

Kart og geodata

**Tilegnet
Professor Øystein Andersen
(1940-2002)**

INNHold

0	INNLEDNING	7
0.1	Bakgrunn	7
0.2	Standardens oppbygging	7
1	FORMÅL OG OMFANG	9
1.1	Formål	9
1.2	Omfang	9
1.3	Kvalitetssikring	10
1.4	Revisjon	10
1.4.1	Revisjon 2008	10
2	REFERANSER	11
3	DEFINISJONER OG FORKORTELSER	12
3.1	Definisjoner	12
3.2	Forkortelser	23
4	DET OFFENTLIGE KARTGRUNNLAGET	25
4.1	Felles KartdataBase (FKB)	25
4.1.1	Områdeinndeling og FKB-standarder	26
4.1.2	Produksjon av FKB-data	28
4.2	Geodetisk grunnlag	29
4.2.1	Datum	29
4.2.2	Koordinatsystem	30
4.2.3	Stamnett og Landsnett	31
4.2.4	Transformasjoner	31
4.2.5	Høydereferansemodeller og geoidmodeller	31
4.2.6	Angivelse av geodetisk grunnlag i metadata	32
4.3	Grafisk presentasjon	32
4.4	Kartbladinndeling	33
4.5	Lovhjemmel for markarbeider – signalloven	33
5	KARTLEGGING MED GEODETISKE METODER	35
5.1	Målemetoder	35
5.1.1	Satellittbaserte metoder (GNSS)	35
5.1.1.1	Sanntidsmåling	36
5.1.1.2	Transformasjoner	36

5.1.2	Bruk av totalstasjon	37
5.2	Måleinstrumenter	38
5.3	Kvalitetskrav til innmålte kartobjekter	39
5.4	Beregning	39
5.5	Rapport	39
6	KARTLEGGING MED FOTOGRAMMETRI	41
6.1	Signalering	41
6.1.1	Plassering og eksentrisitet	41
6.1.2	Form og størrelse	42
6.1.3	Signalfarge og kontrast	42
6.1.4	Innsyn	43
6.1.5	Merking i bildene	43
6.1.6	Egenkontroll og rapportering	43
6.2	Flyfotografering	44
6.2.1	Analogkamera, fotomateriale og utstyr	44
6.2.1.1	Krav til kamera	44
6.2.1.2	Krav til film og dens behandling	44
6.2.1.3	Skanning av bilder	45
6.2.2	Digitalkamera	45
6.2.2.1	Krav til kamera	46
6.2.3	Planlegging av fotografering	46
6.2.3.1	Krav til planlegging	46
6.2.3.2	Krav til endelig flyplan	47
6.2.4	Gjennomføring av fotografering	48
6.2.5	GNSS-støttet flyfotografering	49
6.2.5.1	GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av dGNSS	49
6.2.5.2	GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av PPPT (Precise point positioning teknologi)	50
6.2.5.3	Krav til bestemmelse av antennekoordinater under flyging	51
6.2.5.4	Antenneeksentrisitet	51
6.2.6	GNSS/INS-støttet flyfotografering	51
6.2.7	Egenkontroll og rapportering	52
6.3	Instrumenter, kalibrering og kontroll	52
6.3.1	Tidspunkt for kontroll av utstyret	53
6.3.2	Kontroll av analytter	53
6.3.3	Kontroll av digitale fotogrammetriske arbeidsstasjoner (DFA)	54
6.3.4	Kontroll av skannere	54
6.4	Aerotriangulering med blokkutjevning	55
6.4.1	Krav til kjentpunkter	56
6.4.2	Antall og plassering av kjentpunkter	57
6.4.2.1	GNSS-støttet aerotriangulering	57
6.4.2.2	GNSS/INS-støttet aerotriangulering	58
6.4.2.3	Konvensjonell aerotriangulering	59
6.4.3	Indre orientering (gjelder kun ved analog fotografering)	60
6.4.4	Sammenbindingspunkter	61
6.4.5	Krav til nypunkter og ytre orienteringselementer	61
6.4.6	Beregning og resultat	62
6.4.7	Egenkontroll og rapportering	62
6.5	Bilde- og modellorientering for innsamling av geodata	63
6.5.1	Indre orientering	63

6.5.2 Ytre orientering	63
6.5.2.1 Punktbasert orientering	63
6.5.2.2 Direkte bruk av ytre orienteringselementer	64
6.5.3 Egenkontroll og rapportering	64
6.6 Kartkonstruksjon	65
6.6.1 Forberedelse	65
6.6.2 Konstruksjon	65
6.6.3 Ferdigstilling	66
6.6.4 Egenkontroll og rapportering	68
6.7 Fremstilling av DTM med DFA.....	68
6.7.1 Egenkontroll og rapportering	70
6.8 Ortofoto	70
6.8.1 Oppløsning – datamengde	70
6.8.2 Krav ved etablering av ortofoto	71
6.8.2.1 Signalering, flyfotografering og aerotriangulering	71
6.8.2.2 Filmtype/sensortype	71
6.8.2.3 Tidspunkt for flyfotografering, værforhold	72
6.8.2.4 Koordinatsystem	72
6.8.2.5 Terrengmodellen	72
6.8.3 Fremstilling av ortofoto	73
6.8.4 Mosaikk	73
6.8.5 Egenkontroll og rapportering	73
6.9 Rapport for fotogrammetri.....	74
7 KARTLEGGING MED FLYBÅREN LASERSKANNING	77
7.1 Introduksjon.....	77
7.1.1 Virkemåte	77
7.1.2 Produkter og bruksområder fra flybåren laserskanning	77
7.1.3 Forventet nøyaktighet	78
7.1.4 Tidspunkt for laserskanning	78
7.2 Datainnsamling	78
7.2.1 Kalibrering av laserskanneren	78
7.2.1.1 Før oppdrag	78
7.2.1.2 Under oppdrag	79
7.2.2 Planlegging av laserskanning	79
7.2.3 Gjennomføring av laserskanning	80
7.3 Kjempunkter og kontroll av målte punkter	80
7.3.1 Kjempunkter/kjempflater	80
7.3.1.1 Antall og plassering	81
7.3.1.2 Form og størrelse	81
7.3.1.3 Innmåling og nøyaktighet	81
7.3.2 Tverrstriper	81
7.3.3 Planimetrisk kontroll	81
7.4 Bearbeiding av laserdata (klassifisering).....	82
7.4.1 Rådata	82
7.4.2 Feilsøking/klassifisering	82
7.4.2.1 Feilsøking	82
7.4.2.2 Klassifisering	82
7.5 Egenkontroll og rapportering.....	83
7.5.1 Geometrisk kontroll	83

7.5.2 Kontroll av klassifisering	83
7.5.3 Rapport.....	84
8 KONVERTERING AV ANALOG KART TIL DIGITALE VEKTORDATA	86
8.1 Generelt	86
8.2 Manuell digitalisering.....	86
8.2.1 Innpassing	86
8.2.2 Kalibrering av digitaliseringsbord.....	87
8.2.3 Tildeling av objekttype.....	87
8.2.4 Registreringsmetode.....	87
8.2.5 Topologi	88
8.3 Automatisk digitalisering	88
8.3.1 Skanneoppløsning	88
8.3.2 Kalibrering av skanner	88
8.3.3 Innpassing/transformasjoner	88
8.3.4 Vektorisering.....	89
8.3.4.1 Topologi	89
8.3.4.2 Klipping mot kartkant.....	89
8.3.4.3 Punkttetthet.....	89
8.3.4.4 Gap	89
8.3.5 Mønster-/symbolgjenkjenning.....	89
8.4 Kvalitetskoding	89
9 AJOURFØRING	91
9.1 Hvorfor ajourføring?.....	91
9.2 Kontinuerlig og periodisk ajourføring.....	91
9.2.1 Kontinuerlig ajourføring.....	92
9.2.2 Periodisk ajourføring.....	94
9.2.3 Innlegging i primærdatasett.....	95
9.3 Oppgradering.....	96
9.4 Forvaltning av geodata.....	97
10 ARKIVERING OG SIKRING	98
10.1 Generelle bestemmelser	98
10.1.1 Arkivering	98
10.1.2 Sikring.....	98
10.1.3 Historisk lagring.....	99
10.1.4 Sikkerhetsgradert materiale	99
10.2 Originalt materiale	99
10.2.1 Film og digitale opptak.....	99
10.2.2 Kartmateriale og geodata.....	100
10.2.3 Måledata og beregninger	100
TILLEGG A (INFORMATIVT) LITTERATURREFERANSER.....	101
TILLEGG B (INFORMATIVT) SOLHØYDETABELL.....	102

TILLEGG C (INFORMATIVT) BAKGRUNN FOR SPESIFIKASJONER OG KRAV 104

C.1	Ortofoto	104
C.1.1	Hvilke detaljer vises i et ortofoto produsert fra analogkamera?	104
C.1.2	Hvilke detaljer vises i et ortofoto produsert fra digitalkamera?	104
C.1.3	Stedfestingsnøyaktigheten til et ortofoto	104
C.1.4	Sanne ortofoto	106
C.2	Gjensidig orientering.....	107

TILLEGG D (INFORMATIVT) KARTBLADINNDELING 108

D.1	Kartbladinndeling for kart i målestokk 1:500–1:20 000 basert på UTM og EUREF89.....	108
D.2	Kartbladinndeling for Økonomisk kartverk (ØK).....	111

TILLEGG E (INFORMATIVT) EKSEMPEL PÅ KVALITETSSIKRINGSPROSEDYRE FOR SIGNALERING AV KJENTPUNKT OG PASSPUNKT 114**TILLEGG F (INFORMATIVT) VALG AV BILDEMÅLESTOKK 116**

0 Innledning

0.1 Bakgrunn

Denne standarden har navnet "Kart og geodata". Den avløser de delene av "Norm for kart i målestokkene 1:250, 1:500, 1:1000, 1:2000 og kommunale oppmålingsarbeider" av 1982 (Kartnormen) som vedrører standardens saksområde. I tilsvarende omfang erstatter den saksområdets bestemmelser i statlige etaters målereglement o.l.

Under arbeidet med standarden har den tidligere vært regnet som en del av Geodata-standarden. Den blir imidlertid utgitt som en selvstendig standard, på samme måte som de andre delstandardene blir utgitt som egne standarder. De ulike standardene er vist i figur 0.1.

Grunn-lagsnett	Plassering og beliggenhets-kontroll	Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser	Kart og geodata	Kontroll av geodata	Produkt-spesifika-sjon for FKB-data	Produkt-spesifika-sjon for ortofoto
Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastandarden)						

Figur 0.1. Eksempler på standarder som refererer til Geodatastandarden.

Kartnormen ble første gang utgitt i 1979. En foreløpig revidert utgave ble utgitt i 1982, og dette ble også siste utgave.

Siden Kartnormen ble utarbeidet, har det skjedd en rivende teknologisk og kunnskapsmessig utvikling for geodatatjenestene. Det er en utvikling som fortsetter. Kartnormen er sterkt foreldet i forhold til dagens og morgendagens tjenester. På bakgrunn av dette bestemte Statens kartverk i juni 1997 å nedsette en arbeidsgruppe med Øystein Andersen som leder. Han satt som leder av denne arbeidsgruppa frem til sin død i mai 2002. Både som skribent, redaktør og inspirator var han den helt sentrale personen i arbeidet med standarden.

Etter Øystein Andersens bortgang ble arbeidsgruppa reorganisert, og den har fungert som referansegruppe for sluttarbeidet med standarden.

Kart er geografisk informasjon. Det gamle trykte kartet var på en gang både lagringsmedium og presentasjonsmedium for informasjonen. Nå som vi anvender kartdatabaser, er lagring og presentasjon skilt. Lagringen skjer i databaser, mens presentasjonen skjer på skjerm eller ved plotting. Krav og kontroll kommer derfor sterkt inn i selve produksjonen frem mot ferdig etablerte datasett.

0.2 Standardens oppbygging

Standarden er bygd opp etter retningslinjene for standardiseringsarbeidet i Statens kartverk; med en innledende del med orienterende elementer, fulgt av spesifikasjoner, normative elementer og tilleggsopplysninger.

Standarden omhandler ikke i detalj emner som er tilstrekkelig beskrevet i andre standarder og normer. Det er i stedet henvist til slike normer og standarder.

Standarden dekker ikke hele det saksområdet som er antydnet i tittelen. I kapittel 1 er det derfor gitt en beskrivelse av hvilken del av saksområdet "Kart og geodata" som standarden gjelder for.

1 Formål og omfang

1.1 Formål

Formålet med standarden er å bidra til høy kvalitet på kart og geodata ved å

- beskrive metoder for produksjon av kart og geodata og stille krav til trinn i produksjonsprosessen.
- beskrive hvilken kvalitet som kan forventes ved ulike produksjonsmetoder og -prosesser.
- beskrive metoder for ajourføring av kart og geodata.
- beskrive hvordan produksjon av kart og geodata skal dokumenteres.
- være et referansedokument ved inngåelse av avtaler om geodataprodukter og -tjenester.
- være et referansedokument ved utarbeidelse av prosedyrer i et kvalitetssystem i henhold til NS-EN ISO 9000.

1.2 Omfang

Standarden begrenses til å spesifisere kvalitetskrav for produksjon og ajourføring av det offentlige kartgrunnlaget (definert i kapittel 4). Det kan imidlertid fastsettes andre kvalitetskrav der partene finner det tjenlig/nødvendig å gjøre endringer og overordnet regelverk ikke er til hinder for dette.

Standarden spesifiserer ikke kvalitetskrav til kart og geodata. Disse kravene finnes i produktspesifikasjoner. Standarden inneholder f.eks. ikke krav til fullstendighet for objekttypen bygning. Dette finnes i "SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase (FKB)" (Produktspesifikasjon FKB).

Bestemmelser knyttet til forvaltning og tilgjengeliggjøring av geodata omtales ikke. Imidlertid beskrives administrative ordninger som bør følges i kart- og oppmålingsvirksomheten.

Standarden gir ikke normative bestemmelser om aktører og ansvarsfordeling når det gjelder fremstilling og forvaltning av kart og geodata. I Tillegg F er det gitt noe informasjon om aktører på nasjonalt nivå, fylkesnivå og kommunalt nivå.

Når det gjelder faglig kompetanse, vises det til veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen", kapittel 2 Faglig kompetanse. Det vises for øvrig til Geodatastandardens avsnitt 6.11. "Kart og geodata" stiller ikke ytterligere formelle krav til faglig kompetanse.

Selv om standarden omhandler kart og geodata generelt, er eksemplene hovedsakelig hentet fra produksjon av FKB-data. Standarden er avgrenset til å omhandle dagens metoder, se avsnitt 4.1.2.

1.3 Kvalitetssikring

Standarden skal sikre kvaliteten til de produktene den omfatter. Dette gjøres metodisk ved å stille kvalitetskrav til produksjonsprosessene og spesifisere hvordan kvalitetskravene kontrolleres. Kontroll av produktene er beskrevet i standarden "Kontroll av geodata".

Standarden stiller kvalitetskrav til de ulike trinnene i produksjonsprosessen. Årsaken til dette er at det er mer effektivt å kontrollere f.eks. indre orientering straks denne prosessen er utført, enn å vente til sluttkontrollen av produktet hvor det kan være vanskelig å bestemme hva som er årsaken til mangler ved produktet. Samtidig kan dette gi informasjon om hvor i totalprosessen det er nødvendig å sette inn tiltak for å forbedre kvaliteten.

Produsenter av kart og geodata skal ha et eget kvalitetssystem. Kvalitetssystemet skal inneholde rutiner for kontroll og bruk og sikre tilfredsstillende funksjonalitet for alt av involvert teknisk utstyr, programvare, prosesser m.m. Det skal brukes aktivt for å sikre at de resulterende produktene får den forventede kvalitet. Kvalitetssystemet skal være på skriftlig form og skal være tilgjengelig ved forespørsel.

1.4 Revisjon

Statens kartverk har ansvaret for at standarden blir revidert hvert 3. år og ellers ved behov.

1.4.1 Revisjon 2008

Hele standarden er gjennomgått, men hovedfokus har vært på kapitlene 6 og 7 (Kartlegging med fotogrammetri og kartlegging med flybåren laserskanning). Den reviderte versjonen er utarbeidet med innspill fra flere bidragsyttere. Spesielt nevnes Terratec og Blom Geomatics som har bidratt sterkt i revisjonen av kapittel 6 og 7.

2 Referanser

Normative referanser omfatter standarder og andre dokumenter som det er referert til i teksten, og som er nødvendige for å kunne forstå og bruke standarden.
(Utfyllende litteraturreferanser finnes i Tillegg A.)

- Blankenberg, L. E.: "GPS-supported aerial triangulation in theory and practice". Dr.scientavhandling, NLH, 2002, 240 s.
- Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 22. januar 1997 nr. 33. Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven.
- "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen", Veileder til Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven kapittel II Kartverk (2. utgave), juni 2001, Miljøverndepartementet, 32 s.
- "Det offentlige kartgrunnlaget", Kapittel 12 i veilederen Plan og kart etter plan- og bygningsloven (1. utgave), mars 2007, Miljøverndepartementet, 24 s.
- Lov om anbringelse av signaler og merker for målearbeider (signalloven) av 9. juli 1923 nr. 1 med endringer, sist ved lov av 4. april 2003 nr. 83.
- Lov om arkiv (arkivlova) av 4. desember 1992 nr. 126 med endringer, sist ved lov av 18. mai 2001 nr. 24.
- Miljøverndepartementet, Norges karttekniske forbund, Norske kommuners sentralforbund og Norske oppmålingskontorers forening: "Norm for kart i målestokkene 1:250, 1:500, 1:1000, 1:2000 og kommunale oppmålingsarbeider" (Kartnormen). Foreløpig ajourført utgave, Kommunalforlaget, 1982, 92 s.
- Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77 med endringer, sist ved lov av 9. mai 2003 nr. 32.
- Statens kartverk: "Ajourhold – trinn for trinn", Kontinuerlig oppdatering av FKB-data i kommunene, – med bakgrunn i overordnede bestemmelser, kommunale vedtak og avtaler. Versjon 1.2, 2001, 56 s.
- Statens kartverk: "Avtale for geodataarbeider". Versjon 2.0, 2001, 31 s.
- Statens kartverk: "Geovekst-veiledningsperm".
- Statens kartverk: "Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata" (Geodatastandarden), 2001, 75 s.
- Statens kartverk: "Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge", 2003, 24 s.
- Statens kartverk: "Retningslinjer for innføring av EUREF89". Geovekst-veiledningsperm, kapittel 16, 2002, 15 s.
- Statens kartverk: "SOSI – Et standardformat for digitale kartdata", Del 1–4. Versjon 3.4, 2002.
- Statens kartverk: "SOSI-kontroll – Program for kvalitetskontroll av geodata på SOSI-format". Versjon 3.4, 2002.

3 Definisjoner og forkortelser

Termer som er definert nedenfor, har angitt kilde slik:

- [A] Avtale for geodataarbeider
- [FKB] SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase (FKB)
- [G] Geodatastandarden
- [GN] Grunnlagsnett
- [KOG] Kart og geodata (denne standarden)
- [POF] Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge
- [SAT] Satellittbasert posisjonsbestemmelse
- [T] "Termer for geografisk informasjon" på Internett
(revisjon av Ordbok for kart og oppmåling)
- [V] Veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen"

Termene som Geodatastandarden definerer, er styrende for standarder basert på denne. Termene som "Kart og geodata" definerer, er på samme måte styrende for standarder basert på denne.

Definisjoner finnes i avsnitt 3.1, mens forkortelser er forklart i avsnitt 3.2.

3.1 Definisjoner

Termer som er definert i dette avsnittet og som benyttes i definisjoner, merknader eller eksempler til andre termer, er der skrevet i kursiv.

Det gjøres oppmerksom på at bruken av ordene *feil* og *avvik* nå er endret i forhold til tidligere praksis innenfor kart og oppmåling. Ordet *feil* brukes nå, som i dagligtale, om tabber eller når det på annen måte har skjedd noe som ikke burde ha skjedd. Ordet *avvik* blir nå brukt om de vanlige, små og uunngåelige måleunøyaktighetene. Det som tidligere ble kalt tilfeldige feil og systematiske feil, blir nå betegnet med *tilfeldige avvik* og *systematiske avvik*. Middelfeil erstattes av *standardavvik*. Grove feil derimot, blir fortsatt kalt *grove feil*.

aerotriangulering

metode for punktbestemmelse (x, y, z) der målingene foretas i bilder fotografert med stereoskopisk bildeoverdekning [T]

MERKNAD

Normalt er bildene fotografert systematisk i striper eller blokker. Aerotrianguleringen baseres på et mindre antall markmålte kjentpunkter, skarpt synlige i bildene. Alle data for en bildeblokk utjevnes samlet under utjevningen (blokkutjevning).

affin transformasjon

koordinattransformasjon som ikke bevarer vinkelstørrelser uendret [T]

MERKNAD

I motsetning til konform transformasjon kan hver koordinatakse ved affin transformasjon ha individuell målestokk og rotasjon. Affin transformasjon kan utføres som lineær eller utvidet (ikke-lineær) transformasjon. I fotogrammetri benyttes affin transformasjon bl.a. ved korreksjon av bildekoordinater (for å kompensere for filmdeformasjoner).

ajourføring

korrigering av innholdet i geodataene slik at de fremstiller de faktiske forhold på et gitt tidspunkt, etter de retningslinjer som gjelder for innhold og kvalitet [KOG]

MERKNAD

1. Det er en selvfølge at "konsekvensrettelser" også blir utført. F.eks. når det bygges et nytt hus, blir ofte eiendomsgrenser, gjerder, arealbruksgrenser og veger omkring huset forandret. Ajourføring innebærer at alle disse forandringene blir gjort i de aktuelle databaser.
2. Oppgradering til nyere og bedre standard defineres som noe annet enn ajourføring, selv om det kan gjøres på samme måte som periodisk ajourføring.

analytisk stereoinstrument

stereoinstrument hvor det brukes analoge bilder og hvor de analytiske beregningene, styringen av instrumentet og kartkonstruksjonen skjer i prosessorer integrert i instrumentet [KOG]

MERKNAD

Minst en av prosessorene er en PC.

avvik

forskjell fra sann verdi, fra det man antar er den sanne verdi, eller forskjellen mellom to målte verdier for samme størrelse [G]

MERKNAD

1. Innen standardisering defineres vanligvis avvik som mangel på oppfyllelse av spesifiserte krav [NS-ISO 8402 def. 2.10]. F.eks. vil det som ved kartkontroll blir kalt *grov feil* være avvik i NS-ISO 8402s ordbruk.
2. Avvik er vanlig. Som oftest er de små og skyldes de vanlige målevariasjonene. Men et lite antall av dem kan være store, og noen kan utgjøre *grove feil* som skal grovfeil-/avviksbehandles, f.eks. med nymåling, jf. avsnitt 6.7 i Geodatastandarden.
3. Se definisjonen av *grov feil*, *sant avvik*, *standardavvik*, *systematisk avvik*, *tilfeldig avvik* og *tilfeldig variasjon*.
4. Det man antar er den sanne verdi, er svært ofte den utjevnete verdi.
5. Se også figur 2 ved termen toleranse i Geodatastandarden.

bakkeoppløsning (for digitale kamera/sensorer)

geometrisk utstrekning av bildeelementene i terrengmålestokk (Ground Sample Distance, GSD) [POF]

bildeelement

MERKNAD

Se *piksel*.

bildeoversikt

oversikt over den utførte flyfotograferingen med alle bildenes omriss og *posisjon* inntegnet på kart i høvelig målestokk [KOG]

diapositiv (dias) [T]

bilde med positiv sverting, dvs. lyst/mørkt-variasjoner som for objektet

MERKNAD

Diapositiv er på en transparent base og rettvendt sett mot emulsjonssiden.

Diapositiv benyttes ved fotografering med analogt flykamera (filmkamera).

digital høydemodell (DHM)

en systematisk digital representasjon av overflatens høyder [KOG]

MERKNAD

En digital høydemodell skiller seg fra en *digital terrengmodell (DTM)* ved at i en høydemodell er også objekter på terrengoverflaten modellert, f.eks. hustak, tretopper, kronetak i skog og brubane. Alternative engelske betegnelser er Digital Surface Model (DSM) eller Digital Elevation Model (DEM).

Se også *grid* og *TIN*, samt merknaden under *DTM*.

digitalt stereoinstrument

stereoinstrument hvor det brukes digitale bilder og hvor de analytiske beregningene og kartkonstruksjonen skjer i instrumentets datamaskin [KOG]

MERKNAD

Engelsk: Digital Photogrammetric Workstation, DPW.

Norsk: Digital Fotogrammetrisk Arbeidsstasjon, DFA.

digital terrengmodell (DTM)

en systematisk digital representasjon av terrengoverflatens høyder [KOG]

MERKNAD

En DTM er en samling av et stort antall terrengpunkter med høyde. Punktene kan være organisert som et regelmessig rutenett eller i et mer uregelmessig mønster som beskriver terrengets knekklinjer. Den siste metoden vil normalt gi den beste beskrivelsen av terrengoverflaten.

Se også *grid* og *TIN*.

fastmerke

varig merket punkt, markert med bolt eller annen egnet permanent markering, der plane koordinater og/eller høyde er bestemt, eller planlagt bestemt i et geodetisk referansesystem [GN]

MERKNAD

Fastmerke tjener hovedsakelig som grunnlag ved kartlegging og oppmåling.

feil**MERKNAD**

Se *grov feil* og *avvik*, samt innledningen til avsnitt 3.1.

Felles KartdataBase (FKB)

en samling datasett som utgjør det digitale *grunnkartet* i et område [KOG]

MERKNAD

Definisjonen er litt endret i forhold til ordlyden i Produktspesifikasjon FKB.

flybåren laserskanning

måling av avstand mellom en laser, i fly eller helikopter, og terrengoverflaten [KOG]

MERKNAD

Flybåren laserskanning kalles også laseraltimetri.

flykamera

kamera som er spesielt bygd for fotografering fra fly [T]

MERKNAD

Tradisjonelt har flykameraene vært analoge. Siden 2004 har imidlertid digitalkamera blitt mer aktuelle å benytte. Ved bruk av digitalkamera kan produksjonslinjene gjøres mer heldigitale enn ved bruk av analogkamera, og har dermed flere fordeler.

- Ingen filmfremkalling og bildeskanning.
- Ingen støvproblematikk.
- Bedre radiometrisk oppløsning. Dette gir skarpere bilder og bedre innsyn i skyggepartier.
- Farge, pankromatisk og IR bilder i samme eksponering.

fotogrammetrisk signal

vanligvis kvadratiske eller korsformede hvite eller gule flater som før flyfotografering plasseres på detaljer i terrenget for å gjøre dem synlige i bildene [KOG]

MERKNAD

Til vanlig kalt bare "signal". Se avsnitt 6.1 om utførelse av signalering.

fullstendighet

uttrykk for i hvilken grad spesifiserte deler av et produkt finnes i det aktuelle datasettet [G]

MERKNAD

Fullstendighet karakteriseres ved kvalitetsmålene manglende objekter, overskytende objekter (ønsket om fullstendige geodatabaser innebærer også at det er galt dersom det finnes objekter i databasene som ikke skal være der i henhold til spesifikasjonene) og manglende egenskaper.

Fullstendighet kan angis i prosent i relasjon til spesifiserte krav.

Informasjon om fullstendighet må være datert.

geodata

informasjon stedfestet ved koordinater [T]

MERKNAD

Geodata består av objektidentifikasjon og informasjon om stedfesting og egenskaper. Stedfestingsdataene på sin side kan omfatte både posisjonsdata og geometriske beskrivelsesdata.

geodetisk landsnett

overordnet nasjonalt nett av *fastmerker* som utgjør en fortetting av *Stamnettet* ned til ca. 5 km punktavstand i bebygde områder [GN]

MERKNAD

I dagligtale benyttes betegnelsen "*Landsnettet*". *Landsnettet* er Statens kartverks ansvar, og det danner basis for *grunnlagsnett* av lavere orden (detaljnett) som kommunen har ansvar for.

geodetisk stamnett

overordnet nasjonalt nett av *fastmerker* etablert av Statens kartverk i forbindelse med overgang til EUREF89 [GN]

MERKNAD

I dagligtale brukes betegnelsen "*Stamnettet*". *Stamnettet* avløser det tidligere 1. ordens trekantnettet. Nettet har sidelengder på ca. 20 km i bebygde strøk. Statens kartverk er ansvarlig for *Stamnettet*.

georeferere

stedfeste ved koordinater i et kjent geodetisk referansesystem [KOG]

MERKNAD

Begrepet benyttes vanligvis i forbindelse med stedfesting av rasterdata.

EKSEMPEL

Et flybilde er georeferert når dets ytre orienteringselementer er kjente.

grenseverdi**MERKNAD**

Se *toleranse*.

grid

punkter organisert i et regelmessig rutenett med fast maskevidde [KOG]

MERKNAD

Se også *TIN*.

grov feil

feil som skyldes tabbe, svikt ved måleutstyr eller *feil* ved prosedyre [G]

MERKNAD

Grove feil er oftest større enn de *tilfeldige avvikene* i et datasett. Eksempler på tabber som medfører grove feil er: Avlesningsfeil, feilidentifisering av målemerke, forglemmelser, forvekslinger, uaktsomhet, eksentrisiteter som ikke er notert/korrigert for. Se også *avvik*.

EKSEMPEL

Ved kartkontroll o.l. settes skillet mellom *avvik* og grove feil for målbare størrelser til en verdi lik 3 ganger *toleransen* for *standardavviket* for den aktuelle størrelsen. (*Toleransen* for *standardavviket* må være fastsatt i standard eller avtale.) Ved utjevning av nett e.l. konstateres grov feil ved statistisk testing. Se også figur 2 ved *toleranse* i Geodatastandarden.

grunnkart

sammensetting av alle viktige *primærdatasett* i form av et kartverk [V]

MERKNAD

Grunnkart brukes til flere formål og kan danne grunnlag for avledede kart i forskjellige målestokker. Andre betegnelser er FKB og kommunens (hoved)kartverk.

grunnlagsnett

fastmerker systematisk bundet sammen på grunnlag av observerte vektorer, høydeforskjeller, vinkler, avstander og tyngdekraft [T]

MERKNAD

Fastmerkene utgjør grunnlag for innmåling av nye *fastmerker*, innmåling av objekter, plassering og påvisning.

indre pålitelighet

hvor godt observasjonene i et system gjensidig kontrollerer hverandre, dvs. hvordan en *grov feil* i en observasjon gjenspeiles i den tilhørende utjevningskorreksjon [G]

MERKNAD

Pålitelighet bestemmes i egne pålitelighetsanalyser.

kamerakalibrering

bestemmelse av en eller flere av parametrene kamerakonstant, beliggenhet til symmetrihovedpunkt i forhold til rammemerkene, objektivets oppløsningsevne, grad av planhet til bildeplanet og objektivfortegningens virkning i bildeplanet ved den bestemte verdi for kamerakonstanten [KOG]

kart

generalisert avbildning av geografiske objekter med deres romlige relasjoner; med angitt geodetisk datum, projeksjon og koordinatsystem, samt målestokk dersom avbildningen er analog [G]

kartdata

geodata tilrettelagt for presentasjon som *kart* [KOG]

kjentpunkt

punkt som inngår i en *aerotriangulering* og er stedfestet med geodetiske målemetoder [KOG]

konform transformasjon

overføring av et punktsystem fra et koordinatsystem til et annet med origo-forflytning (translasjon), dreining(er) og målestokkending (lik i alle akseretninger) [T]

MERKNAD

Konform transformasjon kjennetegnes ved at vinkelstørrelser (formen) beholdes uendret.

kontinuerlig ajourføring

fortløpende *ajourføring* basert på rapportering fra forvaltningsrutiner, daglige arbeidsrutiner og samarbeidsparter [KOG]

MERKNAD

Kalles også administrativt vedlikehold. Data som samles inn administrativt, kan være digitale stikningsdata eller data fra sluttkontroll av beliggenhet, koordinatfestede grensemerker, markmålte bygninger, senterpunkt bygning, situasjonsplan og melding om landbruksbygg.

kvalitetssikring

alle planlagte og systematiske aktiviteter som er iverksatt som del av kvalitetssystemet og påvist som nødvendige for å skaffe tilstrekkelig tiltro til at en enhet vil oppfylle kravene til kvalitet [NS-ISO 8402 def. 3.5]

Landsnettet**MERKNAD**

Se *geodetisk landsnett*.

nøyaktighet

mål for en estimert verdis nærhet til sin sanne verdi eller til det man antar er den sanne verdi [G]

MERKNAD

Den estimerte verdien er vanligvis målt eller beregnet. I Geodatastandardens kapittel 4 er de ulike nøyaktighetsmålene beskrevet.

offentlig kartverk

grunnkart fra kommunene og Statens kartverk [V]

MERKNAD

Grunnkart fra kommunen selv og Statens kartverk utgjør det offentlige kartverket for kommunen. *Grunnkartet* omfatter også datagrunnlag fra andre etater, bl.a. markslag fra Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS).

oppdragsgiver

kontraktpart som skal ha utført det geodataarbeid som kontrakten omfatter [A]

oppdragstaker

kontraktspart som har påtatt seg utførelsen av det geodataarbeid som kontrakten omfatter [A]

oppgradering

forbedring av den datatekniske kvaliteten av eksisterende data [KOG]

originaldataansvarlig

den av flere samarbeidsparter som har ansvaret for forvaltning og *ajourføring* av originalen av det enkelte *primærdatasett* [KOG]

Merknad:

Tidligere ble originaldatavert benyttet i stedet for originaldataansvarlig. Det anbefales nå å bruke begrepet originaldataansvarlig i stedet for originaldatavert siden det er andre som kan være ”vertskap” for dataene enn de som er ansvarlig for dataene og ajourholdet (for eksempel når en annen etat drifter databasen en er ansvarlig for)

ortofoto

georeferert fly- eller satellittbilde i ortogonalprojeksjon [KOG]

MERKNAD

Ortofotoet har samme geometriske egenskaper som et *kart* og er knyttet til et kartkoordinatsystem. Ortofotoet kan vises sammen med digitale *kartdata*, se *ortofotokart*. Objekter (f.eks. hus, stolper, trær, broer) som ikke er modellert i høydemodellen, vil ha avvikende projeksjon. Det kan også lages ortofoto av f.eks. en fasade fotografert med terrestrisk kamera.

ortofotooppløsning

bakkeoppløsning for ferdigprodusert *ortofoto* [KOG]

MERKNAD

Når man sier høy oppløsning mener man en lav verdi for ortofotooppløsning.

EKSEMPEL

Et *ortofoto* med ortofotooppløsning 20 cm, har *bildeelementer* med størrelse 20 cm x 20 cm i terrenget.

ortofotokart

ortofoto med innkopierte *kartdata* i samme projeksjon og målestokk [KOG]

passpunkt

punkt som kommer skarpt og veldefinert til syne i bildene, med kjente terrengkoordinater som brukes for orientering (innpassing) av bilder og stereomodeller til terreng [KOG]

MERKNAD

Som passpunkt kan brukes grunnlagspunkt, punkt innmålt fra grunnlagspunkt eller punkt bestemt ved *aerotriangulering*.

periodisk ajourføring

ajourføring som utføres systematisk med jevne mellomrom [KOG]

MERKNAD

Ved periodisk ajourføring blir eksisterende data, enten de har vært gjennom *kontinuerlig ajourføring* eller ei, kontrollert og ev. forbedret, og manglende objekter blir supplert. Objekter som ikke er endret, blir ikke kartlagt på nytt. Etter periodisk ajourføring skal datasettene minimum tilfredsstille kvalitetskravene for den valgte FKB-standard i området.

Kontinuerlig ajourføring gjøres vanligvis med fotogrammetri. Andre aktuelle metoder er digitalisering fra *ortofoto* og markmåling.

piksel

et digitalt bildes minste enhet med en definert geometrisk utstrekning og intensitetsverdi [KOG]

posisjon

sted angitt ved hjelp av koordinater i et geodetisk referansesystem [G]

presentasjonsdata

tilleggsdata til *FKB* som er nødvendige for å formidle en god presentasjon uten at de opprinnelige datasettene blir berørt [FKB]

MERKNAD

Presentasjonsdata lages for presentasjoner i ulike målestokker. Det genereres presentasjonsdata for å ha mulighet til bl.a. å redigere, avblende/slette, skrive om eller flytte tekster og symboler i kartbildet, uten at datasettene blir berørt.

Standarden "Grafisk utforming av kart i målestokk 1:500 – 1:10 000" spesifiserer hvordan teknisk kart (TK) og økonomisk kart (ØK) skal presenteres grafisk.

EKSEMPEL

Eksempler på presentasjonsdata er tekstdata generert fra datasett der tekst, tall eller symboler er ferdig plassert i kartbildet. En annen type presentasjonsdata er avblendingspolygoner som brukes til å fjerne unødig mye data i et aktuelt kartbilde.

primærdatasett

et definert geodatasett som består av de mest detaljerte og nøyaktige data innen et definert område, har en viss utbredelse og jevnlig blir produsert og/eller ajourholdt [G]

punktnøyaktighet

nøyaktigheten til stedfestingen for punkter [G]

MERKNAD

Punktnøyaktighet beregnes som kvadratroten av summen av kvadratene til punktets koordinatnøyaktigheter.

Punktnøyaktighet angis absolutt i forhold til en gitt geodetisk referanseramme eller relativt i forhold til andre stedfestede objekter.

