss metod, på ett provfält där säkra utgångspunkter finns. Mätningen utförs där ett antal gånger och det skattade medelfelet för metoden kan beräknas. Metodens

repetierbarhet och reproducerbarhet bör dokumenteras. Detta förfarande kan säkerställa en viss mätnoggrannhet för en metod, som sedan används utan överbestämning.

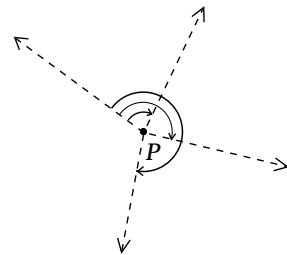
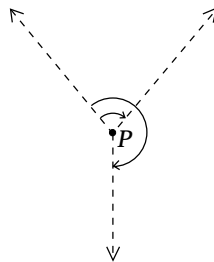
Enkel mätning

Överbestämmd mätning

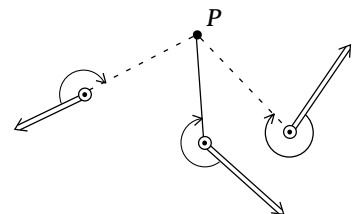
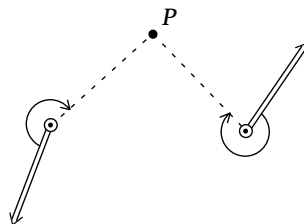
– Polär inmätning



– Inskärning



– Avskärning



Figur 6.1. Enkel respektive överbestämmd mätning för några olika mätmetoder.

6.1.5 Kontrollförfaranden vid mätningar

Nedan beskrivs ett antal kontrollförfaranden som kan föreskrivas i samband med upphandling av uppdrag.

Kontrollerna kan avse egenkontroll, beställare- eller myndighetskontroll och utföras som stickprov, procentuell kontroll eller statistisk kontroll. Kontrollerna är numrerade för att kunna utgöra underlag för hänvisning.

Nr	Kontrollförfarande	Redovisning
1	Kontroll av instrument och utrustning enligt bilaga B.	Anges i rapport.
2	Fri stationsetablering	Punktmedelfel redovisas i beräkningshandling.
3	Kontroll mellan utgångspunkter i plan och höjd – längdkontroll – riktningskontroll – höjdkontroll av fixpunkter.	Redovisas i rapport.
4	Mätning av kontrollpunkter vid användning av piképunkter.	Redovisas som enskild beräkning i handling.
5	Kontroll av viktiga mått, t.ex. fasadmått på byggnader och vägbredd. Ange vilka mått som skall kontrolleras.	Dokumenteras men redovisas normalt ej - enbart att kontroll skett. Vid stora avvikelser sker ommätning.
6	Utmärkning och inmätning av sektion - som underlag för test av ritade nivåkurvor eller etablerad terrängmodell. Ange lägen, antal och sektionslängd.	Redovisas i sin helhet som kontrollsektioner med beräkning av medelfel för inmätta punkter.

7	Kontrollinmätning av slumpvis utvalda objekt. Utförs innan slutredovisning av karta påbörjas.	Redovisas i beräkningshandling.
8	Kontrollinmätning vid utsättning. Kontrollen omfattar X % och utförs slumpvis. Utgångspunkter och linjer samt %-sats anges av beställaren.	Redovisas i beräkningshandling med angivna avvikelser.
9	Granskning av konceptritning (kontroll av karta) före originalritning.	Beställare - manuell kontroll.
10	Kontrollritning från dator på inmätning.	Egenkontroll av fältpersonal.

EXEMPEL

Kontrollinsatser för ett mindre kartkompletteringsarbete avseende inmätning. Redovisning skall ske i form av karta i skala 1:400, mätdata i form av fältprotokoll (rådata från fältdator), samt beräkningshandlingar och koordinatlistor. Kartdata skall även levereras på diskett enligt format KF 85.

Föreslagna kontrollinsatser i förfrågningsunderlaget:

1. Instrument och utrustning kontrolleras enligt bilaga B före arbetets påbörjan.

– Egenkontroll

Redovisas i slutrapport.

3. Kontroll mellan befintliga utgångspunkter i plan och höjd. Angivna utgångspunkter enligt bilaga.

– Egenkontroll

Onormala avvikelser rapporteras omgående till beställaren för åtgärd. Kontrollmätningen sker i samband med att respektive punkter nyttjas som stationspunkter. Dokumenteras i beräkningshandling eller fältprotokoll.

5. Vid inmätning av befintlig fabriksbyggnad kontrollmäts tre valfria fasadmått. Avvikelsen mellan fasadmåtten respektive ur koordinater beräknade mått får inte överskrida 10 mm.

– Egenkontroll

Om större avvikelser än ovan angivna krav erhålls skall förnyad inmätning utföras.

7. Kontrollmätning av slumpvis utvalda inmätta objekt.

– Beställarens kontroll

Beställaren kan låta utföra kontrollinmätning av valfritt antal objekt. Detta skall i så fall utföras innan kartframställning påbörjas. Beställaren bestämmer i samråd med konsulten tidpunkt för kontrollmätningen, minst en vecka före kontrollens utförande. Underlag såsom nya utgångspunkter m.m. tillhandahålls av konsulten.

9. Granskning av kartkoncept.

– Beställarens kontroll

Beställaren kan begära in kartkoncept för granskning före slutredovisning av arbetet. Tidpunkt för granskning avgörs i samråd.

Av exemplet framgår att beställaren överlåter den huvudsakliga kontrollen – att utföras som egenkontroll – till konsulten. I förfrågningsunderlaget respektive kontraktet har dock beställaren tagit upp möjligheten till egna kontroller enligt punkterna 7 och 9.

Beställaren har genom detta förfarande visat att stor vikt läggs vid att arbetet utförs inom ställda krav och kan styra de kontrollinsatser som anses nödvändiga.

6.2 Egenkontroll

Egenkontroll avser den kontroll som man själv utför i arbetet. Denna kontroll innefattar i princip de insatser som man som "god tekniker" bör kräva av sig själv för att åstadkomma rätt kvalitet i arbetet.

Eftersom beställaren har specificerat krav på resultatet, läggs stor vikt vid att detta uppnås. Därför finns det anledning att i förfrågningsunderlag och kontrakt beskriva de viktigaste egenkontroller som skall utföras. Egenkontrollens omfattning, samt om den skall dokumenteras och redovisas, skall framgå.

Ett exempel på egenkontroll kan vara att viktiga detaljer dubbelinmäts från olika stationer. Ett annat exempel kan vara att dubbelmätning av samtliga avstånd skall utföras mellan ny-punkter i detaljtåg.

6.3 Kontroller vid inmätning

Inmätning kan avse detaljer med vitt skilda kvalitetsangivelser, vilket kan medföra olika insatser på kontrollen.

Enkla inmätningar där kostnaden för fel är låg kräver normalt ringa kontroll. Inmätningar för projekteringsunderlag, med höga krav på måttuppgifter, kan däremot medföra stora kostnader i senare skeden om de ej utförs riktigt.

Inmätningen kan i sig även vara en kontrollmätning och då ställs speciella krav på mätnoggrannhet, redovisning och dokumentation.

För alla inmätningssupdrag kan följande generella krav på kontrollinsatser, i form av egenkontroll, ställas upp:

- Kontroll av utgångspunkter i plan och höjd.
- Krav avseende anslutning till angivna koordinat- och höjdsystem.
- Krav på kontrollpunkter vid användning av piképunkter.
- Dubbelmätning av längder samt vinkelmätning i minst en helsats vid mätning i tåg.
- Krav på noggrannhet vid anslutningar till befintligt bruksnät.
- Rundmätning med band av viktiga detaljer.

Beställarens kontroll utgörs vanligen av stickprovsinmätning eller granskning av kartkoncept. Beställaren anger ofta i underlaget för upphandlingen möjligheterna att själv utföra vissa kontrollinsatser. Nivån på kontrollinsatser bör ställas i relation till vad materialet skall nyttjas för, uppdragets kostnad samt tidsaspekter på arbetets färdigställande.

6.4 Kontroller vid utsättning

Utsättning ligger oftast till grund för någon form av byggande. Övervägande delen av sådan utsättning regleras i kontrakt och avtal till grund för byggandet.

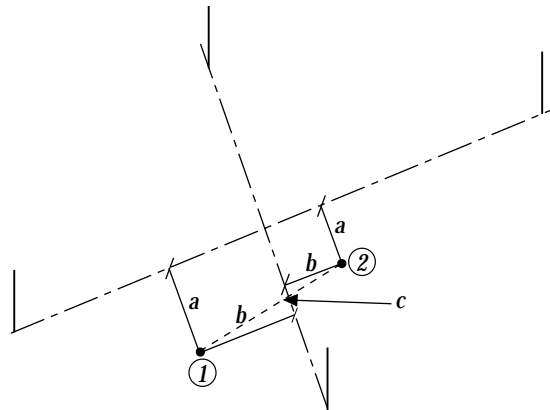
Kontrollen vid utsättning är speciellt viktig i de fall där läget är styrt av kraven på sammanbyggnad av komponenter. Kontroll – ofta benämnd *måttkontroll* – kan t.ex. utföras enligt upprättade måttkontrollprogram i bygghandlingarna, se avsnitt 6.4.1.

Kontrollen vid utsättning omfattar vanligtvis läge i plan och höjd av utsatta detaljpunkter som beskrivits i måttkontrollprogrammet eller på annat sätt angivits i bygghandlingarna. Kontrollen utförs med fördel som förebyggande kontroll, men kan ibland vara både förebyggande och konstaterande.

Kontrollmätningar refereras till sekundärinjer/-punkter i plan och höjd som angivits i handling eller visas på ritning.

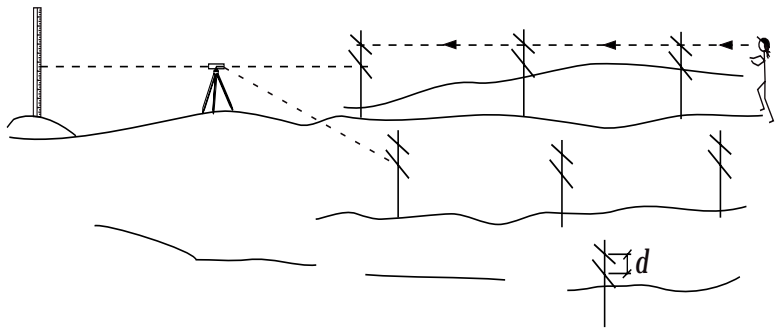
Vid anläggningsarbeten refereras kontrollmätningar vanligen till teoretiskt koordinatangivna utgångslinjer, t.ex. centrumlinje för väg, ledning etc. samt till sekundärpunkter i höjd.

Om flera toleranskrav gäller för detaljpunkter t.ex. både läge och inbördes mått skall även de senare beräknas och redovisas. Se figurerna 6.2 och 6.3.



Figur 6.2. Plankontroll.

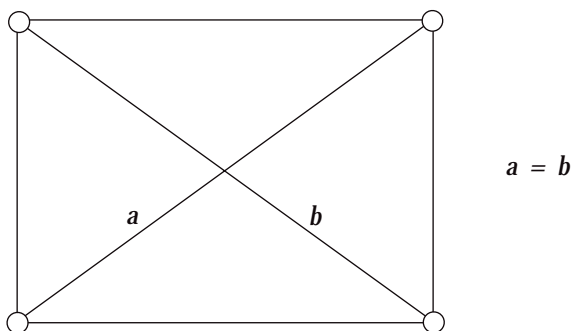
Punkterna 1 respektive 2 i figur 6.2 sätts ut från fri stationspunkt. Läget kontrolleras med mätning av måtten a och b och inbördes kontroll sker genom mätning av måttet c .



Figur 6.3. Höjdkontroll.

Höjderna i figur 6.3 kan kontrolleras genom förnyad utsättning eller okulär syftning, t.ex. vid fluksättning. Alternativt kan kontrollmätning av mått typ d utföras (mått mellan flukter på samma stakläkt).

Kontroll av geometriskt rätvinkliga figurer, t.ex. byggnader, sker ofta genom mätning av diagonaler. Se figur 6.4.



Figur 6.4. Kontroll av rätvinklighet och mått genom mätning av diagonalerna.

Kontroll i samband med byggande bör, där så är möjligt, utföras genom förebyggande kontroll, vilket innebär att utsättningar kontrolleras innan formsättning och montage påbörjas. Kontrollen omfattar ofta flera faser och innebär att en utsatt detalj kan kontrolleras vid flera tillfällen, enligt exemplet nedan.

EXEMPEL

1. Utsättning av lägen för grundmur. Initialt sker utsättning för schakt i plan och höjd. Enkel kontroll utförs av utsättningen.
2. Kontroll av nivå för schaktbotten.
3. Utsättning för formbyggnad av grundmur. Enkel kontroll av utsättning.
4. Stickprovskontroll på form före gjutning.
5. Stickprovskontroll på betongyta efter avformning.

6.4.1 Måttkontrollprogram

I samband med byggande upprättas och införs i handlingarna ett program för de mått som skall kontrolleras. Handlingarna kan även vara utformade på sådant sätt att kontrollerna finns beskrivna under respektive rubrik för utförandet av olika detaljer eller skeden. Egenkontrollen vid utsättning och dess omfattning är vanligtvis ej beskriven, utan måste till omfattning och utförande bedömas vid utförandet.

Måttkontrollprogrammet innehåller följande delar:

- Objekt och produkter som skall kontrollmätas.
- Handlingar som underlag för inmätning, samt utgångslinjer och punkter till grund för lägesbestämning.
- Tidpunkt när kontrollen skall ske och om den skall utföras i olika etapper.
- Vem som ansvarar för utförandet.
- Omfattning av kontrollen. All- eller delkontroll. Vilken typ av delkontroll.
- Var på objekten mätning skall utföras.
- Vilka som skall tillsändas kontrolluppgifterna.
- Krav på dokumentation.

6.4.2 Dokumentation vid kontroll

Vid kontrollmätning som innehåller krav på dokumentation bör följande uppgifter framgå:

- beskrivning av objekten
- gällande krav för objekteten
- mätresultat
- datum, klockslag, temperatur
- plats, observatör, mätutrustning, genomförd instrumentkontroll
- referenspunkter som använts
- beskrivning av kontrollmätmetod och uppskattad mätnoggrannhet
- resultat redovisat med hänsyn till angivna krav
- underskrift av ansvarig för kontrollmätningen.

Vid kontrollmätning där angivna krav överskrids bör uppgifter omedelbart rapporteras till berörda parter för åtgärd.

Egenkontroll som utförs i samband med utsättning dokumenteras på lämpligt sätt i form av mätprotokoll eller beräkningshandling och kan därigenom finnas tillgänglig för återopande vid behov.

Vid arbeten där omfattning på kontrollmätningar ej angivits bör ett egenkontrollprogram upprättas för internt bruk. Kontrollmätta data sparas och dokumenteras enligt ovan angivet schema.

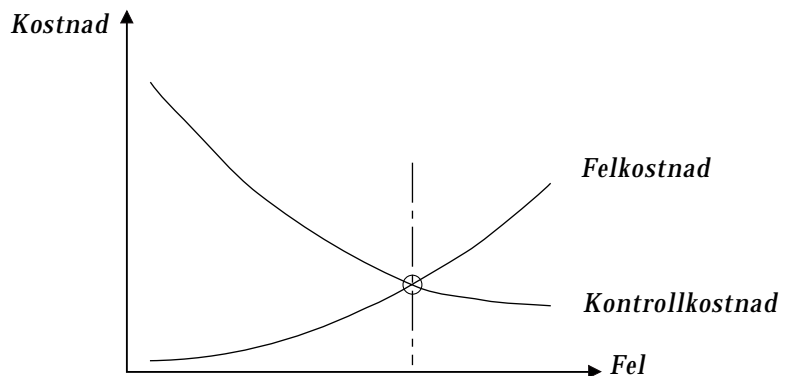
6.5 Kontroll och ekonomi

Kontrollinsatserna för ett uppdrag innebär att arbetsinsatserna ökar och påverkar projektets kostnader. Därför bör kontrollens omfattning alltid ställas i relation till riskerna för höga felkostnader. Kontroller bör förläggas till objekt där mätfel kan antas vålla stora ekonomiska förluster. Av särskilt stort värde är att testa befintliga utgångspunkters kvalitet och utgångsmått för lägen av objekt vid utsättning.

Nedan anges några vanliga kontrollobjekt vid hus- och anläggningsprojekt:

- lägen och dimensioner för byggnader
- utgångslinjer och punkter för utsättning (sekundärinjer/-punkter)
- pålar
- grundskruvar för pelarmontage
- bärande väggkonstruktioner, platsgjutna eller prefabricerade
- nivåkontroller generellt för schacktbotten, plattor, vägöverbbyggnader, ledningslägen m.m.

Det finns en relation mellan kontrollkostnader och felkostnader. Relationen beskrivs av kurvorna i figur 6.5.



Figur 6.5. Optimal kontrollnivå.

Optimal nivå på kontrollinsats erhålls där kurvorna för kontrollkostnader och felkostnader skär varandra. Var denna nivå ligger varierar med projektets art och personalens kompetens.

6.5.1 Kontrollnivåer

Omfattningen av kontrollen bör ställas i relation till:

- projektets kostnad
- ställda krav på noggrannhet
- risker för och konsekvenser vid fel i utfört arbete.

Följande %-satsen kan användas som utgångsnivå vid bedömning av kontrollens omfattning. %-talen kan omsättas i ekonomisk insats relativt uppdragets kostnad.

- | | |
|--|---------|
| 1. Enkla inmätninguppdrag med normala krav | max 10% |
| 2. Mindre och medelstora inmätninguppdrag med skärpta toleranskrav | max 15% |
| 3. Stora inmätninguppdrag | max 10% |
| 4. Inmätningar till grund för projektering och byggande | max 15% |
| 5. Utsättning med normala krav | max 15% |
| 6. Utsättningar med skärpta toleranskrav | max 25% |
| 7. Inmätningar och utsättningar vid industrimätning kontroll av maskiner | max 40% |

Ovan angivna kontrollinsatser är baserade på erfarenhetsvärden från olika typer av uppdrag.

