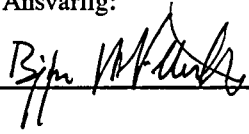


NGU Rapport 92.256

Perspektivisk visualisering
av et SPOT-bilde samregistrert
med geologisk tema

Rapport nr. 92.256		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Perspektivisk visualisering av et SPOT-bilde samregistrert med geologisk tema				
Forfatter: Jan Ketil Rød		Oppdragsgiver: Norges geologiske undersøkelse		
Fylke:		Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 96	Pris: 265,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 20.07.92	Prosjektnr.: 68.2509.11	Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>En digital høydemodell er samregistrert med et pankromatisk SPOT satelittbilde for å fremstille terrenget i ønsket perspektiv, det vil si et perspektiv som vil gi en mest mulig naturtro gjengivelse av terrenget. Oppløsningen på et SPOT-bilde er 10 m X 10 m. Høydemodellen hadde oppløsning 50 m x 50 m og ble derfor interpolert til samme oppløsning som SPOT-doldet. Når dette samregistreres, finnes det dermed for hver pixelposisjon en X-, Y- og Z-verdi, samt en gråtone. Ved å knytte en database til perspektivfremstillingen fungerer denne som et presentasjonsverktøy og et analyseverktøy. I databasen ble det lagt inn kvartærgeologiske forekomster og diverse topografisk informasjon. Ut fra perspektivfremstillingen er det dermed mulig å trekke ut informasjon på pixelnivå, men også mulig å vise forekomster på globalt nivå.</p>				
Emneord:	Kvartærgeologi		Grafisk presentasjon	
Tredimensjonal	Digitalisering		Modellforsøk	
Grafisk informasjonssystem			Avhandling	

INNHold

	Side
INNHold	
FORORD	
SAMMENDRAG	
1	INNLEDNING 6
2	BEHANDLING AV PANKROMATISK SPOT-BILDE 8
2.1	Hva er rektifisering og hvorfor rektifisering? 8
2.2	Valg av kontrollpunkter 10
2.3	Beregning og testing av transformasjonsmatrisen 11
2.4	Resultatbildet dannes - resampling 12
2.5	Danner et utsnitt av SPOT-bildet 13
3	BEHANDLING AV HØYDEMODELLEN 15
3.1	Dataene ordnes radvis 16
3.2	Flategenereringen 16
3.3	Regridingen 16
3.4	Overføring til Erdas fil-format 17
4	BEHANDLING AV KVARTÆRGEOLOGISKE DATA 19
4.1	Planlegging 19
4.2	Digitalisering 19
4.3	Knytter sammen romlige data og egenskapsdata 19
4.3.1	Lagring av geografiske data 19
4.3.2	Danner topologi 21
4.3.3	Identifisering av feil 23
4.3.4	Retting av feil 23
4.4	Sammenstilling med satellittbildet 23
4.5	Konvertering fra vektor- til rasterformat 24
5	PERSPEKTIVISKE UTSYN 28
5.1	Innledning 28
5.2	Teknikker for å gjøre perspektivbildet naturtro 28
5.2.1	Gråtoner i et bilde 29
5.2.2	Lysintensitet 30
5.2.3	Generalisering av fjerne objekter 30
5.2.4	Skyggelegging 30
5.3	Geometriske forhold ved et perspektivbilde 31
5.4	Fremheving av den perspektiviske effekt ved hjelp av rutenett 34
5.5	Dannelse av perspektivbilde i Erdas 34
5.5.1	Valg av opptakssted 35
5.5.2	Parametre som må bestemmes ved perspektivfremstilling 36
5.6	Den beste perspektivitet fra valgt opptakssted 38
5.6.1	Resultatet med satellittbilde som draperingsfil 41
5.6.2	Resultatet med temakart som draperingsfil 45
5.7	Matematisk/fotogrammetrisk grunnlag 45
5.8	Topografi og topografisk analyse 46

5.8.1	Relieff-skyggelegging	46
5.8.2	Høydekurver	47
5.8.3	Helningskart	49
5.8.4	Helningsretningskart	50
6	GIS: GEOGRAFISK INFORMASJONSSYSTEM	51
6.1	Innledning	51
6.2	Prosedyre for å danne en database for perspektivbildet	52
6.3	Henter ut informasjon	55
6.4	Analyseverktøy - presentasjonsverktøy	55
7	DISKUSJON	75
7.1	Nøyaktighetsvurderinger	57
7.2	Høydebestemmelse - oppbygging av DEM/DTM	58
7.3	Nøyaktighetsvurderinger av digitale høydedata	59
7.3.1	Vurderinger av DEM fått fra Statens Kartverk	60
7.3.2	Resultatet av regridingen	62
7.4	Mangler og forbedringer av GIS	66
7.4.1	Koordinater i grunnriss	66
7.4.2	Forbedring av presentasjonsverktøyet	67
7.4.3	Skille mellom analyseredskap og presentasjonsredskap	67
7.5	Konklusjon	67
APPENDIKS A:	SPOT - SATELLITTEN	69
APPENDIKS B:	DIGITAL BILDEBEHANDLING - NOEN GRUNNLEGGENDE BEGREPER	72
APPENDIKS C:	ERDAS	74
APPENDIKS D:	FYDIG, FYOR OG SOSI-FORMAT	80
APPENDIKS E:	ARC/INFO-KOMMANDOER	81
APPENDIKS F:	LØSMASSE	83
APPENDIKS G:	ORDFORKLARINGER	84
Referanser		86
Vedlegg I	TESTOMRÅDET	
Vedlegg II	PARAMETRE FOR FOTOGRAMMETRISK PROFILERING	

FORORD

Rapporten er en nyttgivelse av diplomarbeid utført for Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) høsten 1991. Både tekst og figurer er endret.

Som rådata er det brukt pankromatisk SPOT satellitt-bilde, digital høydemodell og kvartærgeologisk temakart. Alle disse tre måtte viderebehandles, før de kunne sammenstilles og nyttes til perspektivfremstillinger.

Flere personer var til stor hjelp under diplomarbeidet. Jon Tallhaug ved Statens Kartverk skaffet til veie pankromatisk SPOT-bilde og digital høydemodell. Den digitale høyde-modellen er dannet ved hjelp av *fotogrammetrisk profilering*. Dette var ment å få utført hos institutt for geodesi og fotogrammetri (IGF). Men da vi ikke fikk tilgang til flybilder på grunn av militære restriksjoner, ble dette utført av Kurt Brinch og Harald Leite hos Statens Kartverk. Høydemodellen ble videre konvertert til bildebehandlings-format og "regridet" til ønsket rutenettstørrelse av Jan Reidar Skilbrei hos NGU. Jan Reidar har også til tider fungert som veileder. En stor del av diplomarbeidet gikk med til at kandidaten lærte seg de tre programsystemene FYDIG, Arc/Info og Erdas. Takk til alle de som svarte på spørsmål. Stud.techn. Terje Krogh er oppvokst på Stjørdal og fungerte derfor glimrende som konsulterende kjentmann.

Til slutt også en stor takk til professor Ingolf Hådem som alltid sto til disposisjon og som gjerne la joggeturen om Lade for å se på demonstrasjoner av diplomarbeidet.

En del skjermbilder ble fotografert av Ingmar Åmo. Disse er presentert i diplomarbeidet. Farger forsvinner ved sort/hvitt bilder og gråtoner vises dårlig på fargebilder.

Trondheim 1. juni 1992

Jan Ketil Rød

SAMMENDRAG

Innledningsvis gis en generell innføring i motivene for oppgaven og en kort presentasjon av testområdet. Videre beskrives behandlingen av rådataene; et pankromatisk SPOT-bilde, en digital høydemodell og kvartærgeologisk tema. Disse må behandles hver for seg og til slutt registreres til hverandre, før de kan fremstilles i perspektiv. Kap. 5 omhandler dannelsen av perspektiviske utsyn. Kapitlet inneholder en del teori om blant annet teknikker for å tydeliggjøre høydevariasjoner, geometriske forhold ved et perspektivbilde, og dannelsen av 3D-fremstilling i Erdas.

I Erdas genereres en 3D-fremstilling eller perspektivisk utsyn, ved at et digitalt bilde draperes over en samregistrert digital høydemodell. Bruker definerer en "opptaks-posisjon" som terrenget betraktes fra. Erdas genererer så et "simulert skråopptak" fra opptaksstedet spesifisert av bruker. En del resultater av dette presenteres som avfoto-graferinger av skjermen.

Hvordan skal så informasjonen best kunne gjøre nytte for seg? Perspektivfilene som ble dannet, inneholder meget informasjon. For best å kunne nyttiggjøre seg av dette, ble dataene ordnet i en database. Dette fungerte som et analyseredskap slik at for hvert punkt i perspektivbildet kan det trekkes ut informasjon om denne posisjon, dersom den er tilstede i databasen. Mengder av data som kan legges i databasen er ganske omfattende slik at analysen kan bli detaljert.

Det ble også dannet et presentasjonsverktøy. I stedet for å spørre etter forekomster i en posisjon, kan det spørres etter en forekomst i hele bildet. Dermed fås en helhetlig forståelse av hvor denne forekomsten finnes.

Til slutt følger en enkel kontroll av produktet. For et bestemt område der et vann trekkes oppover en fjellside, vurderes de interpolerte høydeverdiene og vannets "plassering" i satellittbildet mot de originale høydeverdiene og kartgrunnlag.

Appendiks

Bakerst i rapporten finnes appendiksene. Appendiksene er ment å være utfyllende til teksten i rapporten. I teksten er det beskrevet forsøk som er utført ved hjelp av Erdas og Arc/Info programpakker. I appendiks C, er det derfor en oversikt over alle programmer som er brukt i Erdas og beskrivelse av datafilene som er dannet. Appendiks E inneholder tilsvarende for Arc/Info. I teksten er programmene/filene angitt med blokkbokstaver i parentes. Dermed er det i teksten angitt når programmene er brukt og i appendiksene hva programmene utfører. Appendiks A, B, D og F fungerer som bakgrunnstoff. En del ord i teksten er skrevet i *kursiv*. I appendiks G er disse ord forklart eller definert.

1 INNLEDNING

Målsetting

Oppgaven er utført i samarbeid mellom NTH, Institutt for Geodesi og Fotogrammetri (IGF) og Norges Geologiske Undersøkelser (NGU). Målsettingen har vært å fremstille et perspektivbilde med den best mulige perspektivitet. Og videre finne en presentasjons-metode som viser samvariasjonen mellom et geologisk tema og topografi.

Problemstilling

For å kunne presentere geologi og topografi sammen, må dataene for de enkelte tema være samregistrert til et felles koordinatsystem. Videre må dataene foreligge digitalt, på bildebehandlingsformat.

Motiv

Motivet for å bruke perspektivopptak til presentasjon, ligger i at et perspektivisk utsyn av terrenget vil gi en bedre forståelse av de data som foreligger. Det tradisjonelle utsyn ved kartproduksjon, er rett ovenfra. Dette er for mange en unaturlig standplass for å betrakte terrenget. Forvirring kan oppstå da det ikke alltid er lett å forstå om terrenget går oppover eller nedover og videre få en forståelse av hvor bratt terrenget er. Innenfor kartografien er flere teknikker utprøvd for å få frem høydevariasjoner i terrenget tydeligere. Noe av dette er presentert i kap.5. Å bringe inn den tredje dimensjonen ved hjelp av en digital høydemodell, gir et stort potensial i alternative presentasjonsformer. Ved å drapere et satellittbilde over høydemodellen oppnås en høy grad av fotorealisme.

Testområdet

Testområdet ble valgt til Stjørdal; Forbordsfjellet nord for flyplassen. Dette fordi det for området finnes et SPOT-stereo-opptak for området, slik at diplomarbeidet eventuelt kan vurderes ut fra resultater oppnådd ved høydemodell dannet på grunnlag av SPOT-stereo-opptakene.

Området viste seg ugunstig valgt med hensyn til tilgang på flybilder. Disse var gradert på grunn av militært område. Fra institutt for geodesi og fotogrammetri ble det søkt om sikkerhetsklarering av personell, og søknad om nedgradering av flybilder. Dette lyktes ikke, derfor ble Statens Kartverk bedt om å utføre en fotogrammetrisk profilering. Da ønsket rutenettstørrelse var liten (helst 10 meter), måtte testområdet innskrenkes til 5 km x 3 km slik at ikke arbeidsmengden for kartverket skulle bli for omfattende. Dette utsnittet er vist i vedlegg 1. I vedlegg 2 er resultater av nøyaktighet m.m. for den fotogrammetriske profilering.

Utstyr og bakgrunnsmateriale

Kartgrunnlag som er benyttet:

- økonomisk kartverk 1:20.000, NGO48
- orienteringskart 1:25.000, NGO48
- topografisk kart M711 1:50.000, UTM
- kvartærgeologisk kart 1:50.000, UTM

Utstyr som er benyttet:

- PC
- SUN arbeidsstasjon
- VAX/VMS-arbeidsstasjon
- *digitaliseringsbord*
- laserprinter

Programvare som er benyttet

- FYDIG
- ARC/INFO
- ERDAS
- TRANS
- SOSIARC.SML
- program for flategenerering og interpolasjon [5]

2 BEHANDLING AV PANKROMATISK SPOT - BILDE



Figur 2.1. Pankromatisk SPOT satellittbilde over Stjørdalsområdet.

2.1 Hva er rektifisering og hvorfor rektifisering?

Et SPOT satellittbilde (Figur 2.1) er en representasjon av jordas uregelmessige overflate; bildet blir forvrengt blandt annet på grunn av jordas krumning. Rektifisering er en prosess som innebærer at det lages et nytt *digitalt bilde*. Billedataene projiseres til et plan slik at bildeelementene får ny størrelse og posisjon, men der bildeelementene ligger i et grid som er koordinatfestet. Til dette grid blir gråtonene i råbildets grid projisert. Dette siste kalles resampling. Vi sier at bildet er georeferert, hvert bildeelement har nå også et koordinatpar. Et georeferert satellittbilde kalles også et *ortoimage*.