EKSEMPEL

"Punktstandardavvik", "punktstandardavvik i horisontalplanet" $s_p = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$ og "sant punktavvik".

pålitelighet**MERKNAD**

Se *indre pålitelighet* og *ytre pålitelighet*.

rektifisering

metode for transformasjon av et fotografisk bilde (sentralprojeksjon) av et objekt, til en ortogonalprojeksjon av objektet på et bestemt plan [KOG]

resampling

metode for å bestemme gråtonen/fargen til et *piksel* etter en *rektifisering* [KOG]

sammenbindingspunkt

punkt i fellesområdet mellom bilder som brukes ved *aerotriangulering* til å binde sammen bilder, modeller og striper [KOG]

MERKNAD

Punktet får sine terrengkoordinater bestemt ved *aerotriangulering* og kan brukes som *passpunkt* senere. Engelsk: Tie point.

sant avvik

differanse mellom målt/beregnet verdi og sann verdi [G]

MERKNAD

Sann verdi vil ofte være ukjent, men den brukes i utjevningsregningen som en teoretisk størrelse. Ved kontroller blir den vanligvis erstattet med en verdi som er målt/beregnet med vesentlig høyere *nøyaktighet* enn den verdien som skal kontrolleres.

sanntidsmåling

kode- eller fasemåling der beregninger skjer samtidig med at man måler [SAT]

signal**MERKNAD**

Se *fotogrammetrisk signal*.

situasjonskart

kart over utvalgte fysiske og juridiske forhold av betydning for et tiltak [P]

MERKNAD

Et situasjonskart brukes ved prosjektering av tiltak og som kartgrunnlag i en situasjonsplan. Krav til innhold, presentasjonsmålestokk m.v. for situasjonskart omtales i "Plassering og beliggenhetskontroll".

skanning

sveipeprosess for konvertering fra analog til digital representasjon av bilder, *kart* og andre dokumenter [KOG]

Stamnettet**MERKNAD**

Se *geodetisk stamnett*.

standardavvik

statistisk størrelse som angir spredningen for en gruppe måle- eller beregningsverdier i forhold til deres sanne eller estimerte verdier [G]

MERKNAD

I landmåling og utjevningsregning har det tradisjonelt vært brukt betegnelsen middelfeil i stedet for standardavvik. I denne standarden brukes standardavvik (og ikke middelfeil) for å være i overensstemmelse med internasjonal bruk og med statistikken. I statistikk brukes i formler betegnelsen σ bare om den sanne verdien til et standardavvik. I denne standardens virkeområde har vi vanligvis bare en estimert verdi for standardavviket. Derfor brukes betegnelsen s , som i statistikken. Se også figur 2 ved *toleranse* og formelapparat i Tillegg A i Geodatastandarden.

stereoinstrument

instrument for tredimensjonal betraktning, kartlegging og annen måling ved hjelp av et stereoskopisk bildepar [KOG]

systematisk avvik

avvik som er regelmessig med hensyn til fortegn og størrelse [G]

MERKNAD

Systematisk avvik har sin opprinnelse i utilstrekkelig gjenskaping av den fysiske virkelighet, slik at den aktuelle måling eller beregning har en tendens til å være systematisk forskjellig fra sann verdi.

tilfeldig avvik

avvik som følger tilfeldighetens lov, slik at en ikke kan forutsi det enkelte *avvik* verken med hensyn til fortegn eller størrelse [G]

MERKNAD

Ofte er disse *avvikene* normalfordelt eller tilnærmet normalfordelt, men andre fordelinger kan forekomme.

tilfeldig variasjon

variasjonen eller spredningen for en gruppe måle- eller beregningsverdier i forhold til deres sanne eller estimerte verdier [G]

MERKNAD

Ordet "tilfeldig" i definisjonen markerer at det forutsettes at hver enkel forskjell mellom en måle- eller beregningsverdi og størrelsens sanne verdi eller middelverdi er et *tilfeldig avvik*. Et tallmessig uttrykk for tilfeldig variasjon er *standardavvik*.

TIN

digital høydemodell hvor punktene er organisert som hjørnene i trekanter [KOG]

MERKNAD

Fra engelsk: Triangulated Irregular Network.
Trekantene kan ha ulik form og størrelse, og utgjør dermed et uregelmessig nettverk.
Se også *grid*.

toleranse

maksimalt tillatt *avvik* [T]

MERKNAD

Se merknader til denne termen i Geodatastandarden.

topologi

beskrivelse av sammenhengen mellom geografiske objekter [G]

ytre pålitelighet

virkingen på de ukjente i utjevningen av mulige gjenværende *grove feil* i observasjonene [G]

MERKNAD

Pålitelighet bestemmes i egne pålitelighetsanalyser. Beregnet ytre pålitelighet kalles ofte deformasjon. Se også figur 2 ved *toleranse* i Geodatastandarden.

3.2 Forkortelser

AR5: ArealRessurskart tilpasset i målestokk 1:5 000. AR5 viser markslag på en forenklet måte og erstatter DMK.

CPOS: CentimeterPOSijsjonering. Posisjonering med centimaternøyaktighet.

DEK: Digitalt EiendomsKartverk.

dGNSS: Differensiell GNSS (Global Navigation Satellite System)

DMK: Digitalt MarkslagsKart (avløses av AR5 2008/2009).

ED50: Europeisk Datum 1950. Offisielt europeisk geodetisk datum.

EUREF89: EUropean REference Frame 1989. Offisiell europeisk geodetisk referanseramme.

FDV: Forvaltning, drift og vedlikehold.

FKB: Felles KartdataBase, beskrevet i SOSI Del 3.

FLS: Flybåren LaserSkanning.

GAB: Grunneiendom – Adresse – Bygning. Offisielt register over grunneiendommer, adresser og bygninger i Norge, forvaltes av Statens kartverk.

GNSS (Global Navigation Satellite System): Brukes som felles betegnelse på globale navigasjons- og stedfestingssystem som kan brukes til å bestemme posisjonen

for en satellittantenne/-mottaker hvor som helst på jorden. Det amerikanske GPS-systemet er det mest benyttede GNSS som benyttes i Norge i dag, men også russiske GLONASS er aktuell å benytte. I løpet av de nærmeste årene vil også det europeiske systemet GALILEO være aktuelt å benytte.

INS: Inertial Navigation System. INS består av en IMU og en beregningsenhet som prosesserer IMU-data slik at man får ut navigasjonsinformasjon (hastighet, posisjon og rotasjon).

IMU: Inertial Measurement Unit. En måleenhet bestående av akselerometere og gyroer for registrering av akselerasjoner og vinkelhastigheter.

ISO: International Organization of Standardization. Organisasjon som utgir internasjonale standarder.

LIDAR: Light Detection And Ranging, betegner et prinsipp for avstandsmålingen.

NGO1948: Koordinatbasert referansesystem i norsk datum definert ved utjevning omkring 1948 av 133 første ordens trekantpunkter i Sør-Norge [SAT].

NN1954, normalnull 1954: Vertikalt datum for det nasjonale høydesystem i Norge [SAT].

NS: Norsk standard.

OTF: “On the fly” - initialisering

PDOP: Position Dilution of Precision.

PPP: Precise Point Positioning.

RTK: Real Time Kinematic.

SOSI (SOSI-standarden): Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon – et system for standardisert beskrivelse av digitale geodata.

UTM: Universal Transverse Mercator. Transversal Mercator-projeksjon, et globalt, geodetisk kartprojeksjonssystem.

VBASE: Vegdatabase. Et datasett som er spesifisert i SOSI Del 2.

WGS84: World Geodetic System 1984. WGS84 er et koordinatbasert referansesystem utviklet av forsvarsdepartementet i USA. GPS-satellittene opererer i WGS84. Koordinater i WGS84 avviker mindre enn ca. 0,5 m fra koordinater i EUREF89.

ØK: Økonomisk kartverk. Landsomfattende kartserie i målestokk 1:5000 (i visse områder 1:10 000) over områder med økonomisk interesse, dekker vel 60 % av landets totalareal og omfatter over 31 000 kartblad. Etablert i perioden 1960 – 2000. Erstattes nå av N5 kartdata.

4 Det offentlige kartgrunnlaget

I denne standarden benytter vi begrepet det offentlige kartgrunnlaget, slik det nå er omtalt både i plan- og bygningsloven og veilederen "Det offentlige kartgrunnlaget". Dette kapitlet vil omtale det offentlige kartgrunnlaget nærmere, mens de etterfølgende kapitlene vil beskrive krav til metoder m.m., slik det er beskrevet i standardens avsnitt 1.1 Formål.

I plan- og bygningsloven § 5 Kart og stedfestet informasjon, er det offentlige kartgrunnlaget omtalt:

"Kommunen skal sørge for at det foreligger et oppdatert offentlig kartgrunnlag for de formål som omhandles i loven, bl.a. for å utarbeide kommuneplanens arealdel, reguleringsplaner og situasjonsplaner. ... Kartgrunnlaget skal også kunne nyttes til andre offentlige og private formål."

I veilederen "Det offentlige kartgrunnlaget" står det at "Digitalt kartgrunnlag skal følge Produktspesifikasjon for felles kartdatabase (FKB) eller annen tilsvarende spesifisering fastsatt av kommunen. Kommunen fastsetter hvilke nøyaktighets- og detaljeringsklasser kartgrunnlaget skal følge i de ulike deler av kommunen. Analogt kartgrunnlag skal følge tilsvarende anerkjent spesifisering."

4.1 Felles KartdataBase (FKB)

FKB er en samling strukturerte datasett som utgjør grunnkartet i et område, og som alene eller sammen med andre data skal kunne benyttes til:

- forvaltningsmessig saksbehandling i kommuner, vegvesen, ledningsetater og andre bedrifter
- saksbehandling knyttet til plan- og bygningsloven med forskrifter (jf. veilederen Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandling)
- planleggingsformål
- prosjekteringsformål
- analyse og presentasjon i et integrert informasjonssystem (GIS-system)
- produksjon av kart og avledede produkter med forskjellig krav til innhold, detaljering og stedfestingsnøyaktighet

FKB består av i overkant 20 datasett, disse er gruppert i FKB-produktene:

- Terrengform
 - o Høydekurver (Detaljert - 1 m og standard - 5 m) og DTM
- Vann (Kyst, innsjøer og vassdrag)
- Markslag
 - o DMK/AR5 (AR5 avløser DMK i løpet av 2008/2009)
- Bygg og anlegg
 - o Bygning, Bygningsmessig anlegg, PblTiltak, LedningVa, LedningerElTele, Adresse, Arealbruk, Naturinfo og Fastmerke
- Samferdsel
 - o Veg, Vegnett, Bane og Lufthavn
- Eiendomskart
 - o Eiendomskart og Servitutt
- Restriksjonsdata
 - o Verneområde og Kulturminne
- Presentasjonsdata

o Tekst 1:1000/Tekst 1:5000

Kartgrunnlaget skal som hovedregel bestå av alle datasettene. For enkelte områder kan det imidlertid være aktuelt å ikke etablere alle datasettene. Det er viktig at kartgrunnlaget inneholder de FKB-datasett som gjør det tjenlig til formål som registrering, planlegging og informasjon, og til utstikking når planer skal realiseres.

4.1.1 Områdeinndeling og FKB-standarder

Behovene for FKB-data varierer avhengig av hvilke formål datasettene skal brukes til. I FKB er det derfor spesifisert kartklasser (FKB-standarder) som skal dekke behovet for felles kartdata i ulike områdetyper. Detaljinnhold og stedfestingsnøyaktighet i FKB varierer i de ulike standardene, med størst detaljering og stedfestingsnøyaktighet i A-standarden og minst i D-standarden. Inndelingen i FKB-standarder går i prinsippet på minimum detaljeringsgrad, men også på krav til minimum stedfestingsnøyaktighet.

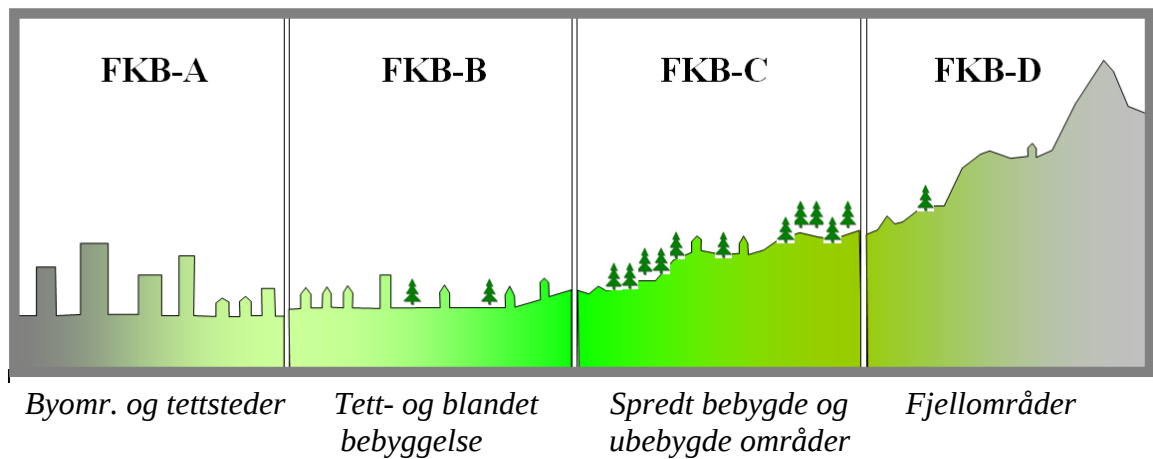
Det er også ordnet tilsvarende klasser (høydegrunnlag) for terrenginformasjon. I prinsippet er høydegrunnlaget fristilt fra FKB-standardene, og man må ved valg av FKB-standard spesifisere høydegrunnlag. Vanligvis vil man benytte detaljert høydegrunnlag i FKB-A-, og deler av FKB-B-områdene, og standard høydegrunnlag i de andre områdene.

Inndelingen i FKB-standarder avgjøres av brukerne i fellesskap (for eksempel gjennom Geovekst-samarbeidet). Kommunen har imidlertid et spesielt ansvar for å påse at det er en tilstrekkelig kartleggingsstandard i kommunen til å utføre planleggingsoppgaver i kommunens ulike områdetyper.

For mer detaljert beskrivelse, se Produktspesifikasjon FKB.

FKB-standard	Områdetype i Geodatastandarden	Beskrivelse av områdetypen
FKB-A FKB-B	Områdetype 1	Byområde Dette vil som regel være sentrale byområder med høy grad av utnytting eller svært høy grunnverdi.
FKB-B	Områdetype 2	Tettbygd/utbyggingsområder Dette vil være områder som i kommuneplanen er eller forutsettes disponert til tettsteds- og utbyggingsformål og som ikke omfattes av områdetype 1.
FKB-B FKB-C	Områdetype 3	Spredtbygd/dyrket mark/skog Dette vil være områder som i kommuneplanen er eller forutsettes disponert til jordbruk eller skogbruk og spredt bebyggelse.
FKB-D	Områdetype 4	Fjell/ekstensiv arealutnytting Dette vil være den delen av kommunen som har en ekstensiv arealutnytting og lav grunnverdi: som regel fjellområder eller tilsvarende lite produktive arealer.

Tabell 4.1. Sammenhengen mellom FKB-standarder og områdetyper i henhold til Geodatastandarden.
Kilde: Produktspesifikasjonen FKB.

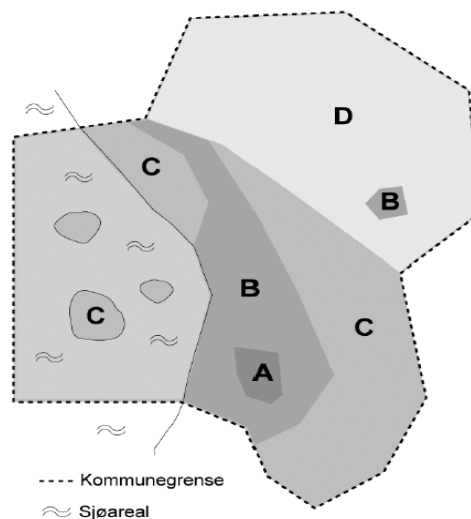


Figur 4.2. Eksempel på inndeling av et område i FKB-standarder
Kilde: Produktspesifikasjon FKB.

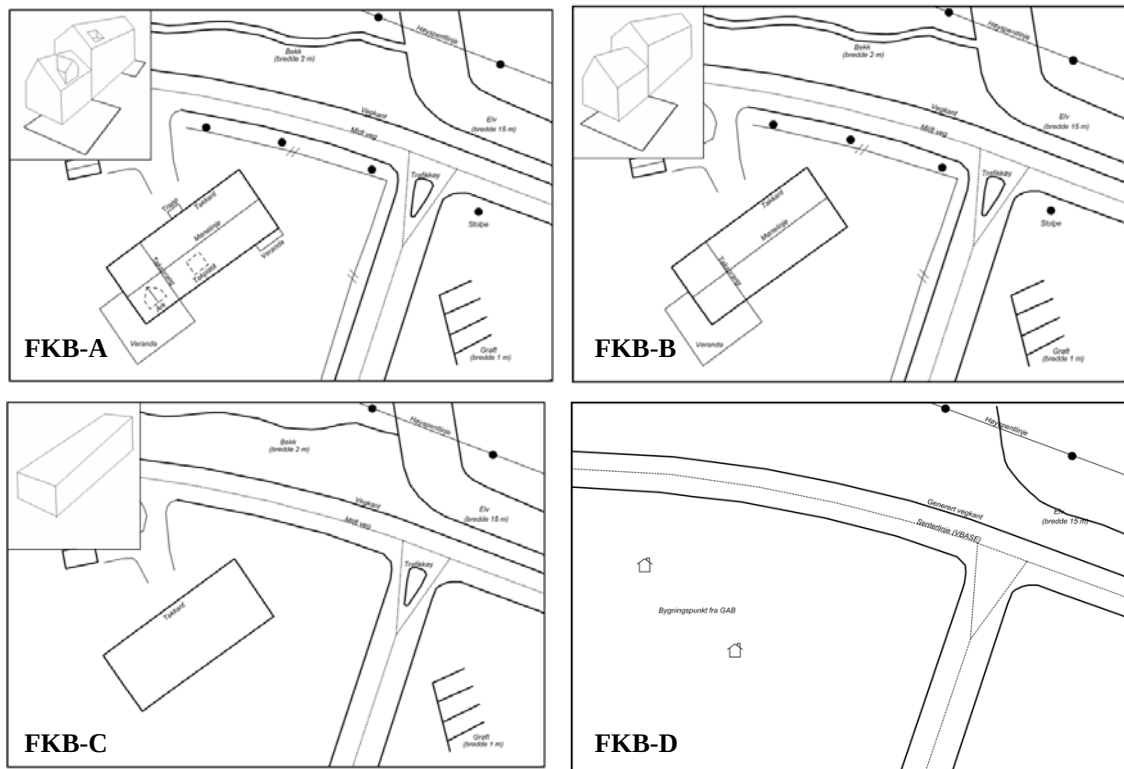
Det viktigste prinsippet i FKB er at en søker å kartlegge samme område kun en gang slik at etablerte data kan benyttes til ulike formål, f.eks. både kartproduksjon og mer intelligente analysefunksjoner.

Målsettingen med FKB er at det ikke skal være overlapp mellom de ulike FKB-standardene. Derfor etableres FKB-datasettene sømløst, uavhengig av FKB-standard (kommunebaser). Dette gir et datagrunnlag som er tilpasset behovet for felles kartdata i de ulike områdene av kommune. Det er derfor viktig å være klar over at detaljering og kvalitet varierer avhengig av områdetype. Hvert enkelt (del)område kan bare være tilordnet en standard. Områdeinndelingen i en kommune vil kunne endre seg i takt med nye utbyggingsaktiviteter. Se figur 4.3.

Områdeinndelingen og dekingen av FKB-data finnes som en egen metadatateneste på internett. Denne tjenesten kalles Georef og er tilgjengelig på www.geonorge.no.



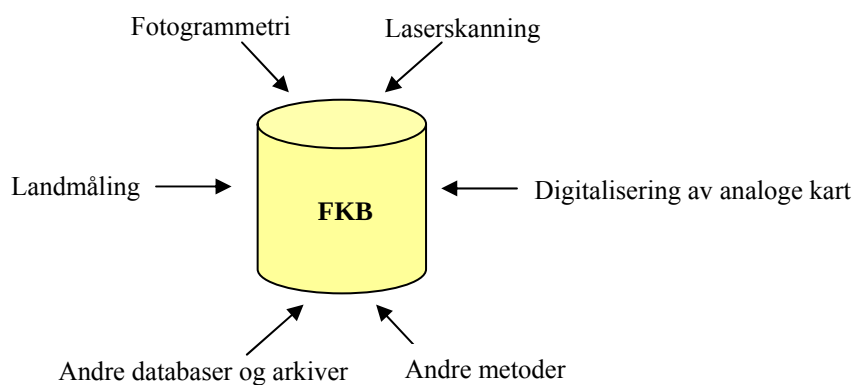
Figur 4.3. Eksempel på FKB-standarder i en kommune fordelt på de ulike områdetypene.
Kilde: Veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen".



Figur 4.4. Eksempel på detaljering for FKB-data i de ulike FKB-standardene. I øvre venstre hjørne er det illustrert hvor detaljerte bygningsmodeller det er mulig å lage ut fra FKB-dataene.
Kilde: Produktspesifikasjon FKB.

4.1.2 Produksjon av FKB-data

FKB-data kan etableres og ajourføres på flere måter. Figur 4.5 viser dagens tilgjengelige metoder. I de påfølgende kapitler blir produksjon av FKB-data ved bruk av landmåling, fotogrammetri, laserskanning og digitalisering av analoge kart beskrevet. Metode må velges ut fra kvalitetskravene som stilles til produktet.



Figur 4.5. Datainnsamlingsmetoder for FKB-data.

4.2 Geodetisk grunnlag

Det geodetiske grunnlaget av stor viktighet for all kartlegging. Relevant informasjon finnes i flere standarder:

- "Koordinatbasert referansesystem" beskriver datum, koordinatsystem, transformasjon, konvertering og avbildning.
- "Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer" definerer de viktigste begrepene knyttet til høydeangivelse og angir hvordan høydesystemer skal brukes.
- "Grunnlagsnett" gir retningslinjer for etablering og vedlikehold av grunnlagsnett. All kartlegging bør bygge på et grunnlagsnett som tilfredsstiller kravene i denne standarden.
- "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" gir retningslinjer for planlegging, feltarbeid, beregning og rapportering.

4.2.1 Datum

All kartlegging bygger på et koordinatbasert referansesystem. Til det trengs både et datum og et koordinatsystem.

Vi kan ha ulike typer datum:

- Geodetisk datum for å angi posisjoner entydig over større områder eller hele jorden)
- Vertikalt datum for å angi tyngdekraftrelaterte høyder
- Anleggsdatum for å angi posisjoner entydig innenfor et begrenset område).
- ITRF (Global referanseramme som gis ut av International Earth Rotating Service - IERS)
- WGS84 (Global referanseramme som gis ut av National Imagening and Mapping Agency i USA - NIMA)

For kart og geodata er det tradisjon å oppgi horisontale koordinater og høyde i to ulike datum.

Aktuelle datum for horisontale koordinater i Norge er:

- EUREF89 (Offisielt datum fra 1993. EUREF89 vil være innført for alle landets kommuner i 2009. Per 1. januar 2009 er EUREF89 innført i 405 kommuner).
- NGO48 (Tidligere benyttet til økonomisk og teknisk kartlegging).
- ED50 (Tidligere benyttet i produksjon av Norge 1:50 000).
- Lokale horisontale datum.

Aktuelle datum for høyder i Norge er:

- NN1954 Normal null av 1954.
- EUREF89 for ellipsoidiske høyder.
- Lokale høyledatum.

Et nytt høyledatum, NN2000 er realisert i 2008. Det er basert på en felles utjevning av nivellementsnettene i Norge, Sverige, Finland og Danmark. Målsettingen er at NN2000 etter hvert vil bli innført i alle landets kommuner.

Tillegg C i "Koordinatbaserte referansesystemer" gir en fullstendig oversikt over referansesystemer i bruk i Norge.

Ved nykartlegging skal kartene fremstilles i EUREF89, og høydene bør baseres på landets offisielle høydegrunnlag. For kommuner med lokale koordinatbaserte referanse-

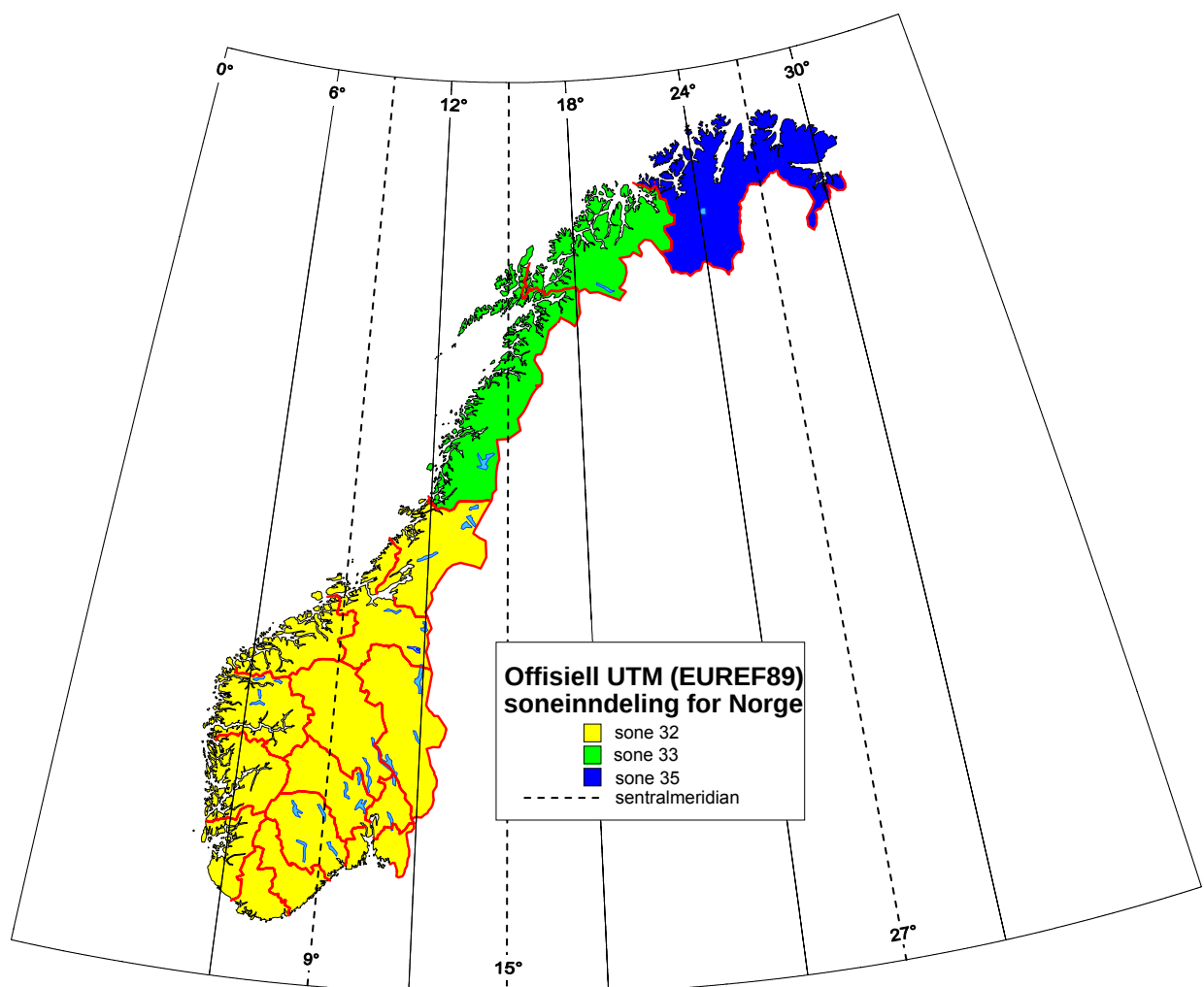
systemer skal transformasjonsparametere med tilstrekkelig nøyaktighet for omregning til offisielt koordinatsystem utarbeides. Når slike lokale referansesystemer benyttes, skal dette gå klart frem på alle kart eller kopier av utsnitt fra aktuelle databaser. Kartene bør også oppgi aktuelle transformasjonsparametere og ha referansekryss og -linjer for et offisielt geodetisk datum.

4.2.2 Koordinatsystem

Geodetiske koordinater (i lengde- og breddegrader) i et gitt datum kan avbildes i kartplanet ved et formelapparat utviklet for ønsket kartprojeksjon. Med innføringen av EUREF89 er det besluttet å benytte projeksjonen UTM (Universal Transversal Mercator) til offentlige landkart.

Figur 4.4 viser at Norge dekkes av 6 UTM-soner, sone 31–36. I praksis benyttes sone 32 i Sør-Norge t.o.m. Nord-Trøndelag, sone 33 benyttes i Nordland og Troms, og sone 35 benyttes i Finnmark. Miljøverndepartementet anbefaler denne inndelingen i veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen".

For teknisk og økonomisk kartlegging i NGO1948 ble i prinsippet samme projeksjon benyttet, men med andre soner og uten målestokksfaktor.



Figur 4.6. Landets offisielle koordinataksesystem og soneinndeling etter EUREF89.

Statens kartverk og bygg- og anleggsbransjen har i fellesskap definert og innført en ny sekundær offisiell projeksjon, **EUREF89 NTM** (Norsk Transversal Mercator) med sonene 5 - 30, som følger:

- 1 grads sonebredde
- Sentralmeridian hver halve grad, 5°30', 6°30', osv.
- Målestokk 1.0000 i sentralmeridianen (tangering)
- 1 000 000 (1 million) i offset nord (N=1 000 000 ved B=58° Nord) og 100 000 (hundre tusen) i offset øst.
- Samme geoide- og ellipsoide-modell som EUREF89 UTM.

EUREF89 NTM har en maksimal målestokkskorreksjon innenfor sonebredden på 11 ppm i Sør-Norge, noe som vil reduseres til 5 ppm lengst nord. Dette tilfredsstiller de fleste praktiske formål hvor konvensjonelt målestyr benyttes.

4.2.3 Stamnett og Landsnett

I 1994–97 ble det etablert et helt nytt overordnet geodetisk nett med fastmerker fordelt over hele Norges fastland. De offisielle koordinatene til fastmerkene er oppgitt i EUREF89. Det overordnede nettet har fått navnet geodetisk stamnett, oftest bare forkortet til Stamnettet.

Nettet under Stamnettet benevnes Landsnettet. Vanlig punktavstand er 3–5 km i bebygde områder og ned mot et punkt pr. 100 km² ellers. Avvik fra dette kan gjøres etter brukernes ønsker og behov. Landsnettet som er ferdig utbygget i 2008 danner grunnlaget for et nytt kommunalt hovednett.

4.2.4 Transformasjoner

Statens kartverk har utarbeidet offisielle transformasjoner mellom datumene NGO1948, EUREF89 og ED50. Transformasjoner mellom NGO1948 og EUREF89 er delt inn i tre nivåer: Landsformel, fylkesformler og kommuneformler. Landsformel og fylkesformel er basert på Statens kartverk sitt punktgrunnlag. Kommuneformlene er også tilpasset det lokale grunnlaget.

En offisiell transformasjon mellom ITRF-referanserammer og EUREF89 under utarbeidelse.

Transformasjoner er nærmere beskrevet i standarden ”Koordinatbaserte referansesystemer”. De offisielle transformasjonene er også beskrevet på www.statkart.no.

4.2.5 Høydereferansemodeller og geoidmodeller

Ettersom satellittbaserte målemetoder i utgangspunktet gir ellipsoidiske høyder eller høydeforskjeller, trengs en modell for å korrigere til det aktuelle høydedatum, f.eks NN1954 eller for fremtiden NN2000. Slike modeller kalles høydereferansemodeller eller forkortet HREF-modeller. For NN1954 er den nyeste modellen pr. august 2008 kalt HREF2008a. Se www.geodesi.no/href/jhref.html.

En geoidmodell ligner mye på høydereferansemodell, men er ikke knyttet til noe vertikal eller geodetisk datum. En geoidmodell beskriver kun geoidens beliggenhet i forhold til ellipsoiden. I en ideell verden der høydesystemet angir feilfrie høyder over geoidens og stam- og landsnettet har feilfrie ellipsoidiske høyder, ville

høydereferansemodellen utgjøre en feilfri geoidmodell. Se ellers ”Norges offentlige høydesystem og referansenivåer”.

4.2.6 Angivelse av geodetisk grunnlag i metadata

Følgende opplysninger legges inn blant databasens metadata:

- Datum i grunnriss med tilhørende akse eller sone. I NGO1948 opererer en med 8 ulike akser. I EUREF89 benyttes UTM-soneinndeling, se figur 4.6.
- Høydedatum.
- Transformasjonsformel for overgang til EUREF89 dersom kartleggingen er gjort i et lokalt koordinatsystem.
- Tidfestet punktgrunnlag og høydegrunnlag.
- Versjon (datering) av geodetisk og vertikalt datum som er benyttet ved etablering av kartdataene.

4.3 Grafisk presentasjon

Følgende er hentet fra Produktspesifikasjon FKB:

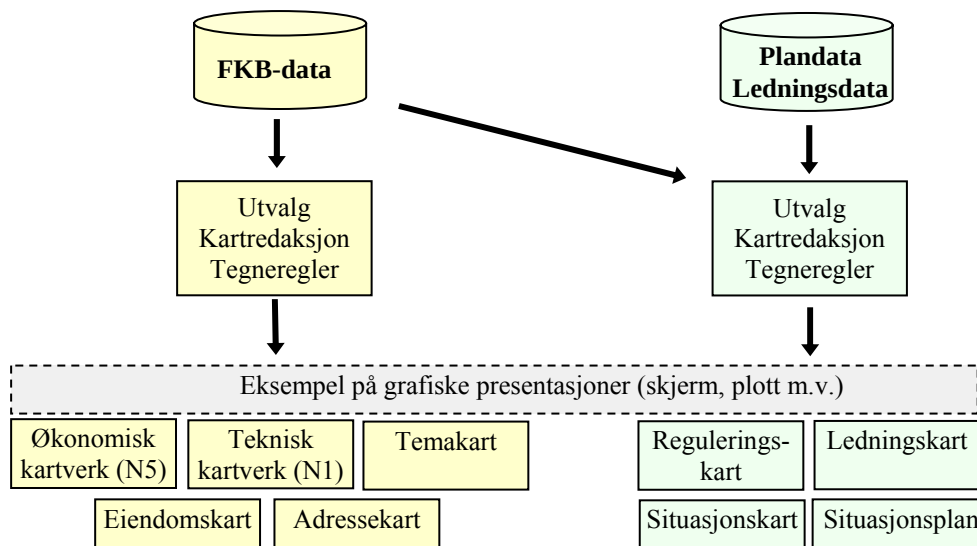
"FKB-data er i prinsippet presentasjons- og produktuavhengig. Presentasjonen på kart er avhengig av det behov kartet skal dekke og den målestokk kartet skal presenteres i.

Ved kartpresentasjoner foretas et utvalg fra datasettene (ofte er det ikke alle data som skal tegnes ut). For hvert utvalg settes det opp tegneregler som angir hvordan de ulike geografiske objekter skal presenteres på kart i den angitte målestokk. Det vil være ulike utvalsregler og tegneregler for hver målestokk (og for hvert spesialbehov).

Det beste ville være at datamaskinen kunne generere gode kartbilder ut fra de utvalsregler og tegneregler som gjelder. Dette er mulig i dag, men gir normalt et uoversiktlig kartbilde siden det ofte vil være behov for å f.eks. flytte en tekst, ikke skrive ut alle Gnr/Bnr i tettbebyggelse med videre. Derfor er det nødvendig å etablere hjelpedata i form av presentasjonsdata som er tilpasset ulike kartserier og kartpresentasjoner. Det viktigste elementet i presentasjonsdata er tekst. I tillegg kan falske polygoner (avblendingspolygoner) brukes for å blende vekk informasjon i områder der kartbildet blir uoversiktlig.

Det henvises til standarden Grafisk utforming av kart i målestokk 1:500–1:10 000 for hvordan kartene skal utformes."

Figur 4.7 viser eksempler på grafisk presentasjon.



Figur 4.7. Figuren viser eksempler på grafisk presentasjon av kartdata der man benytter FKB-data alene eller sammen med andre digitale data. I tillegg til vektordata kan det i enkelte tilfeller være aktuelt å benytte rasterdata (f.eks. N5 Raster) eller ortofoto for å lage gode grafiske presentasjoner.

4.4 Kartbladinndeling

Behovet for fast kartbladinndeling er betydelig mindre enn før. For mange formål er en "sømløs database" som dekker hele det aktuelle området, bedre egnet enn en fast oppdeling av dataene kartbladvis. Fra en sømløs database kan man "klippe ut" de dataene som dekker et aktuelt prosjektområde, uten å måtte skjote sammen deler fra ulike kartblad.

For andre formål er imidlertid en fast kartbladinndeling fortsatt praktisk. Rasterdata som ortofoto og skannede kart, blir ofte lagret oppdelt og da helst kartbladvis. Kartbladinndelingen utgjør i slike tilfeller en indeksering (nummerering) av dataene.

Hvis det skal brukes kartbladinndeling og EUREF89 brukes som datum (referanseramme), må landets offisielle soneinndeling ligge til grunn. UTM sone 32 brukes for Sør-Norge til og med Nord-Trøndelag, sone 33 for Nordland og Troms og sone 35 for Finnmark, se figur 4.4. Svalbard dekkes av UTM sone 33 og 35. Kartbladinndeling for bruk sammen med EUREF89 i Norge er omtalt i veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen". Se Tillegg D.

Dersom NGO1948 brukes som datum, benyttes kartbladinndelingen for Økonomisk kartverk. Se Tillegg D.

4.5 Lovhjemmel for markarbeider – signalloven

Tillatelse til utsetting av fastmerker og signaler og rydding for sikt ved offentlige kart- og oppmålingsarbeider er hjemlet i lov om anbringelse av signaler og merker for målearbeider (signalloven). Signalloven er under revisjon.