6.6 Beställarens kontroll

Beställaren kan själv styra de kontrollinsatser som anses nödvändiga, antingen som kontroller som åläggs konsulten eller genom egna kontrollinsatser. Beställarens kontroll utgörs vanligen av stickprovsmätning före det att leverans av slutligt material och dokumentation utförs. Beställaren kräver vanligen in underhandsmaterial, t.ex. i form av dokumentation på utförd egenkontroll, resultat från beräkningar etc.

Kontrollinsatserna bör i första hand inriktas mot mätningar under arbetets utförande, dvs. förebyggande kontroll, som ger möjlighet till synpunkter på och korrigering av konsultens arbetssätt.

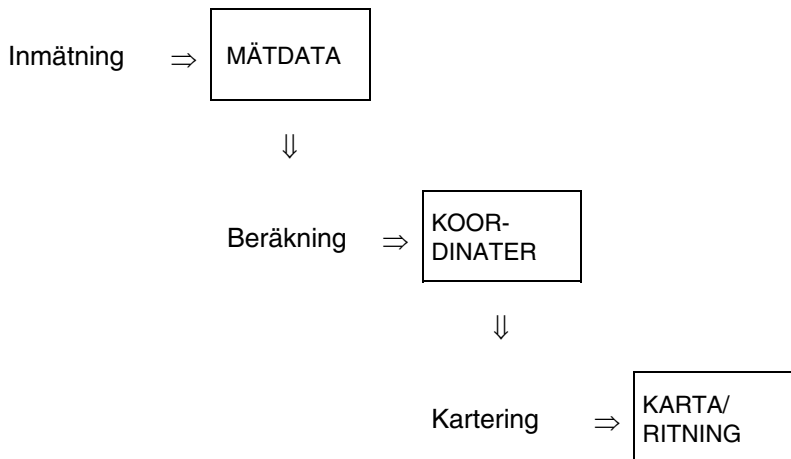
Kontrollinsatser som utförs efter ett uppdrags färdigställande kan medföra allvarliga konsekvenser, om visst arbete måste kompletteras eller göras om, i de fall uppdraget ingår som en del i ett tidsplanerat förlopp.

För beställarens egna kontrollmätningar gäller krav på noggrannhet som anges under avsnitt 6.1.3. Dokumentation från kontrolltillfället bör ske i samma omfattning som för konsult.

I förfrågningsunderlag eller kontrakt bör skrivas in regler om förfaranden avseende krav som ej uppfyllts. Detta underlättar förhållandet mellan parterna, samtidigt som det poängterar beställarens önskemål om att ställda krav skall följas.

7 DOKUMENTATION

Ett detaljmättningsprojekt omfattar oftast flera stegvisa aktiviteter, som var och en producerar någon form av resultat. Normalt bör varje sådant resultat dokumenteras. Då kan en aktivitet ändras utan att föregående aktivitet(er) behöver upprepas.



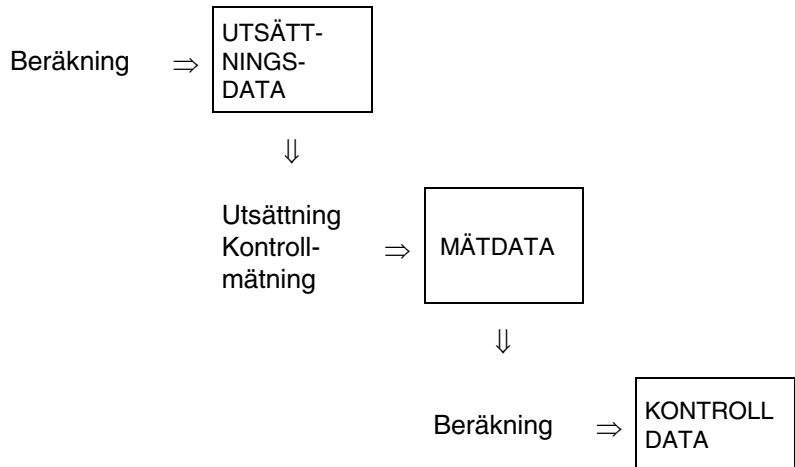
Figur 7.1. Dataflödet vid inmätning.

Figur 7.1 beskriver dataflödet vid inmätning och konventionell kartering. Motsvarande gäller för digital karthantering, men momentet "Kartering" ersätts då av "Lagring i databas".

Vid inmätningen produceras mätdata. Dessa bör alltid dokumenteras, eftersom fältarbetet ofta är det mest kostsamma steget i kedjan. Genom att dokumentera mätdata finns möjlighet att göra om beräkningen, t.ex. med andra värden på utgångsobjekten.

Vid digital karthantering är det självklart att dokumentera koordinater, men även vid konventionell kartering bör dessa sparas, för att underlätta vid senare övergång till digital teknik.

Före en utsättning beräknas utsättningsdata i någon form. Vid efterföljande kontrollmätning produceras mätdata. Ur dokumenterade utsättningsdata och mätdata kan sedan kontrolldata beräknas. Dataflödet vid utsättning visas i figur 7.2.



Figur 7.2. Dataflödet vid utsättning.

7.1 Mätdata

Dokumentation av inmätning behövs för beräkning, kvalitetsmärkning och kartering.

Mätdata bör sparas minst till dess att projektet är avslutat från teknisk synpunkt (beräkning och redovisning är färdig). Observera att det kan finnas strängare krav på arkiveringstider från juridisk synpunkt (föreskrifter, avtal etc.)

Obearbetade mätdata dokumenteras, så att vidarebearbetningen senare kan göras utifrån dessa. I de fall beräkningen sker redan i fält, bör ändå obearbetade data dokumenteras, för att möjliggöra senare nyberäkning.

Numeriska/alfanumeriska data dokumenteras i mätprotokoll eller mätdatafil. Ritinformation (underlag för kartuppbbyggnad) dokumenteras grafiskt på mätskiss eller numeriskt, t.ex. som linjekoder i mätdatafilen.

7.1.1 Mätprotokoll och mätskiss


Mätprotokollet bör, förutom mätvärden, innehålla:

- ansvarig organisation
- uppgift om mätmetod
- tid och plats för mätningen
- observatör
- instrument (typ, serienummer)
- korrektionsuppgifter
- använda utgångsobjekt (punktbezeichnungar)
- mätta detaljer (typ, eventuella attribut).

Exempel på mätprotokoll, se figur 7.3.

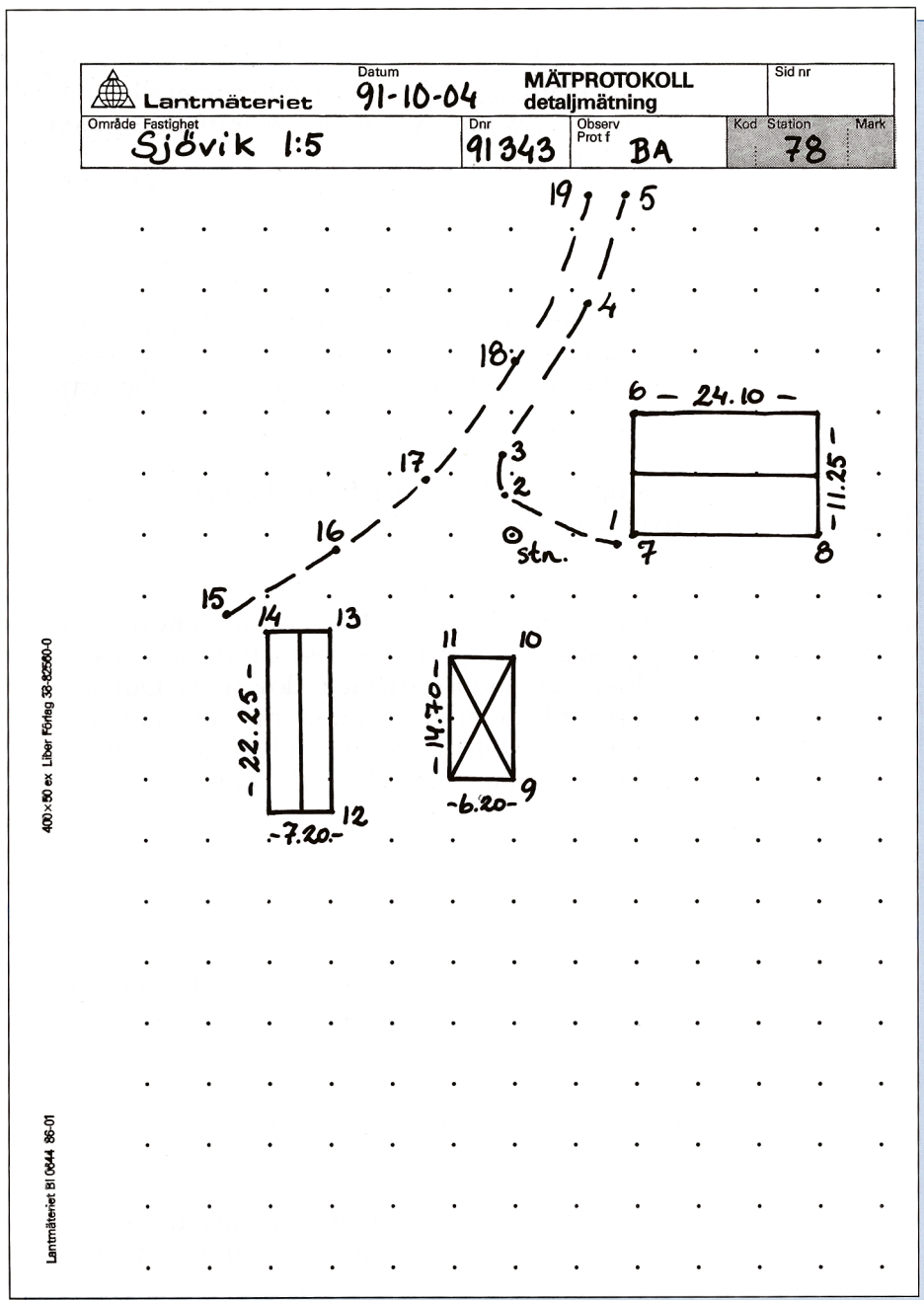
På mätskissen redovisas mätta detaljer med inmätta punkter markerade och numrerade enligt mätprotokollet. Stationspunkters lägen relativt detaljerna bör också framgå.

Exempel på mätskiss, se figur 7.4.

 Lantmäteriet		MÄTPROTOKOLL detalj-/takymetermätning		Instrument 195729 Sid nr T16 GDM 12 4671				
RUBRIK								
Område Fastighet SJÖVIK 1:5		Dnr 91343	Datum 1991-10-04		Observatör BA			
STATION								
Station Omr • Typ • Nummer SJÖ * FRI * 78		Instr höjd 0	Vv korr(gon) —		*) alt. måttyp hor.längd/△h			
Bakåttobjekt Omr • Typ • Nummer		*) Lutande längd	*) Vertikalvinkel		Horizontal vinkel			
VIK * POL * 7611		53 232	99 726		399 996			
SJÖ * GRÄ * 412		53 858	98 444		37 069			
					Signal höjd			
					Anm			
					Ej z			
MÄTNING								
Till- fälligt nr	Framåtobjekt Omr • Typ • Nummer	*) Lutande längd		*) Vertikalvinkel		Horizontal vinkel	Signal höjd	Anm
1	SJÖ * KTE	9 52		98 77		339 35	1 68	
2		7 86		99 51		175 87		
3		9 18		99 56		183 19		
4		15 12		100 00		237 58		
5		34 28		100 03		263 63		
6	BOH	15 79		99 57		287 15	—	
7		10 12		99 83		337 36		
8		34 19		99 93		341 89		
9	BBH	26 22		99 32		56 62		
10		11 77		99 24		66 69		
11		14 73		97 68		93 22	1 68	SOCKEL
12	BUH	35 63		98 99		96 11	—	
13		24 61		98 46		138 45		
14		31 76		98 76		140 70		
15	KTE	33 11		98 87		148 02	1 68	
16		23 59		98 55		154 19		
17		17 14		98 97		174 35		
18		19 49		99 77		233 56		
19		34 82		100 12		258 46		

Lantmäteriet BI 0610 84-10 1000x50 ex Libor...kettförslag 38-8256.

Figur 7.3. Exempel på mätprotokoll.



Figur 7.4. Exempel på mätskiss.

7.1.2 Fältminne/fältdator

Om mätdata registreras i fältminne eller fältdator gäller samma rekommendationer beträffande innehåll som för mätprotokoll.

En mätdatafil med obearbetade data (rådatafil), kan utgöra dokumentation av mätdata. Oftast krävs också en formatbeskrivning för att dokumentationen skall vara entydig.

Exempel på rådatafil och formatbeskrivning, se figur 7.5 respektive figur 7.6.

En bearbetad fil, där alla data är oförändrade men innehållet uppställt på ett mera lättläst sätt (protokollsfil), är en bättre dokumentationsform vid redovisning. Om programvara för fortsatt bearbetning (beräkning, kartuppbyggnad) ej utgår från protokollsfil utan använder rådatafil som indata, är det dock rådatafilen som bör arkiveras.

Exempel på protokollsfil, se figur 7.7.

Om mätdatafilen innehåller fältkoder för t.ex. detaljtyper, bör kodförteckning ingå i dokumentationen.

Exempel på kodförteckning, se figur 7.8.

Om numerisk ritinformation (linjekodning) lagras i separat fil, bör även denna fil ingå i dokumentationen.

```

-FIL AUTOKA RADATA amk.m -PGM MIDAK
Lantmäteriverket 91-10-03
GÄVLE ba
Tömning av AutoKa-FC AutoKa-PC
/
P=1 S=1 1=SJÖVIK 1:5 2=91343 3=1991-10-04 5=BA
P=3 S=2 6=SJÖ 14=FRI 8=78 9=100 40=0.0 51=F
P=3 S=7 6=VIK 14=POL 8=7611 35=53.232 34=99.726 33=399.9965 41=1.68 52=B
P=3 S=7 6=SJÖ 14=GRÅ 8=412 35=35.858 34=98.4440 33=37.0690 41=1.68 52=BP
P=4 S=11 6=SJÖ 14=162 7=1
P=4 S=12 9=1 35=9.52 34=98.7690 33=339.3465 41=1.68
P=4 S=12 9=2 35=7.86 34=99.5085 33=175.8715 41=1.68
P=4 S=12 9=3 35=9.18 34=99.5550 33=183.1930 41=1.68
P=4 S=12 9=4 35=15.12 34=99.9970 33=237.5805 41=1.68
P=4 S=12 9=5 35=34.28 34=100.0330 33=263.6280 41=1.68
P=4 S=11 6=SJÖ 14=140 7=2
P=4 S=12 64=40 9=6 35=15.79 34=99.5670 33=287.1535
P=4 S=12 64=40 9=7 35=10.12 34=99.8280 33=337.3600
P=4 S=12 64=40 9=8 35=34.19 34=99.9295 33=341.8875
P=4 S=11 6=SJÖ 14=141 7=3
P=4 S=12 64=41 9=9 35=26.22 34=99.3190 33=56.6150
P=4 S=12 64=41 9=10 35=11.77 34=99.2370 33=66.6900
P=4 S=12 64=41 9=11 35=14.73 34=97.6770 33=93.2225 41=1.68 15=SOCKETL
P=4 S=11 6=SJÖ 14=142 7=4
P=4 S=12 64=42 9=12 35=35.63 34=98.9870 33=96.1085
P=4 S=12 64=42 9=13 35=24.61 34=98.4600 33=138.4510
P=4 S=12 64=42 9=14 35=31.76 34=98.7610 33=140.7035
P=4 S=11 6=SJÖ 14=162 7=5
P=4 S=12 9=15 35=33.11 34=98.8745 33=148.0245 41=1.68
P=4 S=12 9=16 35=23.59 34=98.5505 33=154.1885 41=1.68
P=4 S=12 9=17 35=17.14 34=98.9680 33=174.3520 41=1.68
P=4 S=12 9=18 35=19.49 34=99.7710 33=233.5645 41=1.68
P=4 S=12 9=19 35=34.82 34=100.1205 33=258.4620 41=1.68
P=6 S=11 6=SJÖ 14=140 7=2
P=6 S=16 64=40 9=20 11=8 36=11.25 61=6 65=24.10 53=SLUT
P=6 S=11 6=SJÖ 14=141 7=3
P=6 S=16 64=41 9=21 11=11 36=14.70 61=9 65=6.20 53=SLUT
P=6 S=11 6=SJÖ 14=142 7=4
P=6 S=16 64=42 9=22 11=14 36=22.25 61=12 65=7.20 53=SLUT
-9
P=0 7=1 14=162 6=SJÖ
P=0 9=1
P=0 9=2
P=0 9=3
P=0 9=4
P=0 9=5
P=0 7=2 14=140 6=SJÖ
P=0 9=6
P=0 9=7
P=0 9=8
P=0 9=20 53=X
P=0 9=6
P=0 7=3 14=141 6=SJÖ
P=0 9=9
P=0 9=10
P=0 9=11
P=0 9=21 53=X
P=0 9=9
P=0 7=4 14=142 6=SJÖ
P=0 9=12
P=0 9=13
P=0 9=14
P=0 9=22 53=X
P=0 9=12
P=0 7=5 14=162 6=SJÖ
P=0 9=15
P=0 9=16
P=0 9=17
P=0 9=18
P=0 9=19
-9

```

Figur 7.5. Exempel på rådatafil.