Det finnes to hovedmetoder for geometrisk korreksjon [17]:

1. Matematisk modellering
2. Transformasjonspolynom

Den første forsøker å modellere alle systematiske feilkilder matematisk og er effektiv dersom feilkildene er godt kjent. F. eks. jordrotasjon, jordkrumning etc. Matematisk modellering er ikke egnet for tilfeldige feil. Disse feil kan derimot korrigeres ved hjelp av transformasjons-

polynom. I Erdas kan det velges transformasjonspolynom av orden 1 til 10. [8] 1. orden tilsvarer en affin transformasjon:

$$\begin{aligned}u &= a_0 + a_1x + a_2y \\v &= b_0 + b_1x + b_2y\end{aligned}$$

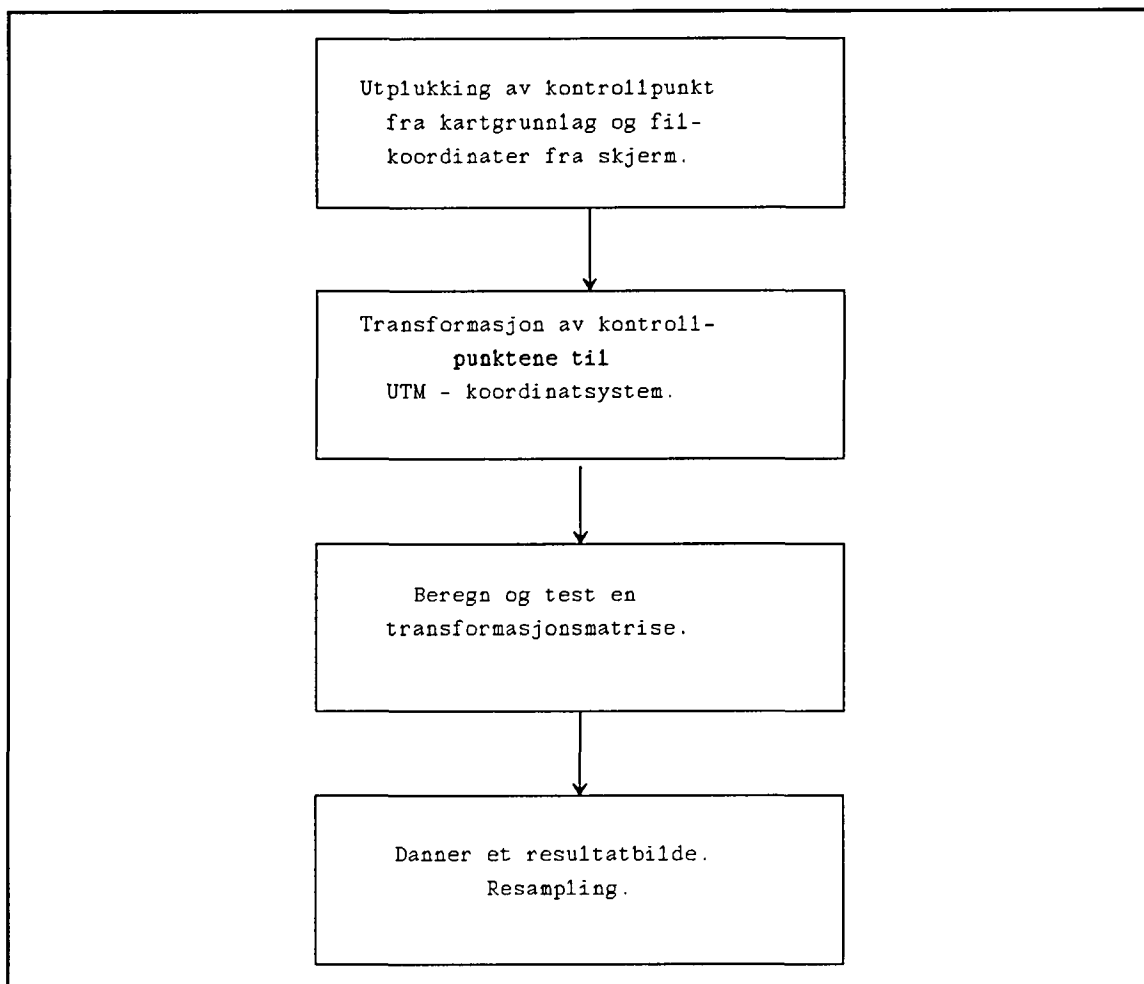
En affin transformasjon er en lineær transformasjon som kan korrigere lineære forvrengninger /forskyvninger. Lineære forvrengninger kan være målestokks-forandring i x- eller y-retning, rotasjon og skjevheter. Høyere ordens transformasjoner er ikke-lineære transformasjoner som også kan korrigere ikke-lineære forvrengninger. Et polynom av n'te orden betyr at vi har brukt et transformasjonspolynom med n som høyeste eksponent. For korreksjon av SPOT-opptak over Stjørdal, er det brukt et polynom av 2. orden:

$$\begin{aligned}u &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \\v &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2\end{aligned}$$

Høyere ordens transformasjoner kan nyttes for å korrigere mer kompliserte forvrengninger. Men desto høyere grad desto flere kontrollpunkt er nødvendig. Et kontrollpunkt er to sett av koordinater for samme posisjon; f.eks. et koordinatpar i bildefilen til SPOT-bildet og et koordinatpar i det kartprojeksjonssystem som bildet blir konformt med. Det minste antall kontrollpunkt som trengs for å utføre en transformasjon av orden n er:

$$\frac{(n + 1) (n + 2)}{2}$$

For å bestemme et polynom av orden 2 trengs det derfor minimum 6 kontrollpunkter. Dette gir imidlertid ingen overbestemmelse. Ved å velge flere punkter enn minimum, estimeres pixelposisjonene etter minste kvadraters metode slik at kontrollpunkter med store posisjonsfeil får mindre innvirkning.



Figur 2.2. Trinn i rektifisering. Rektifisering ble utført på arbeidsstasjon ved IGF.

2.2 Valg av kontrollpunkter

Et bilde må leses inn på visningsskjermen (READ). Før dette bildet er rektifisert, vil hvert pixel i bildet ha en posisjon i to koordinatsystemer:

- skjermkoordinat; angir posisjonen til pixelet på visningsskjermen angitt med x og y.
- filkoordinat; angir posisjonen til pixelet i datafilen angitt med linje og kolonne.

Når bildet er rektifisert, vil hvert pixel i tillegg uttrykkes ved en:

- kartkoordinat; angir posisjonen til pixelet i et valgt kartprojeksjonssystem angitt med kartkoordinater.

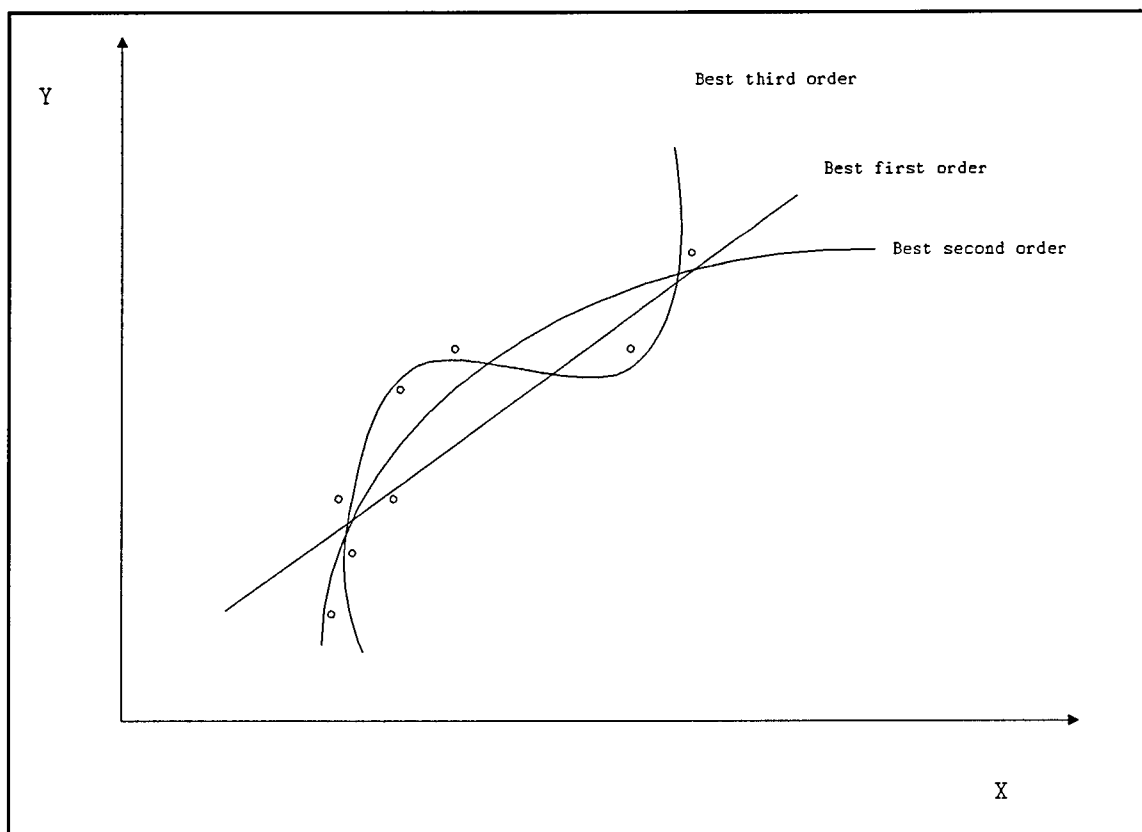
Et rektifisert satellittbilde er da et *ortoimage*.

Prosedyre for utplukking av kontrollpunkter:

1. Filkoordinater plukkes ut fra skjermen med mus. Ved å forstørre området kan punktet plukkes ut med en nøyaktighet ned mot 10 meter som er pixelstørrelsen.
2. For hver filkoordinat leses posisjonen av på kart og testes manuelt inn. Kartgrunnlaget bør ha stor målestokk for å sikre god nøyaktighet. Det ble brukt økonomisk kartgrunnlag i målestokk 1:20.000. For kartgrunnlag i små målestokker er *NGO48-koordinater* vanlig. Da dataene senere skal samregistreres bør de ha et felles koordinatdatum. Kontrollpunktene ble derfor transformert til UTM-koordinater. Hvis

programvaren som er nyttet til rektifiseringen er laget i utlandet, må koordinatene for x og y byttes om. Erdas takler ikke sære nasjonale interesser som å ha x-aksen pekende nordover.

Punktene bør ligge godt spredt ut over området med særlig god dekning i randområdene. Dette for å sikre seg god "oppførsel" til polynomene over hele bildet. Hvis dette ikke er oppfylt, oppnås god nøyaktighet akkurat i kontrollpunktet og i kontrollpunktets nærhet, men økende feil og dermed bildeforvrengning med økende avstand fra punktet [17]. Dette er synlig ved at veger og andre linjer i bildet ikke er sammenhengende, men har brudd.



Figur 2.3. Effekt av dårlig fordelte kontrollpunkt.

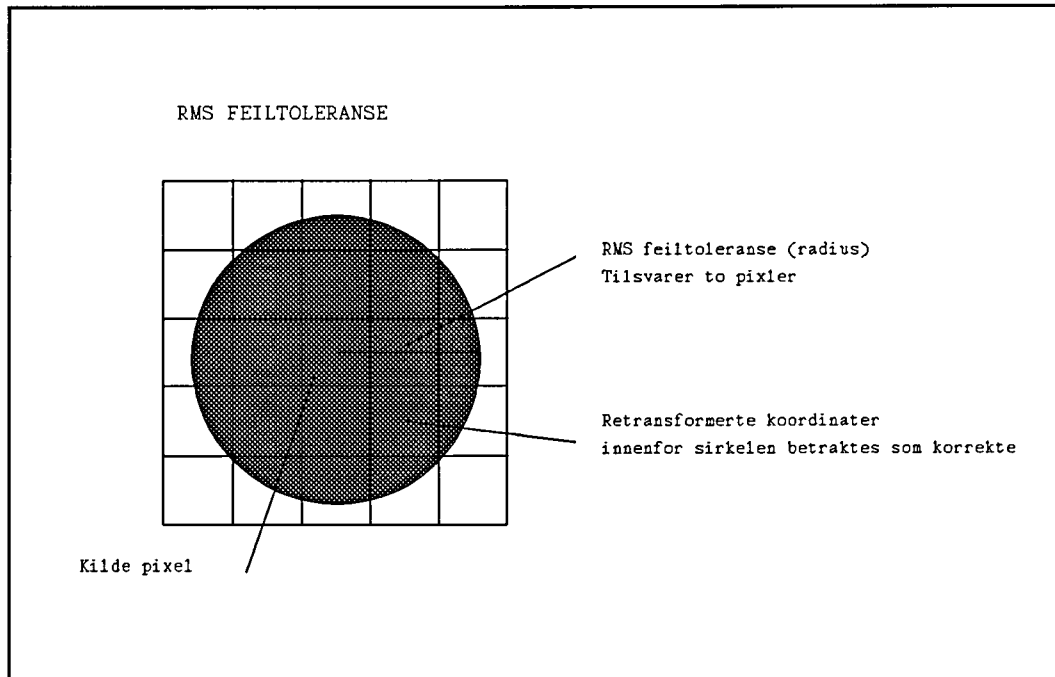
2.3 Beregning og testing av en transformasjonsmatrise (COORDN)

Kontrollpunkter som er valgt ut, legges inn i en matrise. Transformasjonspolynom velges, orden 1 til 10. Når en transformasjonsmatrise beregnes, nyttes den inverse til transformasjonsmatrisen for å retransformere referansekoordinatene tilbake til kildekoordinatsystemet. Differansen mellom kontrollpunktets koordinater og de retransformerte koordinatene kalles RMS-feil. RMS står for Root-Mean-Square, men er her brukt som et rent avstandsmål.

$$RMS\ feil = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}$$

x_i, y_i : kontrollpunktens koordinater (inngangsdata)

x_r, y_r : retransformerte koordinater



Figur 2.4. En RMS-feil lik 2, betyr at referansepixelen er en avstand på to pixler fra den retransformerte pixel.

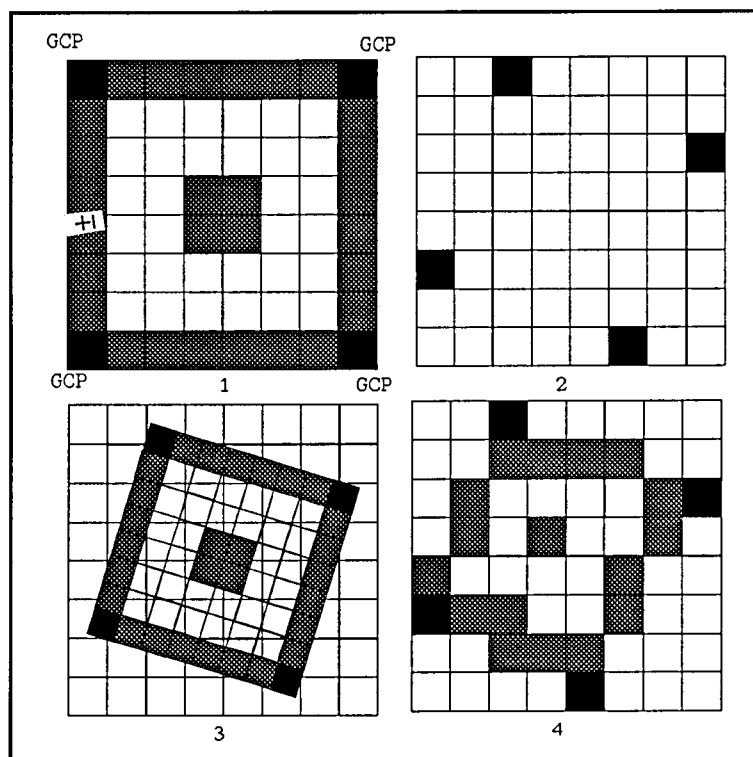
2.4 Resultatbildet dannes - resampling

Resampling går ut på å transformere bildet. Da bildet vi resampler er digitalt, beskriver transformasjonen en ny diskretisering (se App. B1). Resamplingen er en todelt prosess, der det beregnes geometrisk interpolasjon og gråtone interpolasjon [17],[9],[23]. (I Erdas-manualen betegnes resampling kun som gråtone interpolasjon [8].) Kapittelet her omtaler gråtone interpolasjon.