Hovedformålet med signalloven er at det offentlige skal kunne utføre kartleggings- og oppmålingsarbeider på en mest mulig effektiv måte, uten f.eks. å måtte få i stand avtaler med den enkelte grunneier.

Bestemmelsene i § 3 om plikt til varsling av grunneiere og brukere skal ivaretas. Ved større kart- og oppmålingsarbeider kan melding til grunneiere og brukere gis ved kunngjøring i lokalpressen, ved oppslag eller på annen hensiktsmessig måte. Landmåleren skal i tillegg alltid varsle ved ankomst på mindre eiendommer og på innmark. Under målearbeider skal det utvises forsiktighet slik at arbeidet fører til minst mulig skade og ulempe for grunneier eller bruker.

Lovens § 13 gir strafferettslig beskyttelse for fastmerker og signaler oppsatt etter loven.

Plassering av fastmerker eller signal i eller på faste fortidsminner, eller innenfor et 5 m bredt belte regnet fra fortidsminnets synlige ytterkant, er forbudt etter lov om kulturminner (kulturminneloven).

Signalloven vil etter hvert (tidligst mars 2009) bli tatt inn i Lov om eiendomsregistrering (Matrikkelloven).

5 Kartlegging med geodetiske metoder

Geodetiske metoder benyttes til kartlegging ved høye krav til nøyaktighet eller når forholdene ellers gjør det naturlig, f.eks. ved mindre ajourføringer eller ved måling i områder som ikke kan kartlegges fotogrammetrisk pga. dårlig innsyn.

Innmåling av eiendomsgrenser og ledninger behandles ikke i denne standarden. I stedet vises det til standardene "Stedfesting av eiendoms- og råderettsgrenser", "Norm for ledningskart" og "Norm for VA-ledningskartverk".

Standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" gir anbefalinger om hvordan posisjonsbestemmelse med satellitter bør utføres i kart- og oppmålingsarbeider.

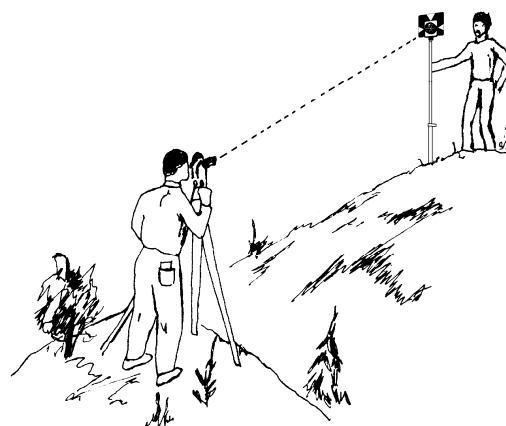
Det vises også til avsnitt 4.2 "Geodetisk grunnlag" i denne standarden.

5.1 Målemetoder

Geodetisk kartlegging foregår enten med satellittbaserte metoder eller ved bruk av totalstasjon, se figur 5.1 og 5.2.



Figur 5.1. Satellittbasert måling.



Figur 5.2. Kartlegging med totalstasjon.

5.1.1 Satellittbaserte metoder (GNSS)

Satellittbasert måling baseres på ulike typer utstyr og satellittsystemer (GPS og GLONASS). Målingene kan utføres som sanntidsmåling eller med posisjonsberegning i ettertid. Sanntidsmåling vil være mest aktuelt. Nøyaktighet ved aktuelle målemetoder er vist i tabell 5.1.

Metode	Oppnåelig nøyaktighet		Aktuell områdetype
	s_{xy} (m)	s_z (m)	
Differensiell fasemåling	0,005-0,100	0,01-0,20	1, 2, 3 og 4
Differensiell kodemåling	0,3-1	0,5-3	3 og 4
Absolutt kodemåling	2-5	3-15	4

Tabell 5.1. Satellittbaserte metoder for kartlegging. I de aktuelle områdetypene forutsettes det at man måler med en nøyaktighet i den bedre delen av det angitte intervallet. Områdetypene er hentet fra Produktspesifikasjon FKB.

Denne standarden omhandler differensielle satellittbaserte metoder. Andre metoder kan benyttes i den grad det kan dokumenteres at kvalitetskravene tilfredsstilles.

5.1.1.1 Sanntidsmåling

Den mest aktuelle metoden for posisjonsbestemmelse i sanntid er RTK. I RTK overføres korreksjonsdata til satellitmottakeren (roveren) fra en referansestasjon i et kjent punkt. En variant av RTK er nettverks-RTK hvor korreksjonsdataene kommer fra en virtuell referansestasjon, beregnet fra et nett av faste stasjoner og overføres til satellitmottakeren fra et sentralt kontrollsender. Både private firma og Statens kartverk tilbyr sanntidstjenester basert på nettverks-RTK. Følgende krav gjelder ved sanntidsmåling:

- For kontroll skal minimum ett fastmerke (kontrollpunkt) registreres før og etter innmålingen. Under målingen skal en også oppsøke andre fastmerker. Dersom det ikke finnes lett tilgjengelige fastmerker, kan en kontrollere mot noen tidligere bestemte kartobjekter av god kvalitet og som er godt definerte, f.eks. kummer. Avvikene i fastmerkene eller kartobjektene skal ikke overstige 1/3 av kravene til de mest nøyaktige kartobjektene som skal innmåles. Avvikene skal dokumenteres.
- Ved bytte av referansestasjon, skal minst ett godt definert kartobjekt fra forrige oppstilling innmåles på nytt for kontroll. Avvikene skal dokumenteres.
- Referansestasjon bør plasseres i nærmeste fastmerke med pålitelig kvalitet. I inhomogene nett bør en sørge for at referansen passer sammen med de øvrige fastmerkene i kartleggingsområdet.
- Finnes ingen fastmerker må oppdragsgiver kontaktes.

Når det gjelder den praktiske gjennomføringen av målearbeidene og kravene til disse, vises det til standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse".

5.1.1.2 Transformasjoner

Ved differensielle satellittbaserte metoder fremkommer ellipsoidiske høydeforskjeller. Ønskes høyder i NN1954 eller et lokalt vertikalt datum, må høydeforskjellene korrigeres. Dette kan gjøres på flere måter:

- Korrigerte høydeforskjeller kan utledes fra transformasjonspunkt der både ellipsoidisk og ortometrisk høyde (NN1954) er kjent, og der referansestasjonen er et av transformasjonspunktene.
- Korrigerte høydeforskjeller kan utledes fra en eksisterende høydereferansemodell (se standarden "Norges offisielle høydesystem og referansenivåer"). Se kapittel 4.2.5.

Hvor vidt korrigeringen kan gjøres i sanntid, avhenger av instrumentutrustningen med tilhørende programvare.

Skal kartdataene leveres i NGO1948-koordinater eller annet lokalt datum, står vi overfor nye utfordringer som setter ytterligere krav til utførelsen. De må da transformeres fra EUREF89, enten i sanntid eller i ettertid. Dette kan skje på ulike måter som beskrevet i standardene "Satellittbasert posisjonsbestemmelse" og "Koordinatbaserte referansesystemer":

- Ved bruk av gitte transformasjonsparametere.
- Ved bruk av en offisiell transformasjon (en fylkes- eller kommuneformel).
- Ved å beregne nye transformasjonsparametere.

Den siste metoden krever transformasjonspunkter; punkter som har kjente koordinater i begge datum. Antall transformasjonspunkter er avhengig av størrelsen på området. 5 punkter godt fordelt i området er et minimum. Benyttet transformasjon skal dokumenteres.

Ved beregning av nye transformasjonsparametere skal transformasjonspunktene måles inn med minimum to "uavhengige" vektorer, f.eks. til to ulike tidspunkter eller fra to ulike referansestasjoner.

Ved beregning av ny transformasjon skal det i tillegg dokumenteres

- grovfeil-søk av observasjonene til fellespunktene.
- hvilke transformasjonsparametere som er brukt.
- restavvik i transformasjonspunktene.

Overstiger restfeilene i transformasjonspunktene $1/3$ av kravene til de mest nøyaktige kartobjektene som skal innmåles, må oppdragsgiver kontaktes.

Avgjørende for et godt resultat med transformasjon er hvorvidt transformasjonsformelen er representativ for hele kartleggingsområdet – ikke bare i transformasjonspunktene. Det må derfor utføres kontroll mot andre fastmerker som måtte finnes i kartleggingsområdet. Særlig viktig er fastmerker som er benyttet til innmåling av andre kartobjekter, f.eks. polygonpunkt som er benyttet til innmåling av eiendomsgrenser.

For transformasjonsformelens gyldighetsområde har vi følgende retningslinjer:

- Det skal som hovedregel kun gjøres målinger innenfor omrisset av transformasjonspunktene.
- Innenfor omrisset av transformasjonspunktene skal det, hvis mulig, ikke kartlegges mer enn 1 km fra et transformasjonspunkt eller annet kontrollert fastmerke (kontrollpunkt).
- Utenfor omrisset av transformasjonspunktene kan det kartlegges opptil 1 km forutsatt at kravene til foregående strekpunkt er tilfredsstillt.
- Avvikene skal dokumenteres og må ikke overskride $1/3$ av kravene til de mest nøyaktige kartobjektene. Ved overskridelse må oppdragsgiver kontaktes.
- Finnes ingen fastmerker, må oppdragsgiver kontaktes.

5.1.2 Bruk av totalstasjon

Stasjonspunkter kan være et fastmerke eller et punkt som bestemmes med kontroll, f.eks. ved fri oppstilling. Ved fri oppstilling skal en måle retning, avstand og vertikalvinkel mot minimum to fastmerker.

Stasjonspunkter og orienteringspunkter skal fortrinnsvis være fastmerker i Stamnettet, Landsnettet eller det kommunale nettet (gjelder for kommuner), eller være punkter innmålt fra slike fastmerker. Slike punkter skal dokumenteres ved beregning av ytre

pålitelighet i programvare som håndterer dette. Påliteligheten skal tilfredsstille de krav som stilles i standarden Grunnlagsnett for den aktuelle områdetypen.

For å sikre seg så godt som mulig mot grove feil må det settes krav til innmålingen av kartobjekter:

- Det skal leses av mot samme orienteringspunkt først og sist i oppstillingen.
- Det skal om mulig benyttes minst to orienteringssikt i hver oppstilling.
- Ved ny oppstilling skal minst et godt definert kartobjekt fra forrige oppstilling innmåles på nytt for kontroll.
- Ved fri oppstilling skal standardavviket på bestemmelsen av oppstillingspunktet ikke overstige 1/3 av kravene til de mest nøyaktige kartobjektene som skal innmåles.

Innmåling av kartobjekter ved bruk av totalstasjon kan utføres i en kikkertstilling dersom instrumentleverandørens anbefalte kalibreringsprosedyrer av instrumentet er foretatt. Utførte kalibreringer skal dokumenteres.

Innmåling av kartobjekter skal bare unntaksvis gjøres med større avstander enn i tabell 5.2. Avstandene bør ikke i noe tilfelle overstige avstanden til orienteringspunktene. Refraksjonsforholdene kan være avgjørende for høydenøyaktigheten. I noen tilfeller vil det innebære at avstandene bør være kortere.

Områdetype	Maks.avstand
1	300 m
2	500 m
3	1000 m
4	2000 m

Tabell 5.2. Maksimalavstander ved bruk av totalstasjon.

5.2 Måleinstrumenter

Oppdragstaker er ansvarlig for å bruke instrumenter, materiell og måleopplegg som gir tilfredsstillende resultater i forhold til oppgavene.

Aktuelle dokumenter:

- Geodatastandardens avsnitt 6.12 hvor generelle forhold vedrørende kontroll og kalibrering av måleutstyr er omtalt.
- Kapittel 7 "Kontroll og kalibrering av måleutstyr" i standarden Grunnlagsnett.
- Standarden "Retningslinjer for kontroll og kalibrering av elektrooptiske avstandsmålere".
- Standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse".

Oppdragstakeren skal i sin rapport dokumentere at instrumentene som blir brukt, minst har den nøyaktigheten som kreves for å tilfredsstille kravene til sluttproduktet. En slik dokumentasjon skal gis for hvert instrument. Fabrikkmerke, type og serienummer skal oppgis. Det vises til Instrument-levnetsoversikten i Tillegg B i Grunnlagsnett.

5.3 Kvalitetskrav til innmålte kartobjekter

Hovedregelen er at innmålingen skal gjøres slik at gjeldende krav til innhold, struktur og kvalitet for den aktuelle kartdatabasen, blir overholdt. Det vises til Produktspesifikasjon FKB, spesielt avsnitt 5.2.2. I tillegg vises det til standarden "Plassering og beliggenhetskontroll".

Produktspesifikasjon FKB tar utgangspunkt i fotogrammetriske metoder. Dersom måleopplegg, instrumenter og utførelse er av god kvalitet, vil kvaliteten på de geodetisk bestemte kartdataene være langt bedre enn kravene i Produktspesifikasjon FKB.

For spesielle prosjekter kan andre krav være aktuelle. Ved høye krav til nøyaktighet for kartdataene kan toleransene ofte være av størrelsesorden 1–3 cm i grunnriss og høyde. Dette gjelder f.eks. ved innmåling av prosjekteringsdata til enkelte veganlegg.

5.4 Beregning

Oppdragstaker er ansvarlig for at valg av måleopplegg, programvare og beregningsopplegg gir god nok nøyaktighet og pålitelighet i forhold til kravene.

Ved bruk av satellittutstyr er beregning beskrevet i standarden "Satellittbasert posisjonsbestemmelse".

5.5 Rapport

Alle kart- og oppmålingsarbeider skal rapporteres skriftlig. Det vises til generell omtale i Geodatastandardens avsnitt 6.6 og Tillegg C.

Alle punktlistor (koordinatlistor) skal ha angivelse av datum, projeksjon, høydegrunnlag og identifisering av beregningen.

Generelt gjelder at alle resultat fra beregninger skal vurderes og kommenteres. Ev. problemer i prosjektet skal omtales spesielt.

Rapporten er en del av leveransen og skal leveres samtidig med det produktet som rapporten omhandler.

Alle data tilhørende et prosjekt leveres oppdragsgiver på CD eller diskett på avtalt format.

Rapporten skal dateres og underskrives av fagansvarlig hos oppdragstaker.

1 Generelt

- 1.1 Oppdragsgiver (adresse, prosjektleder og ev. Geovekst-parter).
- 1.2 Oppdragets nummer og navn. Fylke og kommune.
- 1.3 Oppdragstaker (adresse og fagansvarlig) samt ev. underleverandører.
- 1.4 Hva arbeidene gjelder (flyfotografering, synfaring, aerotriangulering, ortofotofremstilling, kartlegging og ajourføring). Oppdragstakers kommentarer til gjennomføringen av prosjektet.
- 1.5 Koordinatsystem. Målestokk og ekvidistanse for kartleggingen.
- 1.6 Fastmerkegrunnlag. Kontroll av grunnlaget.
- 1.7 Opplysninger om levering av digitale data (tidspunkt, lagringsmedium og database).
- 1.8 Oppbevaringssted for benyttet materiell (observasjoner, koordinater, bilder, eldre rapporter, kart, databaser o.l.).
- 1.9 Beskrivelse av det kvalitetssikringsopplegg som har vært fulgt.
- 1.10 Kopi av bestillingsskjema med bilag og kartutsnitt.
- 1.11 Antall eksemplarer av rapporten og oppbevaringssteder.

2 Kartlegging

- 2.1 Hvem som har utført landmålingsarbeidene og tidspunktet for utførelsen.
- 2.2 Benyttet måleutstyr (merke, type, nummer) med dokumentasjon for ev. kalibreringer. Kontroll av treføtter. Er det korrigeret for systematiske feil?
- 2.3 Geodetisk og vertikalt grunnlag (geodetisk datum, vertikalt datum, ellipsoidisk/ ortometrisk høyde, kartprojeksjon, akse/sone).
- 2.4 Kvaliteten på benyttede grunnlagspunkter (kontrollpunkter) skal omtales og dokumenteres. Eksisterende nummersystem skal benyttes.
- 2.5 Valgt målemetode og måleprosedyre skal kommenteres.
- 2.6 Ev. transformasjonsmetode og resultater ved bruk av GPS skal omtales.
- 2.7 Hva er innmål (objekttype)?
- 2.8 Vanskeligheter i forbindelse med innmålingen.
- 2.9 Produktspesifikasjonsversjon, SOSI-versjon og SOSI-nivå.
- 2.10 Avvik ved kontrollmåling av objekter innmål fra flere stasjoner, samt kontroll av tidligere kartlagte objekter.
- 2.11 Hvem som har utført beregnings- og editeringsarbeidene og hvilket beregningsprogram som er benyttet.

3 Bilag til de geodetiske arbeidene

- 3.1 Sortert utlissing av observasjonene.
- 3.2 EDB-utskrifter av beregningsresultatene.
- 3.3 Sortert koordinatliste for grunnlagspunkter.
- 3.4 Sortert koordinatliste med innmålte objekter.
- 3.5 SOSI-fil(er) med innmålte objekter. Fil-inndeling skal være i samsvar med primærdata-settene i SOSI. Dersom data leveres kartbladvis, skal alle linjer som krysser kartbladkant være representert med et punkt i kartbladkanten. Høyden skal være interpolert.
- 3.6 Transformasjon. Resultat av ev. grovfeil-søk. Transformasjonsparametere og restfeil i transformasjonspunktene, samt avvik i kontrollpunktene skal dokumenteres.
- 3.7 Kontrollplott som skal vise grunnlagspunkter, transformasjonspunkter, kontrollpunkter og innmålte punkter/linjer. Plottet skal tegnes ut med tittelfelt i en hensiktsmessig målestokk.

6 Kartlegging med fotogrammetri

Standarden omhandler digital kartlegging i analytisk eller digitalt stereoinstrument (digital fotogrammetrisk arbeidsstasjon).

I dette kapitlet beskrives grunnlaget for kartlegging; signalering, flyfotografering med og uten GNSS/INS og aerotriangulering med blokkutjevning. Dessuten omtales kontroll og kalibrering av instrumenter, samt kontroll av delprosesser underveis. Her i kapittel 6 omfatter "kartlegging" også ortofotoproduksjon og DTM-fremstilling. Det avgrenses her til å kun å gjelde kartlegging fra flybilder.

6.1 Signalering

For å kunne identifisere kartobjekter som er for små til å synes i flybildene, samt for å fremheve ønskede objekter (f.eks. grensepunkter, kilometerstolper, stikkrenner, kummer), markeres disse objektene med fotogrammetriske signaler, til vanlig kalt bare signaler, i terrenget før fotografering.

Alle kjentpunkter som danner grunnlag for aerotriangulering, skal boltsettes og signaleres før fotografering.

Det utarbeides signaleringsplan som bygger på fotograferingsplanen og som viser signalenes plassering.

Det er viktig å planlegge signaleringen slik at fotograferingen kan utføres tidligst mulig når snøen er gått og før vegetasjonen kommer. Unntaket kan være ortofoto, skogtaksering og andre fotogrammetrioppgaver der man ønsker å ha bilder som viser vegetasjon, se avsnitt 6.8.

Signalering utføres etter avtale. Den utførende part er ansvarlig for kvaliteten til signalering, og ved generell overskridelse av kartets kvalitetskrav, vil de tiltak som settes i verk, også gjelde signaleringen.

Eksempel på signaleringsprosedyre er vist i Tillegg E.

Lovhjemmel for signalering (signalloven) på annen persons grunn er omtalt i avsnitt 4.5. *Signalloven vil etter hvert (tidligst mars 2009) bli tatt inn i Lov om eiendomsregistrering (Matrikkelloven).*

6.1.1 Plassering og eksentrisitet

Signaler skal plasseres slik at de ikke blir ødelagt eller fjernet før fotograferingen. Signalet og kontrasten må festes forsvarlig ved hjelp av steiner, plugger e.l.

Signaler skal ha en markering med et godt definert sentrum som referansepunkt for koordinatene (x, y, z). Signalene skal plasseres sentrisk innenfor $\pm 1/50$ av signalets bredde (kontrasten ikke medregnet). Signalet skal ligge mest mulig horisontalt slik at hoveddelen av signalet ikke avviker fra dets gjennomsnittshøyde med mer enn $1/20$ av signalets bredde. Spesielle oppgaver kan kreve millimeternøyaktighet. Bolthøyden skal alltid måles og angis med fortegn. Ved signalering av nye punkter skal disse samtidig boltsettes.

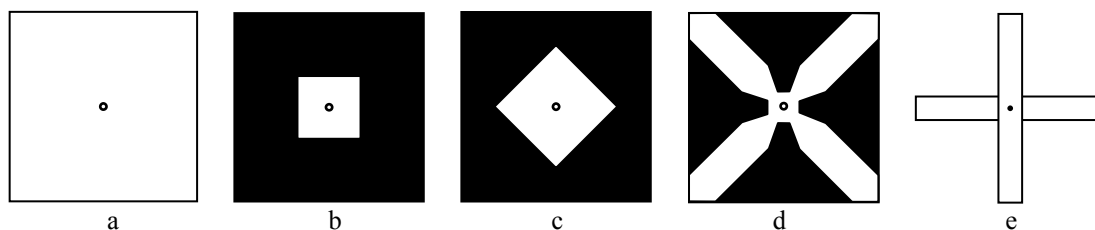
Dersom sentrisk signalering ikke er hensiktsmessig, må eksentrisiteten måles både i grunnriss og høyde (herunder bolthøyde over signal) og tas hensyn til i alle senere prosesser.

6.1.2 Form og størrelse

Signalet skal ha en regulær og symmetrisk form. Størrelsen må avpasses etter bilde-målestokken og helst også etter størrelsen på målemerket i analytt og etter bilde-oppløsningen i DFA. Signalets netto størrelse skal derfor være mellom 25 og 50 μm regnet i bildet. I tillegg kommer overstrålingen som gjør at lyse signaler blir 55–80 μm store i bildet. Krav til størrelser på signaler er vist i tabell 6.1, mens ulike signaltyper er vist i figur 6.1.

Digital-kamera GSD	Analog-kamera M_b	Kvadratiske signal *		Korssignal *	
		Str. (cm)	Type	Str. b/l (cm)	Type
5	1:3500	20-30	b, c		
7	1:5000	25-40	b, c	12/35	d/e
	1:6000	30-40	b, c	12/35	d/e
10	1:8000	40-60	a, b, c	20/100	d/e
	1:10 000	60-80	a	30/200	e
20	1:15 000	60-80	a	40/200	e
	1:30 000			60/200	e
50	1:40 000			70/250	e

Tabell 6.1. Krav til størrelser (sidekant) på signaler. b/l angir henholdsvis bredde og lengde på vingene.
(* = uten kontrast) a, b, c, d og e refererer seg til de ulike signaltypene vist i figur 6.1.



Figur 6.1. Ulike signaltyper:

- Hvit plate. Kontrast lages på stedet.
- Plate med signal og kontrast.
- Plate med signal og kontrast.
- Plate med korssignal og kontrast.
- Korssignal. Kontrast lages på stedet.

6.1.3 Signalfarge og kontrast

Signalfargen skal være matt hvit eller matt gul.

God kontrast omkring signalet er nødvendig. Frisk grønn vegetasjon som lyng og gras gir tilfredsstillende kontrast, det samme gjør fuktig åker og kjerr- og lyngmark. Fjell, stein, sand, grus, tørr åker, tørt gress, asfalt eller betong gir dårlig kontrast, og det må da lages kunstig kontrast rundt signalet. Kontrastfeltet skal være minst like bredt som signalet (jf. figur 6.1, tilfelle b). Det kan lages ved at signalet selv har et kontrastbelte, eller ved hjelp av svart matt maling, tjæreapp, granbar, kvist o.l. rundt signalet.

Signaler kan males (med kontrast) der dette er hensiktsmessig. Krav til form og størrelse er de samme som for signalplater.

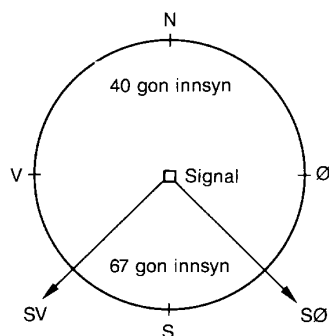
6.1.4 Innsyn

Signalet bør være synlig i alle bildene som skal dekke punktet. Vegetasjon som kan hindre dette, må ryddes bort. Som tommelfingerregel kan benyttes at synslinjen fra et signal på marka til flyet skal gå på skrå med en vinkel på opptil ca. 40 gon fra senit. Signalet må være synlig fra begge flylinjene for punkter som skal være felles for to striper.

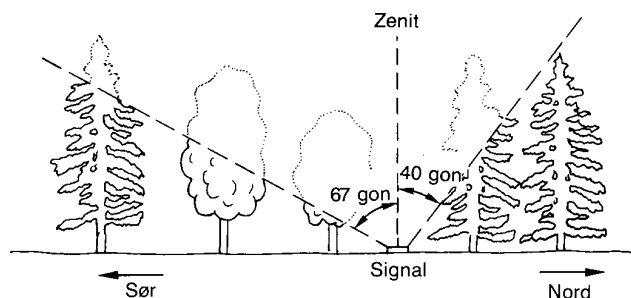
Unngå skygge på signalet, dvs. fjern vegetasjon som kan kaste skygge i en sektor fra sørøst til sørvest for signalet. La være å plassere signal i skyggen fra hus, fjellskrenter o.l. De samlede kravene til innsyn går fram av figur 6.2 og 6.3. Dersom det er spesielle krav til fotograferingstidspunkt, må dette avklares med fotofirmaet.

Rydding av vegetasjon må utføres med varsomhet. Se også avsnitt 4.5. På privat grunn skal alltid grunneieren kontaktes før man går i gang med rydding.

Ved utsetting av nye passpunkter må det også taes hensyn til valgt innmålingsmetode. Ved bruk av GNSS trenger man f.eks. god sikt opp mot satellittene.



Figur 6.2. Det må være innsyn til signalet, helst hele vegen rundt.



Figur 6.3. Innsyn ned til 67 gon fra vertikalen i en sektor mot sør for å unngå skygge på signalet.

6.1.5 Merking i bildene

Det er ikke nødvendig å merke signalene i bildene, men punktene skal oppgis med en omtrentlig koordinat (innenfor 10 meter) og det skal tas et digitalt bilde av signalet som entydig identifiserer dette.

6.1.6 Egenkontroll og rapportering

Signalering og inventering kontrolleres og rapporteres i henhold til "Rapport for fotogrammetri", se avsnitt 6.9.

6.2 Flyfotografering

Flyfotografering har tradisjonelt vært utført med analogkamera (filmbasert), men disse erstattet nå av digitalkamera. I dette kapitlet omhandles flyfotografering med både analog- og digital kamera.

6.2.1 Analogkamera, fotomateriale og utstyr

Fotografering skal utføres med målekamera hvor kalibreringsrapport foreligger. Kalibrering foretas minst annet hvert år og skal alltid utføres etter reparasjon, service eller etter store ytre påvirkninger på kameraet.

Kopi av kalibreringsrapporten skal vedlegges rapporten.

6.2.1.1 Krav til kamera

Moment	Krav
Innhold i bilderamme	Kameratype og -nummer, kalibrert kamerakonstant, fotodato og -tidspunkt, samt flyhøyde over havet
Bildevandring	Kameraet skal ha bildevandringskompensasjon (FMC)
Rammemerker	Min. 8 stk. (et i hvert hjørne og et midt på hver bildekant) Skal være bestemte med standardavvik $\leq 5 \mu\text{m}$
Kalibrert kamerakonstant	Skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$
Bildehovedpunkt og rammemerkesentrum	Autokollimasjonshovedpunktet (PPA), symmetrihovedpunktet (PPS) og rammemerkesentrum (FC) skal ligge i innbyrdes avstand $\leq 25 \mu\text{m}$ PPA og PPS skal være bestemt med standardavvik $\leq 2 \mu\text{m}$ FC skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$
Radiell fortegning	Maks. $5 \mu\text{m}$ for gjennomsnittet av de fire halvdiagonalene Maks. tillatt enkeltverdi: $10 \mu\text{m}$ Skal oppgis referert til symmetrihovedpunktet og for minst hver 10. mm Skal være bestemt med standardavvik $\leq 2 \mu\text{m}$
Tangentiell fortegning	Maks. $5 \mu\text{m}$
Filmplanhet	Maks. avvik fra plan: $10 \mu\text{m}$ for anleggsramme og sugeplate Skal bestemmes med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$
Objektivets oppløsning	Vidvinkelobjektiv: $\geq 100 \text{ lp/mm}$ Normalvinkelobjektiv: $\geq 80 \text{ lp/mm}$

Tabell 6.2. Krav til analogkamera. FMC = Forward Motion Compensation, PPA = Principal Point of Autocollimation PPS = Principal Point of Symmetry og FC = Fiducial Centre. lp/mm = linjepar per millimeter.

6.2.1.2 Krav til film og dens behandling

Det skal kun benyttes film som oppfyller standardiserte spesifikasjoner gjeldende for flyfilm, og som benyttes av de mest vanlige flyfilmprodusentene. Kravene gjelder også for avledede produkter som dias.

Før, under og etter fotografering skal det tas spesielle forholdsregler med hensyn til oppbevaring, lading, fremkalling, tørking, m.m. slik at filmdeformasjon unngås. For øvrig skal filmprodusentens spesifikasjoner for behandling følges.

Fremkalling og kopiering skal utføres med utstyr spesielt fremstilt for bruk til flyfilm. Prosessene skal utføres i henhold til filmprodusentens spesifikasjoner eller ved metoder som gir dokumentert tilsvarende eller bedre kvalitet. Dias skal fremstilles med kontrastutjevning.

Når det gjelder filmens lysfølsomhet, skal pankromatisk film dekke hele det synlige spekteret, utvidet inn i det røde området. Fargefilm skal dekke hele det synlige spekteret, og IR-film skal dekke området 400–900 nm.

6.2.1.3 Skanning av bilder

Som skanneoriginal skal primært originalfilmen benyttes. Andre generasjons dias kan benyttes dersom de fremstilles ved kontaktkopiering, og det kan dokumenteres at kopieringen ikke forringer bildene geometrisk eller radiometrisk i en grad som får betydning for deres planlagte bruk.

Før skanning skal det tas hensyn til lagringsmessige forhold o.l. som kan føre til permanent ikke-lineær deformasjon i det resulterende digitale bildet. Bildene skal skannes med en oppløsning som sikrer at ingen detaljer som er synlige i originalene og som er av betydning for bildenes planlagte bruk går tapt. For krav til skannerens geometriske egenskaper vises det til avsnitt 6.3.4.

For å sikre riktig gjengivelse av originalen, bør den skannes med minimum 10 bits radiometrisk oppløsning pr. piksel og pr. spektralbånd. Ev. konvertering til 8 bits oppløsning for endelig lagring bør skje i en kontrollert prosess som sikrer minst mulig tap av den innskannede bildeinformasjonen. Det skal skannes slik at de resulterende pikselverdiene blir proporsjonale med originalens tetthet (density, D) og hele originalens D-område skal dekkes slik at informasjon i de mørkeste og lyseste områdene ikke går tapt. For krav til skannerens radiometriske egenskaper vises det til avsnitt 6.3.4.

Ved ev. komprimering av de digitale bildene, skal det forsikres om at ev. nøyaktighetstap, tap av detaljer eller øvrig bildeinformasjon ikke får betydning for bildenes planlagte bruk.

Den som utfører skanningen skal på forespørsel kunne dokumentere at de resulterende digitale bildene ikke er forringet – geometrisk eller radiometrisk – i forhold til skanneoriginalen i en grad som får betydning for bildenes planlagte bruk.

6.2.2 Digitalkamera

Storformat digitalkamera som benyttes til fotogrammetrisk arbeid kan deles inn i to hovedtyper. Rammekamera ("frame arrays") og linjesensorer ("pushbroom scannere").

Rammekameraene består av flere linser (typisk 8). Opptakene fra disse linsene settes sammen til et stort bilde. Kameraene består av 4-9 CCD brikker for svart hvitt opptak og 4 CCD brikker for multispektralt opptak (R, G, B og IR). Dette muliggjør samtidig fotografering for alle disse båndene. Ved utgivelse av standarden er de mest benyttede rammekameraene Ultracam fra Vexcel og DMC fra Intergraph.

Linjesensorkameraene består av en linse. Bildet blir generert ved hjelp av CCD linjesensorer som er orientert på tvers av flyretningen og som skanner terrenget kontinuerlig mens flyet beveger seg fremover. Det benyttes 3 eller flere linjesensorer for svart hvitt opptak og 4 eller flere linjesensorer for multispektrale opptak (R, G, B

og IR). Ved utgivelse av standarden er det mest benyttede linjesensorkameraet ADS40 fra Leica.

I tillegg til storformatkameraene nevnt over finnes det mellomformatkameraer som kan benyttes i fly. Ved utgivelse av standarden benyttes ikke mellomformatkameraene i kartleggingsoppdrag, men de kan være aktuelle å benytte til ortofotofotografering og skråfoto.

6.2.2.1 Krav til kamera

Moment	Krav
Bildevandring	Rammekameraene skal ha digital bildevandringskompensasjon (FMC) For linjesensorene er ikke dette påkrevet.
Kalibrert kamerakonstant	Skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$
Bildehovedpunkt	Autokollimasjonshovedpunktet (PPA) skal være bestemt med standardavvik $\leq 3 \mu\text{m}$. PPA = Principal Point of Autocollimation.
Radiell fortegning	Radiell fortegning er normalt kompensert i leverte bildedata. Skal være bestemt med standardavvik $\leq 2 \mu\text{m}$

Tabell 6.3. Krav til digita kamera.

6.2.3 Planlegging av fotografering

Oppdragsgiveren for fotografering skal utarbeide flyplan (fotograferingsplan) med tydelig avgrensning for netto kartleggingsområde. I tillegg skal entydig digitalt avgrensningspolygon på vektorformat leveres oppdragstaker.

Den endelige og omforente fotograferingsplanen skal dateres. Oppdragstaker er ansvarlig for at fotograferingen dekker det avtalte området.

6.2.3.1 Krav til planlegging

Ved planleggingen skal

- objektiv og bildemålestokk (analogkamera) eller GSD (digitalkamera) velges slik at kravene til fullstendighet og nøyaktighet blir oppfylt. Se tabell G.2 i Tillegg G.
- flystripene legges, og overdekningen reguleres, slik at tilstrekkelig innsyn sikres i alle områder og slik at det ikke fotograferes på eller nær den "farlige sylinder" (U-daler).

stereodekning utenfor kartleggingsområdet utgjøre 10–20 % av bildesidekanten.

- sideoverdekningen i gjennomsnitt ikke være mindre enn 20 %. Uansett skal det planlegges minimum 5 % sideoverdekning på høyeste punkt mellom stripene.
- lengdeoverdekningen være 60 % eller 80 %. Ved sideskrått terreng skal lengdeoverdekningen planlegges så stor at overdekningen mellom nabomodeller ikke blir for liten. Dette gjelder ikke for linjesensorer som har full lengdeoverdekning.
- for vegkartlegging eller annen stripekartlegging tilstrebes at vegen blir sentrisk i stripene. Dette må likevel ikke hindre en hensiktsmessig og praktisk flyplan som bygger på de topografiske forhold og samtidig tar nødvendig hensyn til kravene til orienteringen i stereoinstrumentet.

- for enkeltstriper som følger etter hverandre, men dreid en vinkel i forhold til hverandre (typisk for vegkartlegging), sørges for et overlappsområde som utgjør minst en modell i hver stripe.

6.2.3.2 *Krav til endelig flyplan*

Den endelige flyplanen skal angi

- type film hvis analogkamera.
- kameratype og kamerakonstant.
- midlere bildemålestokk (analogkamera) eller GSD (digitalkamera) og flyhøyde over havnivå for hver stripe.
- posisjon for første og siste eksponering i hver stripe.
- lengdeoverdekning i prosent. Lengdeoverdekningen skal referere seg til en valgt og angitt midlere terrenghøyde. Denne skal samsvare med de viktigste kartleggingsområdene.
- sideoverdekning i prosent.
- om det skal måles med GNSS og/eller INS i flyet under fotograferingen.
- ev. krav til fototidspunkt.
- ev. forventet klarmeldingstidsrom for oppdraget eller for hver stripe.

6.2.4 Gjennomføring av fotografering

Dersom annet ikke er avtalt skal oppdragsgiver for fotograferingen gi skriftlig klarmelding for fotografering. Klarmeldingen skal bekreftes skriftlig av oppdragstaker. Fotograferingstidspunkt vil kunne variere med oppdragstype; f.eks. nykartlegging (etter snøsmelting og før løvsprett) eller ortofotoproduksjon (hvor det kan være ønskelig med frodig vegetasjon). Krav til fotograferingen er vist i tabell 6.4.

Moment	Krav
Orienteringselementer	Maks. rotasjon om flyets x-akse, ω : 5 gon Maks. rotasjon om flyets y-akse, φ : 5 gon Maks. rotasjon om flyets z-akse (i forhold til flyretningen), κ : 6 gon Maks. endring i rotasjon om flyets z-akse for to påfølgende bilder, $d\kappa$: 3,5 gon b_y og b_z : Maks. tilsvarende virkningen av maks. tillatte $d\kappa$ - og φ -verdier
Lengdeoverdekning ved planlagt 60 % (gjelder ikke linjesensorer)	Gjennomsnittlig mellom 57 % og 62 % ved terrengets midlere høyde (gjelder de viktigste kartleggingsområdene) For enkeltbilder aksepteres mellom 55 % og 68 % ved terrengets midlere høyde, dog kan overdekningen i lave områder overstige 68 % for å holde 55 % i høye områder
Sideoverdekning	Min. 5 % på høyeste topp
Virkelig (fløyet) flylinje ihht plan	Maks. sideavvik: 10 % av bildekanten Maks. avvik i flyhøyde: 7 % av planlagt flyhøyde
Skydekke i kartleggingsoppdrag	Maks. skydekke: 3 %. Maks. skygge av skyer: 10 % av kartleggingsarealet
Skydekke i ortofotooppdrag	Maks. skydekke: 0 %. Mindre skyer kan godtas dersom det likevel er mulig å produsere et skyfritt ortofoto ved hjelp av det totale bildematerialet (er det for eksempel en sky i kanten av en stripe, kan dette området dekkes av nabostripa). Maks. skygge av skyer: 3 % av ortofotoområdet
Solhøyde i kartleggingsoppdrag	Min. 30° ved bruk av analogkamera. Min. 25° ved bruk av digitalkamera. (Solhøydetabell er vist i Tillegg B.)
Solhøyde i ortofotooppdrag	Min. 30°

Tabell 6.4. Krav til fotograferingen.