1=PROJEKT
2=UPPDRAGS-NR.
3=DATUM
4=TID
5=OPERATÖR
6=OMRÅDE
7=LINJENUMMER
8=PUNKTNUMMER
9=INTERNUMMER
10=FRÅN-PUNKT
11=TILL-PUNKT
12=A-LINJEPUNKT
13=B-LINJEPUNKT
14=TYP
15=ANMÄRKNING
16=MATERIAL
17=DIMENSION
18=BETTÄCKNING
19=GATA
20=BETYG
21=RIKTNING KL.
22=VG-DJUP/Z VG
23=LEDNINGSTYP
24=LÄGGNINGÅR
25=HUVUDMAN
26=X-KOORDINAT
27=Y-KOORDINAT
28=Z-KOORDINAT
29=X-KORREKTION
30=Y-KORREKTION
31=Z-KORREKTION
32=BRYTVINKEL
33=HOR. VINKEL
34=VERT. VINKEL
35=LUT. LÄNGD
36=HOR. LÄNGD
37=ABSKISSA
38=ORDINATA
39=HÖJDSKILLNAD
40=INSTR. HÖJD
41=SIGNALHÖJD
42=LÄNGD-KORR.
43=TVÅR-KORR.
44=PLANLÄGE
45=HÖJDLÄGE
46=ADD. KONSTANT
47=VV. KORR.
48=TEMPERATUR
49=LUFTRYCK
50=INSTR. TYP
51=FRIUPPST. KOD
52=BAKÅTOBJ. KOD
53=FIGUR-KOD
54=BÅGLINJE-KOD
55=STN. MEDEL HV
56=STN. MEDEL VV
57=MEDEL LL
58=NÄRMEL. NL
59=ANT SATS
60=STN PKT
61=TILL-PUNKT
62=A-LINJEPUNKT
63=B-LINJEPUNKT
64=TYP
65=HOR. LÄNGD
66=OMRÅDE
68=PUNKTNUMMER
69=INTERNUMMER

Figur 7.6. Exempel på formatbeskrivning.

-FIL AUTOKA RADATA amk.d -PGM MIDAK				91-10-03	
Lantmäteriverket				ba	
GÄVLE				AutoKa-PC	
Tvättning från AutoKa-FC					
/					
RUBRIK					
SJÖVIK					
STATION					
SJÖ*FRI*78	0.000	0.0000	LL		
VIK*POL*7611	53.232	99.7260	399.9965	1.680	!
SJÖ*GRÅ*412	35.858	98.4440	37.0690	1.680	!
MÄTNING					
!	9.520	98.7690	339.3465	1.680	!
!	7.860	99.5085	175.8715	1.680	!
!	9.180	99.5550	183.1930	1.680	!
!	15.120	99.9970	237.5805	1.680	!
!	34.280	100.0330	263.6280	1.680	!
SJÖ*BOH*	15.790	99.5670	287.1535	!	!
SJÖ*BOH*	10.120	99.8280	337.3600	!	!
SJÖ*BOH*	34.190	99.9295	341.8875	!	!
SJÖ*BBH*	26.220	99.3190	56.6150	!	!
SJÖ*BBH*	11.770	99.2370	66.6900	!	!
SJÖ*BBH*	14.730	97.6770	93.2225	1.680	!
SJÖ*BUH*	35.630	98.9870	96.1085	!	!
SJÖ*BUH*	24.610	98.4600	138.4510	!	!
SJÖ*BUH*	31.760	98.7610	140.7035	!	!
!	33.110	98.8745	148.0245	1.680	!
!	23.590	98.5505	154.1885	1.680	!
!	17.140	98.9680	174.3520	1.680	!
!	19.490	99.7710	233.5645	1.680	!
!	34.820	100.1205	258.4620	1.680	!
INBINDNING					
SJÖ*BOH*	MP*8		11.2500	!	MP*20
	MP*6		24.1000	!	
SJÖ*BBH*	MP*11		14.7000	!	MP*21
	MP*9		6.2000	!	
SJÖ*BUH*	MP*14		22.2500	!	MP*22
	MP*12		7.2000	!	
LINJEBILDNING KÖRBTO.K					
MP*1					
MP*2					
MP*3					
MP*4					
MP*5					
LINJEBILDNING BYGGU.L					
MP*6					
MP*7					
MP*8					
MP*20					
MP*6					
LINJEBILDNING BOSTAD.L					
MP*9					
MP*10					
MP*11					
MP*21					
MP*9					
LINJEBILDNING UTHUS.L					
MP*12					
MP*13					
MP*14					
MP*22					
MP*12					
LINJEBILDNING KÖRBTO.K					
MP*15					
MP*16					
MP*17					
MP*18					
MP*19					

Figur 7.7. Exempel på protokollsfil.

Fältkodlista Punkter											
	Pos 2 Pos 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Utgångspunkt	0		Triangel-punkt TRI	Polygon-punkt POL	Gräns-punkt GRÅ	Piképt el flyg.pol.pkt PIKE	Fix-punkt FIX	Fri upp-ställning FRI	Väggmark.pol.pkt. PVÅ		
Stolpar, tråd mm	1	Stolpe ospec STOLP.ALL	Elstolpe STOLP.EL	Belysnings-stolpe STOLP.BEL	Tele-stolpe STOLP.TEL	SJ-stolpe STOLP.SJ	Staket-stolpe BSS	Flaggstäng FLAGGSTÅ	Barträd TRÅD.BAR	Lövträd TRÅD.LÖV	Brunn, Källa (mittpunkt) BRUNN
Höjdpunkter	2	Höjdpunkt ospec HÖP	Höjdpunkt kantsten HKS	Höjdpunkt släntfot HSF	Höjdpunkt släntkrön HSK	Höjdpunkt sockelhöjd HSH	Höjdpunkt murkrön HMU	Höjdpunkt vägmitt HMU			
Punkt på mittlinje	3	Häck MHÅ	Stenmur MSM	Stödmur MMU	Brandmur MBM	Staket BSP	Dike MDI	Slig MST	Elljusspår MES	Gångbana MGÅ	
Punkt på kantlinje	4	Byggnad ospec BOH	Bostad BBH	Uthus BUH	Industri-byggnad BIH	Offentlig byggnad BOFH	Skärmtak BSK	Jord-källare BJO	Kyrka BKH	Trans-formator BTH	
	5										
	6	Körbana allmän KKE	Körb. allm m kantsten KKE	Körbana på tomt KTE	Körb. tomt m kantsten KTK	Gångbana KGE	Gångbana m kantsten KSK	Trappa BAH	Spår KSP	Bro KBR	Tunnel KTV
	7	Perrong KPE	Refug KRG	Vägräcke KRÅ	Vägtrumma KVT	Vägområde KVO					
	8	Agoslags-gräns LÄG	Dike KDI	Bäck KBK	Kanal KAN	Damm KDB	Strandlinje LST	Brygga KBY	Kaj KAJ	Pool BPH	
Övriga kant- o begränsningslinjer	9	Häck KHÅ	Stenmur KSM	Stödmur KMU	Brandmur KBM	Slänt KSL					

Fältkodlista Polygoner											
	Pos 3 Pos 1-2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mittlinje	10				Fastighets-gräns FASTGR						
	11	Ledning LEDN.ALL	Elledning LEDN.EL	Belysn. ledning LEDN.BEL	Telelednin LEDN.TEL	SJ-ledning LEDN.SJ					
	13		Stenmur STEN-MUR.M	Stödmur STÖD-MUR.	Brandmur BRAND-MUR.M	Staket STAKET	Dike DIKE.M	Slig STIG.M	Elljusspår ELSPÅ.M	Gångbana GÅNG-BAN.M	Back BÄCK.M
Kantlinje	14	Byggnad ospec BYGGU.L	Bostad BOSTAD.L	Uthus UTHUS.L	Industri-byggnad INDUST.L	Offentlig Byggnad OFBYGG.L	Skärmtak SKÄRMT.L	Jord-källare JORDKÄLL	Kyrka KYRKAL	Trans-formator TRAFOL	
	15	Byggnad ospec TBYGGU.L	Bostad TBOSTAD.L	Uthus TUTHUS.L	Industri-byggnad TINDUST.L	Offentlig Byggnad TOFBYGG.L	Skärmtak TSKÄRMT.L				
	16	Körbana allmän KÖRBANA.K	Körb allm m kantsten KÖRBKST.K	Körbana på tomt KÖRBTÖ.K	Körb. tomt m kantsten KÖRBKTÖ.K	Gångbana GÅNGBAN.	Gångbana m kantsten GÅNBKST.K	Trappa TRAPPAL	Spår SPÅR.K	Bro BRO.K	Tunnel TUNNEL.K
	17	Perrong PERRONG.	Refug REFUG.K	Vägräcke VÅGRÄCK.K	Vägtrumma VÅGTRUM.	Vägområde VÅGOMR.K	Cykelbana CYKBAN.K	Gång - cykelbana GCBAN.K			
	18	Agoslags-gräns ÄGOSLAG.K	Dike DIKE.K	Bäck BÄCK.K	Kanal KANAL.K	Damm DAMM.K	Strandlinje STRAND.K	Brygga BRYGGA.K	Kaj KAJ.K	Pool BASSÄNG.L	
Övriga kant- o begränsningslinjer	19	Häck HÄCK.K	Stenmur STEN-MUR.K	Stödmur STÖD-MUR.K	Brandmur BRAND-MUR.K	Slänt SLÄNT.K					

Figur 7.8. Exempel på kodförteckning.

7.2 Beräkningshandlingar

En beräkning bör dokumenteras så att beräkningsgången kan rekonstrueras.

Av beräkningshandlingar bör, förutom beräkningsresultatet, framgå:

- källa (t.ex. filnamn) för mätdata
- utgångspunkters koordinater
- vilket beräkningsprogram som använts
- koordinat- och höjdsystem
- resultat av utjämnings- och kontrollmätningar.

I tillämpliga delar gäller detta även beräkningshandlingar från beräkningar i samband med utsättning.

Utsättningsdata kan t.ex. redovisas i form av koordinater samt beskrivningar av linjeelement med kurvparametrar. Kontroll-data kan t.ex. vara avvikelser i plan och höjd mellan punkters teoretiska lägen och kontrollmätta lägen.

7.3 Kontrolldokument

I de fall då måttkontrollprogram finns, skall kontrollmätningar dokumenteras på det sätt som anges i programmet.

Se avsnitt 6.4.1 och 6.4.2.

Även i andra fall kan det vara motiverat att särskilt dokumentera vilka kontroller som utförts och resultaten av dessa.

Om utförda kontroller inte tydligt framgår av mätdata eller beräkningshandlingar, bör kontrollerna redovisas i särskilda kontrolldokument.

I avsnitt 6.1.5 finns råd för redovisning av kontroller.

Särskilda kontrolldokument kan t.ex. vara:

- utdrag ur instrumentjournaler, där instrumentkontroller, kalibreringar, justeringar m.m. redovisas
- dokumentation av kontroller mellan utgångspunkter, där längd-, riktning- och höjdkontroller redovisas
- kontrollsektioner, där inmätning av utsatta sektioner redovisas numeriskt eller grafiskt
- utstakningsbevis, där utsättningsdata, mätdata från kontrollmätning samt kontrolldata redovisas samlat
- kontrollritningar, där resultatet av inmätningar redovisas grafiskt.

7.4 Kvalitetsmärkning

Information som behövs för att åstadkomma kvalitetsmärkning, vad avser ursprung och noggrannhet, bör samlas in och dokumenteras vid inmätning. Normalt krävs ingen ytterligare information än vad som sagts ovan, under förutsättning att noggrannhet i plan och höjd kan bestämmas schablonmässigt ur uppgifter om utrustning och mätmetod. Markanta avvikelser från en sådan förväntad noggrannhet bör emellertid dokumenteras.

7.5 Objektbeskrivning

Ovan har i huvudsak endast dokumentation av geometrin (objektens läge och form) berörts. I samband med geodetisk mätning finns det också stora möjligheter att samla in andra objektbeskrivande data. I geografiska informationssystem (GIS) är ofta sådana, icke-geometriska data den viktigaste delen. En stor del av dessa data kan med fördel samlas in vid mättillfället, eftersom man då befinner sig på platsen. Förutom objekttyp (detaljtyp), som är en klassificering av objekten, är det också olika attribut till objekten som kan vara intressanta. Vilka attribut som skall dokumenteras samt klassificeringsgrunder och detaljeringsnivå för objekttyper avgörs naturligtvis av det mottagande systemets

krav och möjligheter. Ett detaljmättningsprojekt regleras sannolikt av ett arbetsprogram, kontrakt eller dylikt, där ambitionsnivån i detta avseende bör vara angiven.

8 MARKERING

Som utgångspunkter vid detaljmätning används oftast brukspunkter, dvs. markerade punkter i ett bruksnät. I samband med detaljmätningen kan det bli aktuellt att markera tillfälliga hjälp- och kontrollpunkter.

I bygg- och anläggningsprojekt sker inmätning och utsättning av detaljpunkter från primär- och sekundärpunkter. Detaljpunkter är lägesmarkeringar för byggnadsdelar eller komponenter inom hus och anläggningsverksamhet. Dessa punkter kan markeras på det exakta läget eller placeras strax invid komponenten för att utgöra underlag för kontroll efter montage.

I dokumentet HMK–Ge:M behandlas samtliga punkttyper med avseende på grundläggande faktorer för markering, markeringsätt, identifiering, säkerställande och punktbeskrivningar. Vidare beskrivs kontroll och underhåll av punkter, borttagande, återutsättning samt skydd och arkivering. Eftersom detaljerade anvisningar och råd ges i ovannämnda HMK-dokument, tas här enbart upp allmänna synpunkter på dessa punkttyper.

8.1 Brukspunkter

Brukspunkter läggs i regel ut och markeras i tätbebyggda områden för att täcka framtida användning. Kravet på en hög varaktighet blir därför viktigt. I sådana områden förekommer ofta hög trafikintensitet, som kan ställa krav på punktens utformning och stabilitet. Tillgänglighet och olycksrisk för mätpersonalen är andra faktorer som bör beaktas vid markeringen.

8.2 Tillfälliga punkter

Vid mätuppdrag för specifika ändamål kan krävas en förtätning av bruksnätet. Dessa punkter har ofta en kort varaktighet men har samma noggrannhetsstatus som en brukspunkt. För sådana punkter gäller i allmänhet att de bör kunna markeras snabbt och enkelt och får vara av en enklare markeringsstyp än brukspunkter.

8.3 Byggplatspunkter

Primär- och sekundärpunkter skall vara varaktiga för den tid som byggnadsprojektet pågår. Markeringen kan vara av en tillfällig

karaktär, men måste vara väl definierad. Byggplatspunkter bör i allmänhet placeras och markeras med stor omsorg då de utsätts för stor skaderisk under byggnadstiden. Eftersom kraven på noggrannhet är höga bör de placeras så att risker för sättningar och sidorörelser minimeras.

8.4 Utstaknings- och detaljpunkter

Med dessa markeringar definieras läget av utsatta detaljer. Valet av markeringsätt påverkas bl. a. av den noggrannhet som krävs vid utsättningen. Dessutom skall markeringen märkas med text som anger vad den avser.

A ÖVERSIKT ÖVER PUNKTBESTÄMNINGSMETODER

Grundelement

Användning

Anmärkning

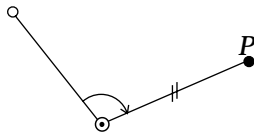
A.1 Planbestämning

Polär mätning

Längd och orienterad riktning.

De flesta fall av inmätning och utsättning.

Helt dominerande metod för inmätning.

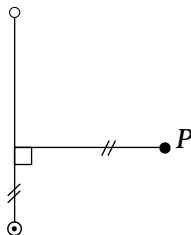


Ortogonal mätning

Två längder, rät vinkel.

Enklare inmätning från linjer. Rundmätning av hus. Utsättning på bygplatser från ett linjesystem.

Inmätning t.ex. med vinkelprisma. För hög noggrannhet krävs teodolit, men då blir metoden ej rationell.

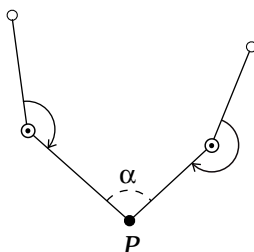


Avskärning

Två orienterade riktningar.

Inmätning och utsättning där längdmätning är svår eller omöjlig, t.ex. vid stora nivåskillnader eller inom industri-mätning.

Noggrann metod där skärningsvinkeln bör vara inom intervallet 70-130 gon.



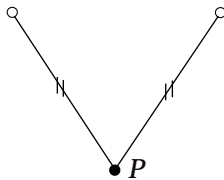
Grundelement

Användning

Anmärkning

Inbindning

Två längder.

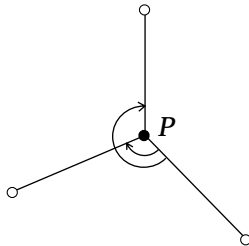


Inmätning och ut-sättning vid nor-mala krav på nog-grannhet.

Vid beräkning kan två lösningar erhål-las. Extra villkor måste därför ges.

Inskärning

Tre riktningar.

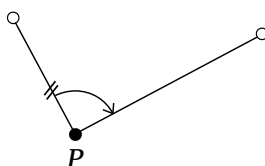


Inmätning av en-staka punkter.

Beakta god geome-tri mot bakåtob-jekten. Varning för farliga cirkeln.

Skärbindning

En längd, en vinkel.



Inmätning av en-staka punkter.

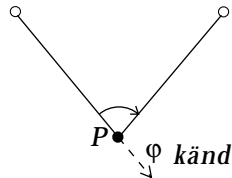
Vid beräkning kan två lösningar erhål-las om mätt längd är längre än avstån-det mellan de kän-da punkterna. Ex-tra villkor måste då ges. Som kontroll mäts även den an-dra längden.

Grundelement**Användning****Anmärkning****Sidoskärning**

Orienterad riktning och vinkel.

Inmätning av enstaka punkter.

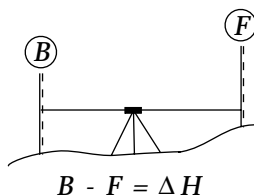
En sällan använd metod som medger punktbestämning utan att mäta längder.

**A.2 Höjdbestämning****Avvägning**

Stångavläsningar.

Linjeavvägning för bestämning av nya fixar, och vid sättningsmätning. Mätning av profiler och sektioner. Ytavvägning och höjdsättning.