I Erdas finnes det tre forskjellige gråtone interpolasjons-metoder:

1. Nearest neighbor: velger gråtoneverdi for det nærmeste pixelet ved tilordning av ny gråtoneverdi for resultatbildet.
2. Bilinear interpolation: velger gråtonerverdi på grunnlag av de fire nærmeste pixler i et 2 x 2 vindu.
3. Cubic convolution: velger gråtoneverdi på grunnlag av de 16 nærmeste pixler i et 4 x 4 vindu.

Satellittbildet over Stjørdal er rektifisert med en RMS - verdi mindre enn 1.5, og er resamplet med nearest neighbor.



Figur 2.5. Resampling.

Figur 2.5 viser prinsippet for resampling.

1. I råbildet som skal rektifiseres, er det plukket ut GCP-punkter (kilde-kontrollpunkter)
2. Resultatgriddet - har ennå ikke fått tilordnet gråtoneverdier, men GCP-punktene vises (referanse-kontrollpunkter)
3. For å sammenlikne de to griddene legges råbildet over resultatgriddet slik at GCP-punktene for de to griddene passer sammen.
4. Ved å bruke en metode for gråtone-interpolasjon, blir gråtoneverdiene til råbildet tilordnet pixler i resultatgriddet.

2.5 Danner et utsnitt av SPOT-bildet

Når et satellittbilde er rektifisert, får hver pixel tilordnet et koordinatpar til det koordinat-system bildet er rektifisert etter. Det er derfor mulig for hvert enkelt pixel i bildet, å få ut informasjon om det pixelets koordinatpar i filkoordinater, skjermkoordinater og kartbladkoordinater. Hjørnekoordinatene for høydemodellen er kjent. Ønsker å danne et utsnitt av bildet i samme geografiske område som høydemodellen. Prosedyre for å danne et utsnitt av en LAN-fil:

1. Les av filkoordinater som korresponderer med koordinatene for øvre venstre og nedre høyre hjørne, oppgitt i UTM-koordinater. (CURSES)
2. Avleste filkoordinater brukes som inngangsdata i en klippingsalgoritme. (SUBSET)

Hjørnekoordinater i UTM var:

øvre venstre hjørne: 594000,7045500

nedre høyre hjørne: 599000,7042500

Regnet fra koordinatene er nå bildets utstrekning 5 km x 3 km. I Erdas refereres koordinatene til øvre venstre hjørne til pixelen. Derfor er bildets virkelige utstrekning 5,010 km x 3,010 km, da hjørnekoordinatene for nedre, høyre pixels nedre høyre hjørne er 599010, 7042490. Antall rader og kolonner i bildet blir derfor 301 og 501. Som er likt antall rader og kolonner i høydedataene etter at de er ordnet til bildebehandlingsformat (Kap. 3).

3.1 Dataene ordnes radvis

Kolonnene for x og y koordinatene måtte bytte plass da Norge har x-aksen pekende nordover. Dataene ble videre ordnet i 61 rader med 101 punkter i hver rad. Første punkt i fila var oppe til venstre. Påfølgende punkter følger raden ut og så neste rad.

Bildebehandlingsformat

Bildebehandlingsformat er binært (i bit-format) der hvert bit kan ha to mulige verdier; 0 eller 1, eller av/på. Pixel-dybde angir hvordan pixel-verdier er pakket. Mulighetene er 4-bit, 8-bit og 16-bit. 8-bit må ikke forveksles med en byte. 8-bit betyr at en pixel får tildelt en byte lagringsplass slik at hver pixel kan variere fra 1 til 256 gråtone-verdier. Dette er behandlet grundigere i appendiks B. Sammenhengen mellom pixeldybde og antall gråtoner vises i følgende tabell:

pixel - dybde		antall gråtoner
4-bit	2^4	16
8-bit	2^8	256
16-bit	2^{16}	65536

3.2 Flategenereringen

En flate er generert etter "minimum curvature"-metoden [5]. Dette er en algoritme som genererer overflaten fra utvalget av terrengpunkter. Punktene i 50 m x 50 m gridet beholdes tilnærmet uforandret, mens det genereres en jevn flate mellom punktene i 50 m x 50 m nettet. En kan tenke seg et rutenett med en spiker i hvert rutenettskryss. En flate legges så over rutenettet slik at alle spikrene berører overflaten.

På grunn av store datamengder genereres flaten i flere operasjoner. Søkeradius angir et området "flategenererings-programmet" vil søke etter datapunkter som blir inngangsdata til flategenereringen. Søkeradius ble satt til 500 meter.

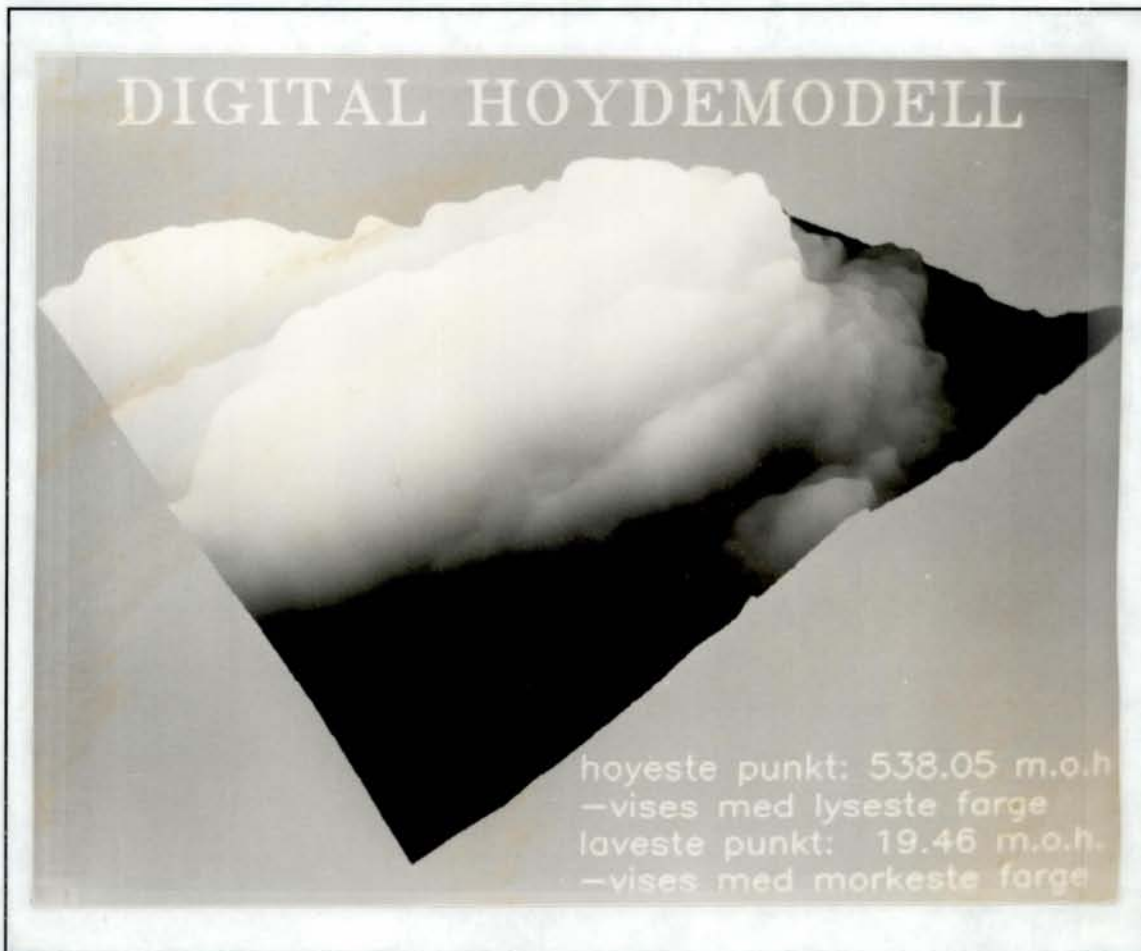
3.3 Regridingen

Oppløsningen til et pankromatisk SPOT-bilde er 10 m x 10 m. Det var derfor ønskelig å ha et grid med høydeverdier i samme oppløsning. Dette fordi dataene skal sammenstilles slik at en for hver rute i gridet har en x, y, z-koordinat, samt en gråtone.

Overflateverdiene blir interpolert fra de originale "terreng-data-punktene" (punktene i 50 m x 50 m gridet). For dannelsen av et 10 m x 10 m grid, følger en flaten og "leser av" høydeverdien for hver tiende meter. Resultatet av dette vil bli at en får litt andre verdier på min. og maks. høyde for daler og rygger, da flaten er så jevn som mulig. En vurdering av regridingen finnes i Kap. 7.

3.4 Overføring til Erdas format

Skal topografiske data være nyttbare for Erdas, må de representeres som en overflate eller *DEM* (Digital Elevation Model). DEM er i Erdas en én-bånds LAN-fil (App. C.2) der pixelverdien for hver pixel er en bestemt høydeverdi. En gråtone-skala er brukt for å differensiere variasjoner i terrenget. Høyeste verdi i terrenget til "testområdet" er 538,05 meter og laveste verdi er 19,46 meter. Altså en høydeforskjell på 518,59 meter. Denne høydeforskjellen fordeles på 256 gråtoneverdier slik at hver gråtone representerer en høydeforskjell på om lag 2026 meter.

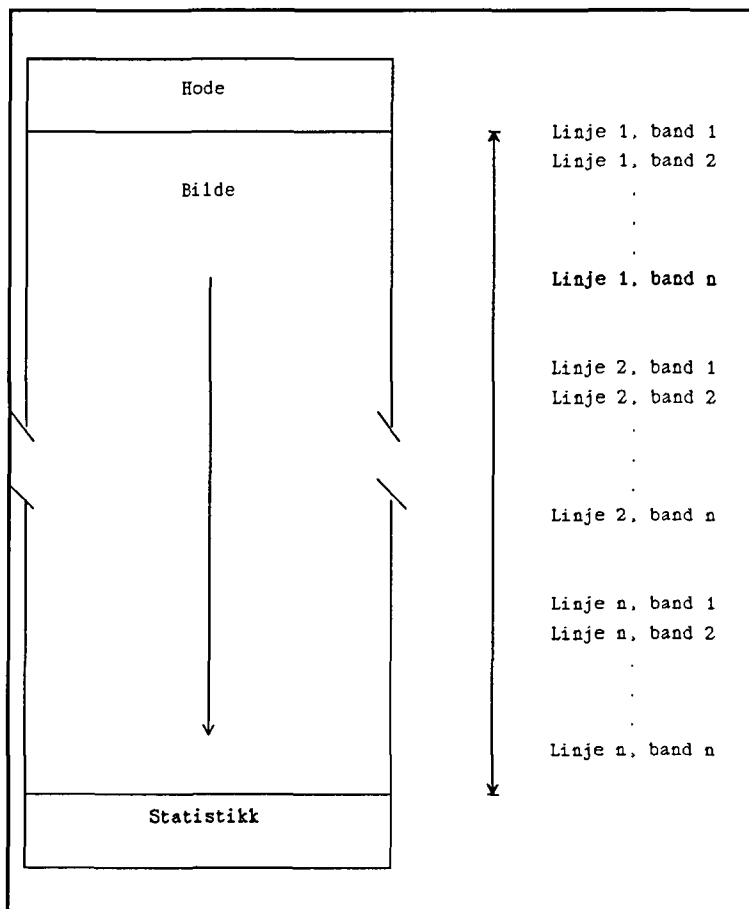


Figur 3.2. Høydemodellen (DEM) som en LAN-fil vist i perspektiv

Dataene leses inn i Erdas for å danne en LAN-fil (LDDATA). Ved innlesningen kan bildedataene være arrangert på tre forskjellige måter:

- BIL (band interleaved by line)
- BSQ (band sequential)
- BIP (band interleaved by pixel)

For et bånd data er alle 3 formatene identiske så lenge dataene ikke er i blokker. Data er noen ganger ordnet i blokker for å effektivisere datamengdene. Det mest vanlige arrangementet av disse tre er BIL-formatet, og er det som tilordnes LAN-filer i Erdas.



Figur 3.3. BIL - formatet

x: antall kolonner
y: antall linjer
n: antall bånd

Fila er nå lest inn som 16-bits data som er den vanlige lagringsrepresentasjon for *DTM*, *digitale terrengmodeller*. Dette endres til 8 -bits data (ALGEBRA). Videre bør fila georefereres ved å gi inn koordinater (UTM) til øvre venstre hjørne (FIXHED).

4 BEHANDLING AV KVARTÆRGEOLOGISKE DATA

Som hjelpemiddel i behandling av geologisk tema ble programsystemet FYDIG (App. D) brukt til digitalisering og Arc/Info brukt til redigering og for å danne topologi (se 4.3.2). Før det geologiske tema skal fremstilles i perspektiv, må følgende utføres:

1. Planlegging.
2. Digitalisering
3. Editering
4. Knytt sammen attributtene med romlig informasjon, dvs en kobling mellom tematisk informasjon og stedlig informasjon. (hva finnes hvor?)
5. Editering av coveraget sammenstilt med satellittbilde
6. Konvertering til Erdas-filformat

Det teoretiske grunnlaget i dette kapittelet er hentet fra [3],[19] og [20].

4.1 Planlegging

Høydedatabasen jeg fikk fra Kartverket og utsnittet dannet av satellittbildet, dekker begge et område på 5 km x 3 km. Det ble derfor digitalisert et geologisk tema for samme utsnitt. Som geologisk tema ble det valgt kvartærgeologi (App. F) da dette var ganske detaljert informasjon.

4.2 Digitalisering

For å digitalisere geologisk tema, ble det i diplomoppgaven brukt Kartverkets digitaliseringsprogram FYDIG. For å skaffe tilveie geologiske data på digital form, ble eksisterende kvartærgeologiske kart digitalisert. Kartgrunnlaget var ubrettede papirkart i målestokk 1:50.000 med UTM-koordinatsystem. Kartet ble plassert på et *digitaliseringsbord* og en manuell metode ble brukt ved å føre en målelupe over informasjon på kartet som skal digitaliseres. Grensene for kvartærgeologisk utbredelse ble digitalisert.

Ved endt digitalisering, ble dataene overført fra SOSI-format til Arc/Info-format. Brukte da et konverteringsprogram, programmert i *SML* av Gregersen GEODATA AS [26].