For å unngå deformert film (analogkamera) skal det gjøres minst to blanke eksponeringer umiddelbart før hver flystripe. Dersom strålebuntmetoden skal benyttes i forbindelse med aerotriangulering av bildene, anbefales videre at det fotograferes (og måles) et ekstra bilde i hver stripeende.

Bildekvaliteten skal være god. Med dette menes at bildene skal

- være klare og skarpe.
- være fri for striper og "static marks"-skjolder (analogkamera).
- ha jevn tone og kontrast over hele bildet med særlig vekt på gjengivelse av detaljer i skyggepartier.

Alle rammemerker og all informasjon på bildekanten skal være skarp og klart leselig (analogkamera).

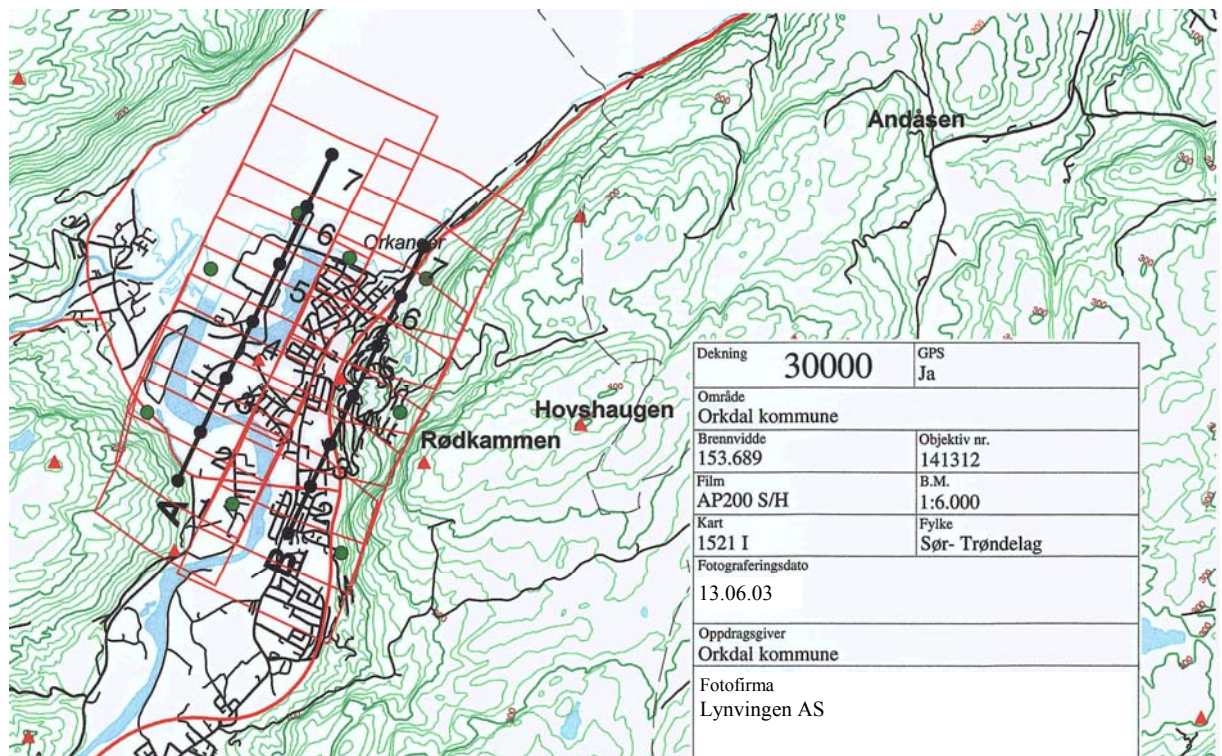
Bildeoversikt utarbeides etter fotograferingen og skal minst vise

- sted, fotofirma, dekningsnummer og fotograferingsdato.
- Bildemålestokk (analogkamera).
- GSD (digitalkamera)
- Filmtype (analogkamera).
- kameratype, kameranummer (objektivnummer) og kamerakonstant.

- om det er målt med GNSS og/eller INS i flyet under fotografering.
- stripe- og bildenummer, første og siste eksponering.
- bakgrunnskart med angitt kartmålestokk.

Bildeoversikten skal vedlegges rapporten. Et eksempel er vist i figur 6.4.

Bildeoversikten skal også leveres som SOSI-data (vektordata) i henhold til Produktspesifikasjon Leveranse av vertikalbildedekning og bilde- og orienteringsdata fra flyfotografering.



Figur 6.4. Bildeoversikt.

6.2.5 GNSS-støttet flyfotografering

Ved GNSS-støttet flyfotografering skal flygingen og fotograferingen legges opp med hensyn til metode for beregning av posisjonsdata (dGNSS eller PPP), metode for initialisering av GNSS-mottakere/heltallsløsning (gjelder dGNSS) og til hvordan beregningene under aerotrianguleringen skal utføres. De følgende retningslinjene er baserte på høye krav til nøyaktighet i sluttprodukt, for øvrig er det den planlagte bruken av bildene som må være bestemmende for krav og utførelse.

6.2.5.1 GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av dGNSS

Statisk initialisering

Metoden er basert på statisk initialisering av GNSS-mottaker og riktig heltalls-løsning før flyging starter. Etter landing skal statisk initialisering foretas igjen, og beregninger basert på denne skal fungere som kontroll på projeksjonssenterkoordinatene (ev. antennekoordinatene) beregnet med utgangspunkt i den første løsningen. Under hele fotograferingen må det holdes kontinuerlig faselås til minimum 5 satellitter. Det skal forsikres om at ingen systematiske avvik

relatert til GNSS-målingene gjenstår etter løsning slik at beregningene under aerotrianguleringen kan baseres direkte på dette resultatet.

Initialisering i lufta

Metoden er basert på initialisering i lufta og riktig heltallsløsning før foto-grafering starter, såkalt "on-the-fly"-initialisering (OTF). Initialisering skal foretas minst like før og like etter en fotostripe eller en bildeblokk, og beregninger basert på de ulike initialiseringene skal fungere som kontroll på projeksjonssenterkoordinatene. Under hele fotograferingen må det holdes kontinuerlig faselås til minimum 5 satellitter. Det skal forsikres om at ingen systematiske avvik relatert til GNSS-målingene gjenstår etter løsning, slik at beregningene under aerotrianguleringen kan baseres direkte på dette resultatet.

Når metoden benyttes i kombinasjon med INS, kan man godta fasebrudd underveis. Nye beregningsmetoder ("tightly couplede GNSS/INS integration") bruker INS dataene til å reparere fasebrudd.

Tilnærmet heltallsløsning i lufta

Metoden er basert på en tilnærmet heltallsløsning, og pga. tilnærmingen innføres systematiske avvik som medfører at skift- og driftparametere må bestemmes i beregningene under aerotriangulering. For hele bildeblokker vil vanligvis GNSS-driften ikke være lineær, og denne metoden forutsetter derfor stripevis beregning av skift- og driftparametere. Ved stripevis beregning vil blokkas geometri bli svekket, og for å kompensere for dette skal det enten fotograferes tverrstriper i hver ende av bildeblokka eller måles kjentpunkter i marka mellom stripene i hver ende av blokka (såkalte høydebruer). Under hele stripa må det holdes kontinuerlig faselås til de samme – minimum 5 – satellittene.

6.2.5.2 GNSS-posisjonsbestemmelse ved bruk av PPPT (Precise point positioning teknologi)

Metoden er basert på en enkelt GNSS-mottaker i flyet, uten bruk av mottakere på bakken. Udifferensierte kode- og fase-målinger benyttes sammen med presise satellittbaner og satellittklokkerekorreksjoner. Faseflertydighetene bestemmes som flyt-tall. Det forutsettes at ionosfærisk refraksjon elimineres vha. måling på to eller flere frekvenser, og at troposfærisk refraksjon estimeres sammen med de andre parametrene.

Det forutsettes videre at programvaren i all vesentlighet forholder seg til de modeller og konvensjoner som følger av å benytte de aktuelle bane- og klokkeprodukter.

Total måletid (på bakken og i lufta) bør overstige 3 timer for å sikre god konvergens i løsningen. I tillegg bør alle satellitter ned til ca 5 graders elevasjon benyttes, forutsatt en riktig vekting av disse i utjevningen.

Satellittklokkerekorreksjoner med oppløsning på 30 sekunder eller høyere er nødvendig for sub-dm posisjonsbestemmelse.

Under hele fotograferingen må det holdes kontinuerlig faselås til minimum 5 satellitter. Det skal forsikres om at ingen systematiske avvik relatert til GPS-målingene gjenstår etter løsning slik at beregningene under aerotrianguleringen kan baseres direkte på dette resultatet.

6.2.5.3 *Krav til bestemmelse av antennekoordinater under flyging*

Antennekoordinatene skal bestemmes med et standardavvik i grunnriss og høyde $\leq 1/3$ av toleransen til geodata som skal produseres fra bildene.

Maksimal avstand mellom fly og eventuell referansemottaker(e) på bakken må ikke være større enn at dette kravet innfris (gjelder dGNSS).

PDOP skal maksimum være lik 6.

Ved statisk og OTF-initialisering skal det benyttes minst to referansemottakere på bakken, og beregningene skal baseres på begge/alle (gjelder dGNSS).

GNSS-måleopplegget er imidlertid en svært kritisk faktor, og som hovedregel anbefales derfor minst to referansemottakere uavhengig av initialiseringsmetode (gjelder dGNSS).

Det skal benyttes to-frekvent GNSS-mottakere. Målerate skal være 1 sekund eller hyppigere.

I tillegg til resultatet skal følgende dokumenteres og legges ved fotorapporten: Initialiseringsmetode/metode for heltallsløsning, satellitt- og måleforhold, målerate, koordinater og kvalitet for benyttede referansestasjoner, beregningsmetode, transformasjon mellom satellittdatum og lokalt system (gjelder dGNSS). Det skal dokumenteres at de fastsatte kravene er oppfylte.

Avvik fra de fastsatte kravene skal rapporteres slik at problemer ved senere bruk av bildene kan unngås og ev. kompenseres for (f.eks. bruk av ekstra kjentpunkt i områder med fasebrudd e.l.).

6.2.5.4 *Antenneeksentrisitet*

For bestemmelse av projeksjonssenterets koordinater må eksentrisiteten mellom GNSS-antenna og kameraets projeksjonssenter bestemmes. Antennas posisjon i forhold til kameraets koordinatsystem skal måles inn med geodetiske metoder eller tilsvarende, og skal beregnes med utjevning og med kontroll mot grove feil. Antenneposisjonen skal bestemmes med et punktstandardavvik ($s_{xe,ye,ze}$) $\leq 1,0$ cm. Dersom gyrostabilisert kameraramme benyttes under fotografering, skal individuelle eksentrisiteter beregnes ut fra data om kameraets stilling ved den aktuelle eksponeringen.

Dokumentasjon for beregning av antenneeksentrisitet, samt opplysning om kameraet var låst til flykroppen eller om gyrostabilisert kameraramme var aktiv under fotografering, skal legges ved fotorapporten.

6.2.6 GNSS/INS-støttet flyfotografering

INS (Inertial Navigation System), dvs. treghetsnavigasjon, kan i kombinasjon med GNSS benyttes til å bestemme posisjon og orientering på kameraet. Avvik i orientering mellom treghetssensoren og kameraet ("boresight misalignment") er i utgangspunktet ukjent, og må løses ut i en aerotriangulering. Anses "boresight

misalignment” for å være kjent (fra tidligere beregninger) er det mulig å bestemme ytreorienteringen direkte, dvs. fra GNSS/INS alene.

God kvalitet på orientering fra INS avhenger blant annet av at treghetssensoren er godt nok initialisert. Initialiseringen kan utføres ved å fly figurert som sørger for utslag i alle treghetssensorens akser. Lange perioder uten slike utslag er uheldig, og kan i lange fotostriper resultere i redusert kvalitet på orienteringen. Kvaliteten på posisjon vil i stor grad avhenge av kvalitet på GNSS.

Største stripelengde skal maksimalt tilsvare 20 minutters flytid for å kunne holde gyrodriften på et akseptabelt nivå. Ved litt slakkere nøyaktighetskrav, kan stripelengden økes noe.

6.2.7 Egenkontroll og rapportering

Umiddelbart etter fotograferingen skal oppdragstaker for fotograferingen

- kontrollere at fotograferingen er utført i henhold til spesifiserte planer og krav.
- fremkalle filmen (gjelder analogkamera).
- prosessere bildedata (gjelder digitalkamera).
- kontrollere at bildene har tilfredsstillende fotografisk kvalitet for den planlagte bruk.
- kontrollere at filmens geometriske kvalitet er i henhold til kravene som er definerte i avsnitt 6.4.3 om indre orientering (gjelder analog flyfotografering).
- utføre og kvalitetskontrollere de nødvendige beregninger av ev. GNSS-, INS- eller andre innsamlede data med betydning for bestemmelse av kameraets ytre orientering

Oppdages avvik eller forhold som kan medføre behov for ny fotografering, skal oppdragsgiver underrettes umiddelbart sammen med et forslag til plan for utføring av oppdraget.

Oppdragstakeren for flyfotograferingen skal utarbeide en rapport som leveres til oppdragsgiver sammen med bildene, se avsnitt 6.9.

6.3 Instrumenter, kalibrering og kontroll

Oppdragstakeren for fotogrammetriske kart- og målearbeider er ansvarlig for at de anvendte instrumenter er tilfredsstillende kalibrert, kontrollert og godkjent etter bestemmelsene her i avsnitt 6.3 (avsnitt 6.2.1 for kamera).

Det vises til Geodatastandardens avsnitt 6.12 hvor generelle forhold vedrørende bruk, kontroll og kalibrering av måleutstyr er omtalt.

Ethvert måleinstrument skal ha sin levnetsdokumentasjon som skal inneholde alle vitale opplysninger om instrumentet: Anskaffelse, dokumentasjon av kontroller, justeringer, skader, reparasjoner, kalibreringer osv. Dokumentasjonen skal angi dato for kontrollen, hvem som har utført den og resultatene av kontrollen.

Levnetsdokumentasjonen skal alltid være à jour, og den skal kunne fremlegges når som helst uten foregående varsel.

Eksempel på levnetsdokumentasjon er vist i Tillegg B i Grunnlagsnett.

På tilsvarende måte som for levnetsdokumentasjonen, skal det foreligge oversikt over riktige interne parametere i alt digitalt måleutstyr.

Justering er nødvendig når en konstaterer avvik fra riktige verdier som er av justerbar størrelse. Etter justering kalibreres instrumentet på nytt. Avvik før og etter justering skal angis i rapporten. Justering og kontroll som pålegges i denne standarden, kan utføres av innehaveren av instrumentet eller en person denne engasjerer. Begge disse skal signere kontrollrapporten.

Instrumenter inneholder ofte betydelige deler datateknologi (maskinvare og programvare). Det forutsettes at tester legges opp slik at også disse komponentene blir kontrollert. Det er også viktig at instrumenter og utstyr blir testet i alle ulike varianter av bruk.

6.3.1 Tidspunkt for kontroll av utstyret

Alle måleinstrumenter skal kontrolleres og ev. justeres eller kalibreres så ofte som deres egenart og bruk/hendelser gjør det nødvendig, for å sikre at målingene blir riktige. Instrumenter skal kontrolleres

- ved mottak etter kjøp, reparasjon eller utlån.
- etter flytting eller annen fysisk påkjenning som kan ha påvirket instrumentets funksjon eller justering.
- før utførelse av arbeider der det settes spesielt strenge krav til resultatet.
- etter lengre tids lagring uten bruk.
- rutinemessig etter en plan som er tilpasset instrumentets bruk og behov for kontroll.

Ved jevnlig bruk anbefales det å kontrollere ulike instrumenter som angitt i tabell 6.5.

Instrument	Krav
Kamera	Minst annethvert år
Analytt	Minst hvert år
DFA	Ingen prosedyrer er omtalt i denne versjonen
Skanner	Minst hvert år

Tabell 6.5. Tidsintervaller for kalibrering/kontroll av instrumenter.

6.3.2 Kontroll av analytter

Instrumentkontrollene bygger på målinger av kontrollert gitter (rutenett) på glassplate. Punktstandardavviket til rutenettet skal være $\leq 1 \mu\text{m}$.

Før selve kontrollen skal instrumentet være temperert og omgivelsene i rommet skal være slik de er anbefalt i instrumentmanualen.

Kontrollen utføres i henhold til produsentens anbefalinger, gjerne i tråd med følgende:

- For hver bildevogn måles minst 25 gitterpunkter jevnt fordelt over hele bildet.
- Alle innstillinger og målinger utføres i to omganger. Andre gangs registrering skal utføres på fritt grunnlag uten automatisk posisjonering basert på første gangs registrering.

- Målingene for de to omgangene midles, og gjennomsnittene brukes for samlet transformasjon på de gitte gitterverdiene. Det brukes lineær affin transformasjon, ev. det transformasjonsprogram som brukes ved de aktuelle målinger.
- Restavvik oppgis i bildemålestokk. Standardavvik beregnes på grunnlag av restavvikene.

Krav:

- Standardavviket for koordinater ved transformasjon på de gitte gitterverdiene skal ikke i noen av akseretningene overstige 3 μm .
- Maksimal verdi for affiniteten, dvs. maksimal relativ differanse mellom avstander i de to akseretningene, skal være 1/20 000.
- Maksimalt avvik fra rett vinkel mellom de to akseretninger skal være 1/40 000, gitt i radianer.
- Kalibreringsresultatet (-verdiene) bør legges inn i instrumentparametrene.

Dersom kravene ovenfor overskrides, er det ikke tillatt å utelate målinger eller gjenta målinger. I stedet gjentas hele testen to ganger som begge skal være tilfredsstillende for at instrumentet skal bli godkjent.

6.3.3 Kontroll av digitale fotogrammetriske arbeidsstasjoner (DFA)

Kalibrering av DFA er uaktuelt siden en ev. kontroll bør gå på de formler som benyttes i programmet.

6.3.4 Kontroll av skannere

Det forutsettes fotoskannere ment til fotogrammetrisk bruk.

Kontroll/kalibrering av skanner utføres i henhold til fabrikantens spesifikasjoner.

Krav til skanneren og dens programvare:

- Bilde størrelse 23 cm x 23 cm netto.
- Det skal være mulig å skanne negativ film.
- Det skal være mulig å utføre kontrastutjevning.
- Geometrisk nøyaktighet for absolutt posisjonering av hvert piksel $\leq 2 \mu\text{m}$.
- Pikselstørrelse 10 μm x 10 μm eller mindre må være mulig.
- Maksimal verdi for affiniteten, dvs. maksimal relativ differanse mellom avstander i de to akseretningene, skal være 1/20 000.
- Maksimalt avvik fra rett vinkel mellom de to akseretninger skal være 1/40 000, gitt i radianer.
- Radiometrisk oppløsning lik 10 bit eller bedre pr. piksel og pr. spektralbånd.

Rapporten fra kalibreringen skal inneholde

- resultater fra den geometriske kontrollen/kalibreringen: Affinitet, restavvik og standardavvik (i μm) for rutenettspunkter i x- og y-retning.
- resultater fra den radiometriske kalibreringen, forutsatt at skanneren har denne muligheten.
- dokumentasjon av kontroll-/kalibreringsrutinene som er utført.

Når det gjelder krav til radiometrisk kvalitet, skal skanneren kunne dekke samme tetthetsområde (density, D) som filmen, og minst $2,5 D$, og radiometrisk oppløsning skal minst være $0,01 D$. Som en del av kalibreringen skal en kalibrert fotografisk gråtoneskala skannes, og resulterende gråtoneverdier (pikselverdier) skal for hvert trinn i skalaen være innenfor $\pm 2,5 \%$ av beregnet verdi P . P beregnes ved:

$$P = \frac{(D - D_{\min})}{D_{\max} - D_{\min}} \cdot R$$

der D , $D_{\min}$ og $D_{\max}$ er henholdsvis aktuell, minimum og maksimum tetthet i gråtone-skalaen, og R er radiometrisk oppløsning i det resulterende digitale bildet.

6.4 *Aerotriangulering med blokkutjevning*

Aerotriangulering med blokkutjevning skal fremskaffe orienteringsdata for bildene i form av passpunkter og ytre orienteringselementer.

Ved etablering av en bildeblokk skal det sørges for at dens form og omkrets blir liten i forhold til dens areal, dvs. være tilnærmet kvadratisk. Unntak vil være flyfotografering av enkeltstriper over f.eks. veg- og ledningstraséer. Transformasjonspunkter, bilde-målinger og øvrige basisdata skal ha en kvalitet som sikrer tilstrekkelig pålitelighet mot grove feil. Punkt plassering og -antall er viktige elementer her. Videre skal resultatene fra aerotriangulering ha en slik kvalitet, i forhold til toleransen til geodataene, at det er høyde for forventede feilbidrag fra påfølgende bildeorientering og kartkonstruksjon.

Fundamentet for aerotriangulering er geodetisk bestemte kjentpunkter som forbinder bildeblokkene med terrenget. Koordinater for kameraets projeksjonssentre som er bestemte ved hjelp av GNSS, kan inngå som kjentpunkter. Behovet for markmålte punkter kan dermed reduseres. Bestemmelse av den ytre orienteringens rotasjoner ved hjelp av INS/GNSS alene (uten aerotriangulering) skal ikke benyttes ved strenge krav til nøyaktighet i sluttprodukter og omhandles ikke i denne utgaven av standarden.

Bildeblokkene skal knyttes sammen ved hjelp av måling av sammenbindingspunkter mellom bilder og bildestriper. Disse bestemmes i blokkutjevningen (nypunkter) og fungerer som passpunkter ved senere bildeorientering.

6.4.1 Krav til kjentpunkter

Alle kjentpunkter skal måles inn med geodetiske metoder, boltsettes og signaleres før fotografering. Naturlige punkter må bare brukes unntaksvis, f.eks. hvis et utlagt signal har blitt borte før fotograferingen. Signalering er omtalt i avsnitt 6.1.

Kjentpunkter skal måles og beregnes (utjevnes) med kontroll mot grove feil i alle trinn. De skal være mulig å definere sikkert i terrenget og være godt synlige i alle bildene de skal måles i.

Kjentpunktene for en aerotriangulering skal totalt ha et standardavvik maksimalt lik 1/3 av toleransene for geodata som skal produseres fra bildene, se tabell 6.6. Med totalt menes samlet virkning av standardavviket til markmålingen og til definisjonen (bildemåling, signalering, instrumentfeil o.l.) av punktet. Kjentpunktene skal måles inn i marka og bestemmes med et standardavvik maksimalt lik 1/4 av toleransene for geodata.

	Toleranse til geodata, svært <u>veldefinert</u> detalj (cm)		Krav til kjentpunkt, toleranse for <u>totalt</u> standardavvik (cm) ¹		Krav til <u>markmåling</u> av kjentpunkter (cm) ²	
	S _p	S _z	S _p	S _z	S _p	S _z
FKB-A	15	15	5	5	4	4
FKB-B	20	20	7	7	5	5
FKB-C	40	40	13	13	10	10
FKB-D	200	200	66	66	50	50

Tabell 6.6. Eksempler på nøyaktighetskrav (standardavvik) for kjentpunkter for aerotriangulering (AT) ved bruk av vidvinkelkamera. Toleransen til geodata tas fra aktuell produktspesifikasjon.

¹ 1/3 av toleransen til geodata.

² 1/4 av toleransen til geodata.

6.4.2 Antall og plassering av kjentpunkter

Kjentpunktene danner grunnlag for måling og konstruksjon maksimalt 0,5 cm i bildet utenfor det ytterste polygon som har kjentpunktene som hjørner. Kjentpunktene skal likevel som hovedregel plasseres ut mot kantene av bildene, selv om kartleggings-arealet ikke går så langt ut. Dette sikrer bedre kvalitet på aerotrianguleringen og gir mulighet for senere kartkonstruksjon e.l. utenfor det opprinnelige kartleggingsområdet. Dette er spesielt viktig for enkeltstriper pga. manglende sidestøtte.

For analog fotografering skal kjentpunktene ha en minimumsavstand fra bildekanten lik 1 cm i bildet. En avstand på 0,5 cm for et fåtall av punktene kan aksepteres som følge av ev. uheldige forhold ved flyfotograferingen. Punktene skal måles i alle bildene de er synlige. For digital fotografering er det ingen krav til plassering av kjentpunktene i forhold til bildekanten, men punktene må kunne identifiseres og måles nøyaktig i bildet.

6.4.2.1 GNSS-støttet aerotriangulering

Behovet for kjentpunkter avgjøres av den planlagte bruk av bildene og hvordan flyfotograferingen og beregningene under aerotrianguleringen utføres.

For både blokker og striper av bilder gjelder generelt at det minimum skal være fullbestemte kjentpunkter i hvert hjørne. Videre gjelder generelt at det skal det være fullbestemte kjentpunkter i hver knekk i blokka (f.eks. i hvert indre og ytre knekkpunkt i stripeender i blokker med varierende stripelengder) og i hver knekk i forbindelse med enkeltstriper i kjede.

Pga. det lave antallet kjentpunkter som kan tillates, blir påliteligheten med hensyn på grove feil i disse for dårlig. For å sikre en akseptabel pålitelighet, skal det derfor benyttes doble punkter i hvert kjentpunkt. For god pålitelighet anbefales bruk av grupper på flere enn 2 punkter. Se Blankenberg 2002. Avstanden internt mellom de doble eller multiple kjentpunktene skal være ca. 1 cm i bildet.

Dersom man ikke benytter doble punkter vil påliteligheten bli dårligere. Konsekvensen av dette er at sjansen for å oppdage evt. feil i kjentpunktene blir vesentlig svekket.

Utfyllende krav for blokker og enkeltstriper separat vil bli stilt i det følgende.

Blokker

For de prinsippene nevnt i avsnitt 6.2.5 som forutsetter bruk av beregnede projeksjonssenterkoordinater direkte som kjentpunkter (statisk- og OTF-initialisering eller PPP-løsning) eller som forutsetter beregning av felles skift- og driftparametere for hele blokka, er minimumskonfigurasjonen nevnt ovenfor tilstrekkelig.

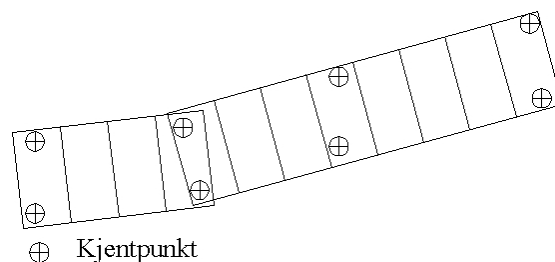
Dersom det skal bestemmes skift- og driftparametere pr. stripe, skal det i tillegg til minimumskonfigurasjonen benyttes kjentpunkter i hver stripeoverdekning i hver ende av blokka (såkalte høydebruer). Det er tilstrekkelig at disse kjentpunktene har kjente høydekoordinater. Alternativt til høydebruer kan

tverrstriper i hver ende av blokka benyttes; disse skal i så fall aerotrianguleres på lik linje med øvrige striper.

For bl.a. å sikre mot ikke-lineær drift i GNSS-løsningen, skal avstanden mellom kjentpunkter i lengderetningen maksimalt være 30 basislengder. Her skal 2 fullbestemte kjentpunkter plasseres i ytterkanten av blokka, og tvers over blokka skal det benyttes høydebru eller tverrstripe.

Enkeltstriper

Pga. manglende sidestøtte fra andre striper, skal det i enkeltstriper maksimalt være 6 basislengder mellom kjentpunkter i lengderetningen. Kjentpunktene skal plasseres mot ytterkanten av stripa som vist i figur 6.5. I hjørnene og i knekkpunktene bør det av pålitelighetshensyn være doble kjentpunkter. Hvis det benyttes ett polygonpunkt pr. modell (med samme kvalitet som øvrige kjentpunkter, se tabell 6.6), kan kjentpunktavstanden økes til 10 basislengder. I overgangen mellom to kjedede striper hvor ytterkantene danner en vinkel $\leq 210^\circ$, kan de foreskrevne kjentpunktene i hjørnene reduseres fra 4 individuelle til 2 som benyttes felles for begge stripene. Ved større vinkler aksepteres en reduksjon til 3 punkter som benyttes felles. Forutsetningen for begge tilfellene er at kjentpunktene legges til stripehjørner/kanter, og at kjentpunktene og sammenbindingspunkter måles stereoskopisk i begge stripene.



Figur 6.5. Minimum påkrevd kjentpunktfordeling i enkeltstriper ved GNSS-støttet flyfotografering.

6.4.2.2 GNSS/INS-støttet aerotriangulering

Behovet for kjentpunkter avgjøres av den planlagte bruk av bildene og hvordan flyfotograferingen og beregningene under aerotrianguleringen utføres.

For både blokker og striper av bilder gjelder generelt at det minimum skal være 5 kjentpunkter pr. kartleggingsområde, men det anbefales at man signalerer flere punkter. For større fotograferingsjobber (for eksempel en kommune) bør punktantallet være større (for eksempel 20 punkter). Det er ikke krav til dobbelpunkter. Dersom prosjektet består av enkeltstriper skal det som minimum være ett punkt pr. stripe og ett punkt i alle overlappsområder mellom enkeltstriper, men kravet om minimum 5 kjentpunkter pr. kartleggingsområde gjelder fortsatt.

Dersom det er krav til stor nøyaktighet og flyfotograferingen gjennomføres over flere dager, bør det minst være ett kjentpunkt for hver dag det fotograferes. Det bør bestemmes ett sett av offsetparametre for GNSS for den enkelte dags fotografering.

Kjentpunktene bør plasseres jevnt over blokka/stripa, men kravene til plassering er ikke like streng som ved GNNS-støttet aerotriangulering og det er derfor ikke nødvendig å plassere kjentpunktene helt i ytterkant av stripene/fotograferingsområdet. Som oftest vil man prøve å plassere kjentpunktene lett tilgjengelig fra veg.

6.4.2.3 Konvensjonell aerotriangulering

Blokker

Kjentpunkter for punktbestemmelsen skal generelt plasseres etter følgende mønster:

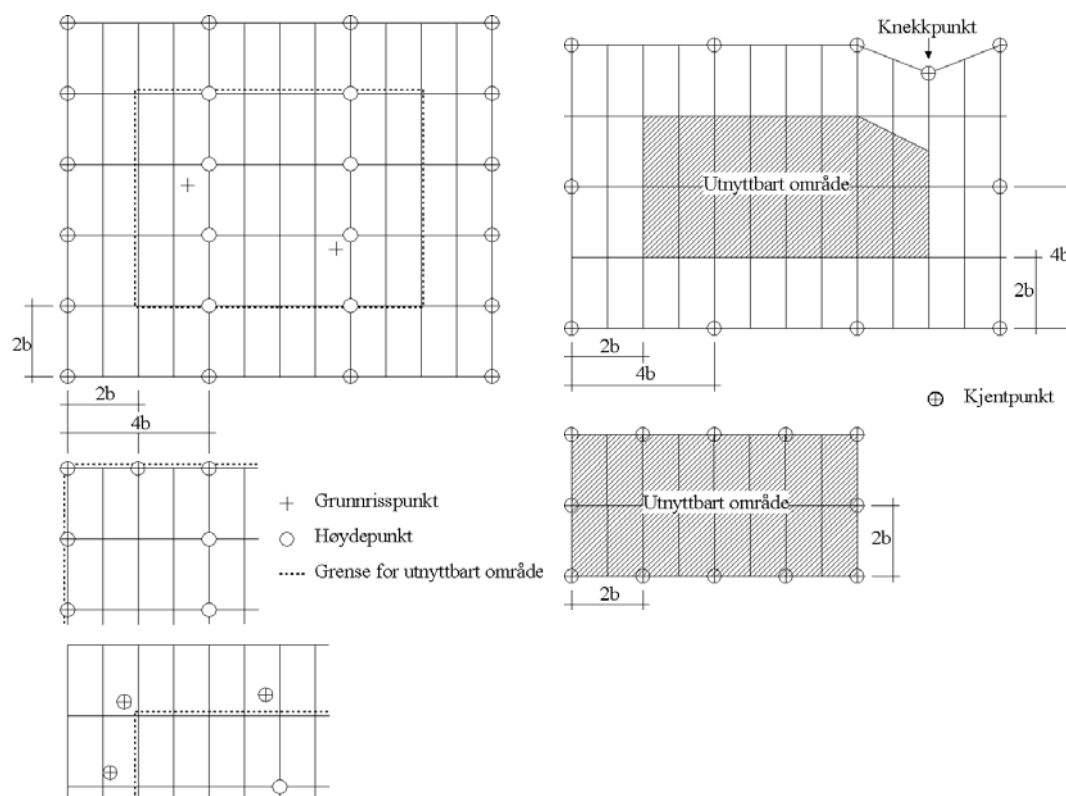
- Høydepunkter skal ha en gjensidig avstand overalt i blokken maksimalt lik $4b$ (b = basislengde) langs striperetningen og $2b$ på tvers av denne. Langs kanten av blokken skal den gjensidige avstanden være maksimalt $2b$.
- Grunnrisspunkter skal danne en ramme rundt blokken (perimeterkontroll) med gjensidige avstander som for høydepunktene.
- Dessuten skal det i blokkens indre område være minst 2 pålitelige punkter med rimelig avstand i forhold til blokkens utstrekning.
- Ekstra perimeterkontroll: For maksimal utnyttelse av blokkarealet (se under) skal maksimal avstand mellom de ytre rekker av punkter være lik $2b$ også i striperetningen.
- Med punktfordeling uten ekstra perimeterkontroll skal ikke bestemmelsen av nye punkter gjøres lenger ut enn $2b$ innenfor perimeterkontrollen. Blokken kan likevel utnyttes helt ut til perimeterkontrollen dersom blokken utvides med en sone med bredde minst lik $2b$, selv om det i denne sonen ikke finnes kjentpunkter.

Det skal være kjentpunkter i alle blokkhjørner og i alle knekkpunkter langs kanten av blokken.

Blokken kan utnyttes helt ut til det polygon som dannes av perimeterkontrollen. Se figur 6.6.

Enkeltstriper

2 kjentpunkter skal minimum bestemmes i hver ende av hver enkeltstripe; ett punkt i hvert endehjørne. Avstanden mellom kjentpunktene i striperetningen skal maksimum være 2 basislengder. Hvis det benyttes ett polygonpunkt pr. modell (med samme kvalitet som øvrige kjentpunkter, se tabell 6.7), kan kjentpunktavstanden økes til 5 basislengder. Antall kjentpunkter i overgangen mellom to kjedede striper kan ev. reduseres, jf. avsnitt 6.4.2.1.



Figur 6.6. Høyre: Skjematisk fordeling av kjentpunkter i en blokk. Øverst: Minimumsfordeling av punkter med utnyttbart område. Midten: Ekstra perimeterkontroll for maksimalt utnyttbart område.

Nederst: Eksempel på at sonen utenfor det utnyttbare område gir stor fleksibilitet for plassering av kjentpunkter.

Venstre: Kjentpunktfordeling og utnyttbart område.

Kilde: Henholdsvis figur 41 og 7 i "Bilag til Norm for kart i målestokkene 1:250, 1:500, 1:1000 og 1:2000 og kommunale oppmålingsarbeider".

6.4.3 Indre orientering (gjelder kun ved analog fotografering)

Kameradata fra den siste kalibreringen før fotograferingen skal brukes. Benyttede kameradata legges ved "Rapport for fotogrammetri", se avsnitt 6.9.

For sikring mot ikke-lineær bildedeforrasjon, skal analoge bilder lagres i rom med tilsvarende klima som i kartkonstruksjonsrommet i minst 12 timer før bruk.

Alle rammemerker måles ved indre orientering, normalt 8 stykker. Det skal brukes lineær affin transformasjon med 6 parametere. Hvis bildene kun har 4 rammemerker, skal konform transformasjon brukes. Kravene ved transformasjonen fremgår av tabell 6.7.

Grense for	Enhet μm
s_p (et enkelt bilde)	12
s_p (gjennomsnitt for oppdrag med ≥ 10 bilder)	9
Abs. verdi av største koordinat-restavvik (et enkelt bilde)	21
Abs. verdi av største koordinat-restavvik (gjennomsnitt for oppdrag med ≥ 10 bilder)	18

Tabell 6.7. Krav til transformasjon ved indre orientering. s_p = beregnet punktstandardavvik.

Dersom nøyaktighetskravene overskrides, eller ved systematiske avvik i deler av bildet, skal rammemerker ikke utelates uten videre. I slike tilfeller skal årsaken til problemene finnes, f.eks. ved måling i originalnegativene eller kontroll av kamera-kalibrering, før orienteringen kan fortsette.

6.4.4 Sammenbindingspunkter

Det skal minimum måles 6 sammenbindingspunkter mellom et bildepar (modell) i lengderetningen. Det skal videre være minimum 2 stripesammenbindingspunkter pr. modell. Stripesammenbindingspunkt skal minimum være målt i 2 bilder for hver stripe.