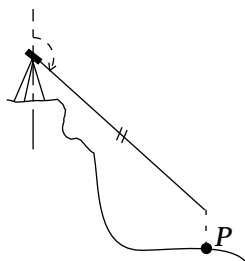
Utförs oftast som standardavvägning med direktavläsning. Noggrannheten kan ökas med planglasmikrometer och mätstång av invar. Samma mätprincip för laserplangivare som används för utsättning på byggplatser.

**Trigonometrisk höjdmätning**

Längd och vertikalvinkel.

Höjdbestämning där terrängen inte är lämplig för avvägning, eller då höjdbestämning och planbestämning kombineras.

Korrektion för jordkrökning och refraktion bör ske. Vid noggrann mätning bör refractionen bestämmas genom korresponderande mätning.



Grundelement

Användning

Anmärkning

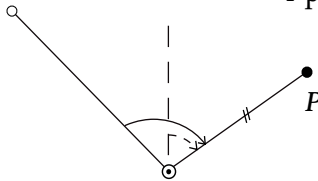
A.3 Kombinerad bestämning i plan och höjd

Takymetermätning (polär mätning + trigonometrisk höjdmätning)

Längd, orienterad riktning och vertikalvinkel.

Helt dominerande vid de flesta typer av inmätningar. Ut-sättning av detaljer i plan och höjd.

Mycket rationell metod i kombination med totalstation.

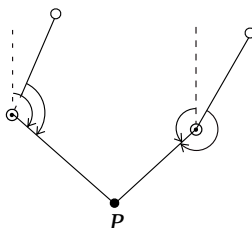


Avskärning

Två orienterade riktningar och vertikalvinkel (vertikalvinklar).

Inmätning av svår-åtkomliga punkter i plan och höjd.

Lämplig där längdmätning är omöjlig eller svår, t.ex. vid fasadmätningar och inom industrimätning.



B KONTROLL OCH JUSTERING AV GEODETISKA MÄTINSTRUMENT

B.1 Allmänt

B.1.1 Olika typer av instrumentfel

Vid all mätning skall eftersträvas att använda instrument och redskap är väl justerade och kalibrerade. Vid kalibrering kontrolleras hur instrumentavläsningarna förhåller sig till kända (korrekta) värden – dvs. hur instrumentet ”slår”. Vid behov justeras instrumentet för konstaterade fel.

Följande indelning baseras på hur felen kan konstateras och åtgärdas:

(1) Fel som kontrolleras vid varje mättillfälle. Beroende på felets art och inverkan på mätningarna justeras felet omedelbart eller vid behov.

(2) Fel som konstateras i samband med mätning eller vid kontroll och som kan justeras av instrumentanvändaren själv, antingen i fält eller med hjälp av särskild enklare anordning för feljustering.

(3) Fel som konstateras i samband med mätning eller vid kontroll och som kräver justering vid instrumentverkstad eller tillgång till speciell utrustning.

Kontroller av instrumenten bör göras regelbundet, med fasta tidsintervaller, samt när mätresultaten indikerar instrumentfel.

B.1.2 Anordningar för instrumentkontroll och justering

Varje mätningorganisation som förfogar över geodetiska mätinstrument bör se till att nödvändiga anordningar för kontroll av instrumenten finns tillgängliga. Exempel på sådana anordningar är:

- justeringsbänk för optiskt lod
- kalibreringsbas för EDM-instrument (nollpunktsfel och cykliskt fel)
- mätbas för kontroll av kollimationsfel för avvägningsinstrument

- etaloneringsbas för mätband
- kollimator för kontroll och justering av alla typer av kollimationsfel.

Beträffande moderna elektroniska instrument gäller att vissa instrumentfel kan elimineras matematiskt. Detta gäller t.ex. kollimationsfel. En förutsättning är dock att instrumenten trimmas in genom regelbunden kalibrering. Olika fabrikat hanterar felen på olika sätt och tillverkarens instruktioner måste följas.

Det är viktigt att observera att inriktningsfel är de vanligaste felen. Verkan av dessa kan endast minskas genom att rutiner utformas så att upprepade mätningar och andra överbestämningar byggs in i mätningförfarandet. Satsmätning med konventionella vinkelmätninginstrument kan härvid tjäna som förebild.

B.2 Instrumentfel – åtgärdslista

Följande förteckning redovisar olika instrumentfel. "Typ av fel" avser indelning enligt B.1.1. I kolumnen "Tillåten storlek" har angivits värden som dels är realistiska att uppnå vid justering, dels är acceptabla vid detaljmätning. Vid stommätning gäller dock att alla instrumentfel som kan elimineras skall elimineras, dvs. kolumnen "Elimination" skall tillämpas vid stommätning, men behöver inte tillämpas vid detaljmätning om instrumentfelen är justerade till tillåten storlek.

B.2.1 Teodoliter och totalstationer

Beskrivning av fel (typ av fel)	Tillåten storlek	Inverkan av fel	Elimination	Kontroll/justering
Vattenpass feljusterade (1)	Ett skalstreck	Vertikalaxeln ej lod- rät, horisontalvinkeln fel (särskilt vid branta sikter)	Blåsan skall stå i samma läge när instrumentet vrids var- vet runt	Varje uppställning
Optiska lodet fel-justerat (2)	1 mm	Instrumentet excentriskt uppställt	Går ej	Varje uppställning eller i kontrollbänk 1 gång/vecka
Trådkorsets orienteringsfel ("vridet") (3)	---	Trådkorsets trådar är ej horisontella /vertikala, ger fel i vinkelmätning	Mät mot samma ställe på trådkorsset (centrum)	Kontrolleras 2 ggr/år
Kollimationsfel i sidled (2)	5 mgon	Horisontalvinkelfel vid höjdskillnad mellan objekten	Elimineras vid helsatsmätning	Felet konstateras vid varje mätning, justeras vid behov
Kollimationsfel i höjdlid (indexfel) (1)	5 mgon	Vertikalvinkeln fel vid mätning i halv- sats	Elimineras vid helsatsmätning	Felet konstateras vid varje mätning, justeras vid behov
Horisontalcirkel excentrisk (3)	Maximalt vinkelfel 5 mgon	Felaktig horisontal- vinkel	Elimineras vid helsatsmätning	Kontrolleras 2 ggr/år
Horisontalaxeln lutar (kippaxel- fel) (3)	5 mgon vid vertikalvinkel 30 gon	Felaktig horisontal- vinkel, ökar med ök- ande vertikalvinkel	Elimineras vid helsatsmätning	Kontrolleras 2 ggr/år

B.2.2 EDM-instrument och totalstationer

Beskrivning av fel (typ av fel)	Tillåten storlek	Inverkan av fel	Elimination	Kontroll/justering
Nollpunktsfel (fel i instrumentkonstanten) (2)	3-5 mm	Konstant fel i mätt längd	Addition av korrektion i protokoll eller vid beräkning	Kalibrering minst 1 gång/år
Frekvensfel (3)	1 ppm (1 mm/km)	Skalfel i mätt längd	Korrektion kan utföras vid beräkning	Frekvensmätning 1 gång/år, grovkontroll 1 gång/vecka
Cykliskt fel (3)	Amplitud <3-5 mm	Periodiskt varierande fel i mätt längd	Utförs oftast inte	Kontrolleras i samband med bestämning av nollpunktsfel
Pekfel (2)	3-5 mm vid inriktning inom 30 mgon	Slumpmässigt fel vid slarvig inriktning	Mätning mot maxsignal	EDM-instrument parallellställs mot teodolit 1 gång/vecka

B.2.3 Avvägningsinstrument

Beskrivning av fel (typ av fel)	Tillåten storlek	Inverkan av fel	Elimination	Kontroll/justering
Kollimationsfel (2)	1 mm/50 m (planplatta) 3 mm/50 m (ej planplatta)	Fel höjdskillnad vid olika avläsningsavstånd bakåt/framåt	Samma avstånd vid avläsning bakåt- /framåt	Kontrolleras 1 gång/vecka, justeras vid behov
Kompensatorfel (3)	---	Siktlinjen ej horisontell	Går ej	Funktionskontroll vid varje mätning

B.2.4 Avvägningsstänger

Beskrivning av fel (typ av fel)	Tillåten storlek	Inverkan av fel	Elimination	Kontroll/justering
Graderingsfel (3)	0.01 mm (invar) 0.1-1 mm (övriga)	Felaktig avläsning	Kräver kalibreringstabell	Uppmätning av skalan
Stången lutar (1)	---	Felaktig avläsning	Går ej	Vattenpass kontrolleras 1 gång/dag, justeras vid behov

B.2.5 Övrig utrustning

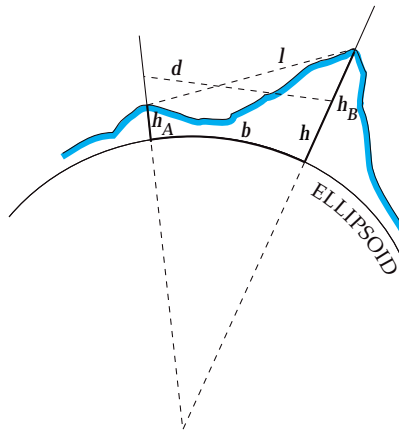
Beskrivning av fel (typ av fel)	Tillåten storlek	Inverkan av fel	Elimination	Kontroll/justering
Mätband				
Fel normaltemperatur (2)	3°C	Skalfel i mätt längd	---	Jämförelse mot normalband eller etaloneringsbas
Graderingsfel	Enligt SS 641112	Slumpvis fel i mätt längd	---	Jämförelse mot normalband
Bandsträckare				
Felaktig bandspänning (2)	10 N (1kp)	Skalfel i mätt längd	---	Kontroll mot känd vikt 1 gång/år
Aneroidbarometer				
Felvisning (3)	400 Pa (3 mm Hg) (4 mbar)	Fel lufttryck ger skalfel vid EDM-mätning (1 ppm/400 Pa)	---	Jämförelse mot annan barometer 1 gång/vecka, kontroll mot normalbarometer 1-2 ggr/år
Termometer				
Felvisning (3)	1°C	Fel temperatur ger skalfel vid EDM-mätning (1 ppm/1°C)	---	Jämförelse mot normaltermometer 1 gång/år

C MATEMATISK FORMELSAMLING

C.1 Geometriska korrektioner

Här beskrivs hur mätta längder och riktningar räknas om till projektionsplanet. Förenklade formler (för längder < 3 km) används. Noggrannare formler finns i HMK-Ge:S, bilaga C.

C.1.1 Lutnings- och höjdreduktion av längder



Figur C.1. Reduktion av längder.

Den mätta längden l mellan punkterna A och B reduceras till längden b på referensellipsoiden, se figur C.1, enligt formlerna:

$$d = \sqrt{l^2 - (h_A - h_B)^2}$$

$$k_h = -\frac{d \cdot (h_A + h_B)}{2R}$$

$$b = d + k_h$$

där (sorter i meter):

l	= mätt lutande längd
h_A	= höjd i punkt A
h_B	= höjd i punkt B
d	= horisontell längd
R	= jordens krökningsradie ≈ 6389000
k_h	= höjdreduktion
b	= horisontell längd på ellipsoiden

C.1.2 Projektionskorrektur av längder

I föregående beräkning har den mätta längden mellan punkterna A och B reducerats till längden b på referensellipsoiden, se figur C.1. Längden b omräknas till längden b_p i projektionsplanet, enligt formlerna:

$$y = \frac{y_A + y_B}{2}$$

$$k_p = \frac{b \cdot (y - y_0)^2}{2 \cdot r^2}$$

$$b_p = b + k_p$$

där (sorter i meter):

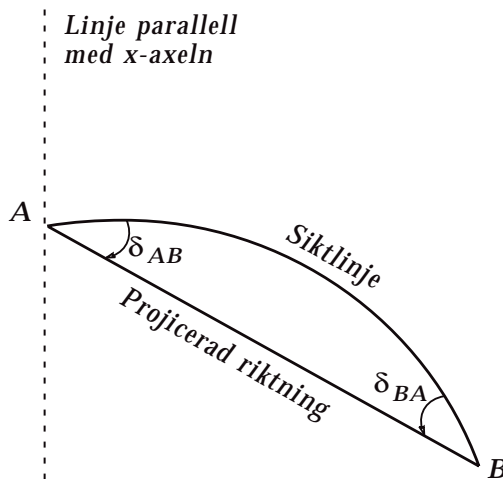
y_A	= y-koordinat för punkt A
y_B	= y-koordinat för punkt B
y	= y-koordinat för mätsträckans mittpunkt
y_0	= y-koordinat för medelmeridianen (y-tillägget)
b	= horisontell längd på ellipsoiden
r	= jordens krökningsradie ≈ 6389000
k_p	= projektionskorrektur
b_p	= längd i projektionsplanet

I tabell C.1 visas några exempel på korrektionens storlek.

$y - y_0$ (m) \ b (m)	100 000	200 000	400 000
300	0.037	0.147	0.588
1000	0.122	0.490	1.960
3000	0.367	1.470	5.880

Tabell C.1. Exempel på projektionskorrektioner. Sorter i meter.

C.1.3 Riktningsskorrektion



Figur C.2. Riktningsskorrektion.

Siktlinjen från punkt A mot punkt B motsvarar en båge i projektionsplanet. Med riktningsskorrektion menas vinkeln mellan bågen AB och kordan AB, se figur C.2. Den beräknas enligt formeln:

$$\delta_{AB} = \frac{\rho}{6 \cdot r^2} \cdot (x_A - x_B) \cdot (2y_A + y_B - 3y_0)$$

där:

x_A, y_A, x_B, y_B = koordinater för linjens ändpunkter i meter

y_0 = y-koordinat för medelmeridianen
(y-tillägget) i meter

ρ = $\frac{200}{\pi} \approx 63.6620$ gon

r = jordens krökningsradie ≈ 6389000 meter

δ_{AB} = riktningskorrektion i gon

I tabell C.2 visas några exempel på korrektionens storlek.

$y - y_0$ (m) \ / \ $x_A - x_B$ (m)	100 000	200 000	400 000
300	0.02	0.05	0.09
1000	0.08	0.16	0.31
3000	0.23	0.47	0.94

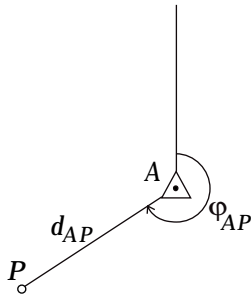
Tabell C.2. Exempel på riktningskorrektoner då $y_A = y_B$. Sorter i mgon.

Anmärkning: Vid detaljmätning blir riktningskorrektion endast aktuell i mycket extrema situationer.

C.2 Koordinatberäkning

Här beskrivs koordinatberäkning för olika punktbestämningsmetoder. Mätningarna förutsätts vara korrigerade enligt avsnitt C.1.

C.2.1 Polär inmätning



Figur C.3. Polär inmätning.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

Mätt:

d_{AP} = avståndet mellan A och P

φ_{AP} = orienterad riktning från A mot P

Sökt:

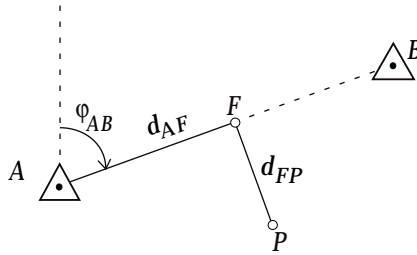
$P (x_P, y_P)$ = koordinater för punkten P

Lösning:

$$x_P = x_A + d_{AP} \cdot \cos \varphi_{AP}$$

$$y_P = y_A + d_{AP} \cdot \sin \varphi_{AP}$$

C.2.2 Ortogonal inmätning



Figur C.4. Ortogonal inmätning.

Givet:

$$\begin{aligned} A(x_A, y_A) &= \text{koordinater för punkten } A \\ \varphi_{AB} &= \text{orienterad riktning från } A \text{ mot } B \end{aligned}$$

Mätt:

$$\begin{aligned} d_{AF} &= \text{avståndet mellan } A \text{ och } F \text{ (abskissa)} \\ d_{FP} &= \text{avståndet mellan } F \text{ och } P \text{ (ordinata)} \end{aligned}$$

Sökt:

$$P(x_P, y_P) = \text{koordinater för punkten } P$$

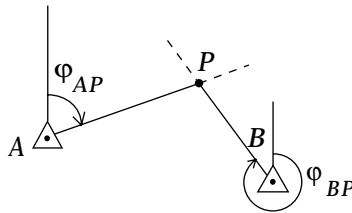
Lösning:

$$x_P = x_A + d_{AF} \cdot \cos \varphi_{AB} - d_{FP} \cdot \sin \varphi_{AB}$$

$$y_P = y_A + d_{AF} \cdot \sin \varphi_{AB} + d_{FP} \cdot \cos \varphi_{AB}$$

Anmärkning: Ordinata är positiv åt höger från baslinjen och negativ åt vänster.

C.2.3 Avskärning



Figur C.5. Avskärning.

Givet:

$A(x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B(x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

Mätt:

φ_{AP} = orienterad riktning från A mot P

φ_{BP} = orienterad riktning från B mot P

Sökt:

$P(x_P, y_P)$ = koordinater för punkten P

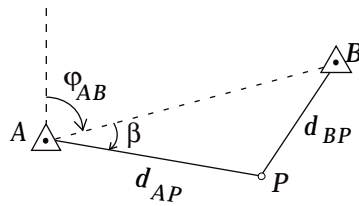
Lösning (tangentmetoden):

$$x_P = x_A + \frac{(x_B - x_A) \cdot \tan \varphi_{BP} - (y_B - y_A)}{\tan \varphi_{BP} - \tan \varphi_{AP}}$$

$$y_P = y_B + (x_P - x_B) \cdot \tan \varphi_{BP}$$

Anmärkning: Undvik att φ_{BP} är nära 100 eller 300 gon genom att välja A och B så att $|\tan \varphi_{BP}| < |\tan \varphi_{AP}|$.

C.2.4 Inbindning



Figur C.6. Inbindning.