4.3 Knytter sammen romlige data og egenskapsdata

4.3.1 Lagring av geografiske data

Geografiske data blir i Arc/Info lagret to steder:

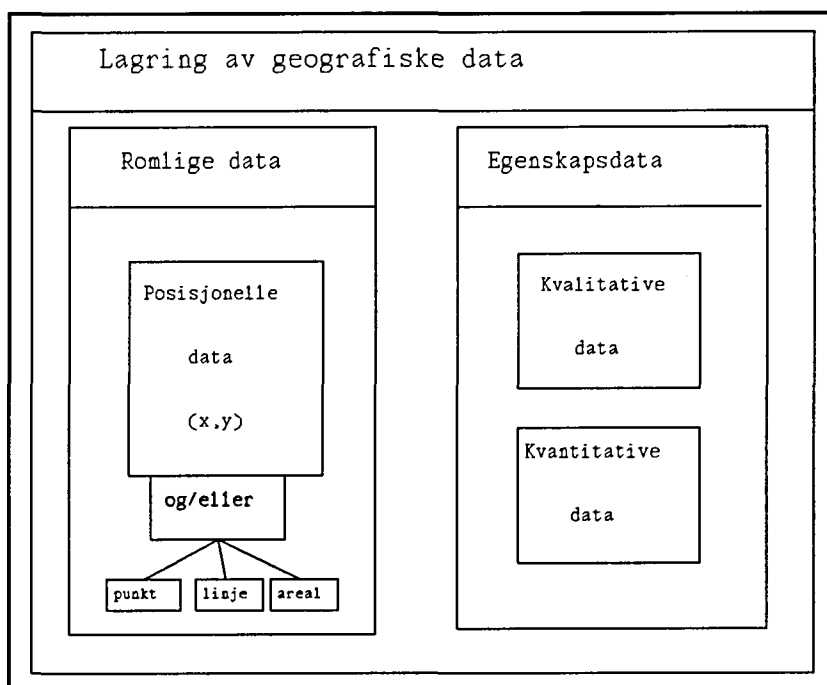
- som romlige data (koordinater)
- som egenskapsdata (database)

Romlige data

Stedfestet informasjon. Informasjonsbærende enhet er punkt, linje eller polygon. Felles for alle er at de lagres med identifikasjonsnummer og koordinater.

Egenskapsdata

Også kalt semantiske data. Disse inndeles i kvalitative og kvantitative data. Kvantitative sier noe om mengder, mens kvalitative er beskrivende data. Egenskapsdata (feature attribute data) brukes som betegnelse for hele gruppen av data som omfatter både kvalitative og kvantitative data.

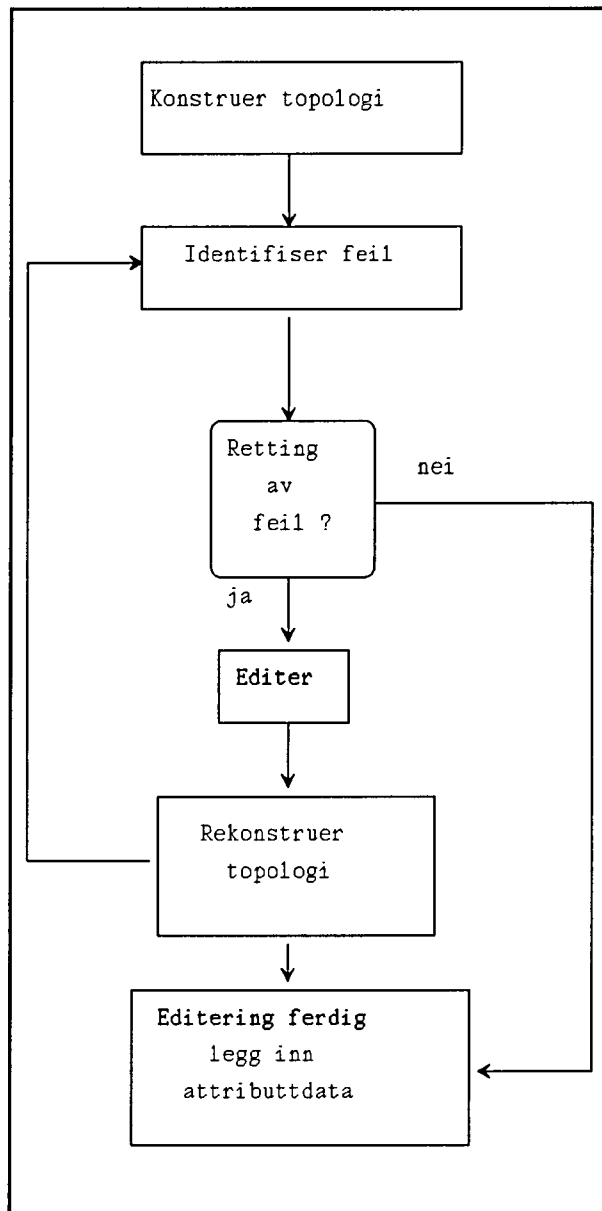


Figur 4.1. Lagring av geografiske data.

Coverage

Et coverage er en digital versjon av et kart. Det inneholder både romlige data og egenskapsdata som beskriver den stedfestede informasjonen. Det er vanlig at de forskjellige posisjonelle data lagres på hvert sitt coverage (lag). F.eks. et lag for veger (linjer), et for bebyggelse/hus (punkt/polygon - avhengig av målestokk), et for tema (polygon), ... osv.

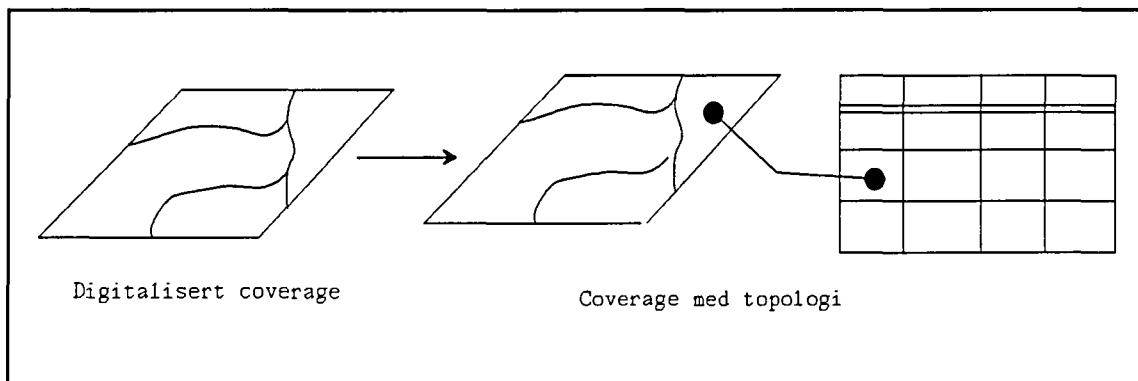
Romlige data og egenskapsdata knyttes sammen og/eller oppdateres ved å danne topologi. Det er viktig å være bevisst dette forhold. Dersom en linje finnes i det digitale kartet uten at vi kan trekke ut informasjon om hva linjen betyr, er den romlige beskrivelsen nesten verdiløs. Tilsvarende er det av liten verdi å kjenne egenskapene til et objekt uten å vite objektets romlige utbredelse.



Figur 4.2. En iterativ prosedyre for å gjøre de romlige dataene nyttbare.

4.3.2 Danner topologi (BUILD/CLEAN)

Ved dannelse av topologi, kobles egenskapsdata sammen med romlige data. Egenskapsdata samles i en egenskapstabell.



Figur 4.3. Digitalisert coverage og coveraget med topologi. Coveraget med topologi inneholder både stedfestet informasjon og egnskapsdata.

Der finnes tre typer egnskapstabeller, avhengig av type topologi coveraget inneholder, disse er:

- PAT: Polygon Attribute Table
- AAT: Arc Attribute Table
- PAT: Point Attribute Table

For et coverage med polygon-topologi, blir alle kurvene som danner et polygon bestemt, og hvert polygon legges i en polygon-egenskapstabell. Denne tabellen (PAT) inneholder fem standard kolonner:

record	area (m ²)	perimeter (m)	geotema_	geotema_id
1	-15000070.000	15999.810	1	0
2	6768332.000	67488.030	2	1
3	18809.970	648.600	3	2
..

I Arc/Info-språket kalles rader for record og kolonne for item. Geotema er navnet på coveraget digitalisert i diplomarbeidet. Et tall i en rute kalles for attributtverdi.

- record: nummeret til raden, antall record's er lik antall polygoner i coveraget + universpolygonet
- area: arealet av polygonet, målt i meter som er coverage-enheten
- perimeter: omkretsen av polygonet i meter
- kvarter_: indre polygonnummer tilordnet av Arc/Info-systemet
- kvarter_id: brukerdefinert polygonnummer

Første records kalles universpolygonet, og vil ha negativ verdi på area, internummer 1 og brukernummer 0. Universpolygonets areal dekker coveragets samlede areal. (se Kap. 7 for vurdering av størrelsen på arealet og omkretsen til universpolygonet)

Ved dannelse av topologi vil det i kolonnen for kvarter_id finnes bare 0'ere. Polygonene kan tilordnes brukernummer enten manuelt (ADD), eller automatisk (CREATELABEL). Ved

automatisk tilordning, vil brukernummeret være likt internnummeret - 1. Egenskapstabellen kan utvides enten ved fysisk å legge til flere kolonner (ADDITEM), eller ved å lenke egenskapstabellen til andre databaser (JOINITEM). Kvantær-coveraget's egenskapstabell ble utvidet fysisk med en ekstra kolonne. Hvert polygon fikk en kode etter hvilken kvartærgeologisk forekomst polygonet representerte. Prosedyre for dette var:

1. Velger ut alle polygoner i samme klasse (SELECT)
2. Tilordner attributtverdi (CALCULATE)
3. Gjentar 1 og 2 til alle polygoner har fått tilordnet attributtverdi
4. Oppdaterer topologi (BUILD/CLEAN)

4.3.3 Identifisering av feil

Noen feil som kan identifiseres ved å konstruere topologi:

- kurver som ikke er forbundet med andre kurver (NODEERRORS)
- polygoner som ikke er lukket (NODEERRORS)
- polygoner som ikke er merket eller som er merket mer enn en gang (LABELERRORS)

4.3.4 Retting av feil

Dette utføres i Arcedit-modulen. Prosedyre for editering:

1. Start opp Arcedit-modulen (ARCEDIT)
2. Spesifiser hvilket coverage som skal editeres (EDITCOVERAGE)
3. Spesifiser hvilken egenskapsklasse som skal editeres (EDITFEATURE)
4. Eventuelt: zoom inn området der objektet som skal editeres befinner seg (MAPEXTENT)
5. Velg objektet som skal editeres (SELECT)
6. Utfør editeringen (DELETE/MOVE/SPLIT...)
7. Gå ut av Arcedit-modulen (QUIT)

Etter editering må topologien oppdateres (BUILD/CLEAN).

4.4 Sammenstilling med satellittbildet

Overlagsplan og bildeplan

Erdas deler visningsskjermen i et image plane (bilde plan) og et overlay plane / graphic plane (overlags/grafisk-plan). Overlags planet nyttes til å vise:

- vektor-data, som grafiske elementer; polygoner, linjer og punkter
- GIS-fil (se App. C.2)
- ANT-fil (se App. C.2)

Dette fungerer tilsvarende som når et transparent legges over et papir. Det er den "gjennomsiktige" fargen i overlagsplanet som gjør at bildeplanet skinner igjennom. Visning

av vektordata som f.eks. Arc/Info coverage, vises vanligvis i overlagsplanet. Vektor-data får da tilordnet klasse-verdier på samme måte som pixler i en GIS-fil. Disse klasseverdiene korresponderer til forskjellige farger på visnings-skjermen [8].

Live link

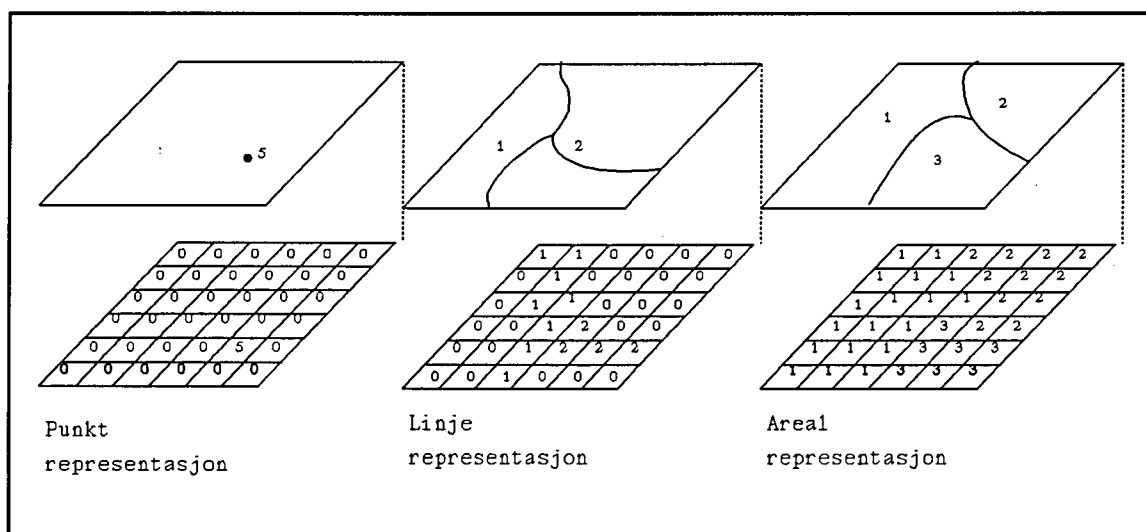
I Arc/Info - Erdas live link nyttes bilde- og grafisk plan. Når et bilde er lest inn i bildeplanet (READ), kan coveraget fra Arc/Info legges over i overlagsplanet ved hjelp av Arcedit- eller Arcplot- modulen. Coveraget tilpasses da bildets utstrekning (MAPEXTENT). Videre editering kan da utføres på coveraget i overlagsplanet med satellittbildet synlig i billedplanet.

Unøyaktigheter synlige ved innpassingen

Å se grensene for kvartærgeologi bare ut fra et pankromatisk satellittbildet er ikke tydelig, men grensene for vann sees. Det var derfor vannene som røpet unøyaktighet mellom coveraget og bildet. Polygongrensene for vann og avbildningene av vann i SPOT-bildet, var forskøvet i forhold til hverandre. En vurdering av dette er gjort i Kap. 7.