For å sikre tilstrekkelig pålitelighet med hensyn på grove feil, skal det måles minimum doble punkter. Disse skal plasseres i von Gruber-posisjonene i modellen såfremt dette er praktisk mulig. Se Tillegg C. Punktene skal plasseres så langt ut i modellen som mulig. For analog fotografering skal punktene ikke være nærmere bildekanten enn 1 cm. For digital fotografering er det ingen krav til plassering av punktene i forhold til bildekanten, men punktene må kunne identifiseres og måles nøyaktig i bildet.

Dersom det benyttes automatisk matching av sammenbindingspunkter, må det gjøres en visuell kontroll for å sjekke at man har punkter i posisjonene nevnt over. Ved behov skal det suppleres med nye punkter.

Hvis senere bildeinnpass skal baseres på målinger av passpunkter, skal det under aerotrianguleringen sørges for at minimum 6 punkter i von Gruber-posisjonene er identifiserbare og egnet til formålet. Dette forutsetter at disse punktene er nummerert og inventert på bildekopiene.

6.4.5 Krav til nypunkter og ytre orienteringselementer

Krav til nypunktene nøyaktighet og krav til de ytre orienteringselementenes nøyaktighet avgjøres av anvendelsen av punktene.

Nypunktene skal bestemmes med et gjennomsnittlig estimert standardavvik maksimalt lik $1/2$ av toleransene for geodata. De ytre orienteringselementene skal ha et totalt standardavvik maksimalt lik $2/3$ av toleransene for geodata.

Uavhengige kontrollpunkter (f.eks. landsnettpunkter) jevnt fordelt i kartleggingsområdet bør benyttes for å verifisere resultatet fra aerotrianguleringen. Standardavvik for kontrollpunktene beregnes ut fra restfeilene til målte kontrollpunkt og kontrolleres mot kravet til ytre orienteringselement.

Ved direkte bruk av ytre orienteringselementer presiseres at det er den samlede feil på måling av et objekt, sammensatt av de enkelte elementers feilbidrag, som skal tilfredsstillende kravene.

	Toleranse til geodata, svært <u>veldefinert</u> detalj (cm)		Krav til nypunkt (passpunkt); toleranse for totalt standardavvik (cm) ¹		Krav til transformasjon for absolutt orientering (cm) ²		Krav til ytre orienteringselement (cm) ³	
	S _p	S _z	S _p	S _z	S _p	S _z	S _p	S _z
FKB-A	15	15	7	7	10	10	10	10
FKB-B	20	20	10	10	13	13	13	13
FKB-C	40	40	20	20	26	26	26	26
FKB-D	200	200	100	100	133	133	133	133

Tabell 6.8. Eksempler på nøyaktighetskrav (standardavvik). Toleransen til geodata er i henhold til aktuell produktspesifikasjon.

¹ 1/2 av toleransen til geodata.

² 2/3 av toleransen til geodata. Beregnet på grunnlag av toleransen til passpunkt og en antatt nøyaktighet i bildemålingene lik 8–20 µm i bildemålestokk.

³ 2/3 av toleransen til geodata. Det stilles altså samme krav uavhengig av orienteringsmåte; gjennom transformasjon eller direkte bruk av eksisterende ytre orienteringselementer, se også henholdsvis avsnitt 6.5.2.1 og 6.5.2.2.

6.4.6 Beregning og resultat

I beregningene skal de ytre orienteringselementene for bildene, samt terrengkoordinatene til alle målte sammenbindingspunkter, bestemmes ved en samlet blokkutjevning. For svært store blokker kan en oppdeling gjøres, men da med rikelig overdekning mellom blokkene.

Vekting av GNSS- og INS-obsevasjoner, målinger og kjentpunkter foretas i henhold til punktenes nøyaktighet og synbarhet i bildene. I beregningene skal det utføres grovfeil-søk. Etter ev. fjerning av grove feil, skal antall og plassering av kjent- og sammenbindingspunkter oppfylle kravene. Standardavviket på vektsenheten skal være ≤ 6 µm ved analog fotografering og ≤ 3 µm ved digital fotografering.

Erfaring viser at hvis blokkutjevning etter strålebuntmetoden brukes, bør selvkalibrering med tilleggsparemetere brukes for å hindre store blokkdeformasjoner pga. systematiske bildefeil. Dette fordrer imidlertid at blokkene har slik geometri at tilleggsparemetere kan bestemmes pålitelig. Sterk geometri oppnås f.eks. ved bruk av flere kjentpunkter, stor sideoverdekning (60 %) eller med GNSS-støttet flyfotografering.

6.4.7 Egenkontroll og rapportering

Ved analog fotografering skal det kontrolleres at nøyaktigheten til den indre orienteringen tilfredsstiller kravene i avsnitt 6.4.3.

Det skal kontrolleres at nøyaktigheten til kjentpunktene tilfredsstiller kravene i avsnitt 6.4.1 eller krav i kontrakten. Det skal verifiseres at høyden på kjentpunktet refererer til signalets høyde. Det skal kontrolleres at bestemmelsene i avsnitt 6.4.2 om antall og plassering av kjentpunktene er fulgt, og om kjentpunktene er skarpt nok definert. For dette formålet skal bilder med inventerte kjentpunkter (passpunktbildene) der det finnes og punktbeskrivelser fra signaleringsrapport benyttes.

Det kontrolleres at alle avsluttende resultater ved orienteringsoperasjoner er dokumentert og vedlagt rapporten for oppdraget.

Punktdekningen kontrolleres mot konstruksjonsbegrensning og fotodekning. Ved GNSS-støttet flyfotografering, må det påses at det er nok høydepunkter i blokka.

Dokumentasjonen skal inkludere utskrift fra orienteringsarbeidet, utjevningsberegningen og et plott som viser fordelingen av kjentpunktene, samt bildesett hvor punktene er merket og ev. stukket (ikke sammenbindingspunktene ved digital fotogrammetri). Dokumentasjonen sendes til oppdragsgiver.

6.5 Bilde- og modellorientering for innsamling av geodata

Orientering av bilder for innsamling av geodata kan baseres på passpunkter fra aerotriangulering, passpunkter innmålt i marka eller direkte bruk av eksisterende ytre orienteringselementer.

6.5.1 Indre orientering

Se avsnitt 6.4.3.

6.5.2 Ytre orientering

Her omtales aktuelle metoder for kartkonstruksjon ved hjelp av stereobetraktning. Metodene krever at indre orientering er gjort i forkant.

6.5.2.1 Punktbasert orientering

Man kan foreta en gjensidig orientering etterfulgt av en absolutt orientering (to-trinnsprosess).

Gjensidig orientering

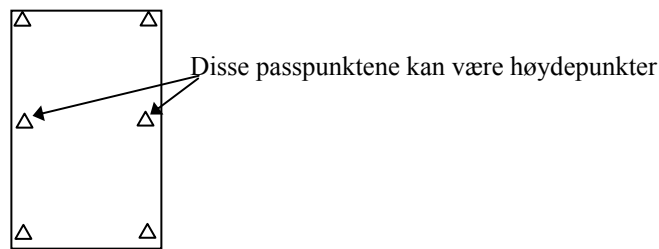
Det skal måles minst 6 gjensidig orienteringspunkter i von Gruber-posisjonene. For å sikre tilstrekkelig pålitelighet, skal det måles doble punkter i disse posisjonene. Antall og plassering er nærmere omtalt i Tillegg C. I hvert dobbelpunkt bør det være 1–2 cm (i bildet) mellom de to punktene. Se tabell 6.8.

Grense for	Enhet μm
s_{py} (en enkel modell)	6
s_{py} (gjennomsnitt for oppdrag med ≥ 10 modeller)	5
Abs. verdi av største rest py (en enkel modell)	8
Abs. verdi av største rest py (gjennomsnitt for oppdrag med ≥ 10 modeller)	8

Tabell 6.9. Krav ved gjensidig orientering. s_{py} = beregnet standardavvik for y -parallakse (py).

Absolutt orientering

For å kunne oppdage og lokalisere grove feil, skal det skal være minimum 6 passpunkter fordelt i modellen som vist i figur 6.7. Det skal benyttes tredimensjonal konform transformasjon.



Figur 6.7. Antall og plassering av passpunkter (Δ) for absolutt orientering.

I mange tilfeller blir det avvik fra idealmodellen i figur 6.7 pga. vanskelige terrengforhold, vannflater og konstruksjonsbegrensninger. I slike tilfeller skal passpunktene legges så nær ytterkantene som mulig, og det skal ikke konstrueres utenfor polygonet som passpunktene danner.

Alternativt til to-trinnsprosessen beskrevet over, kan man først gjøre en måleprosess hvor både gjensidig orienteringspunkter og passpunkter måles (samme krav til antall og plassering som over). Deretter beregnes ytre orientering i en og samme prosess. Siden alle ukjente her beregnes i én prosess, er denne fremgangsmåten bedre enn to-trinnsprosessen. Metoden er dessuten gunstig når modellen er vanskelig/ufullstendig.

Krav til transformasjonen er gitt i tabell 6.8.

6.5.2.2 Direkte bruk av ytre orienteringselementer

Allerede eksisterende orienteringselementer leses inn i instrumentet. Orienteringen skal kontrolleres ved at man går til minimum 3 fullbestemte punkter i ytterkantene av hver modell (avsnitt 6.4.4) og sjekker at aktuelt program viser riktige koordinater. I tillegg skal hver modell sjekkes om den er fri for y-parallakser (py).

Ved innpass ved bruk av bare ytre orienteringselement, må det tas hensyn til evt. bruk av tilleggsparemetere under blokkutjevning. Effekten av signifikante tilleggsparemetere må det kompenseres for i ny blokkutjevning eller ved innpass av modellen. Det er også viktig å være klar over at forskjellige systemer har ulik rekkefølge på rotasjonsaksene. Dette kan gi både høyde- og grunnrissavvik i stereomodellen.

Ved innpass ved bruk av ytre orienteringselement, må innpasset kontrolleres mot kjentpunkter evt. eksisterende kartdata samt mot y-parallakser i modellene.

6.5.3 Egenkontroll og rapportering

Orienteringen skal kontrolleres før datainnsamlingen starter, og kontrollene skal rapporteres, se avsnitt 6.9.

Det skal kontrolleres at nøyaktigheten til orienteringene tilfredsstiller kravene i avsnitt 6.5. De samme kontrollene som beskrevet i avsnitt 6.4.7, skal foretas for passpunkter i henhold til kravene.

Ytre orienteringselementer leses inn fra fil til aktuell programvare. Man sjekker for y-parallakser og om korrekte koordinater leses av. Førstnevnte kontrolleres ved at man går til ulike punkter (f.eks. kummer) i bildene/blokka og ser hvor vidt man har parallaksefrie stereobetraktninger. Når det gjelder den sistnevnte kontrollen, forutsetter det at man har punkter med kjente koordinater å gå til.

Dokumentasjonen skal vedlegges "Rapport for fotogrammetri" (se avsnitt 6.9) og skal inneholde alle avsluttende resultater ved orienteringsarbeidet, ev. kontroll av modellen(e) etter direkte bruk av ytre orienteringselementer, samt en vurdering av resultatet.

6.6 Kartkonstruksjon

Kartkonstruksjon gjøres i henhold til produktspesifikasjoner, f.eks. Produktspesifikasjon FKB. I dette avsnittet gjøres presiseringer for kartkonstruksjonsarbeidet.

6.6.1 Forberedelse

Før oppstart på konstruksjonsinstrumentet, skal følgende moment være nedfelt og avklart med oppdragsgiver:

- Ev. prosedyre for ajourføring og oppgradering (jf. kapittel 9).
- Prosedyre for utveksling av data.
- Ev. prosedyre for håndtering av tilstøtende data.
- Kartleggingsstandard med geografisk avgrensning.
- Kystkonturens høydereferanse dersom dette er aktuelt.
- Høydereferanse for regulerte innsjøer dersom dette er aktuelt.
- Bruk av støtteinformasjon (f.eks. VBASE og bygningspunkt fra GAB/Matrikkel).
- Ev. bruk av manus for signalerte objekter (f.eks. grensepunkt, kummer og kilometerstolper).
- Ev. sikkerhetsgradering.
- Ev. synfaringprosedyre.

Dette skal nedfelles i en konstruksjonsinstruks og grafisk oversikt som er tilgjengelig under konstruksjonsarbeidet. Oppdraget skal håndteres slik at dataflyt og endringer er sporbare gjennom hele prosessen, slik at ev. avvik kan lokaliseres og korrigeres.

6.6.2 Konstruksjon

Før konstruksjonen tar til, skal konstruktøren gå igjennom instruksene og gjøre seg kjent med området.

Produktspesifikasjonen definerer hvordan objekttypene skal registreres:

- Registreringsmetode.
- Høyde- og grunnrissreferanse.
- Geometritype.
- Egenskaper til objekttypen.
- Krav til konnektering og snapperutiner i 2D eller 3D.

- Kvalitetskrav (stedfestingsnøyaktighet, egenskapsnøyaktighet, fullstendighet og logisk konsistens).

På DFA ligger indre orientering og absolutt orientering lagret digitalt etter aerotrianguleringen. Før konstruksjonen tar til på en ny modell, er det likevel viktig å sjekke at innpasset er riktig. Der man ikke har tilstøtende data, skal man gå på kjent- og/eller passpunkter i hver modell.

Absolutt orientering gjøres på samme måte på analytt. I tillegg må indre orientering sjekkes med jevne mellomrom, minst to ganger daglig (dette er ikke aktuelt dersom flybildene er fra digitalkamera). Inneklima skal holdes stabilt med hensyn på temperatur og luftfuktighet.

Under konstruksjon skal det om mulig, benyttes stereoinnspeiling for å ivareta best mulig kvalitetskontroll. Det er viktig å sette opp systemet slik at tegneregler avslører feil i egenskapskoding.

Det skal tilstrebes å ferdigstille kartet på konstruksjonsinstrumentet slik at konstruktørene kan verifisere prosessen. Konnektering og vinkling skal etterprøves i sanntid, og systemet skal gi en kvitteringslyd for hvorvidt prosessen er vellykket (f.eks. vinkling av hus eller generering av det siste hushjørnet).

Generelt gjelder at objekter som konstrueres, skal være stereoskopisk synlige og registreres i alle 3 dimensjoner (x, y og z). Objekter som ligger i modellskjøtene, skal registreres fra den modellen som gir best innsyn. Synbarheten av objektene vil variere med objekttype, bildekvalitet, bildemålestokk, skygger og innsyn. Konstruktøren skal angi dårlig synbare objekter med kvalitetskode. Dersom det er svært sannsynlig å feiltolke et eksisterende objektet (f.eks. bekk eller grøft), skal objektet ikke utelates fra konstruksjonen, men tas med og angis som "usikker". Hvis man er i tvil om det er et objekt eller ikke (f.eks. en kum eller en flekk i asfalten), dvs. det er svært sannsynlig at man feiltolker, utelater man objektet/flekken fra konstruksjonen. Dersom det er viktig at kartet blir riktig, kan det være aktuelt å synfare slike objekter.

Produktspesifikasjoner kan angi at enkelte linje- og kurveobjekter skal registreres sammenhengende. Dersom deler av en linje/kurve (f.eks. bekk) er dårlig synbare i flybildet, skal linjen/kurven splittes opp. Den delen av linjen/kurven som er dårlig synbar, skal kvalitetskodes deretter. Det er viktig å være klar over at dårlig synbare objekter kan ha svært dårlig stedfestingsnøyaktighet.

Kartkvaliteten er avhengig av at konstruktøren jobber systematisk gjennom området og gjennom primærdatasettene.

6.6.3 Ferdigstilling

Etter at konstruksjonen er utført må det normalt gjøres noe etterarbeid for å sikre at leveransen er i henhold til oppdragets spesifiserte krav. Dette skal i størst mulig utstrekning gjøres på konstruksjonsinstrumentet.

Produktspesifikasjonen vil definere krav til hver objekttype:

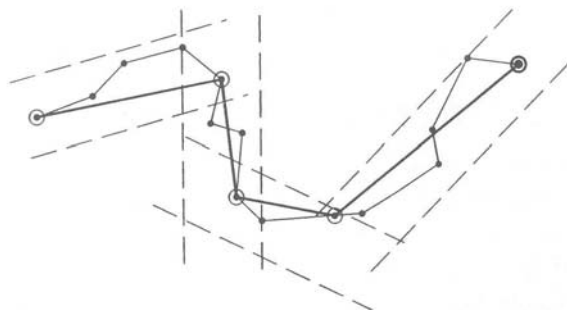
- Konnektering og topologi (logisk konsistens).

- Egenskapskoding.
- Fullstendighet.
- Nøyaktighet og punkttetthet.
- Forhold til andre objekttyper.

I tillegg er det også gitt overordnede krav til datastruktur og til leveransen.

For logisk konsistens skal det som minimum sjekkes at

- det kun er lovlige løse ender (også mot tilstøtende data).
- lukking av polygon er i henhold til aktuell produktspesifikasjon.
- vinkling av objekter har blitt utført på instrumentet.
- det ikke forekommer doble data, eller delvis doble data (overlappende vektorer), for linjer som beskriver samme objekt.
- det ikke forekommer doble punkter (eksakt like koordinater) i linjer eller kurver.
- objekter som har like egenskapsdata, er "sydd" slik at disse er sammenhengende (f.eks. høydekurver med samme høydeverdi. Det er likevel ikke krav om at alle linjer i modellskjøten "syses", dersom dette gir uhensiktsmessige lange objekter i videre kartforvaltning.
- linjer som skal være konnektert, har eksakt like koordinater (f.eks. i modellskjøtene).
- punkttettheten er i henhold til kravene. Punkttettheten skal være tilstrekkelig til å beskrive objektet i høyde og grunnriss, slik at pilhøyden ikke overstiger gjeldende toleranse for stedfestingsnøyaktighet. Pilhøyden er avviket mellom digitalisert linje og faktisk forløp i terrenget. Det skal heller ikke registreres unødvendig tett med punkter, dvs. at objekter som registreres kontinuerlig (i "stream modus"), skal siles. Fortrinnsvis skal det brukes en tube-funksjon, og ikke tidsintervaller for silingen. Korridoren (tuben) beveges langs linjeforløpet og unødvendige punkter som faller innenfor korridoren slettes. Lengden og bredden på korridoren er brukerbestemt, se figur 6.8.
- det ikke er utilsiktet sprang i linjeforløpet, hverken i grunnriss eller i høyde.
- det ikke ligger igjen korte linjer fra konstruksjon som ikke har noen informasjonsverdi.
- det er benyttet korrekt geometritype og riktig antall koordinater til dette.



Figur 6.8. Tube-funksjonen.

Kilde: Figur 4.15 i Bernhardsen, T.: "Geografiske informasjonssystemer".

Ferdigstilling skal bringe datasettet opp på det SOSI-nivå som er avtalt og ivareta korrekt egenskapskoding.

Dersom presentasjonsdata er avtalt levert, vil det for enkelte tekster og symboler være hensiktsmessig å avlede disse automatisk (f.eks. høydetall på høydepunkt). Geografisk plassering av tekster og symboler gjøres manuelt slik at presentasjonsdataene ikke kommer i konflikt med andre data.

6.6.4 Egenkontroll og rapportering

Orienteringen skal kontrolleres før datainnsamlingen starter, og kontrollene skal rapporteres, se avsnitt 6.9.

Dersom det er relevant for oppdraget, skal det kjøres høydesjekk (skjæringsberegning av høydeforskjell i kryssende elementer).

Manglende egenskapskoding og topologi skal fanges opp før konstruksjon avsluttes. Det skal utføres en sluttkontroll på modellen, opp mot manus eller bakgrunnskart for å sikre fullstendigheten. Ev. automatisk genererte data (f.eks. høydekurver) skal kontrolleres spesielt.

Det skal kontrolleres at dataene følger spesifisert datastruktur (SOSI). Dette kan gjøres med programmet SOSI-kontroll.

Det kan være aktuelt å lages kontrollplott som inneholder all registrert informasjon. Kontrollplottet skal gjengi de digitale dataene slik de er direkte fra konstruksjonsinstrumentet og skal derfor ikke inneholde kartografisk redigering som f.eks. glatting. På kontrollplottet skal følgende fargebruk benyttes:

- Blå: Vannsystem
- Rød: Terrenglinjer
- Brun: Høydekurver
- Svart: Situasjon
- Grått: Tilstøtende data eller ajourførte data

Symboler, strektyper og annen presentasjon skal være etter "Grafisk utforming av kart i målestokk 1:500 – 1:10 000". Tegnforklaring vedlegges eller plottes på hvert kartblad, sammen med nøkkeldata for prosjektet.

"Rapport for fotogrammetri" skal dokumentere utført arbeid, se avsnitt 6.9.

6.7 Fremstilling av DTM med DFA

Digital terrengmodell (DTM) kan fremstilles automatisk med digital fotogrammetri (matching) i en DFA. Metoden er effektiv, men den er ikke helautomatisk; manuelt arbeid kreves både i forkant og etterkant for å oppnå ønsket kvalitet. Kvaliteten til en automatisk fremstilt DTM blir god i velegnede områder, men ikke god nok i mindre egnede områder. Metoden kan derfor bare brukes i egnede områder. Resten av arealet må konstrueres manuelt. Mindre egnede områder er

- områder med dårlig tekstur, som f.eks. vannflater, snøflater, sandflater, større lyse gårdsplasser, ensartet dyrket mark, plener og idrettsplasser.
- byer og boligområder (ofte dårligere innsyn), med mulig unntak for kartlegging i små målestokker. Frittstående boliger er mindre problematiske.

- skog og treklynger. Frittstående trær er derimot sjelden noe problem.

Automatisk generering av terrengmodell forutsetter at terrengmodellen blir grundig kontrollert og editert etterpå.

For at terrengmodellen skal bli god, må den inneholde målte terrenglinjer langs alle linjer der terrenget brått endrer helning, i tillegg til DTM-punktene. Automatiske system klarer ikke å generere terrenglinjene automatisk, og disse må konstrueres manuelt.

Oppnåelig kvalitet og nøyaktighet til en DTM avhenger av flere faktorer:

- Pikkelsestørrelse (gjelder analogkamera).
- Terrengtype (inkl. vegetasjon).
- Punktavstand (punkttetthet, rutestørrelse eller maskevidde).
- Operatørens dyktighet og hvor mye arbeid som legges i fremstillingen.

Nøyaktigheten avtar med økende pikkelsestørrelse. Pikkelsestørrelsen til bildene skal være 20 µm eller mindre (gjelder analogkamera). I tillegg har kvaliteten til selve skanningen betydning (gjelder for kontraster/tekstur).

Dess flattere og åpnere terrenget er, dess bedre blir nøyaktigheten. Forventet nøyaktighet kan uttrykkes i ‰ av flyhøyden og er sterkt avhengig av terrengtypen, se tabell 6.10.

Terrengtype Målemetode	Veldefinerte høydeflater, flatt og bølgende terreng	Enkelt – middels terreng	Ru og ujevn overflate, steinete, fjellterreng
Manuell måling i analytt eller DFA	ca. 0,10 ‰ av H	ca. 0,20 ‰ av H	ca. 0,30 ‰ av H
Automatisk fremstilling i DFA	0,06-0,15 ‰ av H	0,20-0,60 ‰ av H	0,50-0,90 ‰ av H

Tabell 6.10.

Erferingstall som viser oppnåelig nøyaktighet (standardavvik) ved automatisk måling av DTM (ueditert) Bildene som ligger til grunn, er tatt med vidvinkelkamera. H = flyhøyde.

Kilde: Nilsen, B.: "Digital fotogrammetri. Test av strategier ved automatisk generering av digitale terrengmodeller i SOCET SET" og Mardal, L. og Eide, O. R.: "Digital fotogrammetri. Test av Intergraph's Image Station".

Punktavstand må velges i samsvar med terrengtype og ønsket nøyaktighet. Liten maskevidde (2,5 m x 2,5 m) er nødvendig i bratt terreng, mens man godt kan øke til 5 m x 5 m eller mer i flate og jevne partier.

Resultatene i tabellen gjelder de punktene som er automatisk målt (matchet). Høyden til punkter innimellom punktene i en DTM bestemmes ved interpolering og får dårligere nøyaktighet enn de automatisk målte punktene. Nøyaktigheten er da først og fremst avhengig av

- høydevariasjoner i terrenget.
- tettheten til de målte punktene.

Erfering viser at ved ikke for stor punktavstand i en DTM, så betyr interpolasjonsmetode lite for nøyaktigheten. Man kan godt bruke enkle og raske metoder.

Det vil, som nevnt, være ulike grader av manuelle innslag. Den endelige terrengmodellen baseres normalt ikke bare på matching alene. I tillegg brukes god høydebærende informasjon fra konstruksjonen, og operatøren konstruerer dessuten terreng-

linjer og terrengpunkter. Høydedataene kan integreres/legges inn enten i forkant eller i etterkant av DTM-fremstillingen. I hvilken grad de små høydevariasjonene (små søkk, koller, dumper, grøfter) kommer med, avhenger altså av antall terrenglinjer og -punkter operatøren legger inn manuelt. Kvaliteten til den endelige terrengmodellen avhenger dermed også av operatørens dyktighet og arbeidsinnsats. Dessuten er også operatørens valg av parametersett (f.eks. søkevindustørrelse og grenseverdier) av betydning. Terrengmodellen må kontrolleres og editeres grundig i etterkant. Krav og toleranser for DTM og høydekurver (høydegrunnlag) står i Produktspesifikasjon FKB, mens kontrollen er beskrevet i standarden "Kontroll av geodata".

6.7.1 Egenkontroll og rapportering

Siden operatøren ikke ser de konstruerte dataene fortløpende i "sanntid" under konstruksjon, skal operatøren etter endt DTM-fremstilling, speile inn terrengmodellen i stereoinstrumentet. Her foretas en visuell kontroll for å se om punkter ligger på bakken (eller på ønsket overflate med tanke på ortofotoproduksjon). Metode for høydedatafangst rapporteres i "Rapport for fotogrammetri", se avsnitt 6.9.

6.8 Ortofoto

Ortofoto er et fotografisk bilde som ved en omfotograferingsprosess har fått geometriske egenskaper som tilsvarer en ortogonal projeksjon av det avbildede objektet. Det vil si at et ortofoto er et måleriktig bilde som kombinerer flybildets detaljrikdom med kartets geometriske egenskaper. Ortofoto er et godt supplement til kart, men kan ikke regnes som en erstatning for kart.

Her omhandles digitalt ortofoto.

Omregningsprosessen vil være en digital transformasjon av det originale flybildet til et gitt datum og en gitt kartprojeksjon. Hvert piksel i ortofotoet har kjente koordinater i kartprojeksjonsplanet, og ortofotoet kan følgelig brukes som en sentral komponent i et geografisk informasjonssystem (GIS) sammen med digitale kartdata som f.eks. FKB-data og plandata.

6.8.1 Oppløsning – datamengde

Ortofotooppløsningen angir bakkeoppløsningen for det ferdige ortofotoet.

Ved analog fotografering er ortofotooppløsningen avhengig av målestokken til flybildet og hvilken oppløsning flybildet skannes i, mens ved digital fotografering er ortofotooppløsningen avhengig av GSD.

Eksempel analog fotografering: Et ortofoto laget fra flybilder i bildemålestokk 1:15 000 og skanneoppløsning 20 μm . Den beste ortofotooppløsning man kan oppnå i dette tilfellet er dermed 30 cm.

Det ferdige digitale ortofotoet kan ha en annen oppløsning målt i bilde enn skanneoppløsningen/GSD. For at ortofotoet skal beholde flybildets detaljrikdom, bør imidlertid ortofotooppløsningen målt i bilde være tilnærmet lik skanneoppløsningen/GSD.

Nøyaktigheten, og ikke minst detaljinnholdet (informasjonsmengden), til ortofotoet er helt avhengig av bildemålestokken/GSD til flybildet. For å få med en detalj i et

ortofoto må denne ha en størrelse på 25–35 µm i bildet. Se Tillegg C. F.eks. må en detalj være 35 cm eller større for at vi er sikre på å få med denne i det digitale ortofotoet ved bruk av bilder fra analog fotografering i bildemålestokk 1:10 000. Det kan imidlertid være vanskelig å tolke hva disse små detaljene er hvis man ikke sitter med tilleggsinformasjon.

Stor ortofotooppløsning gir stor datamengde som kan være vanskelig å håndtere. Sammenhengen mellom datamengde og ortofotoets pikselstørrelse er for fargebilder (med 8 bit per fargebånd):

$$\text{Datamengde (i megabyte pr km}^2\text{)} = 3 \cdot (1/\text{pikselstørrelse i meter})^2$$

For svart/hvitt-bilder blir datamengden 1/3 av datamengden for fargebilder. Eksempel: For pikselstørrelse 10 cm; datamengde = $3 \cdot (1/0,1)^2 = 300$ megabyte pr. km² for fargebilder.

Datamengden kan reduseres ved å bruke formater som støtter komprimering. Svart/hvitt-ortofoto kan komprimeres med en faktor 3–4, fargebilder med en faktor 7–10, uten at det går ut over informasjonen i det digitale ortofotoet.

En god løsning er å produsere ortofoto med stor oppløsning og så fremstille kopier med redusert oppløsning (ortofoto-pyramide). Da kan de som bare trenger oversikt, bruke et ortofoto med moderat datamengde, mens de som trenger stor detaljering, må tåle å håndtere store datamengder.

6.8.2 Krav ved etablering av ortofoto

6.8.2.1 Signalering, flyfotografering og aerotriangulering

Når det gjelder krav til flyfotografering, signalering og aerotriangulering m.m., gjelder de samme krav som ved tradisjonell kartlegging. Se avsnittene 6.1, 6.2 og 6.4.

For kamera gjelder bestemmelsene i avsnitt 6.2.1/6.2.2.

Digitalkamera er å foretrekke fordi

- ingen filmfremkalling og bildeskanning.
- ingen støvproblematikk.
- bedre radiometrisk oppløsning. Dette gir skarpere bilder og bedre innsyn i skyggepartier.
- farge, pankromatisk og IR bilder i samme eksponering. det gir en bedre bildekvalitet enn bruk av analogkamera

6.8.2.2 Filmtype/sensortype

Bildekvaliteten er viktig. Det anbefales derfor at flyfotografering utføres med digitalkamera. God ortofotokvalitet fordrer bedre bildekvalitet enn det god kartkvalitet krever. Fargebilder har den fordel at fargene gir ekstra informasjon som svart/hvitt-bilder ikke gir. F.eks. blir vegetasjon vist naturtro i fargebilder. De fleste foretrekker derfor ortofoto i farger.

6.8.2.3 Tidspunkt for flyfotografering, værforhold

For gjennomføring av fotograferingen gjelder bestemmelsene i avsnitt 6.2.3. Fotograferingstidspunktet må velges avhengig av bruksområdet til ortofotoet. Fotografering med fargefilm bør skje når vegetasjonen er grønn (brune plener rett etter snøsmelting blir lite pent i ortofoto). Fotografering bør i disse tilfellene foretas etter løvsprett og før det oppstår tørkeskader på trærne. Fotografering i vekstsesongen vil ofte være ideelt. Det er en fordel om sola høyt på himmelen for å unngå lange skygger i ortofotoet. Ulempen med fotografering etter løvsprett er at det blir dårligere innsyn i bildene pga. vegetasjon, og bildene blir derfor ikke så godt egnet til nykonstruksjon eller ajourføring av kartdata.

Skygger er sjenerende i ortofoto, særlig i fargebilder. Fotografering med et tynt, høytliggende skydekke kan gi et godt resultat.

6.8.2.4 Koordinatsystem

For at ortofotoet skal kunne passes sammen med kartdata og med ortofoto i naboområdene skal

- ortofotoet produseres i det samme koordinatsystemet som brukes i området.
- ortofotooppløsningen gå opp med hele meter.

6.8.2.5 Terrengmodellen

For å få et nøyaktig ortofoto trengs en terrengmodell med høy detaljeringsgrad og god nøyaktighet. Nøyaktigheten til terrengmodellen er den mest kritiske faktoren for nøyaktigheten til ortofotoet.

Terrengmodellen refererer seg til terrengoverflaten (DTM). For bruer, trafikkmaskiner og tekniske anlegg (som går over bakkenivå) bør terrengmodellen modifiseres til å gjelde for brubanen/vegbanen/topp anlegg, altså være en digital høydemodell (DHM) i disse områdene. For DTM gjelder bestemmelsene i avsnitt 6.7.

Til "sanne ortofoto" ("true orthophoto") ønsker man en DHM for hele området i stedet for en DTM, og fremstilling og redigering må ta hensyn til dette (det er f.eks. ønskelig med punkter på hustak og i tretopper).

Eksisterende høydedata som høydekurver, høydepunkt, terrenglinjer osv. kan brukes til å lage en terrengmodell, så sant den blir nøyaktig nok. Hvis det ikke finnes digitale høydedata, må det etableres en terrengmodell. Dette kan gjøres ut fra flybildene (fotogrammetri) eller helst ved hjelp av laserskanning. Se også Tillegg C.

Terrengtype og tilgang på eksisterende høydedata avgjør om terrengmodellen skal etableres som en TIN- eller grid-modell, eller en kombinasjon av disse. Dersom det velges å benytte en grid-modell, skal denne ha en oppløsning slik at markerte terrengformasjoner og knekklinjer i terrenget tas vare på i modellen.

6.8.3 Fremstilling av ortofoto

Det fremstilles ortofoto for alle bildene som til sammen dekker området. Ved rektifiseringen skal programmet innhente informasjon fra terrengmodellen med tilstrekkelig hyppighet for formålet.

En DTM refererer seg, som nevnt, til terrengoverflaten slik at oppstikkende detaljer som f.eks. bygninger og høye tårn får en radiell forskyvning. Den radielle forskyvningen blir større jo lengre man kommer ut fra bildesentret. Det kan være aktuelt å korrigere for den radielle forskyvningen, men vanligvis er det bedre å redusere denne ved å bruke bare de sentrale delene av hvert flybilde og/eller analog normalvinkel-kamera eller digitalkamera.

Gråtonen/fargen til ortofotopiksene tas fra bildepiksene i flybildet. Som regel korresponderer ikke et ortofotopiksel helt med et bildepiksel. Da må gråtonen/fargen til ortofotopikselet bestemmes ved interpolering av gråtonene/fargene til de nærmeste bildepiksene. Dette kalles resampling.

6.8.4 Mosaikk

Et ortofoto for et større område må vanligvis settes sammen av ortofoto laget fra flere flybilder; det må lages en mosaikk. Dette skal i utgangspunktet gjøres slik at hvert lille ortofotoutsnitt lages fra det flybildet hvor utsnittet er nærmest bildenadir. Se Tillegg C.

Når man setter sammen flere bilder, er målsettingen at skjøtene mellom bildene blir usynlige. Det mest representative bildet for hele arealet, velges som referansebilde. Gråtonene/fargene i de andre bildene justeres slik at de samsvarer med referansebildets. De fleste programsystemer som brukes til ortofotoproduksjon, har automatiske algoritmer for å utføre dette arbeidet, men ofte vil en halvautomatisk metode gi bedre resultat. Da vil operatøren manuelt bestemme hvor sømlinjene mellom bildene skal gå. Sømlinjer skal i ikke gå gjennom bygninger, over broer e.l., og sømlinjene skal følge naturlige kanter i terrenget som f.eks. vannkanter.

6.8.5 Egenkontroll og rapportering

Egenkontrollen begrenses her til å være en ren visuell kontroll. Geometrisk kvalitet kan kontrolleres ved å sammenlikne med eksisterende kartdata i samme projeksjon, og ved å se etter f.eks. krumme broer. Radiometrisk kvalitet sjekkes ved å påse at det ikke er noen nyanseforskjeller i gråtone/farge og kontrast i ortofotoet (typisk kan det bli forskjeller i områder som stammer fra ulike flybilder), og at sømlinjer er minimalt synlige i mosaikken. Det vises for øvrig til kravene til ortofotokvalitet i "Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge".

Fremstillingen av ortofoto rapporteres i "Rapport for fotogrammetri", se avsnitt 6.9.

6.9 Rapport for fotogrammetri

Alle kart- og oppmålingsarbeider skal rapporteres skriftlig. Det vises til generell omtale i Geodatastandardens avsnitt 6.6 og Tillegg C.

Alle punktlistor (koordinatlistor) skal ha angivelse av datum, projeksjon, høydegrunnlag og identifisering av beregningen.

Generelt gjelder at alle resultat fra beregninger skal vurderes og kommenteres. Ev. problemer i prosjektet skal omtales spesielt.

Rapporten er en del av leveransen og skal leveres samtidig med det produktet som rapporten omhandler.

Alle data tilhørende et prosjekt leveres oppdragsgiver på digital form.

Rapporten skal dateres og underskrives av fagansvarlig hos oppdragstaker.

1 Generelt

- 1.1 Oppdragsgiver (adresse, prosjektleder og ev. Geovekst-parter).
- 1.2 Oppdragets nummer og navn. Fylke og kommune.
- 1.3 Oppdragstaker (adresse og fagansvarlig) samt ev. underleverandører.
- 1.4 Hva arbeidene gjelder (flyfotografering, synfaring, aerotriangulering, ortofotofremstilling, kartlegging og ajourføring).
- 1.5 Koordinatsystem (både horisontalt og vertikalt). Målestokk og ekvidistanse for kartleggingen.
- 1.6 Fastmerkegrunnlag. Kontroll av grunnlaget.
- 1.7 SOSI-utgave (versjon). FKB-standard.
- 1.8 Opplysninger om levering av digitale data (tidspunkt, lagringsmedium og database).
- 1.9 Oppbevaringssted for benyttet materiell (observasjoner, koordinater, bilder o.l.).
- 1.10 Beskrivelse av det kvalitetssikringsopplegg som har vært fulgt.
- 1.11 Kopi av bestillingsskjema med bilag og kartutsnitt.
- 1.12 Antall eksemplarer av rapporten og oppbevaringssteder.