Givet:

$A(x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B(x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

Mätt:

d_{AP} = avståndet mellan A och P

d_{BP} = avståndet mellan B och P

Sökt:

$P(x_P, y_P)$ = koordinater för punkten P

Lösning (cosinussatsen):

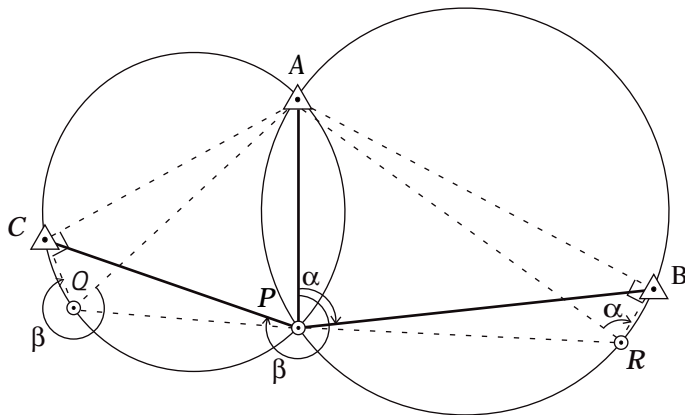
$$\cos \beta = \frac{d_{AB}^2 + d_{AP}^2 - d_{BP}^2}{2 \cdot d_{AB} \cdot d_{AP}}$$

$$x_P = x_A + d_{AP} \cdot \cos(\varphi_{AB} + \beta)$$

$$y_P = y_A + d_{AP} \cdot \sin(\varphi_{AB} + \beta)$$

Anmärkning: β är positiv om P ligger till höger om linjen AB och negativ om P ligger till vänster.

C.2.5 Inskärning



Figur C.7. Inskärning.

Givet:

$A(x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B(x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

$C(x_C, y_C)$ = koordinater för punkten C

Mätt:

α = vinkeln i P mellan A och B

β = vinkeln i P mellan A och C

Sökt:

$P(x_P, y_P)$ = koordinater för punkten P

OBS! VARNING FÖR FARLIGA CIRKELN!

Lösning (Cassinis metod):

$$x_R = x_B - \frac{y_B - y_A}{\tan \alpha}$$

$$y_R = y_B + \frac{x_B - x_A}{\tan \alpha}$$

$$x_Q = x_C - \frac{y_C - y_A}{\tan \beta}$$

$$y_Q = y_C + \frac{x_C - x_A}{\tan \beta}$$

$$k_R = \tan \varphi_{RP} = \frac{y_Q - y_R}{x_Q - x_R}$$

$$k_A = \tan \varphi_{AP} = -\frac{1}{k_R}$$

Därefter beräknas P genom avskärning från A och R .

Om $|k_R| < |k_A|$:

$$x_P = x_A + \frac{(x_R - x_A) \cdot k_R - (y_R - y_A)}{k_R - k_A}$$

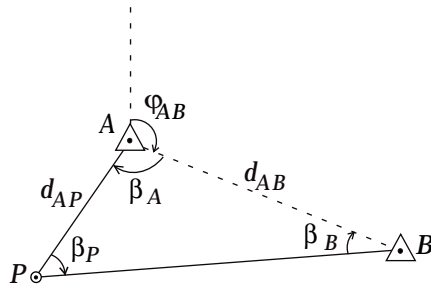
$$y_P = y_R + (x_P - x_R) \cdot k_R$$

Om $|k_R| > |k_A|$:

$$x_P = x_R + \frac{(x_A - x_R) \cdot k_A - (y_A - y_R)}{k_A - k_R}$$

$$y_P = y_A + (x_P - x_A) \cdot k_A$$

C.2.6 Skärbindning



Figur C.8. Skärbindning.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

Mätt:

d_{AP} = avståndet mellan A och P

β_P = vinkeln i P mellan A och B

Sökt:

$P (x_P, y_P)$ = koordinater för punkten P

Lösning:

$$\sin \beta_B = \frac{d_{AP}}{d_{AB}} \cdot \sin \beta_P$$

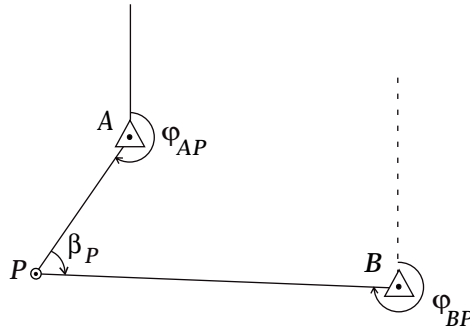
$$\beta_A = 200^g - \beta_B - \beta_P$$

$$x_P = x_A + d_{AP} \cdot \cos(\varphi_{AB} + \beta_A)$$

$$y_P = y_A + d_{AP} \cdot \sin(\varphi_{AB} + \beta_A)$$

Anmärkning: Om det mätta avståndet (d_{AP}) är längre än avståndet mellan de kända punkterna (d_{AB}) finns två lösningar. En entydig lösning och fördelaktigare konfiguration erhålls om man alltid mäter det kortaste avståndet ($d_{AP} < d_{BP}$).

C.2.7 Sidoskärning



Figur C.9. Sidoskärning.

Givet :

$A (x_{A'} y_{A'})$ = koordinater för punkten A

$B (x_{B'} y_{B'})$ = koordinater för punkten B

Mätt:

φ_{AP} = orienterad riktning från A mot P

β_P = vinkeln i P mellan A och B

Sökt:

$P (x_{P'} y_{P'})$ = koordinater för punkten P

Lösning:

$$\varphi_{BP} = \varphi_{AP} + \beta_P - 400^g$$

Därefter beräknas P genom avskärning från A och B.

Om $|\tan \varphi_{BP}| < |\tan \varphi_{AP}|$:

$$x_P = x_A + \frac{(x_B - x_A) \cdot \tan \varphi_{BP} - (y_B - y_A)}{\tan \varphi_{BP} - \tan \varphi_{AP}}$$

$$y_P = y_B + (x_P - x_B) \cdot \tan \varphi_{BP}$$

Om $|\tan \varphi_{BP}| > |\tan \varphi_{AP}|$:

$$x_P = x_B + \frac{(x_A - x_B) \cdot \tan \varphi_{AP} - (y_A - y_B)}{\tan \varphi_{AP} - \tan \varphi_{BP}}$$

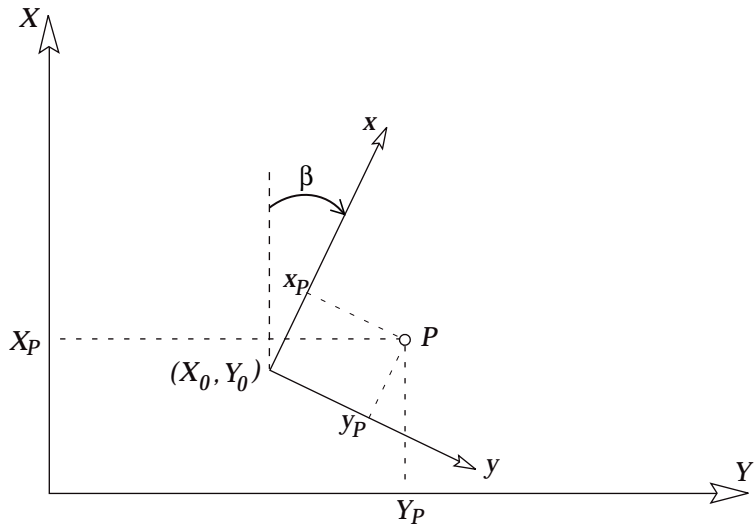
$$y_P = y_A + (x_P - x_A) \cdot \tan \varphi_{AP}$$

C.3 Koordinattransformation

Här beskrivs unitär transformation och Helmerttransformation som är s.k. likformighetstransformationer, vilket innebär att en figur inte ändrar form till följd av transformationen. Unitär transformation påverkar inte alls den inbördes geometrin mellan transformerade punkter, medan Helmerttransformation innehåller en skalförändring.

Dessutom beskrivs affin transformation, som hanterar systematiska skalskillnader i olika riktningar. Affin transformation bör ej användas vid transformation av geodetiskt mätta punkter, men är lämplig t.ex. i samband med kartdigitalisering, där man vill kompensera för olikformiga krympningar i underlagsmaterialet.

C.3.1 Unitär transformation



Figur C.10. Unitär transformation.

Givet:

(X_0, Y_0) = från-systemets origo i till-systemet

β = från-systemets vridning relativt till-systemet

(x_P, y_P) = koordinater i från-systemet

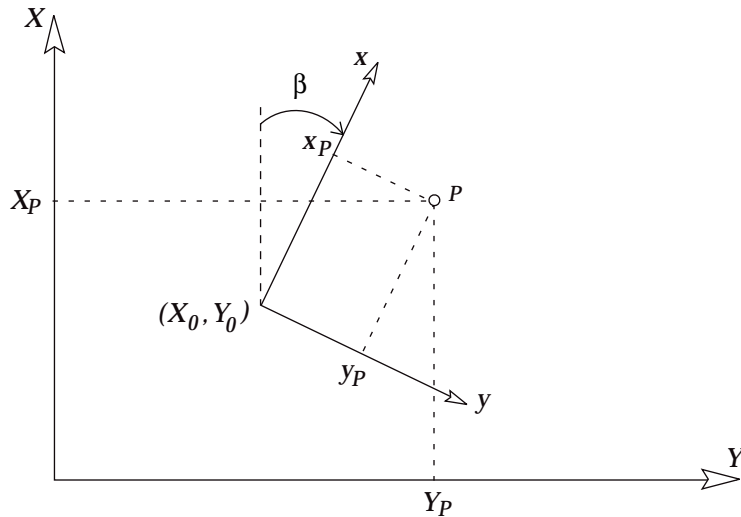
Sökt:

(X_P, Y_P) = koordinater i till-systemet

Lösning:

$$\begin{cases} X_P = X_0 + x_P \cdot \cos \beta - y_P \cdot \sin \beta \\ Y_P = Y_0 + x_P \cdot \sin \beta + y_P \cdot \cos \beta \end{cases}$$

C.3.2 Helmertransformasjon



Figur C.11. Helmertransformasjon.

Givet:

 (X_0, Y_0) = från-systemets origo i till-systemet β = från-systemets vridning relativt till-systemet m = skalfaktor = till-systemets skala: från-systemets skala (x_P, y_P) = koordinater i från-systemet

Sökt:

 (X_P, Y_P) = koordinater i till-systemet

Lösning:

$$\begin{cases} X_P = X_0 + m \cdot x_P \cdot \cos \beta - m \cdot y_P \cdot \sin \beta \\ Y_P = Y_0 + m \cdot x_P \cdot \sin \beta + m \cdot y_P \cdot \cos \beta \end{cases} \quad (\text{I})$$

eller om $a = m \cdot \cos \beta$ och $b = m \cdot \sin \beta$:

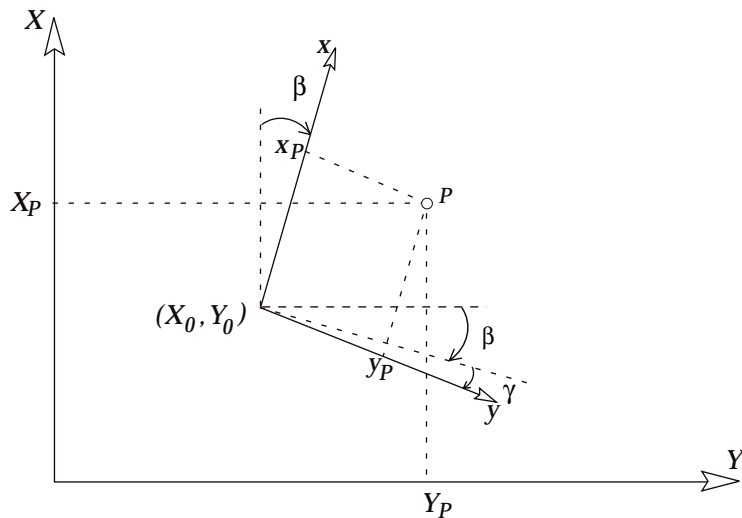
$$\begin{cases} X_P = X_0 + a \cdot x_P - b \cdot y_P \\ Y_P = Y_0 + b \cdot x_P + a \cdot y_P \end{cases} \quad (\text{II})$$

Om problemställningen i stället är att bestämma transformations sambandet mellan från- och till-systemen, görs detta lämpligen i ett utjämningsförfarande där ekvationerna (II) används. Skalfaktor och vridning kan då beräknas enligt:

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\tan \beta = \frac{b}{a}$$

C.3.3 Affin transformation



Figur C.12. Affin transformation.

Givet:

(X_0, Y_0) = från-systemets origo i till-systemet

m_x, m_y = skalfaktorer i x- respektive y-led

β = från-systemets vridning relativt till-systemet (x-axeln)

γ = bristande rätvinklighet mellan från-systemets koordinataxlar

(x_p, y_p) = koordinater i från-systemet

Sökt:

$(X_P, Y_P) =$ koordinater i till-systemet

Lösning:

$$\begin{cases} X_P = X_0 + m_x \cdot x_P \cdot \cos \beta - m_y \cdot y_P \cdot \sin(\beta + \gamma) \\ Y_P = Y_0 + m_x \cdot x_P \cdot \sin \beta + m_y \cdot y_P \cdot \cos(\beta + \gamma) \end{cases} \quad (\text{I})$$

eller om

$$a = m_x \cdot \cos \beta, \quad b = -m_y \cdot \sin(\beta + \gamma)$$

$$c = m_x \cdot \sin \beta, \quad d = m_y \cdot \cos(\beta + \gamma)$$

$$\begin{cases} X_P = X_0 + a \cdot x_P + b \cdot y_P \\ Y_P = Y_0 + c \cdot x_P + d \cdot y_P \end{cases} \quad (\text{II})$$

Om problemställningen i stället är att bestämma transformations sambandet mellan från- och till-systemen, görs detta lämpligen i ett utjämningsförfarande där ekvationerna (II) används.

Skalfaktorer och vridningar kan då beräknas enligt:

$$m_x = \sqrt{a^2 + c^2}$$

$$m_y = \sqrt{b^2 + d^2}$$

$$\tan \beta = \frac{c}{a}$$

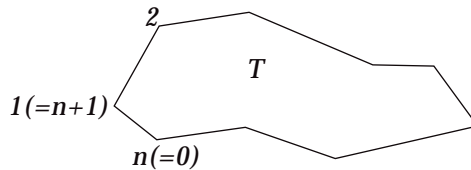
$$\gamma = \arctan\left(-\frac{b}{a}\right) - \arctan\left(\frac{c}{a}\right)$$

eller

$$\gamma = \arctan\left(\frac{a \cdot b + c \cdot d}{b \cdot c - a \cdot d}\right)$$

C.4 Areaberäkning

C.4.1 Area för en figur med koordinatbestämda brytpunkter



Figur C.13. Area för en figur med koordinatbestämda brytpunkter.

Givet:

$$\left. \begin{array}{l} 1 (=n+1) \quad (x_1, y_1) \\ 2 \quad \quad \quad (x_2, y_2) \\ \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ n (=0) \quad \quad (x_n, y_n) \end{array} \right\} = \text{koordinater för figurens brytpunkter}$$

Sökt:

$$T \quad = \text{arean}$$

Lösning:

$$2T = \sum_{i=1}^n x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1})$$

Anmärkning: Arean blir positiv om punkterna numreras stigande medurs.

C.4.2 Reduktion av area i projektionsplanet till area på ellipsoiden

En area beräknad enligt ovan avser ett visst projektionsplan, eftersom plana koordinater används. Arealen för en figur blir därför större ju längre från medelmeridianen figuren ligger. En "sannare" area är den som reducerats till ellipsoiden, enligt följande formel:

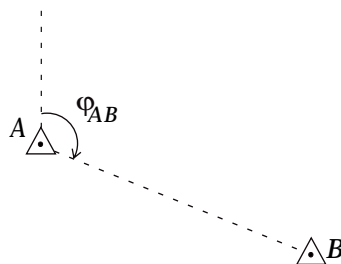
$$T_E = T_p - T_p \cdot \left(\frac{y - y_0}{R} \right)^2$$

där:

T_E	= area på ellipsoiden
T_p	= area i projektionsplanet
y	= y-koordinat för figuren (medel-y) i meter
y_0	= y-koordinat för medelmeridianen (y-tillägget) i meter
R	= jordens krökningsradie ≈ 6389000 meter

C.5 Beräkning av riktning och avstånd

C.5.1 Orienterad riktning mellan två punkter



Figur C.14. Orienterad riktning mellan två punkter.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

Sökt:

φ_{AB} = orienterad riktning från A mot B

Lösning:

Om $(x_B - x_A) > 0$ och $(y_B - y_A) > 0$:

$$\varphi_{AB} = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

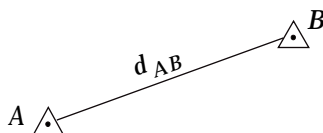
Om $(x_B - x_A) > 0$ och $(y_B - y_A) < 0$:

$$\varphi_{AB} = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} + 400^g$$

Om $(x_B - x_A) < 0$:

$$\varphi_{AB} = \arctan \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} + 200^g$$

C.5.2 Avstånd mellan två punkter



Figur C.15. Avstånd mellan två punkter.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för punkten B

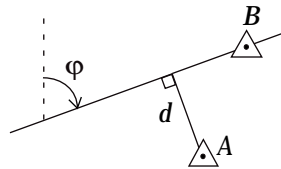
Sökt:

d_{AB} = avståndet mellan A och B

Lösning:

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

C.5.3 Avstånd mellan punkt och linje



Figur C.16. Avstånd mellan punkt och linje.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för punkten A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för en punkt på linjen

φ = orienterad riktning för linjen

Sökt:

d = avstånd vinkelrätt från linjen till punkten A

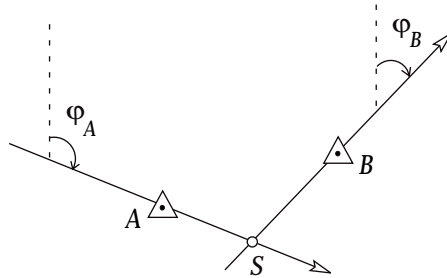
Lösning:

$$d = (x_B - x_A) \cdot \sin \varphi - (y_B - y_A) \cdot \cos \varphi$$

Anmärkning: d är positiv om A ligger till höger om linjen och negativ om A ligger till vänster om linjen.