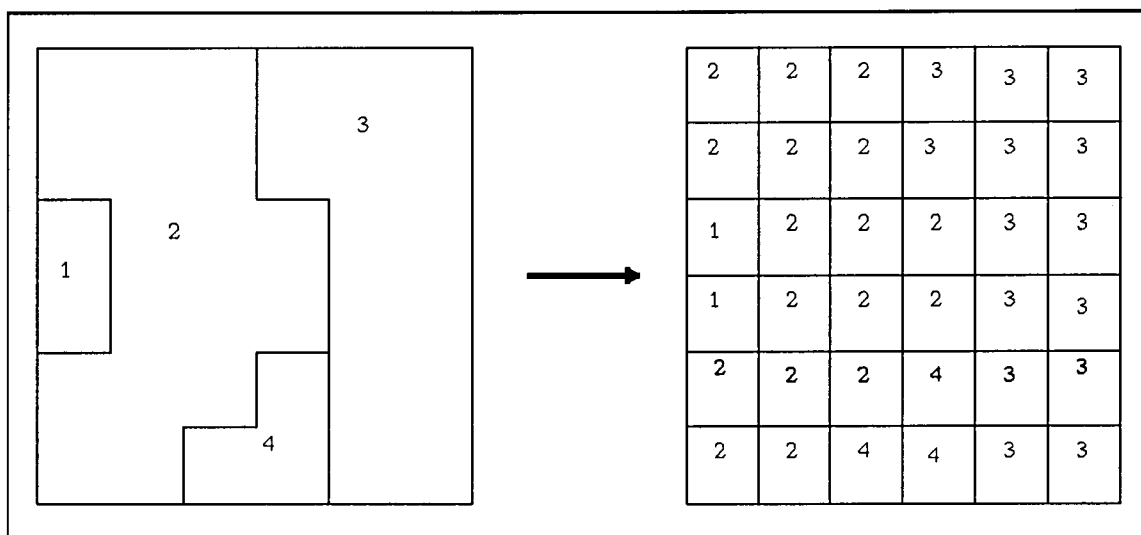
4.5 Konvertering fra vektor- til rasterformat

Det digitaliserte og ferdig editerte coveraget må overføres til Erdas filformat (POLYGRID, LINEGRID), skal en kunne utføre transformasjoner slik at geologien kan fremstilles i perspektiv. Data i Arc\Info er lagret som vektordata, mens data i Erdas er lagret som rasterdata. Lagring som vektordata vil si at dataene er lagret som punkt, linje eller polygon samt x-,y-koordinater. Lagring som rasterdata vil si at dataene er lagret i et grid som bildelementer der hvert bildelement (pixel) har fått tilordnet en numerisk verdi. (se også App. B)

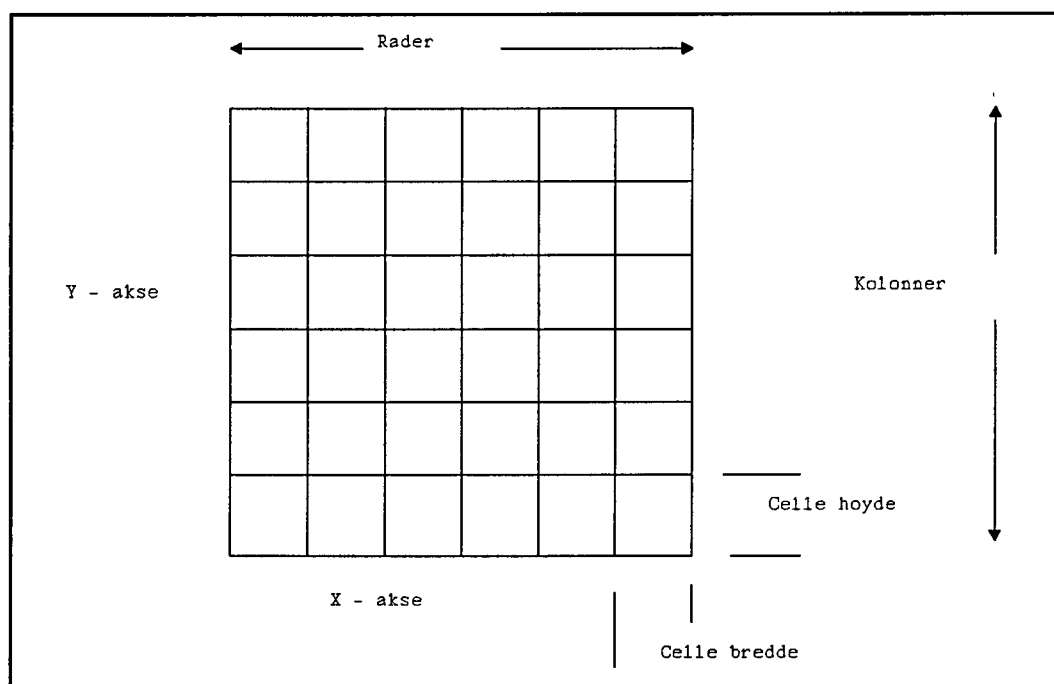


Figur 4.4. Forskjell mellom lagring av vektordata som punkt, linje og areal og lagring som vektordata.

Coveraget med kvartærgeologi må altså konverteres til rasterform.



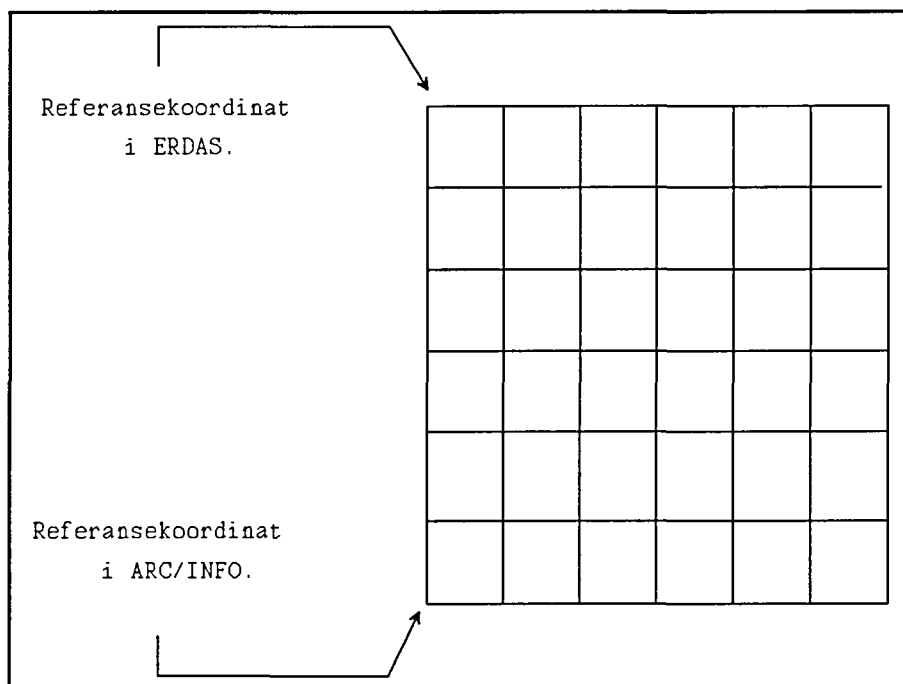
Figur 4.5. Konvertering av et coverage i Arc/Info til en GIS-fil i Erdas.



Figur 4.6. Parametre i konverteringsprogrammet.

Som inngangsdata i konvertering-sprogrammet må en vite:

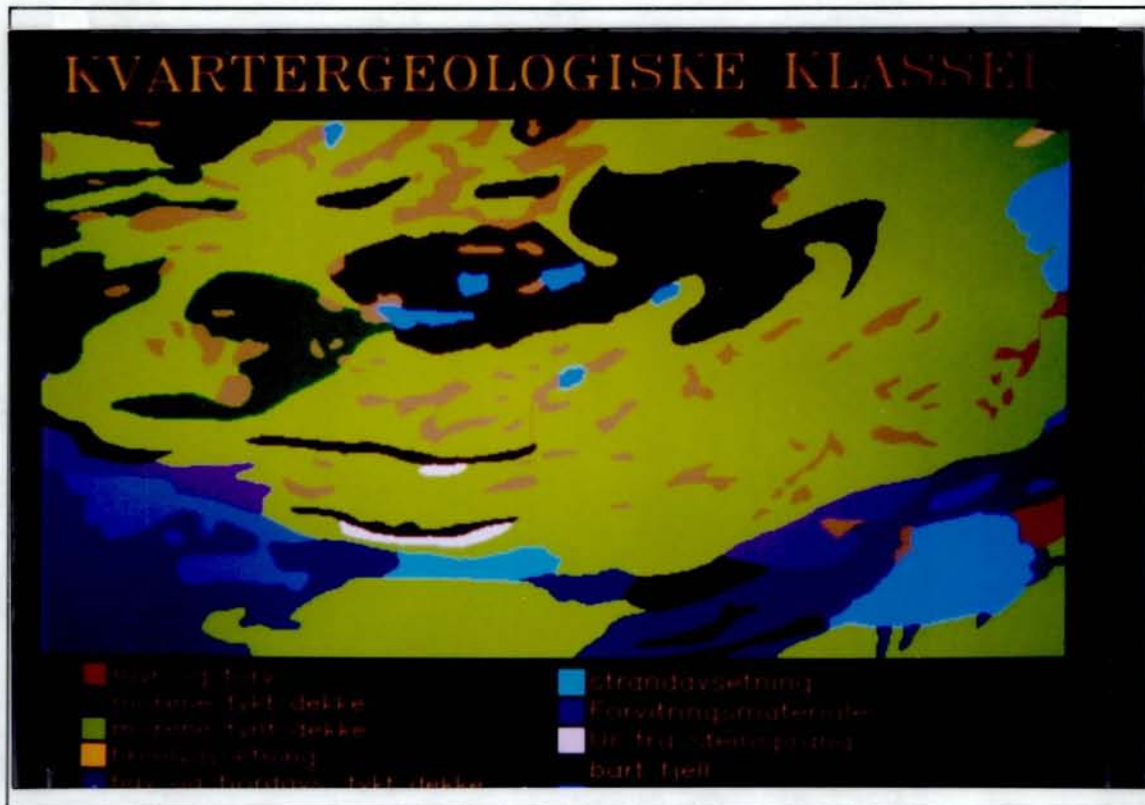
- nedre venstre referansekoordinat
- cellestørrelsen (bredde, høyde)
- gridstørrelsen (#rader, #kolonner)



Figur 4.7. Referansekoordinater.

Referansekoordinaten i Arc/Info er nede til venstre for coveragets utbredelse. Referansekoordinaten i Erdas er øvre venstre hjørne av pixelet. Nedre venstre referansekoordinat blir derfor pixelverdien for nedre venstre hjørne + et tillegg på y-verdien med 10 meter, som er cellehøyden.

Resultatet av dette blir en GIS-fil (Figur 4.8). En *header* må tilordnes og GIS-filen må georefereres (FIXHED). Filen kan da senere nyttes som draperingsfil for perspektivfremstilling.



Figur 4.8. Resultatet en GIS-fil.

Kommentar til fargevalg

Fargene i bildet over er tilordnet (COLORMOD) på skjerm i godt opplyst rom. Ved fotografering av skjerm, ble rommet mørklagt og dermed synsinntrykket av fargene på skjermen endret. Opprinnelig var det prøvd å tilordne farger slik at de skulle være mest mulig lik farger som nyttes i kvartær-geologiske kart. Slik resultatet er nå, kan det for en som er vant med å tolke kvartærgeologiske kart, oppstå forvirring. Tynt dekke av morene kan lett forveksles med elve- og bekkeavsetning, fargene for vann og strandavsetning er blitt meget like.

I programmet som lager tekst og tegnforklaring (ANNOTAT), finnes ikke bokstavene *æ, ø* og *å*. På samtlige bilder i diplomarbeidet presenteres derfor kvartærgeologi i Stj^ørdal.

5 PERSPEKTIVISKE UTSYN

5.1 Innledning

Å se terrenget ovenfra er for mennesket en unaturlig betrakningsorientering. Perspektivfremstillinger representerer egentlig heller ikke en naturlig betrakningsorientering hvis ikke opptaket er tatt fra standplasser som folk er vant med å se terrenget fra. Ved valg av perspektivisk utsyn må det tas hensyn til:

- best mulig presentasjon
- best mulig perspektivitet

Presentasjon

Den retning av det perspektiviske utsyn som gir den best mulige presentasjon, vil være et opptak der størst mulig del av området er med. Da vil det perspektiviske bildet inneholde flest mulig "gjenkjenningpunkter". Dette vil komme i konflikt med at opptaket skal være fra standplasser som folk er vant med å se opptaket fra. For at bildet skal være en god presentasjon, må bildet ha høy grad av fotorealisme eller et enda strengere krav, bildet må være naturtro. Med naturtro menes liten forskjell i synsinntrykk på netthinnen ved betraktning av terrenget og ved betraktning av det dannede bildet.

Perspektivitet

Den retning av det perspektiviske utsyn som gir den beste perspektivitet, vil være det opptak som gir dybdeforståelse. For et vertikalopptak gjelder det at målestokken er tilnærmet lik i alle retninger og i alle punkter i bildet. For et perspektivbilde, vil målestokken variere. Et perspektivbilde har dybdeforståelse (har god perspektivitet) når målestokkforskjellen mellom forgrunn og bakgrunn i bildet er stor. Dette belyses nærmere i Kap. 5.3. Teori om hvordan et perspektivbilde kan virke naturtro finnes i Kap. 5.2. Rutenett er et nyttig hjelpemiddel for å finne den opptaksposisjon som gir den beste perspektivitet. Mer om dette i Kap. 5.4.

5.2 Teknikker for å gjøre perspektivbildet naturtro

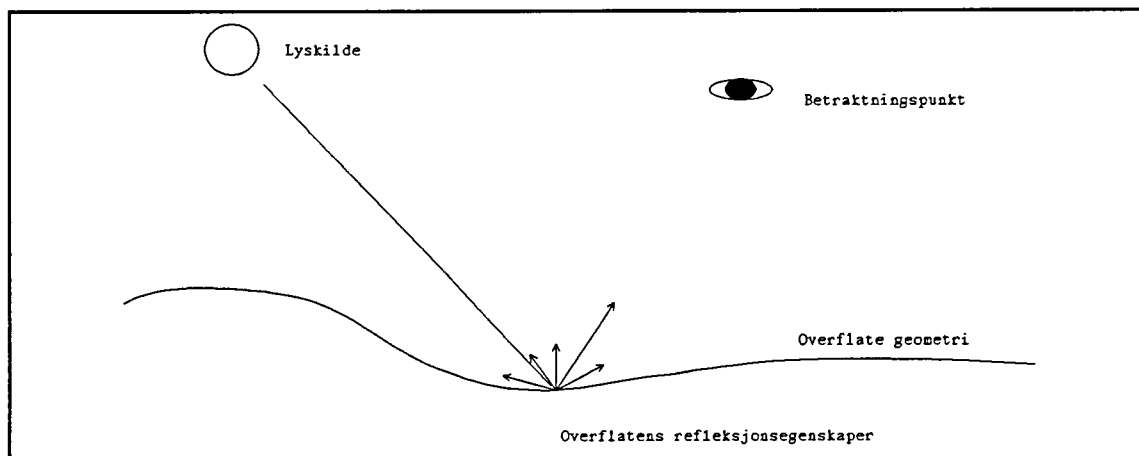
Dette kapittel inneholder teori om hvordan gråtoner dannes i et digitalt bilde fra SPOT-satellitten. Og videre hva som bør utføres på et digitalt skråbilde dersom det skal være naturtro. Det finnes flere teknikker og det er flere hensyn å ta med hensyn til å gjøre det digitale perspektivbildet naturtro:

- Lysintensitet
- Generalisering av fjerne objekter
- Skyggelegging

Dette er komplekse algoritmer. Her presenteres de bare overfladisk. Videre referanser finnes fra [21].