2 Flyfotografering og evt. skanning av film

- 2.1 Oppgavenummer og fotograferingsfirma.
- 2.2 Kameratype og kameranummer. Ved bruk av analogt kamera skal det gis opplysning om filmens alder regnet fra levering fra fabrikk, samt dens garantidato.
- 2.3 Dato for siste kalibrering av kamera. Kalibreringsrapport og utskrift som bekrefter benyttede data, skal vedlegges. Rapport for gjennomføring av kameraets kontrollrutiner og ev. testfotografering.
- 2.4 Flyhøyde og bildemålestokk (analogkamera) eller GSD (digitalkamera).
- 2.5 Antall flystriper med bildenummer.
- 2.6 Tidspunkt for gitt klarsignal for fotografering og tidspunkt for utført fotografering. Kopi av skriftlig bekreftelse på gitt klarsignal skal vedlegges. Opplysninger om de meteorologiske forholdene ved fotograferingen.
- 2.7 Resultat av egenkontroll vedrørende utføring av flyfotograferingen.
- 2.8 Opplysning om hvem som har kontrollert bildemateriellet, tidspunkt for og resultat av kontrollen.
- 2.9 Rapport og resultat for ev. målinger og beregninger av kameraets ytre orientering.
- 2.10 Nødvendige opplysninger om GNSS-antennas og ev. IMU-ens geometriske relasjoner til kameraets projeksjonssenter og koordinatsystem.
- 2.11 Ev. format og oppløsning på digitale bildedata.
- 2.12 Ev. rapport for kalibrering av skanner, se avsnitt 6.3.4.
- 2.13 Dekningsoversikt skal leveres ihht Produktspesifikasjon Leveranse av bildedata, orienteringsdata og vertikalbildedekning fra flyfotografering.

3 Rapport fra signalering og evt. innmåling av kjentpunkter

- 3.1 Rapport fra innmåling av kjentpunkt (landmålingsrapport)
 - Se standarden Satellittbasert posisjonsbestemmelse for innhold og utforming.
- 3.2 Signaleringsrapporten skal inneholde:

- Kopi av signaleringsplanen.
- Ansvarlig person for utarbeidelse av denne.
- Kartskisse som viser plassering av signalerte punkter i forhold til planen.
- Hvilken signaltype som er benyttet.
- Omtrentlige koordinater (innenfor 10 meter) på punktet (f.eks. tatt fra en håndholdt GNSS-mottaker).
- Digitalt bilde eller skisse av signalert punkt som dokumenterer signalplassering i forhold til bolt i grunnriss og høyde (eksentrisitet).

4 Aerotriangulering med blokkutjevning

- 4.1 Benyttet stereoinstrument med instrumentnummer eller DFA, programvare og operatør.
- 4.2 Tidsperiode for utførelse.
- 4.3 Rapport fra siste kalibrering og kontroll av stereoinstrumentet med dokumentasjon av nøyaktighet og ev. justering. Rapporten skal være datert og ikke eldre enn 12 måneder (uaktuelt for DFA).
- 4.4 Parametere brukt ved beregningen. Opplysning om hvem som har utført beregningene.
- 4.5 Vurdering og kommentering av resultatet fra aerotrianguleringen: Utskrift av beregningene med angivelse av standardavvik for nypunkter, vektsenheten, ytre orienteringselementer og ev. kontrollpunkter, samt restavvik i kjentpunktene/kontrollpunktene.
Oversikt over benyttet vektning.
Angivelse av ev. utelatte kjentpunkter utover tillatt minimumskonfigurasjon, med begrunnelse.
Resultat av grovfeil-søk og behandling.
Ev. utskrift av testing av indre og ytre pålitelighet.
- 4.6 Koordinatliste for nypunkter.
- 4.7 Kopi av fil med de ytre orienteringselementene.
- 4.8 Dokumentasjon av GNSS-bestemte koordinater for projeksjonssentrene dersom dette er benyttet.
- 4.9 Grafisk oversikt i passende målestokk og med nødvendig rammeinformasjon (oppdragsbetegnelse, målestokk, flyoppgavenummer, oppdragsgiver og utførende firma). Den grafiske oversikten skal inneholde:
 - Kartleggingsområdet (polygon i henhold til bestilling).
 - Kystkontur, større vannflater og veier.
 - Kjentpunkter. Det skal skilles på om punktene kun er brukt i grunnriss, kun i høyde eller i både grunnriss og høyde.
 - Kjentpunkt som er utelatt fra beregningen.
 - Stripe- og modellsammenbindingspunkter (passpunkter).
 - Ev. kontrollpunkt (sjekkpunkt).
 - Flylinje med hvert projeksjonssenter markert med flybildets nummer.
 - Stripebegrensningen eller bildebegrensningen med betegnelse
- 4.10 Ev. bilde sett hvor punktene er merket og ev. stukket (ikke sammenbindingspunktene ved digital fotogrammetri).
- 4.11 SOSI-fil med alle punkter fra aerotrianguleringen.
- 4.12 Stripebegrensning (ev. bildebegrensningen) på digital form.
- 4.13 Datafil med ytre orienteringselementer for hvert bilde.
- 4.14 Datafil med bildekoordinater for de registrerte passpunktene.
- 4.15 Digital utskrift fra beregningsprogrammet.
- 4.16 Rapport for aerotriangulering som dokumenterer utført arbeid, datert og signert, sendes oppdragsgiver for kontroll og godkjenning.

5 Bilde- og modellorientering

Punktene 4.1–4.16 følges så langt det passer. Rapporten skal opplyse om hvordan bildene ble orientert (metode), benyttede passpunkter eller (eksisterende) ytre orienteringselementer og hvordan de er fremskaffet.

6 Kartkonstruksjon

- 6.1 Grunnlaget for konstruksjonen (aerotrianguleringen) godkjent av (navn) hos oppdragsgiver den (dato). Kopi av skriftlig bekreftelse for godkjenningen skal være vedlagt rapporten.
- 6.2 Konstruert areal angitt i dekar eller km². Ev. tilleggsareal for andre oppdragsgivere. Ev. utvidelser av opprinnelig konstruksjonsareal.
- 6.3 Forhold som forårsaker avvik fra bestillingen, skal angis og begrunnes.
- 6.4 Benyttet stereoinstrument med instrumentnummer og operatør.
- 6.5 Tidsperiode for utførelse.
- 6.6 Benyttet programvare for datafangsten. Beskrivelse av de anvendte prosedyrene. Ev. glatting av linjer skal angis.
- 6.7 Metode for høydedatafangst (kurver, grid/TIN, automatisk). Ev. gridstørrelse skal angis.
- 6.8 Dokumentasjon av orienteringen (se punkt 5 Bilde- og modellorientering) skal følge som bilag.
- 6.9 Vanskeligheter under konstruksjonsarbeidet:
 - Modelldeformasjoner.
 - Feil i punktgrunnlaget.
 - Problemer ved tilstøtende, eksisterende data.
 - Problemer med inventeringsmateriellet osv.
- 6.10 Kopi av grafisk oversikt for konstruksjonen i passende målestokk med nødvendig rammeinformasjon (oppdragsbetegnelse, målestokk, flyoppgavenummer, oppdragsgiver og utførende firma). Oversikten skal inneholde
 - uttegning av nødvendige tema for angivelse av konstruksjonsbegrensningen.
 - kartleggingsområdet (polygon i henhold til bestilling).

7 Synfaring

- 7.1 Tidspunkt og opplysning om hvem som har utført synfaringen.
- 7.2 Hvilke objekter som er synfart.
- 7.3 Metode for registrering av manglende/overskytende objekter og innlegging/sletting i databasen.

8 Redigering

- 8.1 Hvem som har utført redigeringsarbeidene, samt benyttet programvare.
- 8.2 Prosedyrer for nivåheving og flatedanning. Dokumentasjon på topologisjekk vedlegges.
- 8.3 Ev. navnsetting og opphav til navnene.
- 8.4 Ev. oppgradering skal dokumenteres grundig og egen rapport vedlegges.

9 Oppdragstakers egenkontroll

- 9.1 Dokumentasjon av kjøring av SOSI-kontroll med versjonsnr.
- 9.2 Dokumentasjon av høydekontroll for kryssende linjer, hvor temakoder og avvik i høyde angis.

10 Ortofotofremstilling

- 10.1 Oppfyllelse av toleranser. En vurdering av ferdigprodusert ortofoto på bakgrunn av kvalitetskravene spesifisert i "Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge".
- 10.2 Ev. problemer i prosjektet.
- 10.3 Oppsummering av produksjonsprosessen med data om flyfotografering, eventuell bildeeskanning, bildeorientering, etablering av terrengmodell, bildebehandling og mosaikking. Angivelse av benyttede bildeforbedringsfunksjoner, filformat og komprimeringsgrad i prosessen.
- 10.4 Beskrivelse av fargekalibrering av PC-skjermer brukt i produksjonen.
- 10.5 Omfanget av redigeringer gjort på høydedataene.
- 10.6 Type terrengmodell som er benyttet under rektifiseringen (TIN eller grid). Ved bruk av grid skal punktavstand oppgis.
- 10.7 Metode som er benyttet ved rektifisering og resampling.
- 10.8 Egenkontroll som er utført i prosjektet.
- 10.9 Oversiktskart som viser området det er produsert ortofoto for.
- 10.10 I de tilfeller ortofoto leveres i både EUREF89 og NGO48, skal det opplyses om ortofoto er transformert mellom systemene eller om det er produsert separat i begge systemer.

7 Kartlegging med flybåren laserskanning

7.1 Introduksjon

Flybåren laserskanning (FLS) brukes ombord i helikopter eller fly for å samle inn x-, y- og z-koordinater og ev. intensitetsverdier i terrenget og på objekter som både er naturlige og menneskeskapte. Flybåren laserskanning er også kjent som laseraltimetri og "airborne LIDAR".

I denne standarden omtales datafangst med flybåren laserskanning. Krav til produkt og leveranser skal spesifiseres i egne produktspesifikasjoner, for eksempel Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase (FKB).

7.1.1 Virkemåte

Et laserskanningssystem består av en laserskanner, en eller flere GNSS-mottakere montert i flyet for å bestemme dets posisjon og et inertialnavigasjonssystem (INS) for å bestemme flyets orientering. GNSS/INS vil altså til sammen kunne bestemme posisjon og orientering av plattformen laserskanneren er en del av, og dermed kan utgangspunktet (posisjonen) for avstands- og retningsmålingene beregnes. Skanneren måler avstander fra laseren til terrengoverflaten/objekter med en gitt sveipebredde under flyet. Avstandene bestemmes ved å måle tiden det tar for lyset å nå terrenget og reflekteres tilbake. Dersom laserpulsene treffer halvgjennomtrengelige objekter, vil en kunne få flere retursignaler på én laserpuls, f.eks. der pulsen treffer trær, master e.l. Stripebredden/skannevinkelen, flyhøyden og frekvensen på laserpulsene vil variere avhengig av bl.a. formålet med datainnsamlingen.

Laserskannere som brukes til topografisk kartlegging, har følgende generelle karakteristika:

- Lysets bølgelengde er i den nær-infrarøde delen av spekteret.
- Lysstrålen har liten divergens og liten åpningsdiameter, dette for å gi et lite fotavtrykk på bakken.
- GNSS/INS brukes for posisjons- og orienteringsbestemmelse av plattformen.
- Skannemekanismen er oftest et oscillerende speil, men kan også være et roterende speil eller fiberoptikk.

Utstyret som benyttes for å georeferere dataene opererer i et globalt system basert på GNSS (WGS84/ITRF). Det er derfor normalt behov for transformasjoner fra det globale systemet til det aktuelle lokale systemet som data skal leveres i. Se også avsnitt 5.1.1.2

7.1.2 Produkter og bruksområder fra flybåren laserskanning

Produktene fra laserskanning er mange, men de mest vanlige er

- digitale terrengmodeller og/eller overflatemodeller i form av punktskyer
- triangelmodeller
- grid

Avledede produkter og bruksområder kan være tredimensjonale bygninger som rastermodell, vektorisering av bygninger, beregning av skyggeforhold, støy- og signalanalyse, kontroll av eksisterende FKB-datasett, fremstilling av høydekurver,

skogtaksering, flomsonekart for elver og supplement til digitalt markslagskart. Produksjonsmetodene for disse produktene vil ikke bli beskrevet i denne standarden.

7.1.3 Forventet nøyaktighet

Nøyaktigheten til en terrengmodell fra laserdata avhenger av

- det enkelte punkts posisjon og høyde som resultat av instrumentkalibrering og GNSS/INS-løsning.
- interpolasjonsfeil som et resultat av datatetthet. Datatettheten avhenger av flyhøyde, flyhastighet, pulsfrekvens og skannefrekvens.
- klassifisering av punktskyen (f.eks. vegetasjonspunkt som er inkludert i modellen, eller manglende punkt pga. for hard filtrering).

Det enkelte punkts nøyaktighet kan enkelt beregnes ved bruk av kjentflatene. Med dagens utstyr kan en forvente en punktnøyaktighet i størrelsesorden 0,05–0,25 m (standardavvik).

7.1.4 Tidspunkt for laserskanning

Til forskjell fra flyfotografering, kan laserskanning utføres uavhengig av solvinkel og sollys fordi laserskanneren er en aktiv sensor som skaper sin egen belysning av overflaten. Dette medfører at laserskanning i utgangspunktet kan utføres hele året og når som helst på døgnet. Det er likevel viktig å vurdere når på året det er ønskelig å fly med hensyn til vegetasjon og snø. Best gjennomtrengning til bakken vil oppnås før løvsprett. Dersom man ønsker å ha en god terrengmodell bør fotograferingen gjennomføres før åkrene og bunnvegetasjon i skog har kommet for langt i vekst. For eksempel kan det være vanskelig å få registrert punkter på bakken der det er kornåker eller der det er tett bregnevegetasjon.

Laserskanning kan gjerne gjennomføres dersom det er skyer over flyet. Ved fuktighet mellom fly og bakke (snø, regn, tåke eller lavt skydekke) vil imidlertid lyset reflekteres og medføre svært få eller ingen retursignaler fra bakken. FLS bør derfor ikke gjennomføres ved slike forhold. For å unngå skjev punktfordeling og redusert nøyaktighet bør FLS heller ikke gjennomføres ved sterk vind (i flyhøyden) eller ved mye turbulens.

7.2 Datainnsamling

7.2.1 Kalibrering av laserskanneren

7.2.1.1 Før oppdrag

Kalibreringen til et laserskanningssystem gjøres dels hos instrumentleverandøren, og dels av oppdragstaker. De parametere som skal bestemmes i en kalibrering, vil variere noe mellom de forskjellige instrumentleverandører. Laserskanningssystemet skal kalibreres hvert år.

Generelt skal følgende parametere bestemmes av instrumentleverandøren:

- Armen (eksentrisitet og vinkler) mellom skannerorigo og IMU-origo. Fordi IMU-origo ikke er fysisk tilgjengelig for andre målinger, bestemmes også

armen mellom IMU-origo og et referansepunkt som ligger fysisk utenpå instrumentet ("boresight misalignment").

- Offset-verdier for avstandsmålingene (fast klokkefeil).
- Korreksjonstabell for korreksjon av målte avstander basert på intensitetsverdier for retursignalene (gjelder ikke alle systemer).
- Korreksjonsfaktor (skalafaktor) for skannemekanismens retningsmåling (gjelder ikke alle systemer).
- Korreksjonsfaktor for skannemekanismens akselerasjon og retardasjon (gjelder ikke alle systemer).

For hver installasjon i et fly eller helikopter må armen (eksentrisitet og vinkler) mellom IMU-origo og flyets GNSS-fasesenter bestemmes. Denne bestemmes vanligvis ved bruk av landmåling, der armen mellom nevnte referansepunkt og GNSS-antenna måles inn.

7.2.1.2 Under oppdrag

Avhengig av instrument og andre forhold rundt GNSS og temperatur, kan det være et behov for ytterligere kalibrering av instrument. Dette er ofte relatert til den enkelte flyging. De innsamlede data brukes til dette formålet.

Oppdragstaker bør imidlertid sette krav til en enkel kalibreringsflyging i forbindelse med hver flyging, f.eks. at det flys i et kryss i prosjektområdet for å skille mellom ulike feilkilder.

7.2.2 Planlegging av laserskanning

Både punkttettheten og den geometriske nøyaktigheten på de målte laserpunktene vil variere ut fra FLS-systemet som er brukt. Oppdragstaker må derfor, ut fra egenskapene til FLS-systemet, legge opp flystripene og øvrige parametere i henhold til formålet med oppdraget. Dette må bestemmes særskilt for hvert oppdrag. Under nevnes kun generelle betraktninger.

Flyplanen lages ut fra oppdragets formål og forutsetninger (nøyaktighet, tetthet), tilgjengelige referansedata (dvs. kjentpunkter i betydning kjentflater, se avsnitt 7.6), forventet vegetasjonstetthet, topografi, arrondering og tilgjengelig instrument.

Før oppdrag leverer oppdragsgiver

- kart over prosjektområdet med tydelig avgrensning for netto kartleggingsområde, inkl. entydig digitalt avgrensningspolygon på vektorformat..
- oversikt over planlagte kjentflater hvis oppdragsgiver etablerer disse (resultatene må selvsagt oversendes oppdragstaker når de foreligger).
- oversikt over og spesifikasjon av GNSS-referansestasjoner hvis oppdragsgiver skal operere disse under flyging (gjelder bruk av dGNSS).

Ved flyplanlegging skal det tas hensyn til

- toleranse til sluttprodukt
- ønsket/avtalt punkttetthet
- topografi

- arrondering: Striperetning og lengde. Maksimal flytid for hver stripe må tilpasses slik at effekter av evt. gyrodrift ikke medfører overskriding av toleransene til sluttprodukt.

Punkttettheten i terrenget vil variere i områder med menneskeskapte objekter, trær og blindsoner grunnet terreng eller oppstikkende objekter. Dette må tas hensyn til ved planlegging av flystripene.

Bruksområdet for dataene vil kunne avgjøre hvor stor skannevinkel som skal benyttes. I laserskanningsprosjekter der formålet er å etablere terrengdata (FKB-DTM) er skannevinkelen normalt 20 grader, mens i skogtakseringsprosjekter er vinkelen mindre.

Før oppdragstaker starter flygingen, må følgende leveres oppdragsgiver:

- Et kart (typisk 1:50 000) som viser prosjektområdet og flystriper.
- Dokumentasjon som beskriver flyhøyde, flyhastighet, skannevinkel, stripeoverdekning, laserskannerens pulsfrekvens, forventet punkttetthet og punktnøyaktighet.
- Oversikt over planlagte kjentflater hvis oppdragstaker etablerer dette.
- Spesifikasjon av ønsket transformasjonsformel dersom leveransen skal være i andre koordinatsystem.

7.2.3 Gjennomføring av laserskanning

Sideoverdekning skal minimum være 20 %. Minste overlapp som følge av terrengvariasjoner eller turbulens skal være 5 %. Parallelle nabostriper bør flys i motsatt retning for å kunne oppdage ev. systematiske avvik mellom stripene (i stripeoverdekningene).

Ved enkeltstriper i kjede, f.eks. ved kartlegging av traséer, skal den neste stripen overlappe den forrige (i knekkene) på en slik måte at den også kan fungere som tverrstrip (se avsnitt 7.6.2). Det skal manøvreres slik at IMU blir tilstrekkelig initialisert. Når det gjelder flyving med GPS/INS, gjelder tilsvarende krav som er spesifisert i avsnitt 6.2.5

7.3 Kjentpunkter og kontroll av målte punkter

Erfaring viser at det normalt er behov for noe korleksjon for systematiske avvik i de enkelte prosjekter. Dette behovet stammer normalt fra forskjeller mellom aktuell målesituasjon og forhold under den regelmessige kalibreringen, ytre påvirkning på navigasjonsløsningen samt avvik i benyttet geoidmodell.

Med bakgrunn i dette stilles det i det følgende krav om bruk av kontrolldata i form av kjentpunkter og tverrstriper.

7.3.1 Kjentpunkter/kjentflater

Kjentpunkter skal benyttes for å kunne oppdage og bestemme grove feil og systematiske avvik og som grunnlag for ev. nødvendige transformasjoner. Et kjentpunkt defineres her som en flate beskrevet av en samling tredimensjonale

punkter. Disse er entydig identifiserbare i laserdataene ved hjelp av deres høyde- og/eller intensitetsverdier.

7.3.1.1 Antall og plassering

Minimum punktantall bestemmes ut fra kartleggingsarealets størrelse, alternativt bestemmes det av antall striper, men antallet skal uansett ikke være under et visst minimum (se tabell 7.2).

Min. antall kjentpunkter bestemt ved antall striper	Antall striper/10
Min. antall kjentpunkter, uansett	3

Tabell 7.2. Minimum antall kjentpunkter.

Kjentpunktene skal fordeles jevnt over kartleggingsarealet.

7.3.1.2 Form og størrelse

Kjentpunktene skal bestå av horisontale plan ev. skråplan med maksimumshelling på 10 %. De bør ha en utstrekning på minst 5 m x 5 m, og enkeltpunkter skal fordeles jevnt utover slik at de beskriver terrengoverflaten best mulig. Maksimumsavstand mellom punktene er på 1 m. Kjentpunktene skal være fri for vegetasjon og andre oppstikkende objekter.

7.3.1.3 Innmåling og nøyaktighet

De enkelte punktene i kjentflaten skal måles inn med et standardavvik maksimalt lik 1/3 av toleransen for punktene i den ferdige høydemodellen.

7.3.2 Tverrstriper

Tverrstriper skal benyttes for å kunne oppdage grove feil og systematiske avvik og for å kunne avdekke manglende homogenitet i punktenes nøyaktighet (f.eks. konstant høydeskipt mellom striper eller deformasjon av stripene).

Antall tverrstriper bestemmes ut fra arrondering og stripeplassering.

- For regulære areal skal det være minimum 1 tverrstripe. Det skal minimum være en tverrstripe per 60 km.
- For irregulære/oppstykkede areal må antall tverrstriper vurderes i det enkelte tilfelle.
- Prosjekt dekkes av kun en stripe, skal ha en tverrstripe.

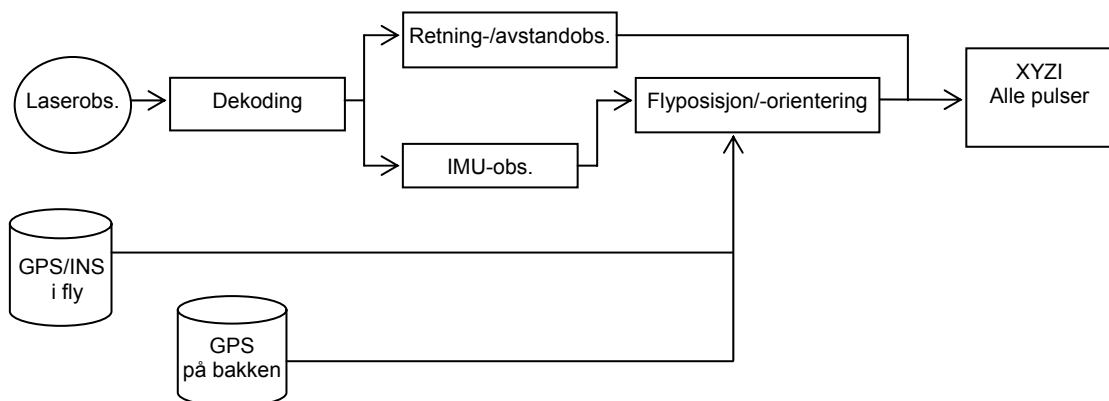
7.3.3 Planimetrisk kontroll

For å kontrollere grunnrissnøyaktigheten til laserdataene, skal det måles inn like mange takkanter som kjentpunkter/kjentflater. Takflatene skal minimum bestå av 4 takkanter. Med utgangspunkt i laserdataene og innmålte takkanter beregnes grunnrissnøyaktigheten (standardavvik) til laserdataene. Oppdragstaker kan benytte eksisterende bygningsdata (FKB) med god stedfestingsnøyaktighet for å utføre kontrollen.

7.4 Bearbeiding av laserdata (klassifisering)

7.4.1 Rådata

Observasjonene fra laserskanneren blir dekodet, og koordinater for alle returpulser blir beregnet ved hjelp av GNSS- og INS-dataene. Observasjonene fra laserskanneren lagres på binære filer. De kan betraktes som interne rådata siden de vanligvis bare kan leses av programvare som følger laserskanneren. For oppdragsgiver og historisk arkiv vil det være naturlig å avgrense rådata til koordinater for alle i hver enkelt laserpuls, som verken er transformert, feilrettet eller klassifisert. Enkelte laserskannere vil også kunne gi en intensitetsverdi (I) på hvert punkt relatert til refleksjonsstyrken på retursignalet. Se figur 7.1.



Figur 7.1. Rådata.

7.4.2 Feilsøking/klassifisering

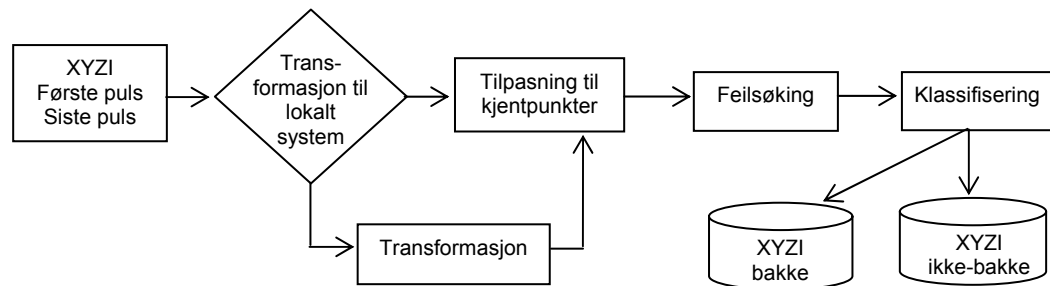
I sin enkleste form vil en klassifisering være å skille punkter som er treff på bakken fra de øvrige punktene. Avhengig av formålet med laserskanningen vil oppdragstakeren kunne klassifisere punktene i ulike lag, f.eks. bygninger, broer, vann, objekter 0–2 m over bakken.

7.4.2.1 Feilsøking

I laserdata vil det forekomme feil av type atmosfæriske treff og lave punkter som skyldes "multipath" eller gal bestemmelse av siste puls. Punkter av den siste feiltypen vil ofte bli inkludert i terrengmodellen siden mange klassifiseringsrutiner bygger på det prinsippet at det laveste punktet innen et gitt areal antas å tilhøre terrengmodellen. Prosessen med å oppdage lave punkter vil normalt omfatte automatiske rutiner og ved betraktning av f.eks. skyggelagte relieffbilder. Oppdragstaker skal dokumentere metode for feilsøking.

7.4.2.2 Klassifisering

Det finnes flere metoder for klassifisering av laserdata for fremstilling av terrengmodell. Flere metoder og kombinasjoner av disse basert på vegetasjonsmengde og topografi er under utvikling. Se figur 7.2.



Figur 7.2. Feilsøking og klassifisering.

Utover å klassifisere punkter til bakke og ikke-bakke er det mulig å klassifisere punktene (spesielt ikke-bakke) i flere klasser avhengig av formålet med FLS og tilgjengelige metoder. For å oppnå dette vil det ofte være nødvendig å bruke supplerende data. Kvaliteten på klassifiseringen kan samtidig bli mer pålitelig, avhengig av kvaliteten og alderen på de supplerende data.

7.5 Egenkontroll og rapportering

7.5.1 Geometrisk kontroll

Oppdragstaker skal før dataleveranse kontrollere at dataene dekker området som skal dekkes.

Oppdragstaker bør også kontrollere om det er forskyvninger i forhold til et grunnkart. Deler fra grunnkartet (f.eks. veger eller bygninger) oversendes fra oppdragsgiver. Dette gjelder både i grunnriss og i høyde. Forskyvningene kan ofte være små, så det er viktig at en slik kontroll gjøres med egnede data. Eksempel på årsaker til slike forskyvninger kan være at det er brukt

- ellipsoidehøyde i stedet for ortometrisk høyde.
- feil koordinat for basestasjon.

Når det kartlegges områder uten gode grunnlagsdata, vil det være vanskelig for operatørene som prosesserer laserdata (oppdragstaker) å avsløre om slike feil er gjort. Derfor er det viktig at oppdragsgiver kontrollerer dette.

Oppdragsgiver bør også gjøre geometrisk kontroll ved at oppdragstaker leverer plott med avgrensning for leveranse og med stikkprøver i selve leveransen for å se om avgrensningen stemmer.

7.5.2 Kontroll av klassifisering

Oppdragstaker skal kontrollere at klassifisering er i henhold til spesifikasjonen som gjelder for prosjektet. I tillegg skal det alltid kontrolleres at spiker (eng. spikes) og dobbeltrefleksjoner er fjernet i sluttproduktene. En spiker er ett enkeltpunkt med veldig stort avvik i høyde. Dette punktet kan komme fra partikler eller fugler mellom flyet og bakken og vil være som en spiker som står rett opp fra overflaten. En dobbeltrefleksjon er et enkeltpunkt som kommer fra en stråle som har blitt reflektert flere ganger, f.eks. fra bakken til et glasstak og tilbake til bakken igjen. Slike vil opptre som små hull i overflatene. Kontroll av spiker og dobbeltrefleksjoner kan

gjøres maskinelt, men ofte er det like enkelt å gjøre dette med manuell inspeksjon av et relieff av overflaten.

Oppdragsgiver bør også kontrollere klassifisering som nevnt over. Her kan det f.eks. kontrolleres at bruer eller kraftledninger er klassifisert riktig ved å sammenligne med eksisterende grunnkart eller ortofoto.

Dersom det sammenlignes med kontrollen av FKB-data, så bør det utføres samme typer kontroll av koding og geometri selv om verktøy og metode vil være annerledes.

7.5.3 Rapport

Alle kart- og oppmålingsarbeider skal rapporteres skriftlig. Det vises til generell omtale i Geodatastandardens avsnitt 6.6 og Tillegg C.

Alle punktlistene (koordinatlistene) skal ha angivelse av datum, projeksjon, høydegrunnlag og identifisering av beregningen.

Generelt gjelder at alle resultater fra beregninger skal vurderes og kommenteres. Ev. problemer i prosjektet skal omtales spesielt.

Rapporten er en del av leveransen og skal leveres samtidig med det produktet som rapporten omhandler.

Alle data tilhørende et prosjekt leveres digitalt på avtalt format.

Rapporten skal dateres og underskrives av fagansvarlig hos oppdragstaker.

1 Generelt

- 1.1 Oppdragsgiver (adresse, prosjektleder og ev. Geovekst-parter).
- 1.2 Oppdragets nummer og navn. Fylke og kommune.
- 1.3 Oppdragstaker (adresse og fagansvarlig) samt ev. underleverandører.
- 1.4 Hva arbeidene gjelder (flygning, dekningsområde, punkttetthet, klassifisering, tilleggsarbeider). Oppdragstakers kommentarer til gjennomføringen av prosjektet.
- 1.5 Koordinatsystem.
- 1.6 Opplysninger om levering av digitale data (tidspunkt, lagringsmedium og database).
- 1.7 Oppbevaringssted for benyttet materiell (rådata, koordinater, eldre rapporter, kart, databaser o.l.).
- 1.8 Beskrivelse av det kvalitetssikringsopplegg som har vært fulgt.
- 1.9 Kopi av bestillingsskjema med bilag og kartutsnitt.
- 1.10 Antall eksemplarer av rapporten og oppbevaringssteder.

2 Opptak/datainnsamling

- 2.1 Hvem som har utført laserskanningen og tidspunktet for utførelsen.
- 2.2 Benyttet måleutstyr (merke, type, nummer) med dokumentasjon for ev. kalibreringer.
- 2.3 Geodetisk og vertikalt grunnlag (geodetisk datum, vertikalt datum, ellipsoidisk/ortometrisk høyde, kartprojeksjon, akse/sone).
- 2.4 Kvaliteten på benyttede kontrollpunkter skal omtales og dokumenteres.
- 2.5 Avvik ved måling av kontrollpunkter.
- 2.6 Ev. transformasjonsmetode skal omtales.
- 2.7 Vanskeligheter i forbindelse med laserskanningen.

3 Databearbeiding/prosessering

- 3.1 Hvem som har utført beregnings- og editeringsarbeidene og hvilket beregningsprogram som er benyttet.
- 3.2 Sammendrag av resultat fra GNSS/INS-beregning.
- 3.3 Sammendrag fra kalibrering (systematiske feil) og stripejustering (tilfeldige feil).
- 3.4 Sammendrag av resultat for referanseområder/kjentflater (midlere høydeforskjell pr. flate, standardavvik til dette middelet og ev. dZ-translasjon).

4 Leveranser

- 3.1 Oversikt over innholdet i leveransen.
- 3.2 En oversikt over oppdeling og navning av leverte datafiler.

8 Konvertering av analoge kart til digitale vektordata

8.1 Generelt

De metoder som omtales her, manuell digitalisering og skanning/vektorisering, gir kun x- og y-koordinater. Om dataene i tillegg skal tildeles z-koordinat (høyde), må dette gjennomføres ut fra behov og muligheter.

I dette kapitlet behandles ikke produksjonsmetoder for etablering av rasterdata (georeferert digitalt kartbilde) som produkt.

8.2 Manuell digitalisering

Manuell digitalisering av eksisterende kart blir ofte benyttet som en rask og enkel måte å skaffe til veie et digitalt kart. Kartet blir digitalisert av en operatør som følger alle linjer/punkter og tildeler objekttype og egenskaper basert på sin tolking.

Digitaliseringen kan skje på digitaliseringsbord eller direkte på skjerm. Det siste forutsetter at kartet som skal digitaliseres, er skannet og georeferert.

8.2.1 Innpassing

Før digitaliseringen starter må det registreres innpassingspunkter som gjør det mulig å transformere koordinatene fra digitaliseringsbordets koordinatsystem til terrengkoordinater. Punktene må velges jevnt fordelt i ytterkant av kartet. Punktene må være klart definert, og en må kjenne terrengkoordinatene. Rutenettskryss er godt egnet. Nøyaktighetskravet avgjør antallet som må benyttes. For nøyaktig digitalisering kreves minimum 4 innpassingspunkter. Hvis man jobber på en kopi eller et skannet kart, bør man imidlertid øke antallet til 6, jf. avsnitt 8.3.3.

Det skal benyttes affin transformasjon for å kompensere for ev. deformasjon av det analoge kartet. Det er imidlertid en fordel å foreta en konform transformasjon først. Denne vil avsløre punkter med store restavvik, og slike punkter kan da registreres på nytt. Til slutt foretas en affin transformasjon. Punktstandardavviket ved beregningen av transformasjonsparameterne bør være bedre enn 0,2 mm i den aktuelle kartmålestokken. Dette tilsvarer 0,2 m i målestokk 1:1000, 1 m i 1:5000 og 10 m i 1:50 000.

Etter innpassing skal det digitaliseres 2 punkter for kontroll. Rutenettskryss er godt egnet som kontrollpunkter.

Etter lengre avbrudd i digitaliseringen (f.eks. over natten) skal innpassing utføres på nytt.

Ved skjermdigitalisering er kartbildet normalt allerede innpasset. Man skal likevel, så langt som mulig, kontrollere innpassingen. Dette gjøres ved at man digitaliserer 2 kontrollpunkter, f.eks. rutenettskryss.

Opplysninger om målemetode og nøyaktighet kommer til syne under kvalitetsangivelsen som blir lagt til hver gruppe som blir digitalisert.

8.2.2 Kalibrering av digitaliseringsbord

Digitaliseringsbord bør regelmessig kontrolleres med tanke på geometrisk nøyaktighet.

Man bør kontrollere

- nøyaktigheten over hele flaten som normalt anvendes ved digitalisering.
- for ev. sprangvise koordinatforandringer langs digitaliseringsbordets koordinat-akser.
- trådkorsets eksentrisitet i cursoren.

Kontroll av nøyaktighet kan utføres gjennom gittermåling av et regelmessig rutenett med standardavvik lavere enn 0,03 mm. Rutenettet bør plasseres noe vridd i forhold til digitaliseringsbordets koordinatakser for å få en jevnere spredning av målepunktenes beliggenhet i x- og y-retning. Som mål på den geometriske nøyaktigheten, anvendes punktstandardavviket som oppnås ved innpassing av målte koordinater på de gitte rutenettskoordinatene med utjevning etter minste kvadraters metode. Utrustning som skal benyttes for kartdigitalisering, bør ha en nøyaktighet der punktstandardavviket fra utjevning av gittermåling ikke overstiger 0,1 mm.

Kontroll av ev. sprangvise koordinatforandringer utføres enklest ved å digitalisere, ved hjelp av linjal, et antall rette linjer med høy tetthet og varierende retninger i forhold til koordinataksene. Linjene plottes deretter ut og betraktes visuelt med hensyn på diskontinuiteter.

Kontroll av trådkorsets eksentrisitet i cursoren kan gjøres ved å utføre flere registreringer av et og samme punkt med 90° vridning av cursoren mellom hver registrering. Deretter kontrolleres om det foreligger noen systematisk forskjell i registreringene i de ulike retningene.

8.2.3 Tildeling av objekttype

Alt som digitaliseres, skal gis en objekttype og ev. andre egenskaper (f.eks. ..HØYDE) i henhold til gjeldende spesifikasjoner for oppdraget. Det normale vil være at operatøren tolker kartet og gir objekttype i henhold til denne tolkingen, eller at kartet er utarbeidet som et manuskart der kodingen går klart frem av farge- eller symbolbruk.

8.2.4 Registreringsmetode

Registrering av enkeltpunkter gir x- og y-koordinater og tilhørende objekttype.

Registrering av linjer kan gjøres på ulike måter:

- Kontinuerlig registrering: Dette innebærer et gitt antall punkter pr. tidsenhet eller pr. avstandsenhet. Denne metoden kan gi svært mange punkter, men blir ofte benyttet fordi den er rask. Antall punkter som registreres pr. sekund, må sees i sammenheng med aktuell målestokk som benyttes. Likeså må en ev. punktsiling, dvs. reduksjon av antall punkter uten at linjens utseende endres, tilpasses til den aktuelle målestokk som benyttes.
- Enkeltpunkter i sekvens: Dette gir færre punkter, men kan gi en noe kantete kurve og ta noe lenger tid enn ovenstående metode.