C.6 Skärningar

C.6.1 Linjeskärning



Figur C.17. Linjeskärning.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för en punkt på linje A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för en punkt på linje B

φ_A = orienterad riktning för linje A

φ_B = orienterad riktning för linje B

Sökt:

$S (x_s, y_s)$ = koordinater för skärningspunkten S

Lösning:

$$l_A = x_A \cdot \sin \varphi_A - y_A \cdot \cos \varphi_A$$

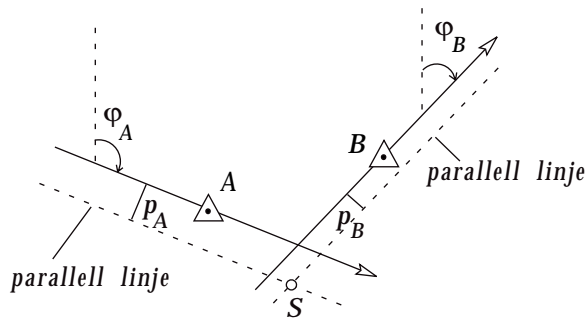
$$l_B = x_B \cdot \sin \varphi_B - y_B \cdot \cos \varphi_B$$

$$x_s = \frac{l_B \cdot \cos \varphi_A - l_A \cdot \cos \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}$$

$$y_s = \frac{l_B \cdot \sin \varphi_A - l_A \cdot \sin \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}$$

Anmärkning: l_A och l_B är respektive linjes avstånd från origo. Avståndet blir positivt om origo ligger till höger om linjen och negativt om origo ligger till vänster om linjen.

C.6.2 Linjeskärning, parallell linje



Figur C.18. Linjeskärning, parallell linje.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för en punkt på grundlinje A

$B (x_B, y_B)$ = koordinater för en punkt på grundlinje B

φ_A = orienterad riktning för linje A

φ_B = orienterad riktning för linje B

p_A = se anmärkning nedan

p_B = se anmärkning nedan

Sökt:

$S (x_S, y_S)$ = koordinater för skärningspunkten S

Lösning:

$$l_A = x_A \cdot \sin \varphi_A - y_A \cdot \cos \varphi_A$$

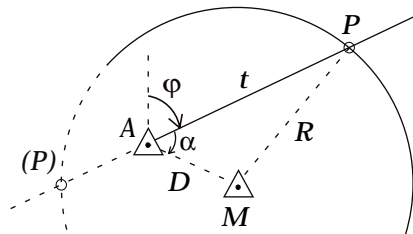
$$l_B = x_B \cdot \sin \varphi_B - y_B \cdot \cos \varphi_B$$

$$x_s = \frac{(l_B - p_B) \cdot \cos \varphi_A - (l_A - p_A) \cdot \cos \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}$$

$$y_s = \frac{(l_B - p_B) \cdot \sin \varphi_A - (l_A - p_A) \cdot \sin \varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}$$

Anmärkning: p_A och p_B är avstånd mellan respektive grundlinje och dess parallella linje. Avståndet är positivt om parallella linjen ligger till höger om grundlinjen och negativt om den ligger till vänster om grundlinjen.

C.6.3 Skärning mellan linje och cirkelbåge



Figur C.19. Skärning mellan linje och cirkelbåge.

Givet:

$A (x_A, y_A)$ = koordinater för en punkt på linjen

φ = orienterad riktning för linjen

$M = (x_M, y_M)$ = koordinater för cirkelns medelpunkt

R = cirkelns radie

Sökt:

$P (x_P, y_P)$ = koordinater för skärningspunkten P

Lösning:

Beräkna först D enligt avsnitt C.5.2 och $\alpha = \varphi_{AM} - \varphi$ där φ_{AM} beräknas enligt avsnitt C.5.1. Beräkna därefter:

$$k = D^2 \cdot \cos^2 \alpha + R^2 - D^2$$

$$t = D \cdot \cos \alpha \pm \sqrt{k}$$

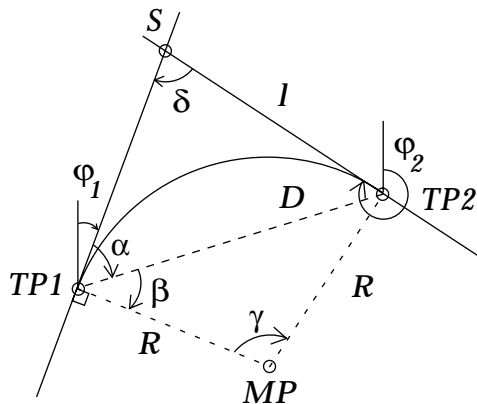
Beräkna sedan P polärt från A , ur φ och t , enligt avsnitt C.2.1.

Anmärkning:

- Om $k < 0$ saknas lösning, dvs. linjen skär ej cirkeln.
- Om $k = 0$ finns en lösning, dvs. linjen tangerar cirkeln.
- Om $k > 0$ finns två lösningar på t och därmed även på P , dvs. två skärningspunkter.

C.7 Cirkelkurva

C.7.1 Tangent - cirkelsegment



Figur C.20. Tangent - cirkelsegment.

Alternativ 1

Givet:

$TP1 (x_{TP1}, y_{TP1})$	= koordinater för tangentpunkt 1
$TP2 (x_{TP2}, y_{TP2})$	= koordinater för tangentpunkt 2
φ_1	= orienterad riktning för tangent 1
φ_2	= orienterad riktning för tangent 2

Sökt:

R	= radien
$MP (x_{MP}, y_{MP})$	= koordinater för cirkelns medelpunkt
$S (x_S, y_S)$	= koordinater för tangenternas skärningspunkt

Lösning:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2 \text{ (ev. } + 400^g \text{)}$$

$$\alpha = 100^g - \frac{\delta}{2}$$

$$D = \sqrt{(x_{TP2} - x_{TP1})^2 + (y_{TP2} - y_{TP1})^2}$$

$$R = \frac{D}{2\sin\alpha}$$

$$l = \frac{D}{2\cos\alpha}$$

MP och S beräknas sedan polärt från $TP1$ eller $TP2$, enligt avsnitt C.2.1.

$$\varphi_{TP1 \rightarrow MP} = \varphi_1 + 100^g$$

$$\varphi_{TP2 \rightarrow MP} = \varphi_2 - 100^g$$

Alternativ 2

Givet:

$TP1 (x_{TP1}, y_{TP1})$	= koordinater för tangentpunkt 1
φ_1	= orienterad riktning för tangent 1
$S (x_s, y_s)$	= koordinater för tangenternas skärningspunkt
δ	= vinkeln mellan tangenterna

Sökt:

R	= radien
$MP (x_{MP}, y_{MP})$	= koordinater för cirkelns medelpunkt
$TP2 (x_{TP2}, y_{TP2})$	= koordinater för tangentpunkt 2
φ_2	= orienterad riktning för tangent 2

Lösning:

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \delta \quad (\text{ev.} + 400^\circ)$$

$$l = \sqrt{(x_s - x_{TP1})^2 + (y_s - y_{TP1})^2}$$

$$R = l \cdot \tan \frac{\delta}{2}$$

MP beräknas polärt från $TP1$, enligt avsnitt C.2.1.

$$\varphi_{TP1 \rightarrow MP} = \varphi_1 + 100^\circ$$

$TP2$ beräknas polärt från S , enligt avsnitt C.2.1

$$\varphi_{s \rightarrow TP2} = \varphi_2 - 200^\circ$$

Alternativ 3

Givet:

 R = radien $S(x_S, y_S)$ = koordinater för tangenternas skärningspunkt δ = vinkeln mellan tangenterna φ_1 = orienterad riktning för tangent 1

Sökt:

 $MP(x_{MP}, y_{MP})$ = koordinater för cirkelns medelpunkt $TP1(x_{TP1}, y_{TP1})$ = koordinater för tangentpunkt 1 $TP2(x_{TP2}, y_{TP2})$ = koordinater för tangentpunkt 2 φ_2 = orienterad riktning för tangent 2

Lösning:

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \delta \quad (\text{ev.} + 400^\circ)$$

$$l = R \cdot \cot \frac{\delta}{2}$$

Längden mellan S och MP :

$$d_{S-MP} = \sqrt{l^2 + R^2}$$

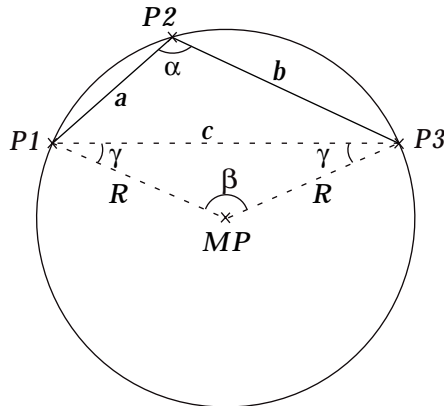
$$\varphi_{S \rightarrow MP} = \varphi_1 + 200^\circ - \frac{\delta}{2}$$

 MP , $TP1$ och $TP2$ beräknas polärt från S , enligt avsnitt C.2.1.

$$\varphi_{S \rightarrow TP1} = \varphi_1 + 200^\circ$$

$$\varphi_{S \rightarrow TP2} = \varphi_2 + 200^\circ$$

C.7.2 Tre punkter på en cirkel



Figur C.21. Tre punkter på en cirkel.

Givet:

$$\left. \begin{array}{l} P1 (x_{P1}, y_{P1}) = \\ P2 (x_{P2}, y_{P2}) = \\ P3 (x_{P3}, y_{P3}) = \end{array} \right\} \text{ koordinater för tre punkter på cirkeln}$$

Sökt:

$$R = \text{radien}$$

$$MP (x_{MP}, y_{MP}) = \text{koordinater för cirkelns medelpunkt}$$

Lösning:

Beräkna avstånden a , b och c , enligt avsnitt C.5.2.Numrera $P1$, $P2$ och $P3$ så att $c \geq a$ och $c \geq b$.

$$\alpha = \arccos \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot a \cdot b} \right) \quad (\text{cosinussatsen})$$

$$\beta = 400^\circ - 2\alpha$$

$$\gamma = \alpha - 100^g$$

$$R = \frac{c}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2}$$

Beräkna orienterad riktning $P1 \rightarrow P3$, enligt avsnitt C.5.1.

$$\varphi_{P1 \rightarrow MP} = \varphi_{P1 \rightarrow P3} + \gamma$$

MP beräknas polärt från $P1$, enligt avsnitt C.2.1.

C.8 Trigonometrisk höjdmätning

C.8.1 Beräkning av höjdskillnad

Höjdskillnad mellan instrument och signal beräknas som:

$$\Delta H = LL \cdot \cos Z + (1 - k) \cdot \frac{(LL \cdot \sin Z)^2}{2 \cdot R}$$

eller

$$HL = LL \cdot \sin Z$$

$$\Delta H = HL \cdot \cot Z + (1 - k) \cdot \frac{HL^2}{2 \cdot R}$$

där:

ΔH = höjdskillnad mellan instrument och signal

LL = mätt lutande längd

HL = horisontell längd

Z = mätt vertikalvinkel (zenitvinkel)

R = jordens krökningsradie ≈ 6389000 meter

k = refraktionskoefficient ≈ 0.14

Anmärkning: Om avståndet mellan instrument och objekt är känt krävs endast mätning av vertikalvinkel för bestämning av höjdskillnaden. Observera att det då ej är avstånd i projektiionsplanet som skall användas. Därför skall projektiionskorrektioin och höjdreduktion räknas bort från avstånd beräknat ur plana koordinater.

C.8.2 Höjdbestämning

Om stationspunkten är känd beräknas inmätt punkt som:

$$H_p = H_s + IH + \Delta H - SH$$

Om den inmätta punkten är känd beräknas stationspunkten som:

$$H_s = H_p + SH - \Delta H - IH$$

där:

H_s = höjd för stationspunkt

IH = instrumenthöjd över stationspunkt

H_p = höjd för inmätt punkt

SH = signalhöjd över inmätt punkt

ΔH = höjdskillnad mellan instrument och signal

C.8.3 Viktsfunktion

Vid utjämninng av överbestämd trigonometrisk höjdmätning (t.ex. vid fri station) kan följande, empiriskt bestämda viktsfunktion användas:

$$\frac{1}{P} = k_1 + k_2 \cdot L^2 + k_3 \cdot L^4$$

där:

- P = vikt för trigonometriskt mätt höjdskillnad
 L = siktlängd i 100-tal meter
 $k1$ = varians i mätt signal- och utgångshöjd
 $k2$ = inverkan från varians i mätt zenitvinkel, samt avståndsberoende varians i utgångshöjd
 $k3$ = varians som olika faktorer i atmosfären ger upphov till (refraktion)

Utgående från bruksnätets typ har representativa värden på de olika konstanterna tagits fram, se tabell C.3.

Punkttyp	$k1$	$k2$	$k3$
Avvägd punkt	20	1.0	0.15
Väggpunkt	30	1.5	0.15
Polygonpunkt	65	3.5	0.15
Genomsnitt	35	2.0	0.15

Tabell C.3. Värden för konstanter i viktsfunktion.

Vid branta vertikalkvinklar har längdmätningen stort inflytande på höjdbestämningen. Då används istället formeln:

$$\frac{1}{P} = k1 + \cos^2(Z) \cdot \sigma_L^2 + k2 \cdot \sin^2(Z) \cdot L^2 + k3 \cdot \sin^4(Z) \cdot L^4$$

där:

- Z = mätt vertikalvinkel (zenitvinkel)
 σ_L = medelfelet i längdmätningen (mm)

D MINSTA-KVADRATBESTÄMNING AV FRI STATION – BESKRIVNING OCH TESTEXEMPEL

Vid användande av fri station är det viktigt att ha en god kontroll på punktbestämningen, då alla detaljer som mäts in eller sätts ut från denna är beroende av stationsetableringen.

När man väl har tagit ned instrumentet är möjligheterna till kontroll små, såvida inte uppställningsplatsen markerats med en spik eller liknande. Därför bör man vara relativt säker på att inga större fel finns i punktbestämningen innan stationen bryts.

Kontroll erhålls genom att utföra fler mätningar än vad som krävs för en enkel punktbestämning – s.k. överbestämningar. Eftersom mätningar inte kan göras helt felfria, medför de överflödiga mätningarna motsägelser. För en relevant punktbestämning krävs att dessa motsägelser fördelas på ett optimalt sätt. Detta åstadkommer man genom ett utjämningsförfarande. Härvid förutsätts att motsägelserna endast beror av slumpmässiga s.k. normalfördelade fel.

I geodetiska sammanhang är den vanligaste metoden att åstadkomma en sådan optimal fördelning den s.k. "minsta-kvadrat-metoden" (mk-metoden). Med mk-metoden utjämnas motsägelserna genom att förbättringar läggs till mätningarna. Mätningar med olika kvalitet tilldelas olika vikt och koordinaterna bestäms på ett sådant sätt att den viktade kvadratsumman av förbättringarna minimeras.

D.1 Viktsättning

En mätningens vikt (P) sätts omvänt proportionell mot kvadraten på dess, på förhand (a priori) kända, medelfel (σ).

$$P = \frac{1}{\sigma_{apr}^2}$$

Härvid förutsätts en god kännedom om instrumentens noggrannhet, då en relevant viktsättning är av fundamental betydelse vid användande av mk-metoden och en nödvändighet för en optimal punktbestämning. Vid viktsuppskattningen kan god hjälp fås genom användande av s.k. medelfelsfunktioner.

Dessa funktioners utseende varierar för olika typer av mätningar. Följande funktioner kan anses allmängiltiga.

$$\text{Längder:} \quad \sigma_L^2 = (A + B \cdot L)^2 + C^2 \quad (\text{mm})$$

$$\text{Riktningar:} \quad \sigma_R^2 = \frac{D^2}{E} + \left(\frac{C}{L}\right)^2 \cdot \rho^2 \quad (\text{mgon})$$

där

L = avståndet i kilometer mellan punkterna

ρ = $6.3662 \cdot 10^{-2}$ mgon

Parametrarnas betydelse beskrivs nedan:

A (mm) : konstant del av medelfel

B (ppm) : avståndsberoende del av medelfel
(ppm = parts per million, mm/km)

C (mm) : centreringsmedelfel

D (mgon) : medelfel i riktningsmätning, en helsats

E : antal helsatser

Ovanstående medelfelsfunktioner bygger på medelfellets fortplantningslag och parametrarnas värden uppskattas erfarenhetsmässigt, samt med hjälp av givna specifikationer från instrumenttillverkare.

Representativa värden på parametrarna – i samband med bestämning av fri station – ges nedan:

<u>parameter</u>	<u>längder</u>	<u>riktningar</u>
A, D	3-5 mm	1-1.5 mgon
B, E	0 ppm	1-2 helsatser
C	5-10 mm	5-10 mm

Parameter B kan vid fri stationsetablering för detaljmätning betraktas som relativt ointressant, då längderna oftast är korta (<200 m). Följaktligen har denna parameter satts till 0 ppm. Vid uppskattning av parameter C har hänsyn tagits till eventuell onoggrannhet i referenspunkterna.

En kontroll av viktsättningen fås om man efter utjämning betraktar beräknat grundmedelfel. Om detta är väsentligt skiljt från 1 kan man misstänka att viktsättningen ej är representativ. Ett onormalt stort grundmedelfel kan även tyda på grova fel i mätningarna.

D.2 Närmevärden

Mätta längder och riktningar kan uttryckas som funktioner av de obekanta koordinaterna. Dessa funktioner är dock inte linjära, och eftersom mk-metoden kräver linjära ekvationssystem/observationsekvationer, måste en linearisering av dessa tillgripas. En metod för detta är s.k. Taylorutveckling kring närmevärden till de obekanta koordinaterna. Detta är emellertid en iterativ metod och ger således inte alltid ett exakt resultat vid den första beräkningen.