5.2.1 Gråtoner i et bilde

Hvordan et objekt er synlig for oss, hvilke gråtoneverdier bildet får tilordnet, er avhengig av: [16], [17]



Figur 5.1. De fire hovedfaktorer til dannelse av gråtoner.

1. Hvordan lyskilden belyser objektet
2. Atmosfæriske forhold
3. Overflateegenskaper med hensyn til:
 - refleksjonsegenskaper
 - farge
 - tekstur
4. Overflategeometrien med hensyn til posisjon og orientering i forhold til:
 - lyskilden
 - andre overflater
 - betrakteren

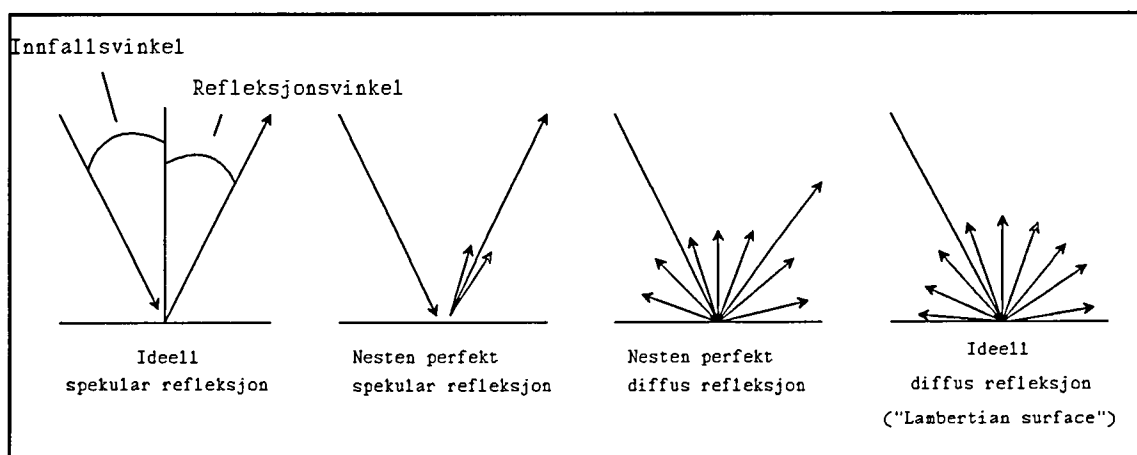
Refleksjon og overflategeometri

Det skilles vanligvis mellom to typer refleksjon:

1. Spekular refleksjon
2. Diffus/Lambertian refleksjon

Perfekt spekular refleksjon har vi ved flate overflater som har speilets egenskaper. Innfallsvinkelen til lysstrålen vil da bli lik utfallsvinkelen til den reflekterte stråle. Nær perfekt spekular refleksjon har vi når noe av lyset reflekteres i en vinkel ulik innfallsvinkelen.

Perfekt diffus refleksjon har vi når en ru overflate reflekterer uniformt i alle retninger. Nær perfekt refleksjon har vi når det i en retning reflekteres mer lys enn i de andre retningene.



Figur 5.2. Spekulær og diffus refleksjon.

Jordoverflaten gir verken perfekt spekulær eller diffus refleksjon. Refleksjonen er avhengig av overflategeometrien. Overflategeometrien påvirker hvor mye lys som treffer opptaksstedet. Refleksjonsegenskapene til bakken vil som regel være ukjent. Det vanlige er å anta perfekt diffus refleksjon fordi dette er det enklest å modellere da den er uavhengig av betrakterens posisjon. [21] Spekulær refleksjon er mer kompleks å modellere.

5.2.2 Lysintensitet

Tilordning av gråtone ved dannelse av et digitalt bilde, er avhengig av kompleksiteten til lyskilden. Å si at det kun er én lyskilde er en forenkling. Hele himmelen er en naturlig lyskilde der intensiteten varierer. En syntetisk lyskilde burde derfor være en kule med stor radius med diffust lys med ikke-uniform intensitet.

I Erdas er nok dette forenklet da det i VIG-fila er en linje for x-, y- og z-koordinat for solas posisjon. (App. C.2)

I naturen ser vi fjerne objekter som mer kontrastfattige og dimme i forhold til nære objekter. Dette fordi siktelinja vår mot fjerne objekter går gjennom større lag av atmosfæren.

5.2.3 Generalisering av fjerne objekter

Ettersom et objekt fjerner seg fra betrakteren (eller omvendt), blir objektet mer og mer diffust inntil det forsvinner. Årsaker til dette er begrensninger i øyets optiske system, atmosfæriske forstyrrelser og form og tekstur til objektet.

5.2.4 Skyggelegging

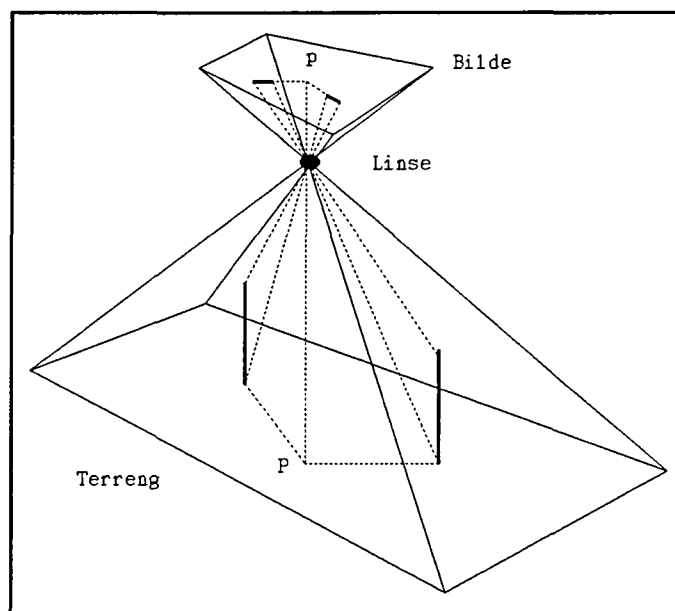
Det enkleste er å anta perfekt diffus refleksjon slik at hvert pixel har like refleksjonsegenskaper. Dette er imidlertid ikke naturlig. Skyggelegging er en algoritme som avgjør hvilke overflater (pixler) som er synlige fra både lyskilden og betrakterens opptakssted og som tilordner gråtoner ut fra dette. Det er ikke i diplomarbeidet vurdert mulighetene for dette,

men det kan nevnes at i opptaksgeometrifila (VIG-fila se Kap. 5.6 og App. C.2) finnes det posisjon for opptaksposisjon og solposisjon. Opptaksgeometri-fila er en tekstfil slik at den er lett å editere. Det ble prøvd med andre solposisjoner, men uten noe synlig forskjell i bildet.

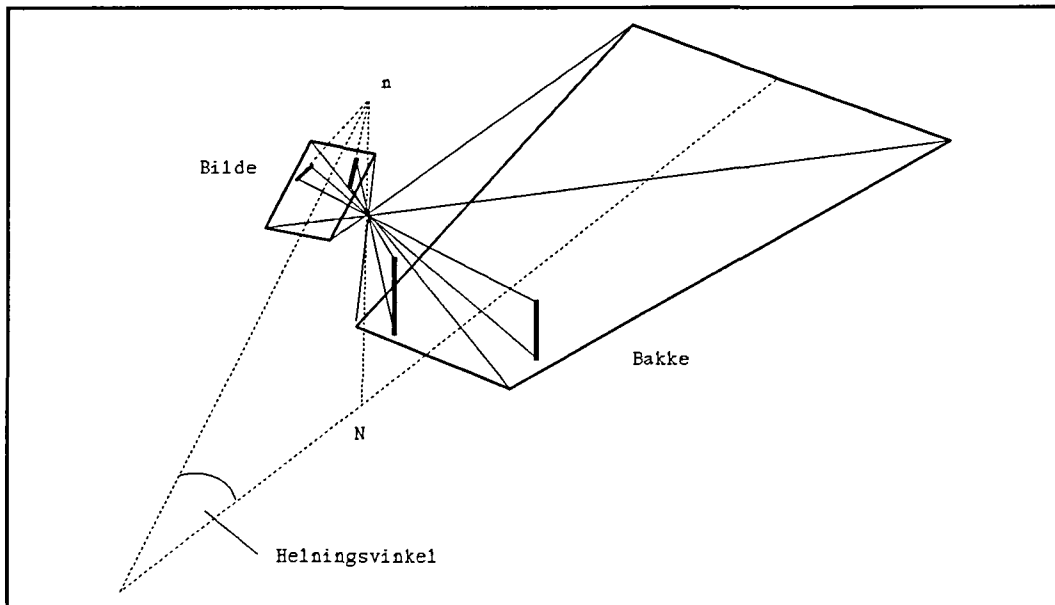
5.3 Geometriske forhold ved et perspektivbilde

Avbildning av vertikale linjer

Ved normalopptak vil vertikale linjer som tårn o.l. avbildes som radielle forskyvninger ut fra bildesentrum. Ved skråopptak vil vertikale linjer avbildes slik at forlengelsen av linjene konvergerer mot nadirpunktet i eller utenfor bildet. Avbildninger for normalopptak og vertikalopptak illustreres i figurene under.



Figur 5.3. Vertikale linjers avbildning ved normalopptak.

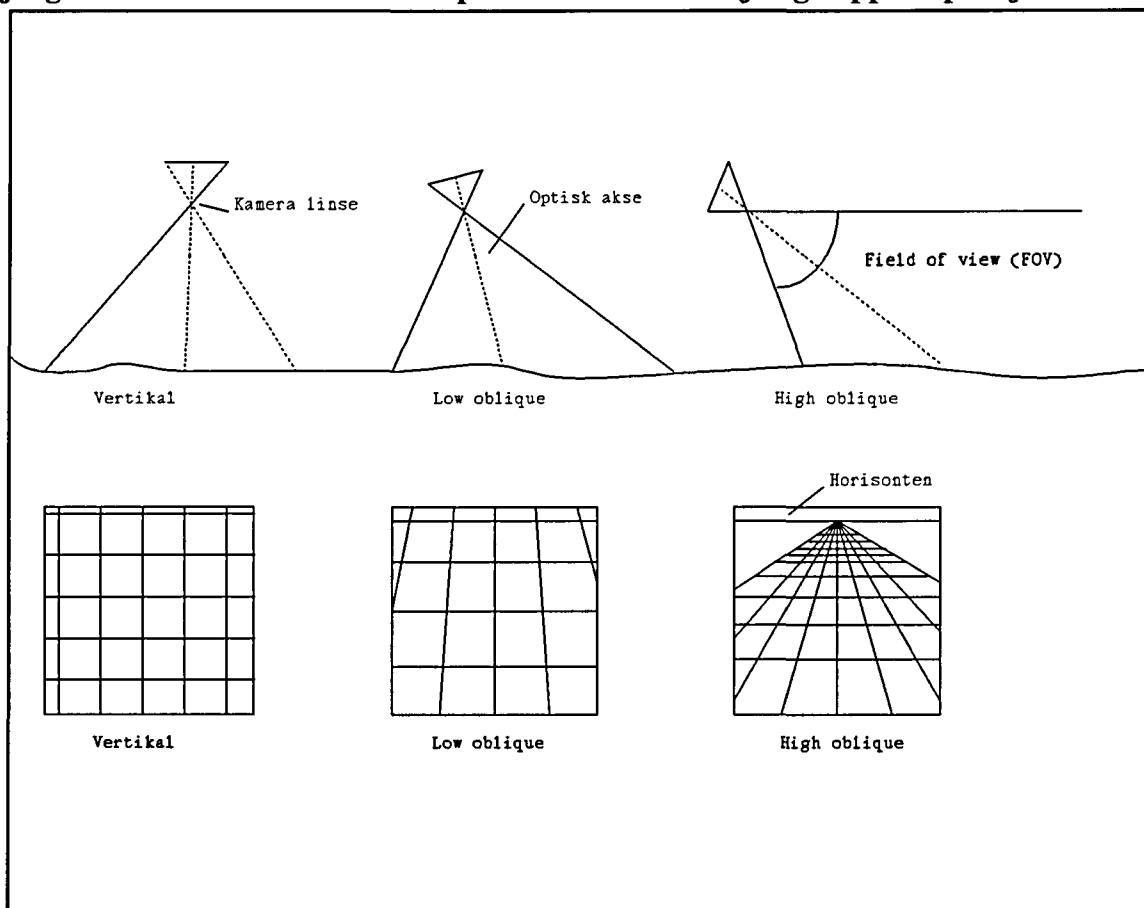


Figur 5.4. Vertikale linjers avbildning ved skråopptak.

n: nadirpunktets avbildning i bildeplanet

N: nadirpunktets avbildning i objektplanet

Gjengivelse i bildet av et rutenett på bakken ved forskjellige opptaksposisjoner:



Figur 5.5. Gjengivelse i skråbildet av et rutenett på bakken. Horisontale linjer konvergerer mot et forsvinningspunkt på horisontlinjen.

For vertikalopptak vil målestokken være tilnærmet like stor i alle punkt i bildet. For skråopptak vil målestokken variere langs de linjer som konvergerer mot forsvinningspunktet (vertikale linjer i figur 5.5.). Desto nærmere forsvinningspunktet en kommer desto mindre målestokk. For horisontale linjer i figur 5.5., vil målestokken være konstant. Bare i et punkt vil målestokken være konstant både langs de horisontale og vertikale linjer. Dette punkt kalles isosenteret, og kan beregnes matematisk. [7], [25]

Som resultat av dette vil målestokken i bildets forgrunn være større enn målestokken i bildets bakgrunn. Denne målestokksforskjellen mellom forgrunn og bakgrunn kan økes eller minkes ved:

- varierende helningsvinkel
- avstand fra terrengområdet

Variierende helningsvinkel

Skråopptak deles vanligvis inn i "low oblique" og "high oblique" (lav skrå og høy skrå). Ved høy skrå ser du horisonten og har dermed forsvinningspunktet innenfor bildet. Lav skrå har forsvinningspunktet utenfor bildet.

Avstand fra terrengområdet

Ut fra figur 5.5. ser vi at dette kan endres ved variasjon i:

1. opptakshøyde
2. FOV: Field of View (åpningsvinkel)

Opptakshøyde

Det vil være stor målestokksforskjell mellom forgrunn og bakgrunn i et bilde dersom betrakteren står "nært" terrengområdets forgrunn i forhold til terrengområdets bakgrunn. Er avstanden fra terrengområdet stor (f.eks. ved stor opptakshøyde), vil både bildets forgrunn og bakgrunn være langt unna betrakteren slik at målestokksforskjellen blir liten.