Ved digitalisering benyttes de samme registreringsmetodene som ved fotogrammetrisk kartlegging. I Produktspesifikasjon FKB er det for hver objekttype angitt hvilken metode som fortrinnsvis skal benyttes.

8.2.5 Topologi

Under digitaliseringen er det viktig å ta hensyn til hvilken topologi det ferdige resultatet skal ha, og hvilke metoder som skal benyttes for å etablere topologien. Produktspesifikasjoner vil angi krav til topologi.

Datasett med topologi vil være på SOSI-nivå 3 (linjenettverk) eller 4 (lukkede polygoner). Under digitaliseringen må alle linjer ende i et knutepunkt mot andre linjer. Dette kan skje ved at digitaliseringsprogrammet beregner knutepunktet under digitaliseringen, eller at det skjer i en prosess etter selve digitaliseringen. Danning av knutepunkt, under eller etter digitaliseringen, skjer ved at punkter som ligger innen en viss avstand (snapperadius), slås sammen. Linjer som krysser hverandre, eller som ender innen en viss avstand fra en annen linje, vil også få dannet knutepunkt. Hvis enkelte linjer har en høyere nøyaktighet enn andre, bør de gis en tyngre vektning i beregning av endelig plassering av knutepunktet.

8.3 Automatisk digitalisering

Automatisk digitalisering omhandler skanning, vektorisering og ev. mønster-/symbolgjenkjenning. Skanning gir rasterdata, mens vektorisering konverterer rasterdata til vektordata. Mønster-/symbolgjenkjenning konverterer rasterbilder av symboler, tekst og tall til meningsfylt informasjon. Metoden forutsetter ofte interaktiv styring og kontroll fra operatøren. Nøyaktighetsmessig vil det være liten praktisk forskjell på denne metoden i forhold til manuell digitalisering. Automatisk digitalisering kan resultere i en "dårlig datastruktur", f.eks. er det vanlig at rette linjer blir oppdelt i flere små linjebiter. Dette kan rettes opp ved etterprosessering.

Ved skanning av rissefolier blir det best resultat med gjennomlysning, altså underlys.

8.3.1 Skanneoppløsning

Kravet til oppløsning vil være avhengig av kartet som skal skannes. Oppløsningen bør være minimum halvparten av den tynneste linje eller detalj som skal skannes. Det betyr at hvis tynneste linje er 0,1 mm, skal oppløsningen være på minimum 0,05 mm. Oppløsningen må oppgis i optisk verdi, altså det som leses direkte i skanneren, og ikke som en oppløsning som er et resultat av en beregning i etterkant.

8.3.2 Kalibrering av skanner

Skannere skal kalibreres for systematiske feil, og rasterfila fra skanningen skal korrigeres for systematiske feil ved hjelp av denne kalibreringen. Kalibreringen av skanneren bør foretas med jevne mellomrom, f.eks. en gang hvert år.

8.3.3 Innpassing/transformasjoner

Kartet som skal skannes, må ha klart definerte merker eller punkter (rammemerker), med kjente terrengkoordinater for at de skannede data skal kunne transformeres til terrengkoordinater. Det bør være minst 6 slike rammemerker på kartet, men av

praktiske årsaker vil det ofte være vanskelig å få flere enn 4. Dette kan godtas hvis kartet er av stabilt fysisk materiale (f.eks. kartfolier) og nøyaktighetskravet ikke er for høyt.

8.3.4 Vektorisering

8.3.4.1 Topologi

På samme måte som ved manuell digitalisering må det spesifiseres hvilken topologi som skal ligge i det ferdige resultatet. Toleranser for danning av knutepunkt (avstand mellom punkter og linjer) må oppgis.

8.3.4.2 Klipping mot kartkant

Alle linjer skal klippes eksakt mot kartkant. Kartkant skal være oppgitt eller mulig å beregne. Linjer som slutter innenfor en gitt avstand til kartkant (f.eks. 2 mm), bør forlenges til skjæring med kartkant. Punkter eller linjer som går utenfor kartkanten, skal ikke med i det endelige resultatet med mindre det er spesielt avtalt og kodet på en spesiell måte.

8.3.4.3 Punkttetthet

Linjer kan representeres ved et punkt i hvert knekkpunkt, dvs. der linjen endrer retning, ved en serie punkter med konstant avstand eller en serie punkter med avstand varierende med hvor mye linjen endrer retning. Måten linjer representeres på, skal oppgis.

8.3.4.4 Gap

I linjer som skal være sammenhengende, kan det være små brudd. Det skal oppgis hvor store gap som skal "tettes". Det normale vil være inntil 2 mm, men dette vil variere med kartets kompleksitet og innhold. Linjer med gap som lukkes, bør gis en kvalitetskode som viser at automatisk lukking er foretatt.

8.3.5 Mønster-/symbolgjenkjenning

Det kan utføres automatisk eller halvautomatisk mønstergjenkjenning på det skannede kartet. Normalt vil mønstergjenkjenningen være best å utføre på rasterfila, men det vil avhenge av hvilket program som benyttes. Objekter som er mønstergjenkjent, skal kodes i henhold til de egenskaper objektet har. Det må fremgå klart av kvalitetsinformasjonen (i hodet på fila) hvilket program og hvilken metode som er benyttet. Usikre gjenkjenninger må kodes spesielt.

8.4 Kvalitetskoding

Det er viktig å registrere kvalitetskoder under digitaliseringen. Med kvalitetskoding menes at alle registrerte objekter skal ha registrert målemetode, f.eks. digitalisert på digitaliseringsbord fra papirkart, og stedfestingsnøyaktighet. Det påhviler operatøren et ansvar for at alle vurderinger og tolkinger som blir gjort, kommer til kjennskap for

de som skal benytte dataene senere. Hvis noe er usikkert, skal dette markeres med kvalitetskode for usikkert.

9 Ajourføring

9.1 Hvorfor ajourføring?

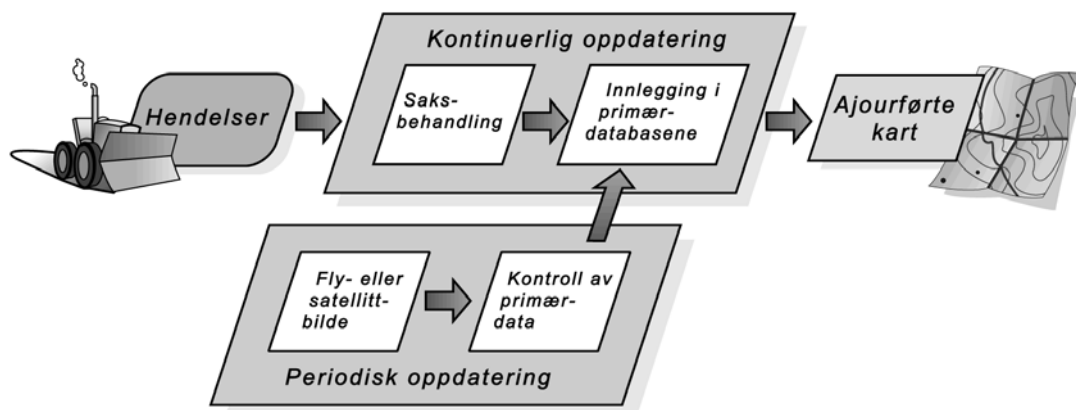
Kartdatabaser utgjør en stor verdi for samfunnet. Over tid synker imidlertid kvaliteten i form av fullstendighet fordi objekter kommer til, blir endret eller fjernes i terrenget. Objektene egenskaper kan også endre seg over tid. Når kvaliteten i form av fullstendighet synker og datasettet ikke lenger gjenspeiler virkeligheten, forringes databasens verdi for brukerne. Følgelig må databasene holdes à jour, ved kontinuerlig og periodisk ajourføring eller nykartlegging.

9.2 Kontinuerlig og periodisk ajourføring

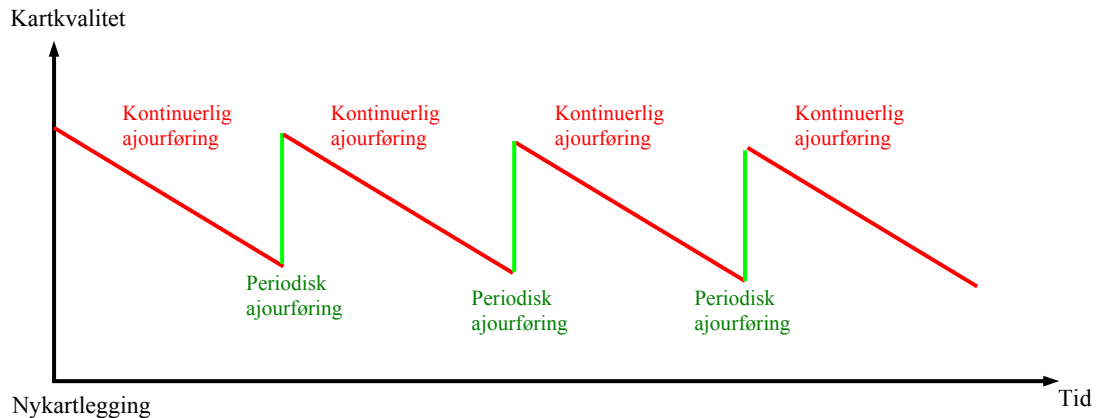
Kontinuerlig ajourføring av kartdata betyr at dataene ajourføres gjennom administrative rutiner knyttet til løpende saksbehandling i f.eks. byggesaker. Herunder hører også rettelser som skyldes feilmeldinger eller som følger av endringer i andre databaser.

Alle endringer vil ikke bli fanget opp gjennom administrative rutiner, og det vil derfor være nødvendig å supplere med periodiske ajourføringer, der hele datasettet gjennomgås og ajourføres. Ved periodisk ajourføring skal data fra kontinuerlig ajourføring kontrolleres, ev. forbedres, manglende objekter skal suppleres og overskytende objekter skal slettes. Hyppigheten av periodisk ajourføring varierer avhengig av områdetype og byggeaktivitet. Periodisk ajourføring gjøres vanligvis ved fotogrammetri.

Forholdet mellom kontinuerlig og periodisk ajourføring er vist i figur 9.1 og 9.2.



Figur 9.1. Kontinuerlig og periodisk ajourføring.
Kilde: Veilederen "Det offentlige kartgrunnlaget".



Figur 9.2. Skjematisert fremstilling av kartkvalitet som funksjon av kontinuerlig og periodisk ajourføring. Gjennom kontinuerlig ajourføring vil man kunne ta inn objekter som er registrert med dårligere stedfestingsnøyaktighet enn det som er normalt, og gjennomsnittlig stedfestingsnøyaktighet (kartkvaliteten) vil dermed synke. Gjennom kontinuerlig ajourhold vil man ikke klare å fange inn alle endringer, og fullstendigheten (kartkvaliteten) vil synke. Ved en periodisk ajourføring vil man bringe kartkvaliteten opp på et tilsvarende nivå som ved nyetablering.

9.2.1 Kontinuerlig ajourføring

Hovedregelen er at all bygging eller riving av konstruksjoner eller anlegg, herunder vesentlige terrenginngrep, krever søknad eller melding til kommunen. Dette vil være den viktigste kilden til ajourføring.

Alle offentlige etater med ansvar for primærdatasett må ha rutiner slik at alle tiltak som har betydning for kartverket, blir lagt inn i datasettene. Databaser skal oppdateres kontinuerlig hvis etaten selv har tilgang til basen og er godkjent for oppdatering av originaldatabasen. Ellers må etaten opprette eget endringslag/merke data for data de selv ikke oppdaterer originalen til. Endringsdata sendes videre som avtalt i FDV-avtaler.

Objektene kodes i henhold til standard. I tillegg forutsettes at feil eller mangler som oppdages i dataene, rettes, og at forbedret stedfestingsnøyaktighet, f.eks. fra innmåling, legges inn. Etter innmåling av et registrert tiltak vil omkoding og ev. flytting av objektet mellom databaser være aktuelt.

Før tiltak registrert gjennom saksbehandling er ferdig bygget (eventuelt innmålt), kan de registreres i egen tiltaksdatabase. For kommunen gjelder dette for eksempel tiltak etter Plan og bygningsloven som skal distribueres ihht PblTiltak, se Produktspesifikasjon FKB.

Den ansvarlige for tiltaket skal i henhold til plan- og bygningslovens SAK-forskrift, sørge for at opplysninger om tiltakets utførelse og beliggenhet formidles til kommunen. Denne plikten omfatter både søknadspliktige og meldingspliktige tiltak, og tiltak godkjent etter annet lovverk.

Innen kontinuerlig ajourhold hører også oppdateringer mellom databaser, for eksempel bør det jevnlig foretas sjekk mellom bygningspunkt i GAB/Matrikkelen og tilhørende bygningsomriss i primærdata (FKB-Bygning).

Alle objekter skal ved innlegging i aktuell database merkes med datering og kvalitet i samsvar med produktspesifikasjon (for eksempel Produktspesifikasjon FKB).

Data fra kontinuerlig ajourføring (tiltaksdata) kan være lagt inn fra situasjonsplaner eller de kan være resultatet av nøyaktig markmåling av utført tiltak. Det er derfor viktig å ha et bevisst forhold til koding av objektets nøyaktighet, samt at det må tas hensyn til for eksempel bygningsstatus og stedfestingsnøyaktighet ved presentasjoner.

Ved kontinuerlig ajourføring bør fullstendighet normalt prioriteres fremfor stedfestingsnøyaktighet. Det kan også være nødvendig å prioritere de viktigste objekttypene (de andre må da vente til periodevis ajourføring).

Noen aktuelle rutiner for rapportering er nevnt i tabell 9.1.

Sak	Hvem sender	Type rapport som sendes (ev. som digital rapport)
Etablering av fastmerker	Registermyndigheten for fastmerker	Rapport for landmåling, med koordinatliste
Endring av administrative grenser	Kommunen	Vedtak om endringer i kretsgrenser (skole-, valg-)
	Statistisk sentralbyrå	Vedtak om endringer i grunnkretsgrenser
	Fylkesmannen	Vedtak om endringer i kommunegrenser
	Kommunal- og regionaldepartementet	Vedtak om endringer i fylkesgrenser
Delingsforretning	Kommunen	Målebrevskart med beskrivelse og koordinater for eiendomsgrenser, grensemerker og punktfester
Byggesaksbehandling	Tiltakshaver til kommunen	Informasjon om prosjektert og godkjent tiltak, med situasjonsplan eller situasjonsplanriss
	Den ansvarlige for beliggenhetskontrollen	Sluttrapport fra beliggenhetskontrollen ("som bygget")
Meldinger eller søknader etter annet lovverk enn plan- og bygningsloven	Tiltakshaver	Opplysninger om tiltakets plassering som er nødvendige for ajourføring av det offentlige kartverket
Jordskiftesaker	Jordskifteverket	Rapport m/utskrift av rettsboka, jordskiftekart og målebrev
Nye ledninger	Ledningsleggende etater	Ajourfører sine ledningskart selv (se "Norm for ledningskart" og "Norm for VA-ledningskartverk")
		Noe ledningsinformasjon går inn i FKB
Endret arealressursflater/ markslag	Landbrukskontoret i kommunen	Kart med beskrivelse og avgrensning av ny arealtilstand
Verneområder (nasjonalparker, naturreservater og landskapsvernområder)	Miljøverndepartementet	Rapport om nye og/eller endrede verneområder
Kulturminner	Fylkeskommunen	Rapport om registrerte nye kulturminner sendes kommunene og NIKU (Norsk institutt for kulturminneforskning)
Vegnett	Statens vegvesen for E-, R- og F-veger; kommunen og landbrukskontoret for kommunale og private veier	Rapporter med nye kartdata sendes Statens kartverk som sender videre til originaldatavert minst en gang pr. år
Vegsituasjon	Den som bygger eller endrer veg	Rapporter med nye kartdata
Jernbane	Jernbaneverket eller kommunen	Rapporter med nye kartdata
Lufthavn	Avinor eller kommunen	Rapporter med nye kartdata

Tabell 9.1. Rapportering for å få ajourført kart. Rapportene sendes til den ansvarlige for de aktuelle kartdata (originaldatavert), vanligvis kommunen.

Kommunens egen prioritering nedfelles i Geodaplanen.

Mer informasjon finnes i

- "Geovekst veiledningsperm" kapittel 10 Retningslinjer for forvaltning av FKB-data.
- Veilederen "Det offentlige kartgrunnlaget".

9.2.2 Periodisk ajourføring

Kontinuerlig ajourføring alene vil ikke sikre at dataene holder fastsatte krav til kvalitet. Det er derfor nødvendig med periodiske ajourføringer, både for å fange opp endringer som ikke er rapportert gjennom løpende saksbehandling, og for å (fotogrammetrisk) måle inn rapporterte endringer.

Periodisk ajourføring innebærer at dataene bringes opp på det kvalitetsnivå som er spesifisert for området. Det foretas i tillegg en systematisk og fullstendig gjennomgang og ajourføring av hele eller deler av datagrunnlaget. Ajourføringen kan utføres systematisk, f.eks. 1/3 av kommunens areal hvert år eller hele kommunen med visse mellomrom.

Før periodisk ajourføring starter, må man ta stilling til om det samtidig skal skje en oppgradering. Følgende problemstillinger må avklares:

- Skal man utføre ajourføring eller skal alle objekter nykonstrueres?
Registreringsinnstruksen for FKB-data har endret seg over tid, og det kan være aktuelt å registrere alle objekter på nytt. Her kan det nevnes at registreringsinnstruksen for bygninger er vesentlig endret fra FKB-versjon 4.0 (2007) i forhold til tidligere versjoner.
- Hvilken FKB-standard skal benyttes? Er det aktuelt å heve kartleggingsstandarden ved ajourføring? F.eks. kan det være at mønelinjer ikke finnes i eksisterende data, men man ønsker å få registrert disse for hele ajourføringsområdet.
- Hvordan er status for høydereregistrering i eksisterende data? I eldre data kan det forekomme ufullstendig høydereregistrering. Før ajourføring må det bestemmes hvordan disse manglene skal håndteres. Skal ufullstendige høydereregistreringer rettes eller ikke?
- Hvordan er topologien på eksisterende data? Er det behov for en oppgradering? Se avsnitt 9.3 for mer informasjon om oppgradering.

Fotogrammetri er normalt mest hensiktsmessig ved periodisk ajourføring. Ved fotograferingen velges bildemålestokk/GSD ut fra kartleggingsstandarden i området. Som stereoinstrument bør benyttes digitalt instrument (DFA) med stereoinnspeling av det gamle kartet.

Generelle krav til ajourføringen:

- Tidspunkt for ajourføring (for eksempel flyfotodato) skal registreres, også for saumfarte objekter hvor det ikke har skjedd endringer (ellers vil objekter som er stabile over tid, gi inntrykk av å utgjøre foreldete data). Disse datoegenskapene i SOSI/FKB skal benyttes ved ajourføring:
 - o DATAFANGSTDATO angir dato for måling/observering/registrering av objektet (i terrenget).
 - Ved fotogrammetrisk datafangst vil dette være datoen for når flybildene som ligger til grunn for kartkonstruksjonen ble tatt (flyfotodato).

- Ved digitalisering av eksisterende kart vil dette normalt være datoen for når flybildene kartene er produsert etter er tatt (flyfotodato).
- Ved landmåling vil dette være datoen for innmåling.
- o VERIFISERINGSDATO angir dato for når det er fastslått at eksisterende dataobjekt fremdeles samsvarer med objektet i virkeligheten.
 - Brukes for eksempel i de sammenhenger hvor det er foretatt fotogrammetrisk ajourhold, og hvor det ikke er registrert endringer på objektet (det virkelige objektet er i samsvar med dataobjektet).
- Z-koordinater skal måles for ajourførte objekter.
- Kvaliteten på ajourførte data skal være lik kvaliteten til nykonstruksjon.
- Kartdataene kontrolleres på samme måte som ved nykonstruksjon.
- Alle objekter som er ajourført administrativt (ikke er fotogrammetrisk bestemt) innenfor aktuelt område, skal kontrolleres og ev. forbedres i henhold til avtalt FKB-standard.
- Alle manglende objekter skal nykonstrueres, inkludert manglende objekter fra tidligere kartarbeider.
- Alle objekter som er revet/fjernet, skal fjernes fra datasettet, inkludert objekter som ikke er fjernet i tidligere kartarbeider.
- Alle objekter som er endret som følge av at nye objekter har kommet til eller er revet/fjernet, skal endres i datasettet. Eksempelvis skal en høydekurve ajourføres hvis terrenget er endret som en følge av bygging av en ny veg.
- Objekter som ikke er endret, skal ikke kartlegges på nytt, men grove feil i stedfestingsnøyaktighet skal rettes. Med grov feil forstås avvik som er større enn 3 ganger standardavviket for stedfestingsnøyaktighet for aktuelt objekt. Det bør i kontrakten angis hvordan større systematiske avvik mellom gamle og nye data skal håndteres.
- Feil i angivelse av objekttype eller egenskaper/egenskapsverdier skal rettes der feil oppdages, med unntak av egenskapsverdier som er basert på skjønn. Hvis alle feil skal rettes, må hvert enkelt objekt oppsøkes og sjekkes for angivelse av objekttype.

Til støtte for den fotogrammetriske ajourføringen bør en benytte vegnett fra NVDB, bygningspunkt fra GAB/Matrikkel og manuskart som viser administrativt registrerte endringer, eventuelt andre forhold. Eksisterende FKB-data som berøres av endringene på manuskartet, skal fjernes og konstrueres på nytt. Ajourføring i form av f.eks. et nytt bygg skal også omfatte terrengmessige og andre endringer som følge av tiltaket.

9.2.3 Innlegging i primærdatasett

Ved kontinuerlig ajourføring leveres ajourføringsdata til originaldataansvarlig som legger dem inn i databasen og editere denne.

Ved periodisk ajourføring får kartleggingsfirmaet normalt en kopi av originaldataene og utfører ajourføringer i disse. Leveransen fra firmaet er en ajourført kartdatabase for området. Ev. endringer som fanges inn ved kontinuerlig ajourføring i denne perioden, må merkes spesielt slik at de kan tas inn i den ajourførte kartdatabasen som leveres fra firmaet.

Ved ajourføring i en DFA med innspeiling av kartdata, vil saumfaring, måling og editering foregå i samme arbeidsprosess direkte i databasen.

Ved alle former for retting vil koordinatene til eksisterende kartobjekter kunne endre seg. Man bør derfor være oppmerksom på at posisjonen til objektene kan forandre seg vesentlig i forhold til eldre objekter som ikke har vært med i ajourføringen, f.eks. ledningstraséer. Hvis justering er nødvendig, gjøres forandringene på de minst nøyaktige dataene.

Oppgaver til originaldataverten i forbindelse med kontinuerlig ajourføring:

- Ta i mot ajourføringsdata.
- Objekter som har blitt borte, fjernes fra datasettet.
- Objekter som har blitt endret, rettes i datasettet.
- Nye objekter legges til.
- Rette/melde fra om konsekvensendringer, for eksempel at en utbygging fører til at andre objekttyper må slettes.
- Strukturere datasettet på nytt, dvs. danne ny topologi med knutepunkter og flater.
- Gjennomføre kontorkontroll i henhold til kapittel 5 i "Kontroll av geodata" og spesielt sjekke at kvalitet og dato er kodet riktig.
- Lagre data med temavis inndeling og koplinger til f.eks. Matrikkelen, som beskrevet i Produktspesifikasjon FKB.
- Føre logg med opplysninger om når endringsdata kom inn fra partene, når datasettet ble oppdatert og hvilke kontroller som ble utført.
- Melde fra og distribuere data til samarbeidspartene i henhold til avtaler (for eksempel FDV-avtale eller Norge digitalt avtale).

Ved all ajourføring/nykartlegging bør markkontroll utføres.

9.3 Oppgradering

Med oppgradering menes forbedring av den datatekniske kvaliteten av eksisterende data.

Oppgradering av eldre FKB-data kan deles inn i tre hovedgrupper.

- 1 Oppdatering av koder til ny SOSI/FKB-versjon
Objekttyper og egenskaper skal omkodes til gjeldende versjon av SOSI/FKB. I en del tilfeller der man har eldre data kan det være aktuelt å ikke oppgradere dataene slik at de følger alle topologiske regler som er spesifisert i FKB.
- 2 Oppgradering av FKB-data fra 2 dimensjoner til 3 dimensjoner (med høyde)
Økt fokus på bruk av FKB-dataene i 3D aktualiserer en oppgradering av eksisterende data som mangler høyde. Generering av høyder på 2D-objekter kan være aktuelt i områder der man har etablert en god terrengmodell. I tillegg til å påføre høyder på objekter som mangler dette må man i tillegg kontrollere eksisterende høyder på objekter som har dette. For å utføre slik feilretting er det i mange tilfeller nyttig å benytte fotogrammetri (flyfoto) som støtte ved oppgradering. Oppgradering av FKB-data fra 2 dimensjoner til 3 dimensjoner gjelder i første rekke FKB-datasettene som etableres ved hjelp av fotogrammetri.
- 3 Konsistens mellom datasett
I FKB legges det opp til at enkelte FKB-data skal være koblet mot registerdatabaser. Forbedring av disse koblingene er aktuelt å gjøre som egne oppgraderingsjobber. Eksempel på en slik oppgraderingsjobb er "husvask". I "husvask" kontrolleres at bygningspunkt i GAB/Matrikkel ligger inne i bygningskroppen.

9.4 Forvaltning av geodata

Det henvises til generelle bestemmelser i Geodatastandardens avsnitt 6.9 og Geovekstveiledningsperms kapittel 10 om dataforvaltning.

Dataforvalteren er ansvarlig for at alle data som legges inn i basene, tilfredsstillende kravene i denne standarden og i de produktspesifikasjoner som gjelder for de aktuelle datasett. Dataforvalteren skal til enhver tid kunne dokumentere rutiner for ajourføring av geodata.

Det må være entydig hvilket datasett som er originaldatasettet for et gitt geografisk område, og hvem som har ansvaret for dette (originaldataansvarlig). Samspillet mellom originaldatabasen og kopier av den bør fastlegges i avtale.

10 Arkivering og sikring

10.1 Generelle bestemmelser

Kart og geodata (herunder flybilder (originaler, kopier og digitale opptak), kart (folier, papir) og måledata) er i utgangspunktet offentlig informasjon som skal arkiveres og behandles etter generelle lover og standarder. De viktigste lovene er:

- Arkivlova som inneholder generelle bestemmelser for offentlige og private arkiver med viktig forvaltningsmessig informasjon.
- Personopplysningsloven som skal sikre at personopplysninger blir behandlet i samsvar med grunnleggende personvern hensyn.
- Sikkerhetsloven som skal bidra til å verne om nasjonale sikkerhetsinteresser.

Av standarder og veiledere kan spesielt nevnes:

- "Noark 4 standarden" som spesifiserer kravene til elektroniske arkivsystemer i offentlig forvaltning.
- Miljøverndepartementets veileder "Det offentlige kartgrunnlaget " som beskriver etablering og drift av kommunens kartgrunnlag i henhold til kapittelet om kartverk i de tekniske forskriftene til plan- og bygningsloven.

10.1.1 Arkivering

Ved arkivering av både analogt og digitalt materiale skal

- arkivet være enkelt å vedlikeholde.
- arkivet gi en fullstendig og systematisk oversikt over innholdet. Informasjonen skal være lett tilgjengelig.
- det foreligge instruks for arkivtjenesten og rutiner som skal følges.
- arkivet ha en ansvarshavende som plikter å påse at rutinene følges.

10.1.2 Sikring

Arkivmaterialet er normalt offentlig informasjon som alle har rett til innsyn i. I noen tilfeller må imidlertid behandling og utlevering vurderes i forhold til personvernet (se veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen").

Materialet skal oppbevares på en sikkerhetsmessig forsvarlig måte, og det skal jevnlig tas sikkerhetskopier av digitale data. Lagring, behandling og tilgang til materialet skal inngå i beredskapsplan der slike planer er pålagt. For øvrig vises til Kommunenes Sentralforbund som har gitt ut en egen veileder om datasikkerhet, "Rapp.3a/97-Datasikkerhet.Hvorfor det?" og "Rapp. 3b/97-Datasikkerhet.Veileder."

Arkivmaterialet skal være sikret mot uforsvarlig behandling og forhold som kan forringe eller tilintetgjøre det, slik som ikke-kontrollerte uttak, ikke-autoriserte endringer og ødeleggelser.

Originaler skal sikres ved kopiering på godkjent datamedium eller ved f.eks. mikrofilm. Originaler og sikkerhetskopier skal oppbevares på hvert sitt geografiske sted.

10.1.3 Historisk lagring

Historisk lagring skal gjennomføres etter arkivlova med forskrifter og de bestemmelser som gis av arkivverket (Riksarkivet eller statsarkivene).

Det skal lagres årsversjoner av alle datasett. Ved full datering i datasettene (også når objekter fjernes) er det tilstrekkelig med lagring av versjoner hvert 3. til 5. år.

10.1.4 Sikkerhetsgradert materiale

Arkivet vil normalt ikke inneholde opplysninger som må beskyttes av sikkerhetsmessige grunner.

Flybilder og annet materiale som inneholder informasjon av betydning for landets sikkerhet, skal oppbevares på en slik måte at de ikke kommer uvedkommende i hende. Det skal foreligge egen instruks for flytting/tilintetgjørelse av sikkerhetsgradert arkivmateriale ved katastrofer. Det vises til lov om forebyggende sikkerhetstjeneste (sikkerhetsloven) med forskrifter.

Oppdragsgivere for fotografering som mottar diapositiver eller kopier, skal sikre disse mot uvedkommende i henhold til lov om forebyggende sikkerhetstjeneste (sikkerhetsloven) med forskrifter. Slikt materiale skal ikke bringes ut av landet uten forutgående samtykke fra Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM).

10.2 Originalt materiale

Inntil levering har funnet sted, har oppdragstaker risikoen for alt originalt materiale, ref. "Avtale for geodataarbeider".

10.2.1 Film og digitale opptak

Her omtales både analogt og digitalt filmmateriale og opptak med digitale sensorer. Oppdragstakeren for fotografering skal oppbevare originalmaterialet ved jevn og riktig temperatur og relativ fuktighet (klimarom), slik at plastiske deformasjoner og skader på dataene unngås. Oppbevaringen skal være slik at materialet ikke utsettes for nedstøving eller kjemisk og fysisk påvirkning som resulterer i at emulsjon, base eller data skades eller deformeres. Data må sikres mot avmagnetisering, samt tap pga. lang lagringstid på datamediet.

Oppdragstaker skal oppbevare originalmaterialet i 4 år etter fotograferingsåret. Deretter skal det overføres til Statens kartverk Sentralarkivet for vertikalbilder. Dette skal avtales mellom oppdragsgiver og -taker, ref. "Avtale for geodataarbeider".

Oppdragstakers arkiv skal godkjennes av Statens kartverk og NSM. NSM gir instruks for og kontrollerer den sikkerhetsmessige behandlingen av materialet. Dersom arkivet ikke blir godkjent, plikter oppdragstaker å overføre originalmaterialet til et godkjent arkiv tilvist av Statens kartverk.

10.2.2 Kartmateriale og geodata

Originalt kartmateriale og geodata skal oppbevares på en slik måte at det til enhver tid kan fremstilles kopier uten at kvaliteten forringes.

10.2.3 Måledata og beregninger

Med måledata og beregninger forstås observasjonsbøker, originale digitale måledata, observasjonsriss, beregninger utført på grunnlag av disse måledataene, samt punktskisser. Materialet skal oppbevares og sikres på en slik måte at det til enhver tid kan fremstilles kopier uten at kvaliteten forringes. Digitale data skal oppbevares på en slik form at nyberegninger kan foretas umiddelbart. Materialet skal være tydelig merket med eierens navn.

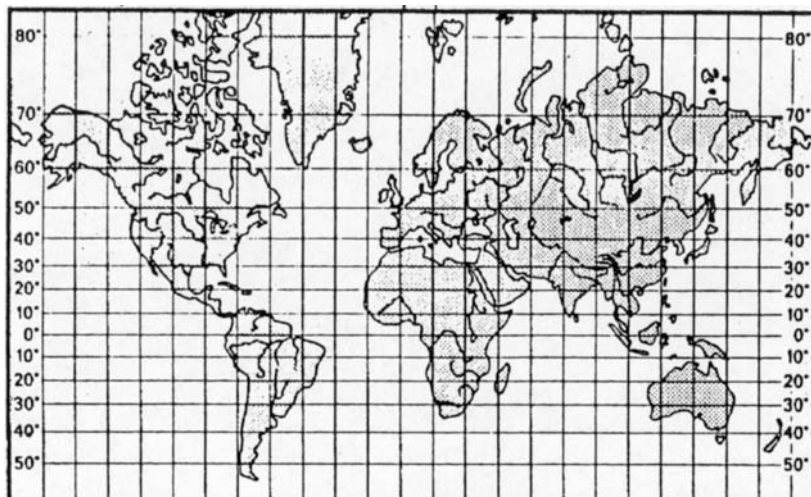
Tillegg A (informativt)

Litteraturreferanser

- Andersen, Ø., Maalen-Johansen, I.: "En innføring i digital fotogrammetri til kartleggingsformål". Versjon mars 1998. NLH, 76 s.
- Bernhardsen, T.: "Geografiske informasjonssystemer". 2. utgave. Vett & viten, 1992, 311 s.
- Kommunalforlaget: "Kommunal oppmåling". Håndbok til delingsloven. 3. utgave 1988, ISBN 82-7242-529-7.
- Lantmäteriverket: "Handbok till mätningsskuggjörelsen – Fotogrammetri", 1998, 76 s.
- Lov om kartlegging, deling og registrering av grunneiendom (delingsloven) av 23. juni 1978 nr. 70 med endringer, sist ved lov av 7. juni 2002 nr. 19.
- Mardal, L. og Eide, O. R.: "Digital fotogrammetri. Test av Intergraph's Image Station", NLH, 1993, 139 s.
- NIJOS: "Rettleiar for administrativt ajourhald av Digitalt markslagskart (DMK)", Versjon 1.0, 2003, 65 s.
- Nilsen, B.: "Digital fotogrammetri. Test av strategier ved automatisk generering av digitale terrengmodeller i SOCET SET", NLH, 1997, 102 s. (+ vedlegg, 58 s.).
- Norges Standardiseringsforbund 1994: "NS-ISO 8402 Kvalitetsledning og kvalitetssikring – Terminologi", 2. utgave oktober 1994, 29 s.
- Statens kartverk: "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister". Versjon 2.1, 2001, 21 s.
- Statens kartverk: "Kontroll av geodata". 2001, 88 s.
- Statens kartverk: "Koordinatbasert referansesystem". Versjon 1.0, 2001, 38 s.
- Statens kartverk: "Plassering og beliggenhetsk kontroll". 2002, 76 s.
- Statens kartverk, Norges Karttekniske Forbund, Rådet for teknisk terminologi: "Ordbok for kart og oppmåling". RTT 57, 1989, 353 s.

Tillegg B (informativt)

Solhøydatabell



Datotabell	21/12	6/12-7/1	21/11-22/11	5/11-7/2	21/10-22/2	8/10-8/3	22/9-23/3	7/9-7/4	22/8-22/4	7/8-7/5	22/7-23/5	7/7-7/6	21/6
Nordlig halvkule	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
Sydlig halvkule	N	M	L	K	I	H	G	F	E	D	C	B	A

$\phi = 60^\circ$	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00 18.00							1	6	10	14	18	19	20
6.30 17.30							4	9	14	18	21	23	24
7.00 17.00						3	8	13	18	22	25	27	28
7.30 16.30					2	7	12	17	22	26	29	31	31
8.00 16.00				1	5	10	15	20	25	29	32	34	35
8.30 15.30			0	4	8	13	18	24	29	33	36	38	39
9.00 15.00		0	2	6	11	16	21	27	32	36	39	41	42
9.30 14.30	1	20	5	9	13	19	24	29	35	39	42	44	45
10.00 14.00	3	4	7	11	16	21	26	32	37	42	45	47	48
10.30 13.30	5	6	8	12	17	23	28	34	39	44	47	49	50
11.00 13.00	6	7	9	14	19	24	30	35	41	45	49	51	52
11.30 12.30	6	7	10	14	19	25	30	36	42	46	50	52	53
12.00	7	8	10	15	20	25	31	36	42	47	50	53	53

$\phi = 70^\circ$	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00 18.00							1	6	11	16	19	21	22
6.30 17.30							3	9	14	18	22	24	24
7.00 17.00						0	6	11	16	21	24	26	27
7.30 16.30						3	8	14	19	23	27	29	30
8.00 16.00					0	5	10	16	21	26	29	31	32
8.30 15.30				2	7	13	18	24	28	32	34	34	34
9.00 15.00					4	9	15	20	26	30	34	36	37
9.30 14.30				1	6	11	16	22	27	32	36	38	39
10.00 14.00				2	7	12	18	24	29	34	37	39	40
10.30 13.30				3	8	13	19	25	30	35	39	41	42
11.00 13.00		0	4	9	14	20	26	31	36	40	42	43	43
11.30 12.30		0	4	9	15	20	26	32	36	40	42	43	43
12.00		0	5	10	15	21	26	32	37	40	43	43	43

$\phi = 80^\circ$		A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N
6.00	18.00							1	6	12	16	20	22	23
6.30	17.30							2	8	13	18	21	24	24
7.00	17.00							3	9	14	19	23	25	26
7.30	16.30							4	10	16	20	24	26	27
8.00	16.00						0	6	11	17	21	25	27	28
8.30	15.30						1	7	12	18	23	26	28	29
9.00	15.00						2	8	13	19	24	27	30	30
9.30	14.30						3	9	14	20	24	28	30	31
10.00	14.00						4	9	15	21	25	29	31	32
10.30	13.30						4	10	16	21	26	30	32	33
11.00	13.00						5	10	16	22	26	30	32	33
11.30	12.30						5	11	16	22	27	30	33	33
12.00						0	5	11	16	22	27	30	33	33

Tabell B.1. Solhøydetabell. Solvinklene er gitt i grader.