Tillskott till de givna närmekoordinaterna itereras fram genom successiva utjämningar/uppdateringar tills tillskotten är så små att de kan försummas, vilket innebär att utjämnade längder och riktningar är lika med motsvarande avstånd/riktningar beräknade ur koordinaterna.

Ju bättre närmevärden man har från början, desto färre itereringar krävs, vilket ger en snabbare beräkning. Anskaffning av dessa närmevärden kan ske på olika sätt beroende på om man har tillgång till ett beräkningsprogram och, i så fall, hur detta fungerar.

I vissa program sker en automatisk närmevärdesberäkning, där programmet letar igenom mätmaterial efter mätningar enligt traditionella punktbestämningsmetoder som inskränning, skärbindning och inbindning. I andra får man hjälpa programmet genom att som indata ange punktbestämningsmetoder. Närmevärden beräknas sedan som ett medelvärde av de punktbestämningar som hittas i mätningarna.

Om man inte har tillgång till ett beräkningsprogram som utför närmevärdesberäkning, är man hänvisad till att få fram dessa på annat sätt, t.ex. handräkning eller ur kartmaterial.

D.3 Beräkning

Som tidigare nämnts kan observationerna uttryckas som funktioner av de obekanta parametrarna. På motsvarande sätt kan de också uttryckas som funktioner av närmevärden på de obekanta, samt partiella derivator med avseende på de obekanta, multiplicerade med ett litet tillskott till närmevärdena. Det är detta som kallas Taylorutveckling.

Vid bildandet av linjära *observationsekvationer* brukar man först beräkna *mättningsrester* till observationerna, dvs. mätt värde subtraherat med värdet av funktionen beräknad med närmevärden insatta. Man beräknar också *koefficienter* till observationsekvationerna, som består av partiella derivator av de obekanta beräknade på motsvarande sätt.

För att minimera kvadratsumman av förbättringarna till observationsekvationerna bildas sedan s.k. *normalekvationer* ur dessa.

Lösning av detta ekvationssystem kräver ett *inverteringsförfarande*, vilket är den stora arbetsinsatsen vid mk-utjämning. På grund av detta har olika beräkningsmetoder utvecklats, t.ex. Cramers metod, Cholesky-Rubins metod, Gauss-Andersens metod samt vanlig Gauss-eliminering.

Förbättringar till de utförda mätningarna beräknas därefter genom insättning av mk-lösningen av de obekanta i observations-ekvationerna.

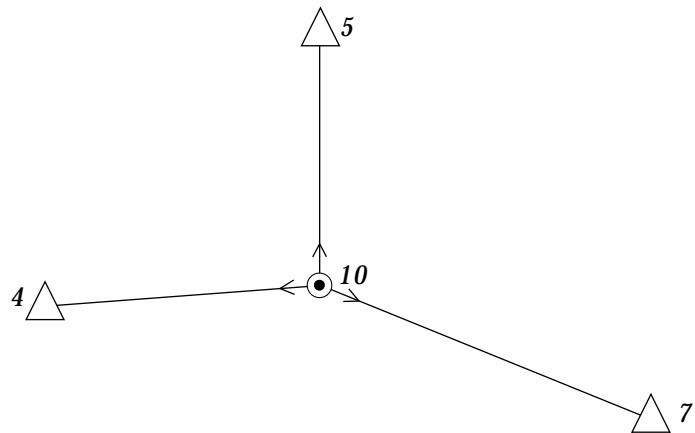
Grundmedelfelet i utjämningen erhålls sedan genom beräkning av den viktade kvadratsumman av förbättringarna, division med antalet överbestämningar, samt slutligen rotdragning ur den så beräknade kvoten.

Medelfel i de obekanta, slutligen, beräknas genom att multiplicera respektive diagonalelement i den inverterade normal-ekvationsmatrisen med det beräknade grundmedelfelet. Ett exempel på detta är det s.k. *punktmedelfelet*. På liknande sätt kan medelfel beräknas hos alla storheter som kan uttryckas som en funktion av de obekanta, t.ex. medelfel i utjämnade avstånd och riktningar.

Som tidigare nämnts är detta en iterativ metod och ger således ej omedelbart ett exakt resultat. Tillskott till de givna närmekoordinaterna måste itereras fram genom successiva utjämningar.

Nedan följer ett testexempel på en mk-bestämning av en fri station. Anledningen till att så många decimaler redovisas är att

exemplet avses kunna användas för kontroll av beräkningsprogram. Observera att resultatet grundas på en icke itererad utjämning.



Figur D.1. Testexempel; MK-bestämning av fri station.

D.4 Indata

*** FASTA PUNKTER ***

Punkt nr	X (m)	Y (m)
4	443.598	907.595
5	527.523	969.843
7	428.401	1044.342

*** NYPUNKTER ***

Närmekoordinater

Punkt nr	X (m)	Y (m)
10	450.700	973.900

*** VIKTSFUNKTIONER ***

Nr	A/D	B/E	C
1	3.00 mm	0.00 ppm	5.00 mm
2	1.50 mgon	1 sats	5.00 mm

*** RIKTNINGSMÄTNINGAR ***

Viktsfunktion Nr 2

Station	Objekt	Riktning	Sigma (mgon)
10	4	0.00000	5.00
	5	103.47900	4.40
	7	226.34400	4.56

*** LÄNGDMÄTNING ***

Viktsfunktion Nr 1

Från	Till	Längd	Sigma (mm)
10	4	66.670	5.8310
	5	76.913	5.8310
	7	73.910	5.8310

D.5 Resultat

*** KOORDINATFÖRTECKNING ***

Givna punkter

Nr	X	Y
4	443.598	907.595
5	527.523	969.843
7	428.401	1044.342

*** KOORDINATFÖRTECKNING ***

Nybestämda punkter

Nr	X	Y
10	450.719	973.879

*** RIKTNINGSREGISTER ***

Station nr 10

Punkt nr	Riktning	Förbättring (gon)
4	293.18671	0.00409
5	396.65745	-0.00416
7	119.52768	0.00107

*** LÄNGDREGISTER ***

Station nr 10

Punkt Nr	Längd	Förbättring (m)
4	66.665694	-0.004306

Station nr 10

Punkt nr	Längd	Förbättring (m)
5	76.909845	-0.003155

Station nr 10

Punkt Nr	Längd	Förbättring (m)
7	73.912760	0.002760

GRUNDMEDELFEL = 0.947

ANTAL FASTA PUNKTER: 3

ANTAL NYPUNKTER: 1

ANTAL LÄNGDMÄTNINGAR: 3
 ANTAL RIKTNINGSSERIER: 1
 ANTAL RIKTNINGSMÄTNINGAR: 3

ANTAL OBEKANTA: 3
 ANTAL ÖVERBESTÄMNINGAR: 3

*** PUNKTMEDEL FEL ***

Punkt nr	SX (mm)	SY (mm)	SR (mm)
10	2.981	3.158	4.343

*** FELELLIPSER ***

Punkt nr	A (mm)	B (mm)	ALFA (gon)
10	3.160	2.979	107.09

*** MEDEL FEL I UTJÄMNANDE AVSTÅND ***

Från	Till	Avstånd (m)	Medelfel (mm)	ppm
10	4	66.6657	3.15	47.3
10	5	76.9098	2.98	38.8
10	7	73.9128	3.15	42.7

*** MEDEL FEL I UTJÄMNANDE RIKTNINGAR ***

Från	Till	Avstånd (m)	Medelfel (mgon)	ppm
10	4	66.6657	2.85	44.8
10	5	76.9098	2.61	41.0
10	7	73.9128	2.57	40.4

E MÄTOBJEKT

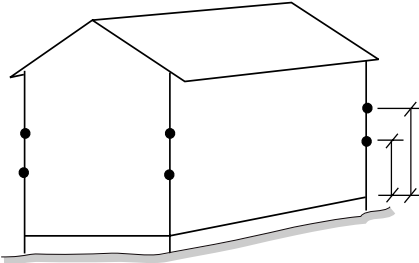
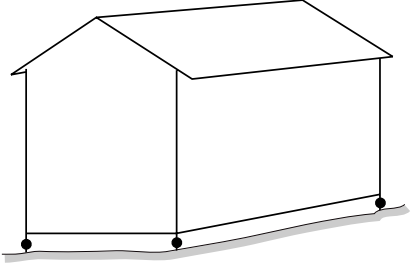
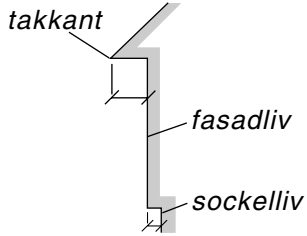
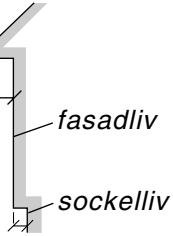
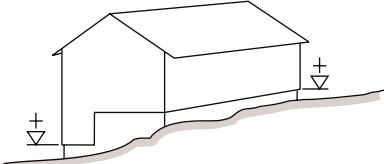
Denna bilaga redovisar hur ett antal (svårdefinierbara) objekt bör mätas in, så att objekten definieras geometriskt på ett entydigt sätt.

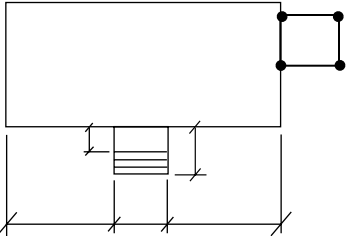
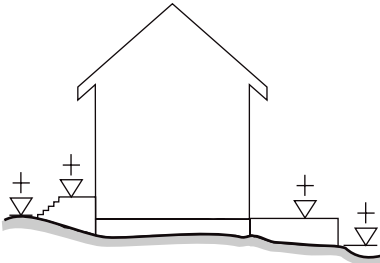

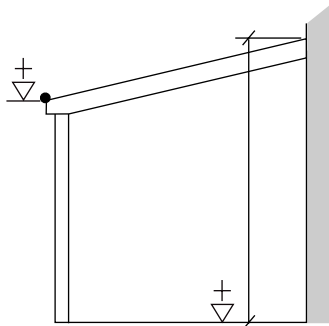
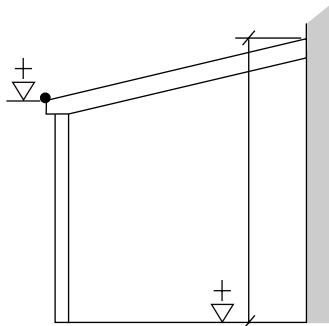
Ambitionsnivån vid inmätning kan naturligtvis variera, varför de flesta objekt redovisas nedbrutna i flera delutföranden. I vissa fall redovisas också alternativa utföranden.

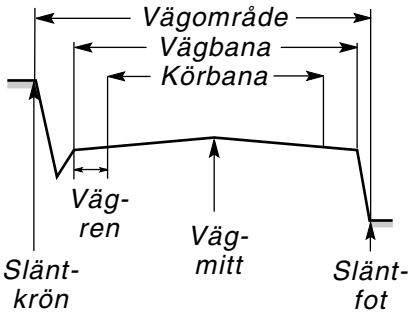


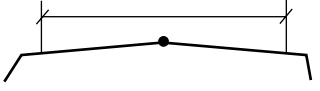
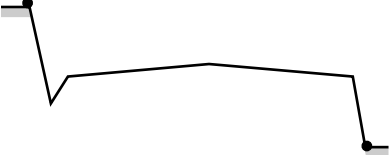
Varje objekt och utförande är numrerat. I specifikationer vid upphandling kan därigenom omfattning, alternativa utföranden och eventuella avsteg/tillägg beskrivas med referens till respektive nummer.

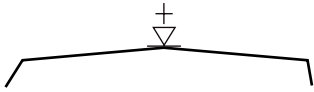
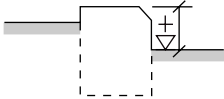
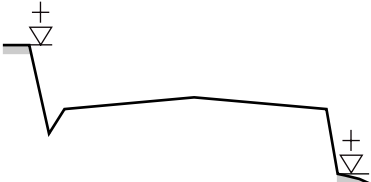
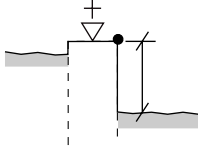
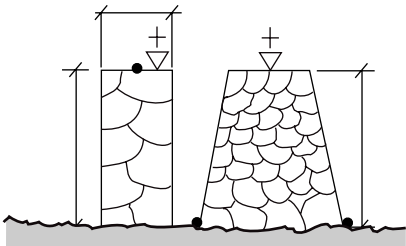
Teckenförklaring till figurerna.

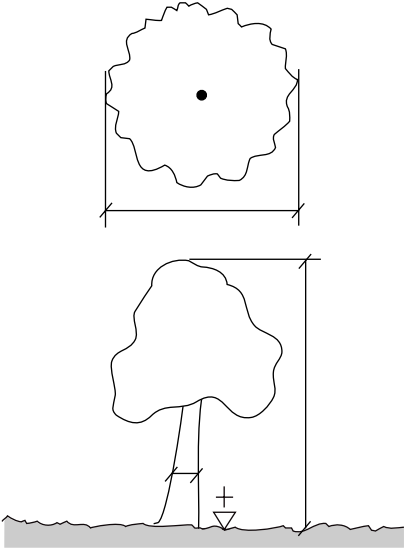
- Punktläge vid inmätning i plan.
- ⊕ Punktläge vid inmätning i höjd.
- †† Mått i plan/höjd

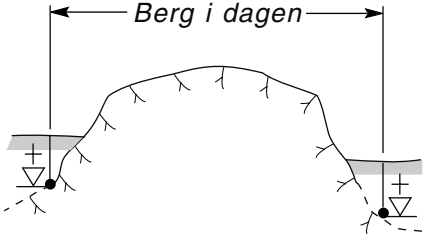
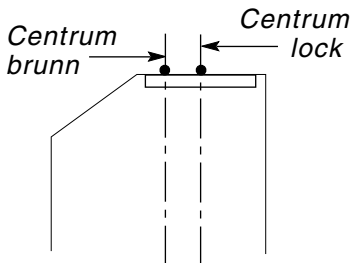
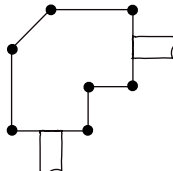
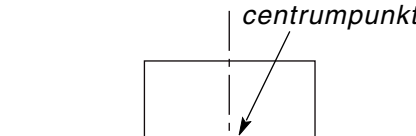
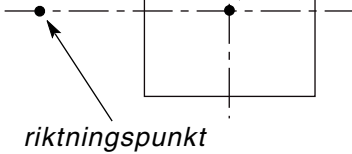
Nr	Objekt/utförande	Figur
1	BYGGNAD Plan	
1.1	Brytpunkter (hörn) på fasadliv mäts. Vid synligt lutande fasader mäts två punkter/hörn och punkternas höjd relativt sockel eller markyta anges (ex. 0.5/2.5 m över sockel).	
1.2	Brytpunkter (hörn) på sockelliv mäts.	
1.3	(Nedlodad) takkant och fasadliv bestäms relativt varandra (ex. takkant 0.4 m utanför fasad).	
1.4	Sockelliv och fasadliv bestäms relativt varandra (ex. fasad 0.08 m utanför sockel).	
	Höjd	
1.5	Punkt(er) på sockel mäts.	

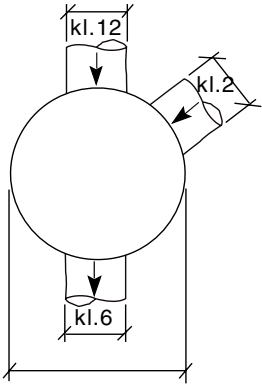
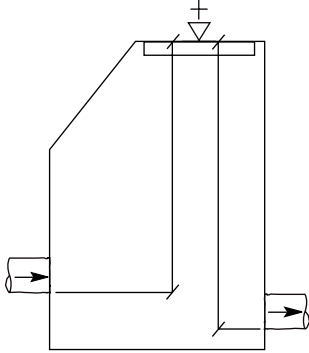
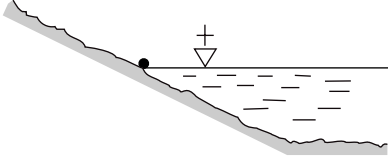
Nr	Objekt/utförande	Figur
2	TRAPPA, ALTAN Plan	
2.1	Brytpunkter (hörn) mäts direkt eller bestäms med mått från inmätta hushörn.	
2.2	Dimension för trapp-plan bestäms och antal steg anges.	
	Höjd	
2.3	Trapp-plan resp. altans överkant mäts.	
2.4	Mark framför trappa resp. anslutande mark vid altan mäts.	
Nr	Objekt/utförande	Figur
3	SKÄRMTAK Plan	
3.1	Brytpunkter (hörn) på takkant mäts direkt eller bestäms med mått från inmätta hushörn.	
	Höjd	
3.2	Golv eller mark under skärmtak mäts.	
3.3	Tak bestäms direkt eller relativt inmätt punkt på golv (mark).	

Nr	Objekt/utförande	Figur
4	<p>VÄG, GATA</p> <p>Defintioner</p> <p>Körbana: Del av väg avsedd för fordonstrafik.</p> <p>Vägbana: Körbana jämte eventuella vägrenar och uppställningsfält.</p> <p>Vägområde: Den mark som tagits i anspråk för väganordning.</p>	
	<p>Plan</p> <p>Inmätning var 20:e meter.</p>	
4.1	Vägbanekant mäts. Ange om kantsten finns. Vägbanekant avslutas vid infarter omedelbart innanför tomtgräns.	
4.2	Körbanekant mäts.	
4.3	Vägmitt mäts. Ange körbanebredd.	
4.4	Vägområdesgräns mäts.	
4.5	Kantlinje för gång-/cykelbana mäts direkt eller bestäms med breddmått från inmätt vägbane- kant.	
4.6	Kantlinje för vägbana på tomtmark mäts.	