FOV

FOV er en vinkel som definerer hvor mye utsynet vil bli generert til hver side av siktelinjen. En smal FOV vil gi en "tunnel" 3D-effekt, mens en bred FOV vil gi et panoramainntrykk [8]. Med en bred FOV vil også terrengområder "nært" opptaksposisjonen komme med på bildet. Dette vises grafisk i grunnriss som en vinkel på tvers av siktelinja i figur 5.9 og fra siden i figur 5.5. og 5.8. Utsynet er altså bestemt ved en "rektangulær kjegle's" skjæring med terrenget. Ved vertikalopptak vil objektplanet bli tilnærmet kvadratisk, mens det for skråopptak vil få form som et trapè.

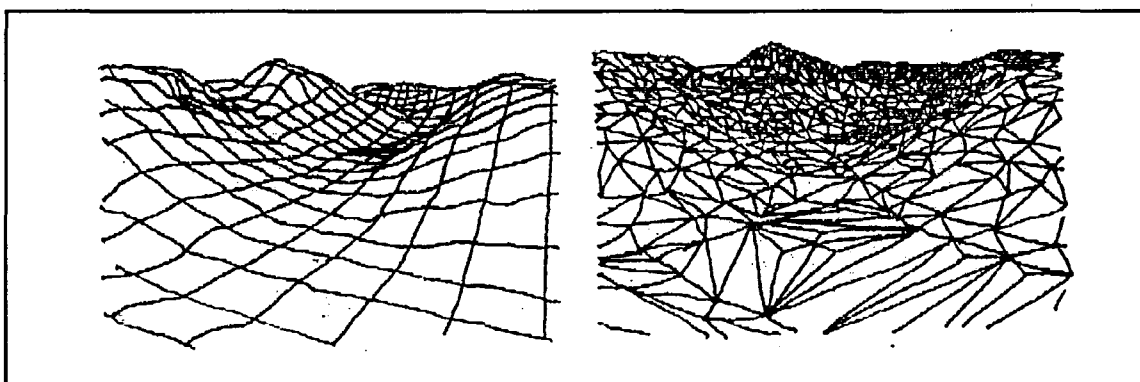
En smal FOV vil ikke gi noen naturtro gjengivelse, men vil gi en ganske interessant effekt, særlig dersom en utfører zooming i tillegg. Professor Ingolf Hådem kommer med to eksempler: *"Ved fotografering fra Nidarosdomen nedover Munkegata med smal FOV og sterk*

zoom, vil bildet som dannes gi et inntrykk av en alpeby. Ved fotografering av et hus og månen i bakgrunn, vil med normalobjektiv gi riktige proporsjoner mellom hus og måne. Ved smal FOV og sterk zooming også her, vil en få en enorm måne som husets bakgrunn."

5.4 Fremheving av den perspektiviske effekt ved hjelp av rutenett

Noen årsaker til bruk av rutenett:

1. Det er lettere å få inntrykk av perspektivet.
2. Det er mulig å estimere mål ved at rutestørrelsen er kjent.



Figur 5.6. Rutenettsmodell og trekantmodell - hva gir best dybdeinntrykk?

Trekantmodellen er en vanlig måte å fremstille noe tredimensjonalt. Men skal en vurdere perspektiviteten, har rutenettsmodellen en god visuell effekt ved at parallelle linjer i rutenettet synes å møtes i et forsvinningspunkt i eller utenfor scenen.

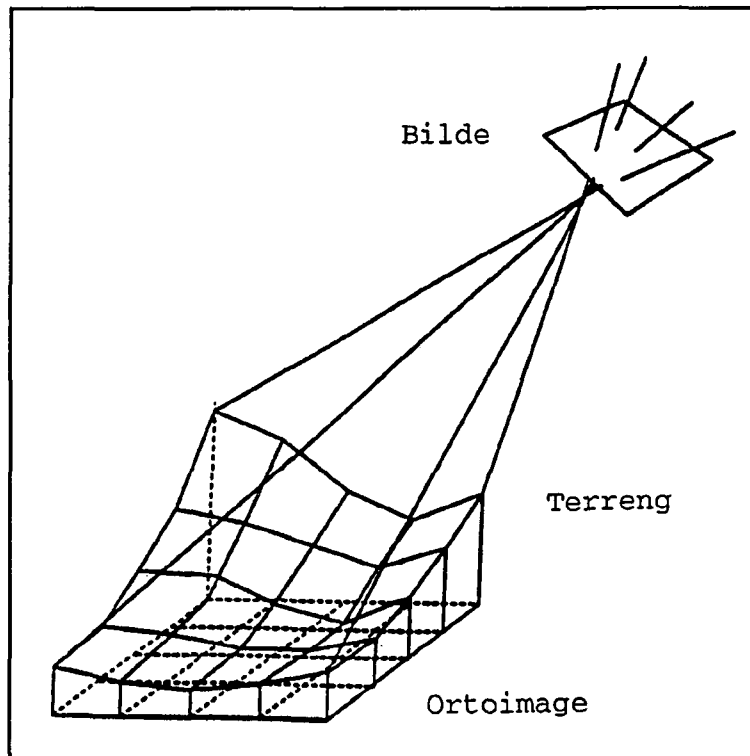
Rutenett kan derfor anvendes for å avgjøre om et opptaksted gir god perspektivitet. Kriteriet blir da at firkanter i forgrunnen skal være betydelig større enn firkanter i bakgrunnen. (ref. Kap. 5.3 om målestokkforskjell)

I diplomarbeidet er det fremstilt i perspektiv et rutenett med 100 x 100 meter ruter.

5.5 Dannelse av perspektivbilde i Erdas

For dannelse av perspektivisk utsyn, må en i Erdas ha følgende inngangsdata:

- en topografisk-fil: LAN-fil
- draperingsfil: LAN- eller GIS-fil
- en opptaksgeometri-fil: VIG-fil



Figur 5.7. Den geometriske sammenheng mellom digitalt bilde, høydemodell og ortoimage. Her vist i et skråopptak.

Topografifila er de behandlede høydedataene fått fra kartverket. Draperingsfil er en GIS- eller LAN-fil som har samme størrelse som høydedataene (likt antall kolonner og rader), og som er rektifisert og knyttet til samme koordinatsystem som topografifilen. Draperingsfilene er et *ortoimage* dersom de er rektifisert/georeferert. Et pixel i et *ortoimage* er gitt ved (x,y,w) der w angir gråtone. Når draperingsfilen og topografifilen sammenstilles, vil hvert hvert pixel også få en høydeverdi og dermed være gitt ved (x,y,z,w) . Dette kaller Heleva [14] for en groundel (groundelement).

5.5.1 Valg av opptakssted

Utsnittet har en utstrekning på 5 km x 3 km i øst-vest retning. Ved valg av opptakssted rett i sør, ble pixlene i de nedre hjørnene i bildet dradd ut og kornet. Fenometet "blocky-effect" var oppstått. Det vil si at pixler er ordnet i blokker med samme gråtoneverdi. Ved å svare ja på spørsmålet "smooth shading" (GEOM) ble dette bedre, men fortsatt ikke pent. "Smooth shading" er en glattingsprosedyre. En histogramutstrekking av gråtoneverdiene slik at det benyttes flere gråtoner. Overgangene mellom gråtonene blir da glattere.

Ved å definere opptaksposisjon i utkanten av et av hjørnene, og "center of view" nord-øst for dette, blir opptaket tilnærmet i bildets diagonalretning. Pixler som danner bildets forgrunn, blir da strukket mye mindre. Kandidaten trengte et godt opptakssted og forhørte seg derfor med en student fra Stjørdal. Kjentmannen anbefalte opptakssted fra sør-vest i ca. 1000 meters høyde. En får da noenlunde samme utsyn av Forbordsfjellet som det en har ved landing på Værnes og ved å kjøre langs E6 nordover (dog i noe annen høyde).

Fra opptaksted i syd-vest var det nå ønsket å finne det opptak som ville gi den best mulige perspektivitet. For å gi god perspektivitet gjentas det at:

- bildet må være mest mulig fotorealistisk/virkelighetstro
- bildet må kunne gi dybdeforståelse

Til dette ble det brukt rutenett. Først litt om hva som må bestemmes ved perspektivfremstillinger i Erdas.

5.5.2 Parametre som må bestemmes ved perspektivfremstilling

Ved perspektivfremstilling simuleres et skråopptak ved at høydemodellen og draperingsfilen betraktes fra valgfri høyde og orientering. Følgende må spesifiseres: (GEOM)

- opptaksposisjon, "viewing point" (P)
- "center of view" (B)
- opptakshøyde (eventuelt bruke default verdi)
- utsynets "åpningsvinkel", FOV (eventuelt bruke default verdi)

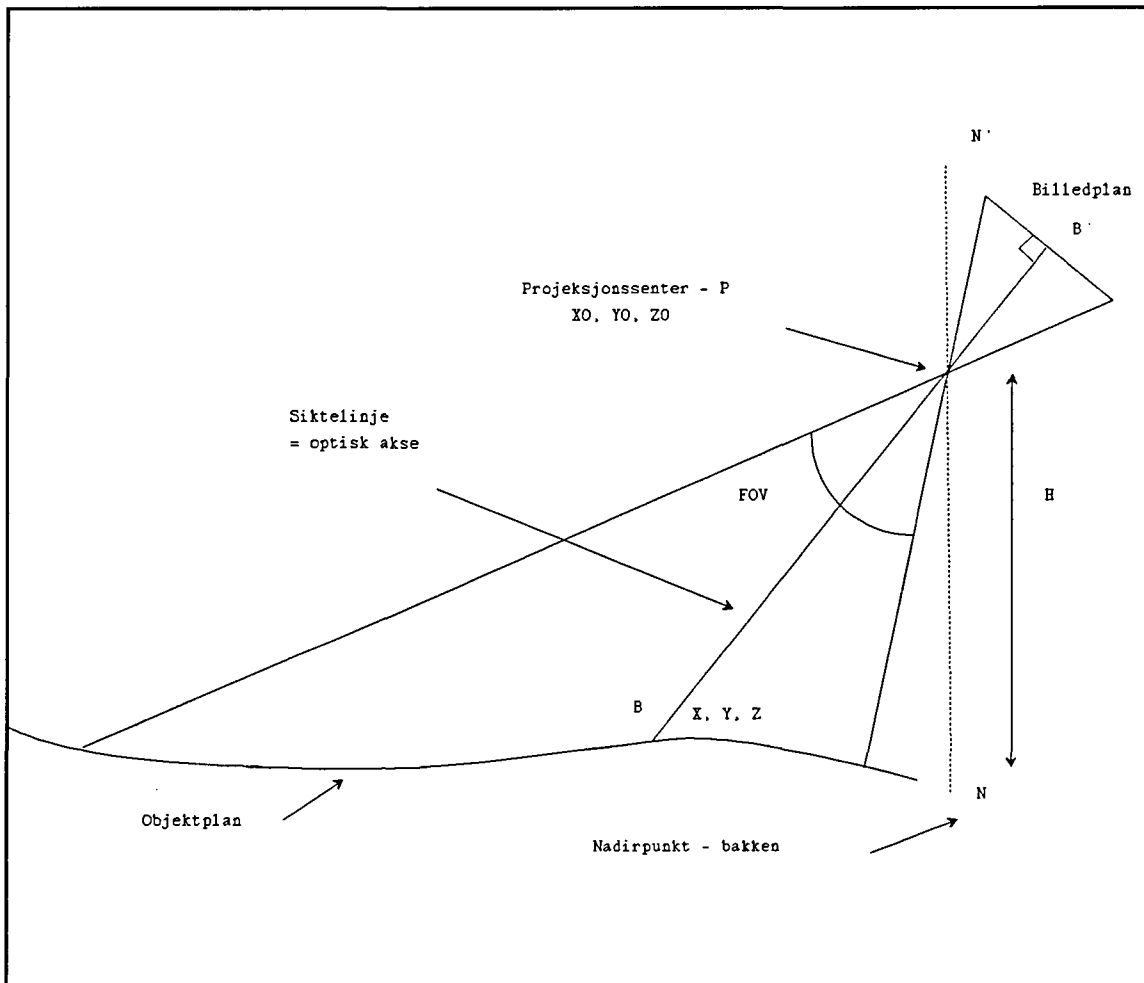
Se figur 5.8 og figur 5.9.

Linjen mellom opptaksposisjonen og "center of view", kalles for **siktelinjen**. I fotogrammetrien tilsvarende dette optisk akse (ref. figur 5.5.). Opptaksposisjonen vil være tilnærmet lik projeksjonssenteret, P, som er gitt ved X_0, Y_0 og Z_0 . "Center of view" er punktet på bakken som blir sentrum i perspektivbildet som dannes. Dette tilsvarende bildehovedpunktets avbildning på bakken, B, som er gitt ved X, Y og Z. Posisjon og orientering til siktelinjen bestemmer dermed det *perspektiviske samband*. Mer om dette i fotogrammetrisk grunnlag, Kap. 5.7. Default verdi på opptakshøyde, vil være høyeste punkt i terrenget langs siktelinjen.

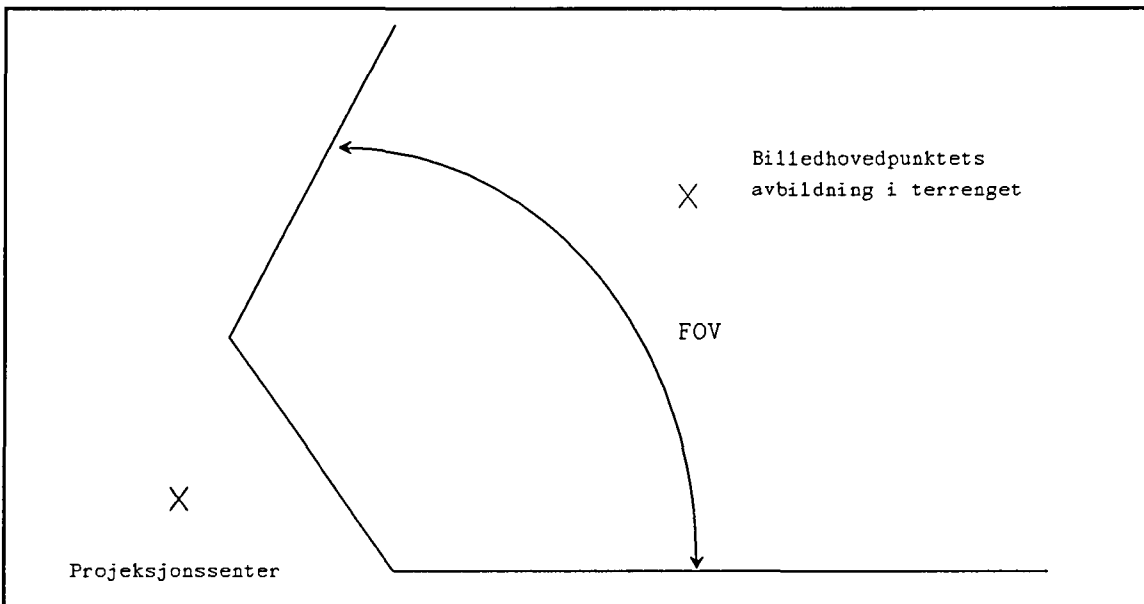
FOV står for Field Of View. En vinkel som definerer hvor mye utsynet vil bli generert til hver side av siktelinjen. En smal FOV vil gi et "tunnel" 3D-effekt mens en bred FOV gir et panoramainntrykk. Default FOV er 30° dvs. 15° til begge sider av siktelinja.