Eksempel:

Man søker solhøyden 60° nord den 7. september kl. 11.00.

Av Datotabellen får man bokstaven H for 7. september, nordlig halvkule.

For 60° nord, bokstav H og klokkeslett 11.00, får man da en solhøyde lik 35° .

Tillegg C (informativt)

Bakgrunn for spesifikasjoner og krav

C.1 Ortofoto

C.1.1 Hvilke detaljer vises i et ortofoto produsert fra analogkamera?

For å få med de minste detaljene ved skanning av et negativ eller diapositiv, må ikke pikselstørrelsen være for stor. Den resulterende oppløsningen i filmen (bildet) ligger i området 25–35 μm avhengig av bl.a. kontrastforholdene under opptaket. Bildene bør skannes minst med en faktor 2 finere enn den antatte oppløsningen i filmen. For absolutt å sikre at alle detaljer kommer med, bør man imidlertid skanne med faktoren $1:2\sqrt{2}$ av filmens antatte oppløsning. Objekter som i bildet er større enn 25–35 μm , blir altså avbildet så sant det er rimelig kontrast mot omgivelsene. Se Andersen og Maalen-Johansen 1998. Dette betyr at med bildemålestokk 1:10 000 vil objekter som er 25–35 cm i terrenget, vises i ortofotoet. Ved bildemålestokk 1:20 000 vil objekter større enn 50–70 cm vises i ortofotoet. Eksempel: Si at kummer er 70 cm i tverrmål og bildemålestokken er 1:20 000. Da er kummene 35 μm i bildet. Det betyr at dersom man står med bildet i hånden ved siden av en kum i terrenget, så kan kummen gjenfinnes som en liten prikk i bildet. Hvis man imidlertid sitter med bildene inne på et kontor og ønsker å lete opp kummene i bildet, finner man da alle de riktige små prikkene? Og skjønner man da at det er kummer og ikke noe annet? En ting er nemlig om objektet er såpass stort at det vises i bildet. Noe annet er om objektet er såpass stort at man med sikkerhet finner det og identifiserer det. Man kan prøve med biler i ulike oppløsninger. Dersom pikselstørrelsen svarer til 2–3 m på bakken, så vil man neppe se at det er biler. Man må antakeligvis i hvert fall ha 5 x 5 piksler på en bil for å kunne identifisere den trygt.

C.1.2 Hvilke detaljer vises i et ortofoto produsert fra digitalkamera?

Ved flyfotografering med digitalkamera er det ikke nødvendig å skanne bildene. Bildene blir dermed skarpere og det vil være enklere å finne igjen objekter i ortofotoet. Erafringsmessig vil det være mulig å finne igjen objekter med en størrelse større enn $2 \times \text{GSD}$.

C.1.3 Stedfestingsnøyaktigheten til et ortofoto

Stedfestingsnøyaktigheten til et ortofoto avhenger av nøyaktigheten til

- høydemodellen (DHM).
- bildeorienteringen.

I tillegg vil også valg av metoder under ortofotofremstillingen påvirke stedfestingsnøyaktigheten.

For å få et nøyaktig ortofoto trengs en høydemodell med høy detaljeringsgrad og god nøyaktighet. Nøyaktigheten til høydemodellen er den mest kritiske faktoren for nøyaktigheten til ortofotoet.

Eksisterende høydedata som høydekurver, høydepunkt, terrenglinjer osv. kan benyttes til å lage en høydemodell, så sant den blir nøyaktig nok. Hvis det ikke finnes digitale høyde-

data, må det etableres en høydemodell ut fra flybildene. Normalvinkelkamera (analogkamera) kan være like godt egnet til etablering av høydemodell som vidvinkelkamera (analogkamera). Førstnevnte kamera gir bedre innsyn, mens sistnevnte gir bedre nøyaktighet. Digitalkamera har tilnærmet samme egenskaper som et normalvinkelkamera.

Det er viktig å være klar over at nøyaktigheten til ortofotoet vanligvis er bedre i områdene rundt bildesentrum enn i områdene lengst fra bildesentrum. Dette fordi effekten av ev. feil i høydemodellen øker med avstanden r fra bildesentrum. Med forventet stedfestingsnøyaktighet til ortofotoet menes det største avviket i grunnriss som kan oppstå i områdene lengst bort fra bildesentrum. I sentrum av bildet ($r = 0$) er det kun nøyaktigheten til bildeorienteringen som påvirker resultatet. I formelapparatet under tar man utgangspunkt i verste tilfelle (r_{maks}) for å finne den dårligste stedfestingsnøyaktigheten (største feil). Ønsker man å estimere feilen for andre steder i ortofotoet, må den aktuelle avstand r benyttes. Formelverket forutsetter også at alle objekter i høydemodellen er modellert. Ev. manglende modellerte objekter (f.eks. hus) vil bidra med feil utover det som er tatt hensyn til her.

Forventet stedfestingsnøyaktighet (standardavvik) for ortofotoet (s_{stedf}) etablert fra analogkamera kan beregnes slik:

$$s_{stedf} = \sqrt{s_{bildeor}^2 + s_H^2} = \sqrt{(15 \mu m \cdot m_b)^2 + \left(r_{maks} \cdot \frac{s_{DHM}}{c}\right)^2}$$

hvor den lengste avstanden (r_{maks}) i bildet til flybildets nadir (bildesentrum) er gitt ved:

$$r_{maks} = \sqrt{\left(\frac{23 \text{ cm} \cdot (100 - \text{lengdeoverlapp})\%}{2}\right)^2 + \left(\frac{23 \text{ cm} \cdot (100 - \text{sideoverlapp})\%}{2}\right)^2}$$

$s_{bildeor} = 15 \mu m \cdot m_b$ hvor $15 \mu m$ er den antatte nøyaktigheten som følge av bildeorienteringen og ortofotofremstillingen for aktuell bildemålestokk. Det forutsettes her aerotriangulering (og ikke direkte bruk av ytre orienteringselementer fra GNSS/INS) og bruk av en sofistikert resamplingsmetode (f.eks. bilineær interpolasjon eller andre mer avanserte metoder.)

m_b = bildemålestokktallet

s_H = $r_{maks} \cdot s_{DHM}/c$

s_{DHM} = standardavviket til høydemodellen

c = kamerakonstanten (30 cm for normalvinkelkamera, 15 cm for vidvinkelkamera)

23 cm = flybildets sidekant

Forventet stedfestingsnøyaktighet (standardavvik) for ortofotoet (s_{stedf}) etablert fra digitalkamera (rammekamera) kan beregnes slik:

$$s_{stedf} = \sqrt{s_{bildeor}^2 + s_H^2} = \sqrt{s_{bildeor}^2 + \left(r_{maks} \cdot \frac{s_{DHM}}{c}\right)^2}$$

hvor den lengste avstanden (r_{maks}) i bildet til flybildets nadir (bildesentrum) er gitt ved:

$$r_{maks} = \sqrt{\left(\frac{\text{bildestr. i flyretn. i cm} \cdot (100 - \text{lengdeoverlapp})\%}{2}\right)^2 + \left(\frac{\text{bildestr. på tvers av flyretn. i cm} \cdot (100 - \text{sideoverlapp})\%}{2}\right)^2}$$

S_{bildeor} = er den antatte nøyaktigheten som følge av bildeorienteringen og ortofotofremstillingen for aktuell fotojobb. Det forutsettes her aerotriangulering (og ikke direkte bruk av ytre orienteringselementer fra GNSS/INS) og bruk av en sofistikert resamplingsmetode (f.eks. bilineær interpolasjon eller andre mer avanserte metoder.) Antatt verdi for bildeorientering er $1 \cdot \text{GSD}$ (som tilsvarer en orienteringsnøyaktighet på ett pixel i bildet).

$$S_H = r_{\text{maks}} \cdot S_{\text{DHM}}/c$$

S_{DHM} = standardavviket til høydemodellen

c = kamerakonstanten

Tabellen i vedlegg 1 i "Spesifikasjon for ortofoto i Norge" viser nødvendig DHM-nøyaktighet som funksjon av bildeorientering og ønsket stedfestingsnøyaktighet til ferdig ortofoto.

C.1.4 Sanne ortofoto

Oppstikkende objekter som hus, trær, bruer osv. har i ortofotoet radielle forskyvninger akkurat som i flybildet. Se Andersen og Maalen-Johansen 1998. Dette forårsaker følgende to problemer:

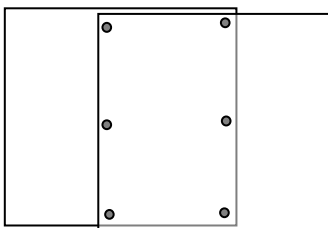
1. Takflaten, trekronen osv. blir avbildet på feil sted; dvs. forskjøvet i forhold til grunnmuren, trefoten osv. Dette skyldes at terrengmodellen bare inneholder terrenghøyder og ikke høyden til takflater, trekroner osv. Hvis man imidlertid kan fremskaffe takflatens høyde, kan systemet (programvaren) plassere taket på riktig sted i ortofotoet (oppå grunnmuren). Terrengmodellen må være en høydemodell hvis man vil ha oppstikkende objekter plassert på riktig sted i ortofotoet.
2. Oppstikkende objekter skaper dødvinkler. Bakken på "baksiden" av et hus er i bildet dekket av huset; her finnes ikke bakken i bildet. Hva skal plasseres på dette stedet i ortofotoet? Hvis dette terrengstykket er avbildet i et nabobilde, kan det kopieres inn fra nabobildet. Hvis ikke, kan man gjøre ortofotoet helt hvitt eller svart i disse områdene i stedet for å lime inn noen gråtoner fra terrenget i nærheten.

C.2 Gjensidig orientering

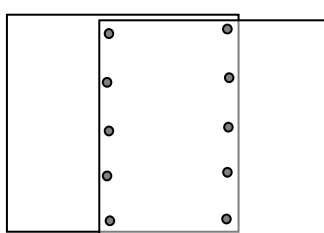
Beregning av gjensidig orienteringselementer er sårbart mot grove feil. Hvis det brukes bare 6 punkter ved orienteringen, kan grove feil på opptil 13 ganger standardavviket passere uoppdaget. Figur C.1 nedenfor viser pålitelighetstall og illustrerer hvorfor det i standarden er valgt å kreve at det brukes doble punkter i von Gruber-posisjoner. (For å konkretisere sårbarheten er den her tallfestet ved hjelp av Baardas teori, antatt $P = I$, $\alpha = 0,1 \%$, $\beta = 80 \%$ og $\delta_0 = 4,123$.)

Antall punkter for gjensidig orientering:

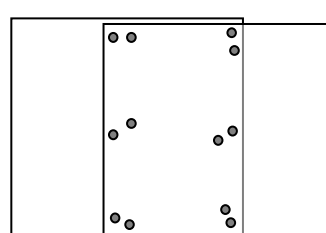
6 punkter i von Gruber-posisjoner



10 punkter



Doble punkter



Redundansandeler:

	0,10	0,10
	0,30	0,30
	0,10	0,10

	0,25	0,25
	0,68	0,68
	0,64	0,64
	0,68	0,68
	0,25	0,25

	0,55	0,55
	0,65	0,65
	0,55	0,55

Indre pålitelighet = Kontrollerbarhet = sikring mot grove feil
(som multiplum av målingens standardavvik):

	13,0	13,0
	7,5	7,5
	13,0	13,0

	8,2	8,2
	5,0	5,0
	5,2	5,2
	5,0	5,0
	8,2	8,2

	5,6	5,6
	5,1	5,1
	5,6	5,6

Ytre pålitelighet = Maksimal virkning på orienteringselement pga. uoppdagede grove feil
(som multiplum av orienteringselementets standardavvik):

	12,4	12,4
	6,3	6,3
	12,4	12,4

	7,1	7,1
	2,8	2,8
	3,1	3,1
	2,8	2,8
	7,1	7,1

	3,7	3,7
	3,0	3,0
	3,7	3,7

Figur C.1. Punktantall og -fordeling, redundansandeler og indre og ytre pålitelighet ved gjensidig orientering.

Tillegg D (informativt)

Kartbladinndeling

Dette tillegget beskriver kartbladinndeling for kart i målestokk 1:500–1:20 000 basert på UTM og EUREF89 som datum/referanseramme, hentet fra veilederen "Kartgrunnlag for plan- og byggesaksbehandlingen". Det beskriver også kartbladinndeling for Økonomisk kartverk (ØK), basert på NGO1948 som datum, hentet fra "Det økonomiske kartverket – Retningslinjer".

D.1 Kartbladinndeling for kart i målestokk 1:500–1:20 000 basert på UTM og EUREF89

Kartbladinndelingen bygger på et system av rektangelkart. Nummereringen av det enkelte kartblad baserer seg på en inndeling i hovedruter og underruter. Hovedrutene har utstrekning fra vest til øst lik 6 400 m og utstrekning fra sør til nord lik 4 800 m, og tilsvarer kartbladinndelingen i målestokk 1:10 000. 4 hovedruter gir til sammen ett kartblad i målestokk 1:20 000. Kartblad i målestokk 1:1000–1:5000 danner rektangelruter innenfor hver hovedrute. Kartblad i målestokk 1:500 danner underruter innenfor hver tusendelsrute. Rutenettet ligger parallelt med UTM koordinataksene i hver sone. Hver UTM-sone danner således separate rutenett.

Nummereringen har følgende form:

Sone-målestokkode-hovedrute-rute-underrute målestokk
--

Sone angis som:

UTM sonenummer (to siffer)	F.eks.: 33
----------------------------	------------

sone er en obligatorisk del av kartbladnummeret

Målestokkode angis som:

Ett eller to siffer som angir målestokk		F.eks.: 1
20	1:20 000	
10	1:10 000	
5	1:5000	
2	1:2000	
1	1:1000	
05	1:500	

målestokkode er en obligatorisk del av kartbladnummeret

Målestokk angis som:

Mm:mmmm (fra 6 til 8 tegn)	F.eks.: M1:10000
----------------------------	------------------

målestokk er ikke en obligatorisk del av kartbladnummeret, men kan føyes til etter nummeret som en forklarende spesifikasjon

Hovedrute angis som:

000-nnn	F.eks.: 500-305
000	Hovedrutenummer i retning fra vest mot øst (tre siffer). Rute nummer 500 har sin vestlige begrensning langs UTMEUREF89 koordinat E = 500 000. Sentralmeridianen går mellom rute 499 og 500. For hver 6 400 m mot øst øker rutenummeret med 1 og reduseres med 1 mot vest.
nnn	Hovedrutenummer i retning fra sør mot nord (tre siffer). Rute nummer 000 har sin sørlige begrensning langs UTMEUREF89 koordinat N = 6 000 000. For hver 4 800 m mot nord øker rutenummeret med 1.

hovedrute er en obligatorisk del av kartbladnummeret

Kart i målestokk 1:20 000 nummereres etter den sørvestlige hovedruta slik at både 000 og nnn er partall.

Rute angis som:

uv	kolonne- og radnummer (2 siffer) F.eks.: 70
u	Kolonnene nummereres fortløpende fra vest mot øst innenfor hver hovedrute. Første kolonne har nummer 0.
v	Radene nummereres fortløpende fra sør mot nord innenfor hver hovedrute. Første rad har nummer 0.

rute er en obligatorisk del av kartbladnummeret for kart i målestokk 1:500–1:5000

Nummerering av ruter innenfor hovedrute

Målestokk 1:5000

01	11
00	10

Målestokk 1:2000

03	13	23	33
02	12	22	32
01	11	21	31
00	10	20	30

Målestokk 1:1000

07	17	27	37	47	57	67	77
06	16	26	36	46	56	66	76
05	15	25	35	45	55	65	75
04	14	24	34	44	54	64	74
03	13	23	33	43	53	63	73
02	12	22	32	42	52	62	72
01	11	21	31	41	51	61	71
00	10	20	30	40	50	60	70

Underrute angis som:

uv	kolonne- og radnummer (2 siffer) F.eks.: 01
u	Kolonnene nummereres fortløpende fra vest mot øst innenfor hver 1000-delsrute. Første kolonne har nummer 0.
v	Radene nummereres fortløpende fra sør mot nord innenfor hver 1000-delsrute. Første rad har nummer 0.

underrute benyttes bare for kart i målestokk 1:500

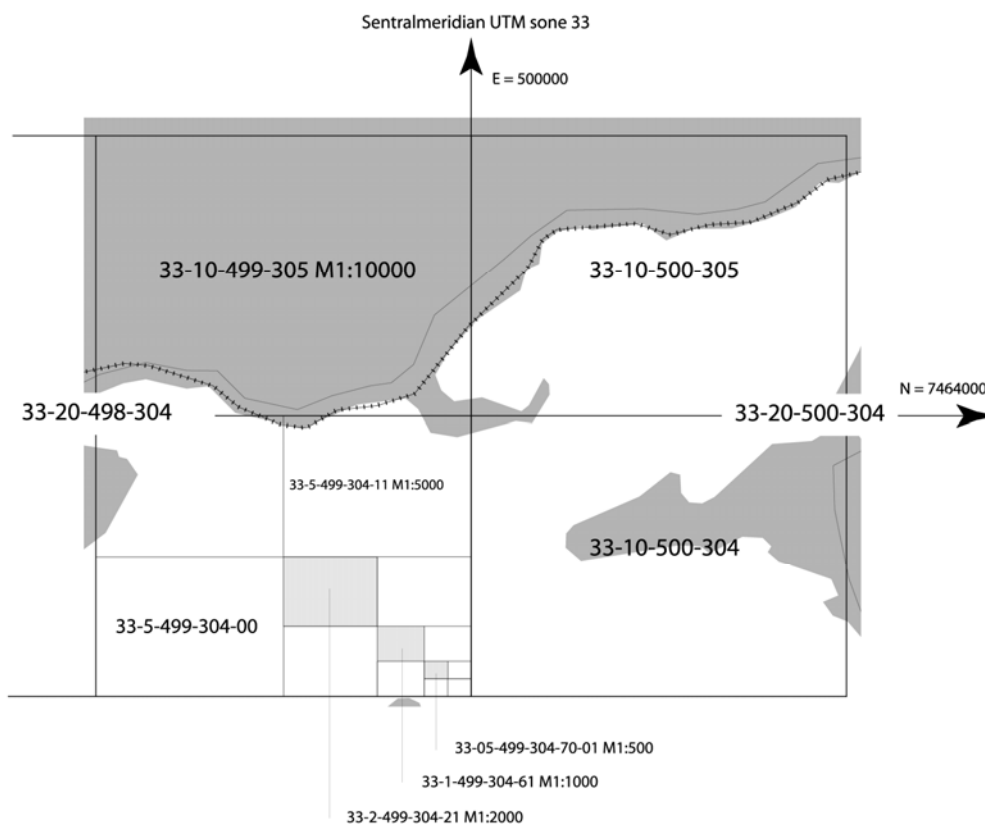
Nummerering av underruter innenfor en 1000-delsrute

01	11
00	10

Tabell D.1 og figur D.1 viser eksempler på kartbladnummer og -format.

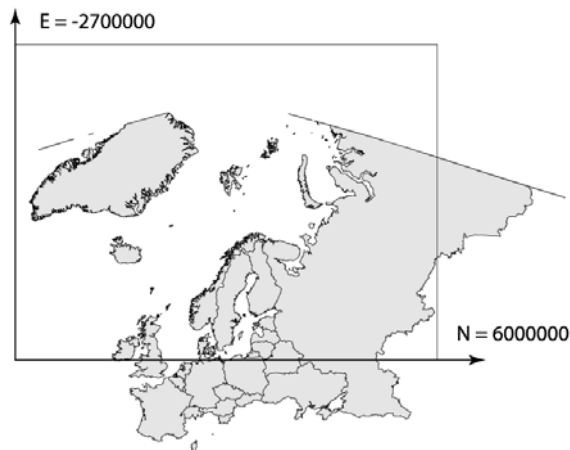
Målestokk	Kartbladnummer	Antall kartblad i hver hovedrute	Netto format (cm)	Brutto format (cm)
1:500	33-05-499-304-70-01	256	80*60	A0,
	33-05-499-304-70-01 M1:500			ev. 90*70
1:1000	33-1-499-304-61	64	80*60	A0,
	33-1-499-304-61 M1:1000			ev. 90*70
1:2000	33-2-499-304-21	16	80*60	A0,
	33-2-499-304-21 M1:2000			ev. 90*70
1:5000	33-5-499-304-00	4	64*48	A1,
	33-5-499-304-00 M1:5000			ev. 75*58,5
1:10 000	33-10-499-305	1	64*48	A1,
	33-10-499-305 M1:10000			ev. 75*58,5
1:20 000	33-20-498-304	-	64*48	A1,
	33-20-498-304 M1:20000			ev. 75*58,5

Tabell D.1. Eksempler på kartbladnummer og -format.



Figur D.1. Eksempler på kartbladnummer.

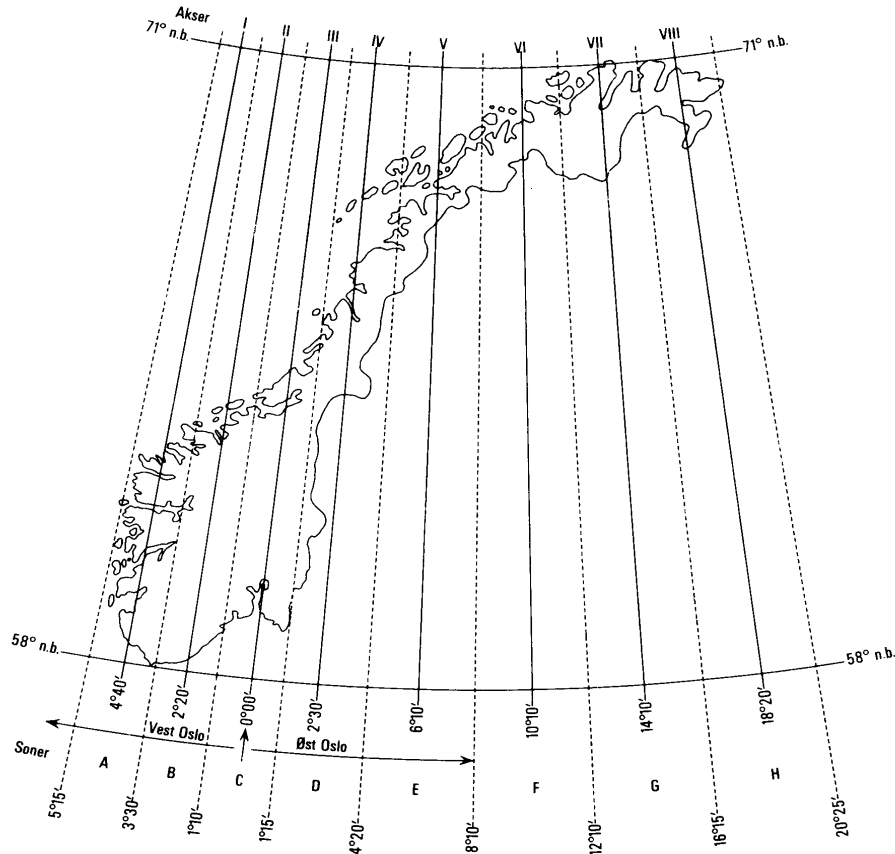
Figur D.2 viser origo for nummerering av hovedruter.



Figur D.2. Origo for nummerering av hovedruter (her vist for sone 33).

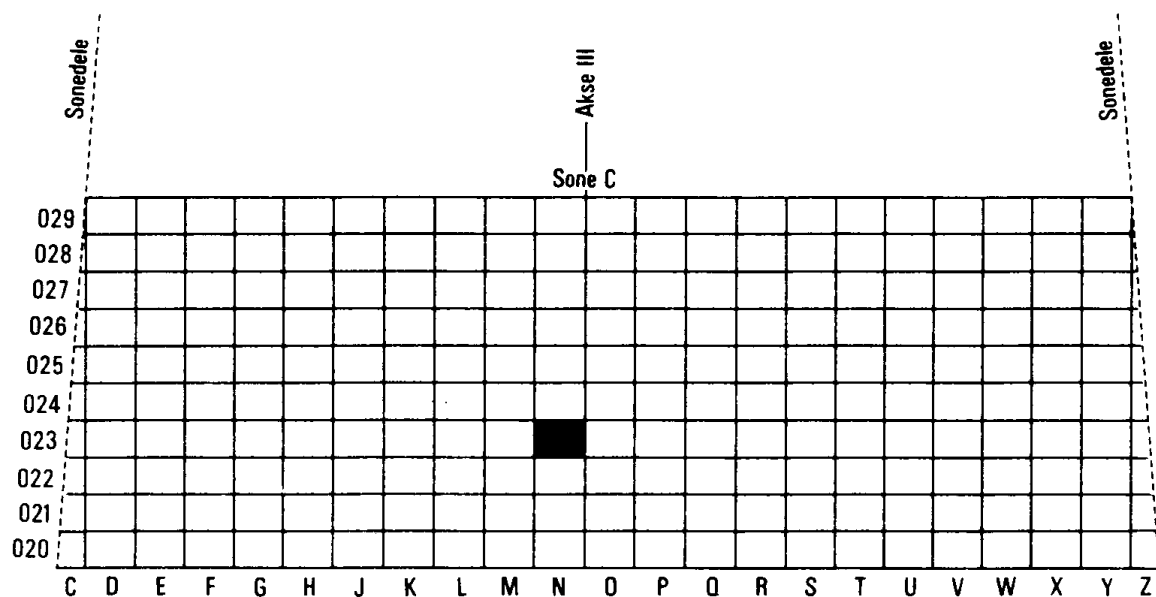
D.2 Kartbladinndeling for Økonomisk kartverk (ØK)

ØK framstilles i et rett vinklet koordinataksesystem (NGO1948). Oslo-meridianen (10 grader, 43 minutter og 22,5 sekunder øst Greenwich på Bessel-ellipsoiden) er systemets nullmeridian og akse III, se figur D.3. Samtlige akser har origo i 58 grader nordlig bredde. De stiplede meridianene er skiller mellom de områder som er tilknyttet de enkelte akser. Områdene kalles soner og angis med bokstaver som vist i figur D.3.



Figur D.3. Landets offisielle koordinataksesystem og soneinndeling.

Landssystemet for kartbladinndeling for store kartmålestokker bygger på ovennevnte aksesystem og omfatter 8 soner. Utgangsenheten i systemet er kartblad i målestokk 1:10 000, se figur D.4. Beliggenheten av et kartblad i systemet fastsettes ved en referanse. Første kartbladrad i målestokk 1:10 000 nord for origo (58 grader nordlig bredde) nummereres 001, annen rad 002, og så videre. Kartbladraden umiddelbart sør for origo er gitt nummer 000. I retning vest-øst inndeles kartbladene i hver sone, i rekker med bokstaver i stigende alfabetisk orden. Bokstavene N og O er alltid brukt på hver side av sonens akse, og dette bestemmer den videre bokstavbenevning på henholdsvis de vestre og de østre kartblad i sonen. Bokstaven I brukes ikke. Pga. sonenes forskjellige bredde (jf. geografisk lengde for NGOs akser) vil bokstaven A og B i vest (med unntak for sone A) og Z, Æ, Ø og Å i øst normalt ikke være i bruk i Sør-Norge. I Nord-Norge vil bare bokstavene Ø og Å falle ut.

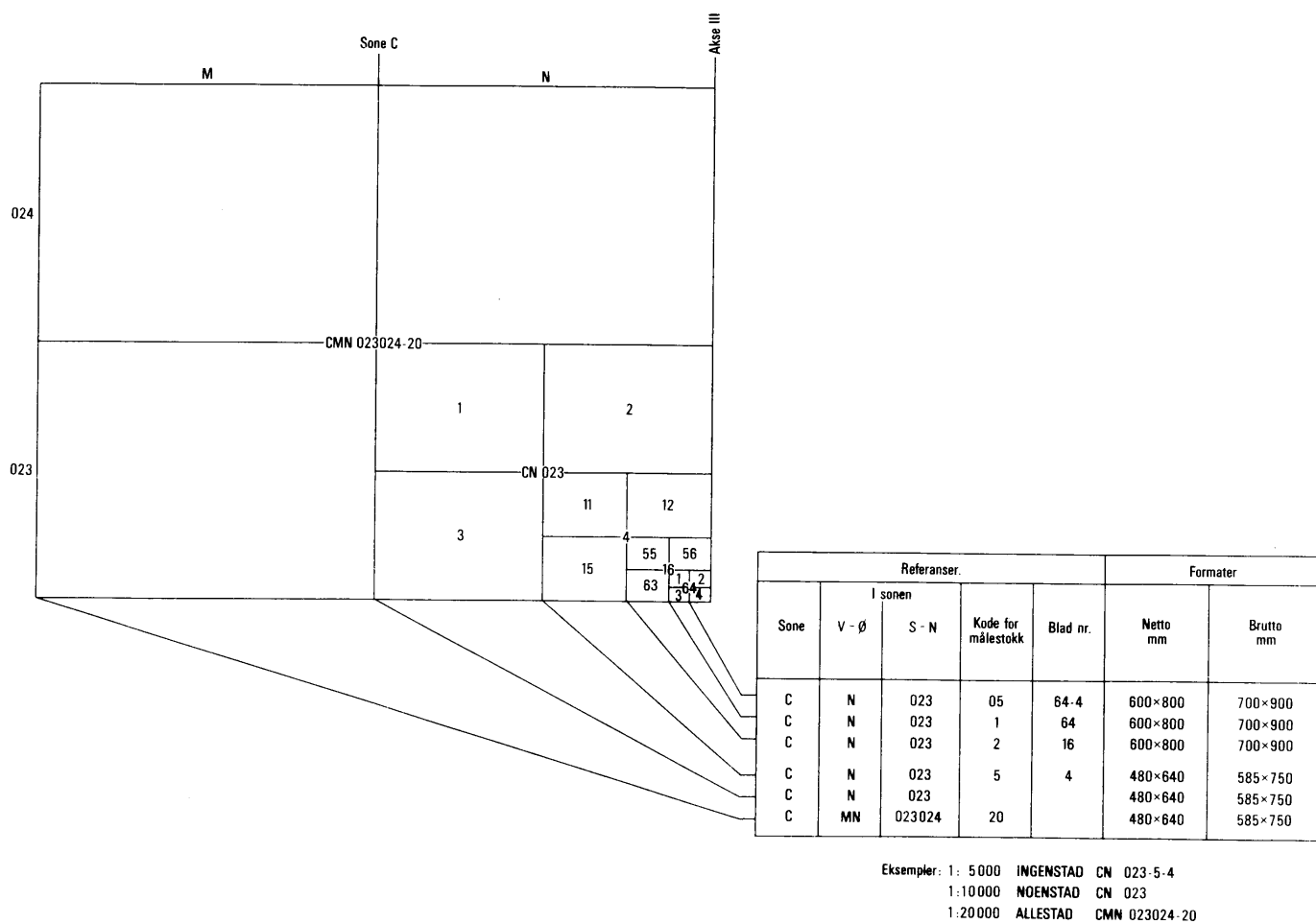


Figur D.4. Kartbladsystemet med -bladinndeling og -bladbenevning. Det inntegnede eksemplet angir kartbladet CN 023 i målestokk 1:10 000, format 640 mm x 480 mm, der C angir sonen.

Utgangsbladet kan inndeles i et helt antall kartblad av de større, standardiserte målestokker. Således inneholder utgangsbladet 4 (2 x 2) kartblad i målestokk 1:5000. (Et kartblad i 1:20 000 inneholder 4 (2 x 2) blad i 1:10 000).

Den fullstendige kartbladbenevning for kartblad i målestokk 1:5000, 1:10 000 (og 1:20 000) består av et kartbladnavn og et alfanumerisk ledd (kartbladreferanse). Navnet (det mest kjente navn innenfor kartbladet) er oppgitt før referansen.
EKSEMPEL: INGENSTAD CN 023-5-4.

Kartbladreferansen for utgangsbladet i 1:10 000 inngår i referansen for de øvrige målestokker, dessuten brukes koder for målestokk og kartbladnummer som lokaliserer kartbladet i forhold til utgangsenheten, se figur D.5.



Figur D.5. Inndeling, benevning og formater for kartblad i målestokkene 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10 000 og 1:20 000.

Tillegg E (informativt)

Eksempel på kvalitetssikringsprosedyre for signalering av kjentpunkt og passpunkt

PROSEDYRE NR.: 123
NAVN: Signalering av kjent- og passpunkt
FORMÅL OG OMFANG: Sikre kvaliteten på signalerte punkter
MÅLGRUPPE/ANSVAR: Alt personell som utfører feltarbeid

SIGNALERING

- Signaler utplasseres før fotografering etter etablert signaleringsplan.
- Signalet plasseres slik at det er fri sikt. For de samlede krav se avsnitt 6.1.4..
- Signalet plasseres slik at det ikke kommer i skygge på den tiden av dagen det er aktuelt å fotograferer (klokken 10–17 (sommertid)).
- Signalet plasseres horisontalt på flatt terreng i terrengnivå.
- Signalet plasseres sentrisk. Der dette ikke er hensiktsmessig, må eksentrisitet måles og dokumenteres.
- Hvis bakken ikke gir tilstrekkelig kontrast mot signalet, må en lage kontrast ved å legge f.eks. torv, granbar, kvist eller mørk jord rundt signalet. Ikke plasser noe oppe på signalet. Det finnes signal med påtrykket kontrast. Husk at grått berg avbildes som hvitt i svart/hvitt bilder.
- I områder der det kan være vanskelig å finne eller identifisere signalet, kan det brukes pekere som er rettet mot signalet.
- Påse at signalet er godt forankret til bakken ved hjelp av en ramme eller tynne pinner gjennom hjørnene skrått ned i bakken. På mørkt berg kan signalet males. Husk kontrast.
Hvis signalet festes til underlaget med steiner, pass på at steinene ikke ligger inn på annet enn små deler av kontrastbeltet. Steiner blir nemlig lyse i bildene og kan ødelegge kontrasteffekten, ev. kan steinene males matt svarte.
- Signalet skal være laget av nedbrytbart materiale som ikke frigjør giftstoffer.
- Det skal lages signaleringsrapport for alle punkter med følgende opplysninger: Bolttype, bolthøyde over signal, signaltype og -størrelse, punktbeskrivelse og måling av ev. eksentrisitet.

MÅLING – NØYAKTIGHETSKRAV

- Nøyaktighetskravene skal være i samsvar med standarden "Kart og geodata" (avsnittene 6.4.2 og 6.5.2).
- Signalene skal være synlige i to etterfølgende bilder i en stripe.
- Ved måling av naturlige passpunkter skal det velges punkter som er entydig definert i bildet ved stereoskopisk betraktning (god kontrast). Hvis punktet ikke egner seg som høydereferanse, skal egen høydereferanse måles inn. Det skal lages detaljert skisse i tillegg til at punktet ev. merkes/stikkes i bildet.
- Ev. eksentrisitet må måles og dokumenteres slik at nøyaktighetskravene ikke fravikes.

KOORDINATFORTEGNELSE

- Koordinatfiler leveres i fritt ASCII-format med syntaks som følger: Punktnummer, X, Y, H. Det må angis hvilken høyde(r) som oppgis; topp bolt og signalplatens høyde, ev. oppgis en av delene sammen med bolthøyden (altså høydeforskjellen mellom topp bolt og signalets høyde). Hvis signalplaten ikke ligger horisontalt, finner man gjennomsnittshøyden ved å måle høyden på flere steder.

Tillegg F (informativt)

Valg av bildemålestokk

Bildemålestokken (analogt kamera) og GSD (digitalt kamera) bestemmer hvilken kvalitet som kan forventes ved kartkonstruksjon (jf. Produktspesifikasjon FKB), aerotriangulering, fremstilling av DTM eller ortofoto osv. Bildemålestokken må være stor nok til at kartkonstruktøren kan identifisere alle objektene som skal konstrueres, og til at nøyaktigheten blir som forutsatt.

På denne bakgrunn benyttes som oftest følgende bildemålestokk og GSD til de ulike FKB-standardene, se figur G.1.

FKB-standard	GSD	Bildemålestokk (analogt kamera)
A	5 – 8	1:3500 – 1:6000
B	10	1:6000 – 1:10 000
C	20	1:10 000 – 1:20 000
D	50	1:30 000 – 1:40 000

Tabell G.1. Eksempler på sammenheng mellom FKB-standard, GSD og bildemålestokk.

Tabell G.2 gir informasjon om begrensninger i muligheten til å tolke bildene.

Eksempel på tolkingsvanskeligheter	Flyhøyde (m)	Bildemålestokk (vidvinkelkamera)
noe tap av trådgjerder mulig å tolke ikke-signalerte kummer	600	1:4000
noe tap av fortauskanter betydelig tap av trådgjerder usikker tolking av ikke-signalerte kummer	800	1:5300
betydelig tap av fortauskanter usikker tolking av stakittgjerder og hekker noe tap av stolper	1000	1:6500
noe tap av trapper noe tap av stakittgjerder og hekker	1200	1:8000
usikker tolking av bygningstype noe tap av tilbygg mindre grøfter mistes helt	1500	1:10 000
betydelig tap av tilbygg	2300	1:15 000

Tabell G.2. Eksempler på vanskeligheter ved tolking av objekter i bilder fra ulike flyhøyder. Tilsvarende tabell er ikke utarbeidet for fotografering med digitalt kamera.
Kilde: "Handbok till mättningskungjören - Fotogrammetri".