Nr	Objekt/utförande	Figur
	Höjd Inmätning var 20:e meter vid jämn och måttlig lutning. I övrigt var 10:e meter.	
4.7	Vägmitt mäts.	
4.8	Vägbanekant mäts. Vid kantsten mäts höjden nedanför denna och kantstenshöjden anges.	
4.9	Vägområdesgräns mäts.	
5	HÄGNADER	
5.1	Stödmur mäts i ytterkant.	
5.2	Smalare stenmur (<0.5 m) mäts i mittlinjen och murbredd anges.	
5.3	Bredare stenmur mäts i båda kantlinjerna vid murfot.	
5.4	Plank och staket mäts i mittlinje vid brytpunkter (stolplägen).	
5.5	Häck mäts i mittlinje.	

Nr	Objekt/utförande	Figur
	Höjd	
5.6	Murar mäts på murkrön och murhöjd anges.	Se figurer under Nr 5.1-5.3
5.7	Plank och staket mäts vid mark och plank-/stakethöjd anges.	
5.8	Häck mäts vid mark.	
6	TRÄD	
	Plan	
6.1	Stam mäts och trädslag anges.	
6.2	Stamdiameter 1.3 m över mark anges.	
6.3	Krongiameter anges.	
	Höjd	
6.4	Mark vid stam mäts.	
6.5	Trädhöjd anges.	

Nr	Objekt/utförande	Figur
7	BERG I DAGEN	
7.1	Begränsningslinje som omger synligt berg samt berg som är täckt av jord, grus etc. till < 0.1 m djup mäts.	
8	LEDNINGAR, LEDNINGSDETALJER Plan	
8.1	Ledningsbrunn mäts i centrum av lock.	
8.2	På nedstigningsbrunn rekonstrueras och mäts brunnens centrum.	
8.3	Vid mätning i öppen ledningsgrav mäts större brunnar/fundament för tele och fjärrvärme i brytpunkter (hörn).	
8.4	Mindre ledningsdetaljer (ventil, brandpost, kabelskåp etc.) mäts i centrumpunkt.	
8.5	Vid ledningsdetalj med riktad kartsymbol mäts riktningspunkt.	

Nr	Objekt/utförande	Figur
8.6	Avloppsledningars riktningar från brunn anges med klockriktning. Utgående ledning är alltid kl. 6.	
8.7	Brunnsdiameter och ledningsdiameter anges.	
8.8	Luftledningar mäts i stolplägen.	
	Höjd	
8.9	Avloppsbrunn mäts på lockets överkant, i centrum.	
8.10	Avloppsledningars vattengång (botten av rör) bestäms relativt brunnslockets överkant.	
9	STRANDLINJE, VATTENYTA	
9.1	När strandlinje inmäts i plan skall lugnvatten- ytan på minst två platser mätas i höjd.	

F TOLERANSER VID DETALJ- MÄTNING OCH KONTROLL AV DETALJMÄTNINGSOBJEKT

I tabell F.1 ges toleranser avseende inmättningsnoggrannhet för olika objekt vid geodetisk detaljmätning. Beträffande toleranser avseende utsättningsnoggrannhet – se standarden SS-ISO 4463-1.

Toleranserna kan anses representativa för polär inmätning med totalstation. De kan skärpas eller lindras efter de behov som gäller i olika sammanhang.

Tabellen är inte heltäckande för alla typer av inmättningsobjekt. Komplettering av objekt och toleranser får ske i den utsträckning som erfordras.

Toleranserna avser väldefinierade objekt. I de fall det är svårt att definiera läget för ett objekt, bör toleranskravet justeras uppåt.

De givna toleranserna kan betraktas som teoretiska, i den bemärkelsen att de anger tillåtna avvikelser från objektets "sanna" läge, som i verkligheten kan anses som okänt. I praktiken innebär det att toleranskraven alltid relateras till de lokala stompunkter varifrån detaljerna är inmätta, oavsett stompunkternas "sanna" läge.

Riktigt användbara blir dock toleranserna först när de omsätts i krav på maximala avvikelser vid kontrollmätning. Detta kan ske genom olika %-tillägg till i tabell F.1 redovisade värden.

I tabell F.2 anges tillåtna avvikelser mellan ursprunglig inmätning och kontrollmätning vid olika typer av kontroller:

- kontroll av enskilda detaljers planläge
- kontroll av enskilda detaljers höjdläge
- kontroll av avstånd och höjdskillnad mellan detaljer.

Olika toleranser gäller beroende på om kontrollmätningen skett från samma station som inmätningen eller ej.

Kontrollmätning av avstånd bör alltid avse objekt av samma typ eller på samma noggrannhetsnivå. Då detaljer i sammanhängande objekt, t.ex. byggnader, har mätts in från olika stationspunkter bör kontrollmått mellan inmätta punkter alltid tas.

Vid kontroll av avstånd eller höjdskillnad mellan punkter med olika toleranser gäller den större toleransen.

Objekt	Tolerans i plan (mm)				Tolerans i höjd (mm)					
	20	30	50	100	5	10	15	20	30	50
Gränspunkt	*									
Servitutsområde	*									
Område för ledningsrätt	*									
Byggnad, hushörn	*				*					
Byggnad, skärmtak	*					*				
Byggnad, trappor	*					*				
Byggnad, altan	*					*				
Byggnad, golv					*					
Byggnad, övriga byggdetaljer	*					*				
Gata, körbana, gångbana		*				*				
Dike, slänt				*					*	
Gång- och cykelbana		*				*				
Grusväg (enskild väg)			*					*		
Brobana	*					*				
Stöd m.m. till bro		*					*			
Stödmur		*					*			
Plank		*						*		
Staket			*						*	
Stolpe, el, tele, belysning			*							
Träd				*					*	
Vegetationsgräns				*						
Anlagda ytor och planer										
- asfalt		*				*				
- betong- och natursten		*				*				
- grus			*					*		
Gräsyta				*					*	
Övriga matjordsytor				*						*
Brunnar i VA-nät			*			*				
Ventil, brandpost			*			*				
Fjärrvärme, kulvert		*				*				
Kabel, konduktiv sökning				*						
VA-ledning i öppen grav		*					*			
Kabel i öppen grav		*							*	
Vattenbrunn, borrad, grävd				*				*		
Luftledning (ej stolpe)				*						*
Järnväg, spår	*				*					
Järnväg, kontaktledningsstolpe	*									
Marknivåer m.m. - enstaka punkter										
- Vattenyta						*				
- Naturmark			*							*
- Bergyta			*						*	

Tabell F.1. Toleranser vid inmätning.

Kontroll	Maximal avvikelse	
	Samma station	Olika stationer
Planläge	tolerans utan tillägg	tolerans + 30 %
Höjdläge	tolerans utan tillägg	tolerans + 30 %
Avstånd och höjdskillnad	tolerans + 30 %	tolerans + 50 %

Tabell F.2. Toleranser vid kontroll av inmätning. (Avser %-tillägg till de i tabell F.1 redovisade toleranserna.)

EXEMPEL 1

Kontroll i plan av en väl definierad punkt på en stödmur.
Tolerans radiellt angiven till 30 mm.

- Kontroll från samma stationspunkt – utan %-tillägg – ger en tillåten radiell avvikelse på 30 mm.
- Kontroll från annan närliggande stömpunkt eller fri station – med tolerans + 30 % – ger en tillåten radiell avvikelse på 39 mm.

Kontrollmetodens medelfel (i plan) enligt avsnitt 6.1.3 skall vara max 40 % av initialtoleransen, dvs. 12 mm.

EXEMPEL 2

Kontrollmätning i höjd av väl definierad punkt på hushörn.
Tolerans angiven till 5 mm.

- Kontroll från samma station – med tolerans utan tillägg – ger en tillåten avvikelse på 5 mm.
- Kontroll från annan stationspunkt – med tolerans + 30 % – ger en tillåten avvikelse på ca 7 mm.

Kontrollmetodens medelfel (i höjd) enligt avsnitt 6.1.3 skall vara max 40 % av initialtoleransen, dvs. 2 mm.

EXEMPEL 3

Kontrollmätning av avstånd mellan två inmätta och väldefinierade punkter på en stödmur.

Tolerans angiven till 30 mm.

- Om punkterna är inmätta från samma stationspunkt -tolerans + 30 % - erhålls en tillåten avvikelse på 39 mm.

- Om punkterna är inmätta från olika stationspunkter - tolerans + 50 % - erhålls en tillåten avvikelse på 45 mm.

Kontrollmetodens medelfel (i avstånd) enligt avsnitt 6.1.3 skall vara max 40 % av initialtoleransen, dvs. 12 mm.

G GREKISKA ALFABETET

<i>A α</i> alfa	<i>B β</i> beta	<i>Γ γ</i> gamma	<i>Δ δ</i> delta	<i>E ε</i> epsilon
<i>Z ζ</i> zäta	<i>H η</i> äta	<i>Θ θ ϑ</i> thäta	<i>I ι</i> jota	<i>Κ κ</i> kappa
<i>Λ λ</i> lambda	<i>M μ</i> my	<i>N ν</i> ny	<i>Ξ ξ</i> xi	<i>Ο ο</i> omikron
<i>Π π</i> pi	<i>Ρ ρ</i> rå	<i>Σ σ</i> sigma	<i>Τ τ</i> tau	<i>Υ υ</i> ypsilon
<i>Φ φ</i> fi	<i>Χ χ</i> chi	<i>Ψ ψ</i> psi	<i>Ω ω</i> omega	

SAKREGISTER

A

A posteriori-medelfel 10
A priori-medelfel 10, 31
Abskissa 40, 120
Acceptans 74
Affin transformation 127, 130
Allkontroll 73
Analysmetod 31
Anslutning 11, 14
Anslutningsnät 4
Areaberäkning 132
Avskärning 7, 41, 105, 108, 121
Avståndsberäkning 134, 135
Avvägning 7, 49, 107
Avvägningsinstrument 7, 30, 49, 113
Avvägningsstång 30, 49

B

Bakåobjekt 6, 26
Baskarta 17, 18, 24
Baslinje 40
Baspunkt 40
Basverksamhet 17
Beräknat medelfel 10, 13
Beräkningshandling 99
Beställarens kontroll 80, 87
Bruksnät 4, 7, 25, 32, 33, 57
Brukspunkt 32, 64
Brytlinje 59, 62
Brytpunkt 59, 61
Byggglaser 50
Byggplatspunkt 103
Bärvågsmätning 68

C

Centreringsmätning 6
Cirkel 139
Cirkelbåge 138

D

Delkontroll 73
Detaljvägning 61
Detaljmätning 3, 4, 5, 7, 11, 12, 13, 25, 34, 118
Detaljpunkt 5, 33, 103
Detaljtåg 4, 35, 55, 57
Digital baskarta 18
Dokumentation 80, 83, 87, 89
Dubbelavvägning 60

E

EDM-instrument 112
Egenkontroll 77, 79, 83
Ellipsoid 133

F

Farliga cirkeln 33, 46, 123
Fel 8, 9, 29
Felgräns 13
Felsökning 27
Finavvägning 7, 49
Finutsättning 65
Flygande tåg 35
Flyttpunkt 60
Formatbeskrivning 94
Formelsamling 115
Fotpunkt 40
Fri instrumentuppställning 8
Fri station 8, 25, 27
Fäldator 94
Fältminne 94
Förbättring 10, 150
Förebyggande kontroll 73, 81

G

Gauss´ konforma projektion 5
Geometriska korrekationer 14, 115
GPS 37, 68
Grekiskt alfabet 169
Grovt fel 8, 9
Grovutsättning 65

Grundkarta 19
Grundmedelfel 10, 33, 149, 150

H

Helmerttransformation 29, 127, 129
Hjälppunkt 4, 57, 103
Höjd 5
Höjdbestämmning 29, 145
Höjdfixpunkt 4
Höjdkoordinat 5
Höjdreduktion 5, 14, 29, 115
Höjdskillnad 29, 50, 52
Höjdtåg 8
Höjdutsättning 66
Höjdvinkel 7

I

Inbindning 7, 43, 106, 122
Inmätning 3, 4, 11, 14, 15, 28, 33, 37, 80, 157
Inpassning 6
Inskärning 7, 45, 106, 123
Instrumentexcentricitet 6
Instrumentfel 13, 109
Instrumenthöjd 26, 52
Instrumentkontroll 12, 100, 109
Invarstång 49
Invertering 150

J

Jordkrökning 30, 50, 52
Justering 100, 109

K

Kalibrering 100, 109
Kartesiskt koordinatsystem 5
Kartprojektionssystem 5
Kinematisk mätning 68
Kodförteckning 94
Kodmätning 68
Koefficient 150
Kollimationsfel 8, 50, 111, 113

Konfidensgrad 13
Konform 5
Konstaterande kontroll 73
Kontroll 73
Kontrolldokument 99, 100
Kontrollerbarhetstal
k-tal 31
Kontrollförfarande 77
Kontrollkostnad 74, 86
Kontrollmätning 35, 73, 75, 80, 99
Kontrollnivå 86
Kontrollpunkt 5, 35, 103
Koordinatberäkning 118
Koordinater 4, 5, 6, 26, 29, 47, 63
Koordinatsystem 5
Koordinattransformation 5, 7, 28, 33, 127
Korresponderande mätning 30, 53
Kvalitativa noggrannhetstermer 8
Kvalitetsmärkning 100
Kvantitativa noggrannhetstermer 10
Känd punkt 25

L

Likformighetstransformation 127
Linjeavvägning 7, 60
Linjekod 91, 94
Linjeskärning 136
Lutningsreduktion 14, 115
Lägeskontroll 20
Längdmått 40
Längdmätning 6, 8

M

Markering 103
Matematisk formelsamling 115
MBK-samarbete 23, 24
Medelfel 10, 13, 32, 75, 150
Medelfelsfunktion 10, 147
Medelfelsparameter 10
Medelmeridian 5, 15
Medeltalsberäkning 28
Mellanpunkt 60

Minsta-kvadratmetoden

mk-metoden 10, 147

Måttkontroll 81

Måttkontrollprogram 81, 83, 99

Mätdata 73, 78, 89, 90, 94

Mätdatafil 91

Mätmedelfel 10

Mätmetod 37, 70, 91

Mättingsrest 150

Mätnoggrannhet 11, 75, 80

Mätobjekt 157

Mätprotokoll 84, 91, 94

Mätskiss 91

Mätt riktning 6

Mätutrustning 12

N

Nadirvinkel 7

Nivå 5

Noggrannhet 8, 9, 11

lokal (intern) 9

regional 9

Noggrannhetskrav 11, 32

Normalekvation 150

Numerisk ritinformation 94

Numerisk tolkning 19

Nybyggnadskarta 19

Närmevärde 149

O

Objektbeskrivning 100

Objektsexcentricitet 6

Observationsekvation 150

Onoggrannhet 9

Ordinata 40, 120

Orienterad riktning 6, 7, 37, 133

Orientering 6, 26, 33

Orienteringskvantitet 6, 28

Ortogonal metod 7, 40

Ortogonal mätning 105

P

Parametrar 148

Passpunkt 6

Piképunkt 4, 25, 34, 35, 57

Plana koordinater 5, 14

Planbestämning 5, 27

Planglasmikrometer 49

Planmätning 6, 37

Plushöjdsplan 59

Polygontåg 4, 6, 8

Polär metod 7, 38

Polär mätning 105

Precision 8

Precisionsavvägning 7

Primärkarta 17, 18, 19

Primärnät 4, 5, 16, 32, 33

Primärpunkt 4, 103

Procentuell kontroll 74, 77

Profilavvägning 62

Projekteringsunderlag 58

Projektionskorrektion 5, 14, 116

Projektionsplan 14, 29, 115

Protokollsfil 94

Punktbestämningsmetod 7, 37, 105

Punktmedelfel 10, 32, 150

R

Redundans 31

Referensellipsoid 5, 115

Referensobjekt 6

Referensriktning 6

Refraktion 30, 50, 52

Refraktionskoefficient 52

Relationshandling 58

Relationsinmätning 58

Riksnät 4, 7, 14

Riktighet 8

Riktningsskorrektion 117

Riktningssmätning 6

Riktspunkt 40

Rotation 6

Rutavvägning 61

Rådatafil 94

S

Samråd 23
 Sektionsavvägning 62
 Sekundärlinje 5
 Sekundärpunkt 5, 66, 103
 Sekundärsystem 5
 Sidoskärning 7, 107, 126
 Sigma 10, 13, 169
 Signalthöjd 30, 52
 Situationsplan 19, 20
 Skalförändring 6
 Skärbindning 7, 47, 106, 125
 Skärningsberäkning 136
 Standardavvägning 49, 67
 Standardiserade förbättringar 31
 Standardkorrektur 30, 52
 Stationsetablering 25
 Stationspunkt 25, 91
 Statisk mätning 68
 Statistisk kontroll 74, 77
 Stickprovskontroll 73
 Stomnät 4, 7, 11, 14, 16, 55
 Stompunkt 4, 5, 14, 55
 Sträng utjämning 10, 28, 29, 32
 Systematiskt fel 8

T

Takymetermätning 108
 Takymetrering 8
 Taylorutveckling 149, 150
 Teodolit 6, 8, 111
 Terrester 3
 Terrängmodell 59
 Testkvot 31
 Tillfälligt fel 8
 Tolerans 13
 Totalstation 112
 Transformation 5
 Transformationsparameter 6
 Translation 6
 Trigonometrisk höjdmätning 7, 8, 30, 51, 107, 144, 145

Trigonometrisk mätning 29
 Tröghetsteknik 37, 69
 Tvärmått 40

U

Unitär transformation 29, 127, 128
 Utgångsobjekt 6
 Utjämning 10, 147
 Utstakning 4
 Utstakningspunkt 104
 Utsättning 4, 5, 7, 12, 15, 20, 37, 80
 Utsättningsnoggrannhet 12, 165

V

Varians 10
 Vertikalvinkel 7, 52
 Vikt 10
 Viktsfunktion 145
 Viktsättning 29, 32, 147
 Vinkelmätning 6

Y

Ytavvägning 7, 59, 61

Z

Zenitvinkel 7
 ZUPT-stopp 69, 70

Ä

Ärendeverksamhet 17

Ö

Överbestämning 10, 31, 147
 Överräkning 6