Når dette er valgt, kan parametrene legges i en opptaksgeometrifil (VIG). Da spesifiseres også en vertikal høydeoverdrivelse.

Vertikal overdrivelse er ofte nyttig for å tydeliggjøre et utsyn dersom forandringer i høyden er relativt små sammenliknet med forandringer i x og y. Ved å anvende en overdrivelsesfaktor vil det da være lettere å se de topografiske trekk. For flatt terreng er det anbefalt en verdi mellom 4 og 6, ellers er det vanlig med 1.5 til 2. [8]



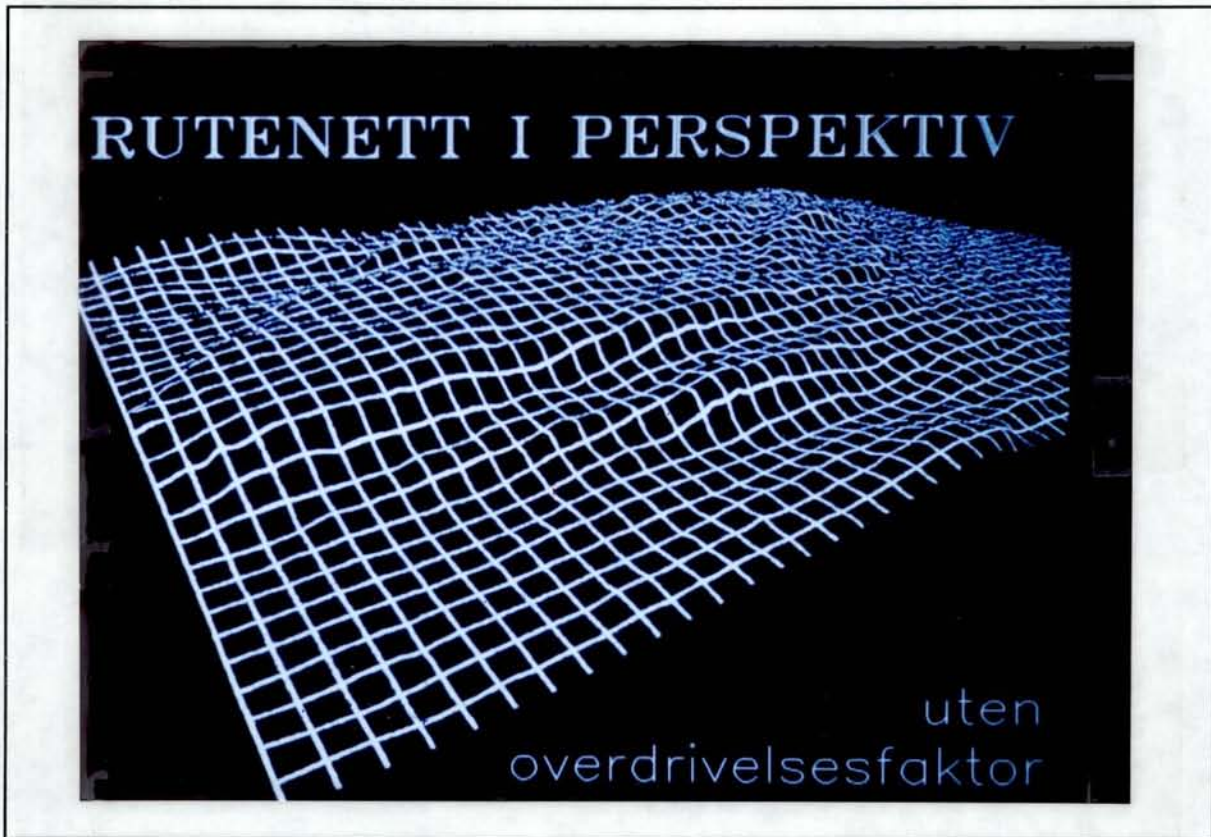
Figur 5.8. "opptakssituasjonen" sett fra siden. Parametre som skal bestemmes: P, B, FOV



Figur 5.9. "opptakssituasjonen" sett ovenfra. Parametre som skal bestemmes: P, B, FOV

5.6 Den beste perspektivet fra valgt opptakssted

Har bestemt at opptaksstedet skal være i syd-vest for terrengutsnittet. Bruker rutenett som en draperingsfil for å bestemme opptaksparametre som gir den beste perspektivet.



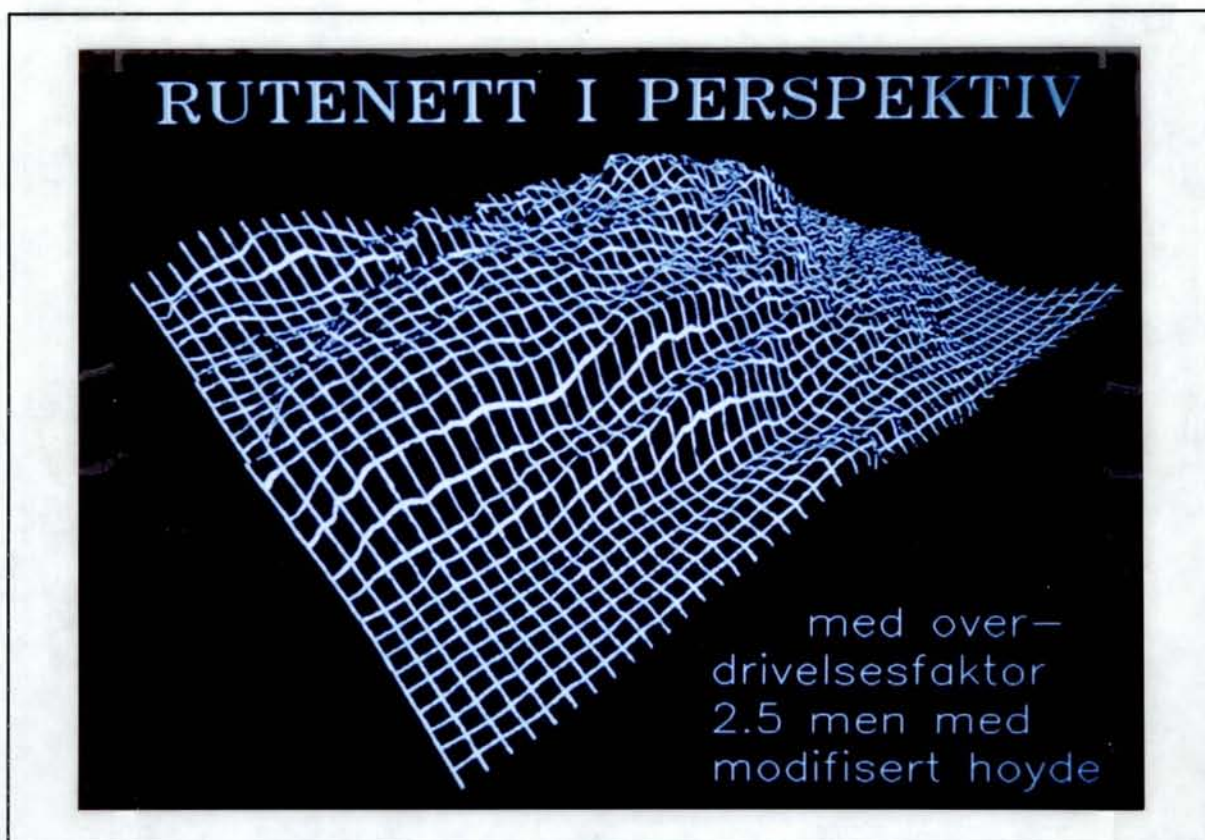
Figur 5.10. Opptakshøyde ca. 1000 m o.h.

Høyden på opptaksstedet er her ca. 1000 m o.h. og i syd-vest. Center of view er valgt slik at siktelinjen tilnærmet ligger i terrengutsnittets diagonal, slik at bildet blir minst mulig "dradd ut" i billedhjørnene. Uten overdrivelsesfaktor virker imidlertid terrenget ganske flatt.



Figur 5.11. Anvendelse av overdrivelsesfaktor for å fremheve topografien

Samme opptaksted ble brukt igjen, men med en overdrivelsesfaktor på 2.5. Denne overdrivelsesfaktoren har imidlertid også virkning på opptaksposisjonens z-verdi, slik at opptakshøyden blir om lag 2500 m o.h. Ved å bruke et satellittbilde som draperingsfil istedet for et rutenett, dannes et bilde som ser ut som et skråbilde fra fly. Forskjellen i rutenettstørrelse mellom forgrunn og bakgrunn er blitt mindre på grunn av stor avstand fra terrenget. Resultatet blir et dårligere perspektiv, mindre dybdeforståelse.



Figur 5.12. Endret på opptaksposisjonens z-verdi

Igjen samme opptakssted og overdrivelsesfaktor, men endret verdi på høyden slik at opptaksposisjonens z-verdi er satt til ca. 600 m slik at når høydeoverdrivelsen multipliseres, blir høyden om lag 1500 m o.h.

Størrelsene på rutene i perspektivbildet varierer nå inverst med "betrakningsavstanden". Den perspektiviske effekt er gunstig.

Rutenett kan også nyttes for å ekstrahere geometriske mål ut fra perspektivbildet. Ved å vite rutenettstørrelsen, kan arealet av et område grovt estimeres. Det er imidlertid viktig å være bevist at rutenettet på f.eks. 100 m x 100 m representerer 100 m x 100 m kun i grunnriss dersom en høydeoverdrivelsesfaktor benyttes.

Det er også ved hjelp av rutenett mulig å trekke ut informasjon om koordinatverdier dersom rutenettets hjørner er koordinatfestet.

5.6.1 Resultatet med satellittbildet som draperingsfil



Figur 5.13. Satellittbildet som draperingsfil

Her er utsnittet av satellittbilde brukt som draperingsfil istedet for rutenettet. Her ser det ut som om en nesten er på høyde med Svartkamberget som er fjellet i bakgrunnen, og loddrett over terrenngutsnittets nedre venstre hjørne.

Skyer

SPOT-satellitten har en passiv sensor. Det vil si at bildet dannes kun på grunnlag av reflektert solenergi og (meget lite) egenstråling (se App. A). Nesten ingen stråling trer igjennom skydekket, det meste reflekteres. Dette fordi bølgelengder som SPOT-sensoren mottar er korte (synlig lys, nærinfrarød). Ved perspektivfremstillinger, føyer skyene seg jevnt etter terrenget og ser derfor ut som snø. Vann vil avbildes meget mørke da mye lys absorberes og det som reflekteres reflekteres diffust. En gressplen blir avbildet som en meget lys flate. Refleksjonen er her mindre diffus og mer spekulær.

Trær

Ved å betrakte bildet ser det ut som om du står loddret over området nord for Kvithammer i en høyde ganske likt med Svartkamberget. Stupene ved Holberga og Hilberget ser virkelig bratte ut og Liavatnet og Brekkmarka ser ut til å være langt unna. En ser skogen vestenfor Langsmaltjønnen. Det kan synes som om enkeltrær står i siluett til bakgrunnen, Trongsteinsklompen. Dette fordi kontrasten er stor mellom de mørke pixler for skog og de lyse pixler for bakgrunnen. Dersom vi zoomer inn ser vi at det som kan forveksles med trær er trappetrinn av pixler som tilsammen danner fjellryggen.

De fire neste bildene viser utsnittet med:

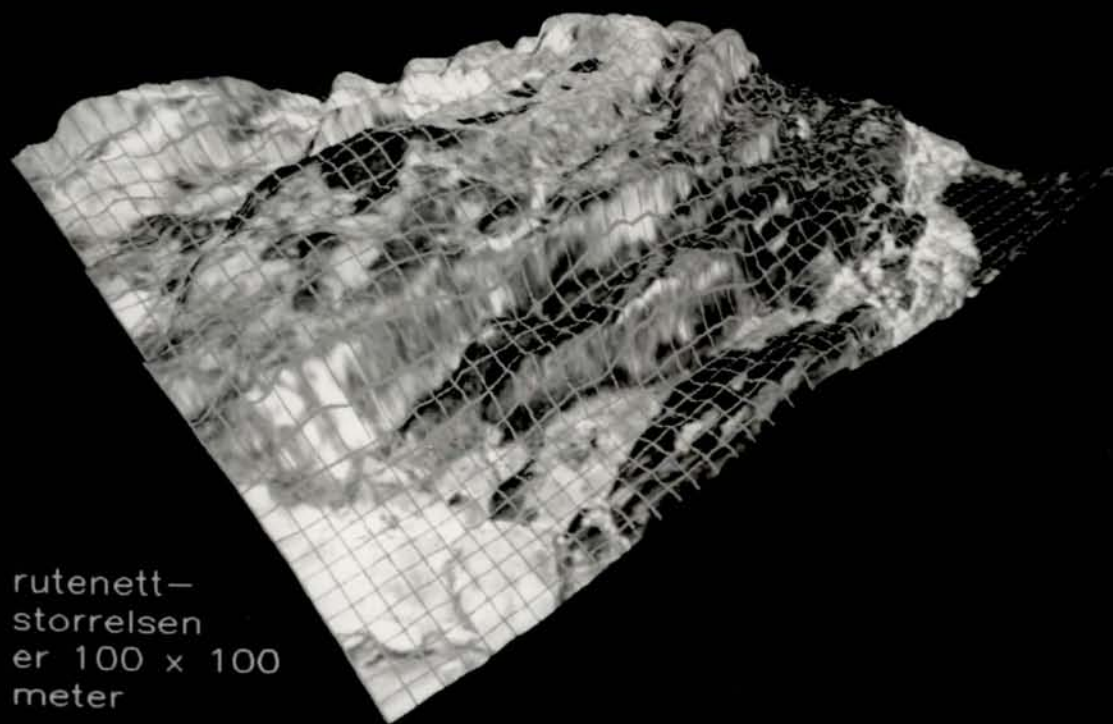
1. Rutenett; for å forsterke følelsen av perspektivitet
2. Høydekurver; for å forsterke følelsen av høydevariasjoner
3. Polygongrenser for kvartærgeologi; dette viser ikke så mye alene, da grensene ikke forteller om forekomst. Å vise grensene for kvartærgeologi kan være nyttig som analyseverktøy for å se hvor overgangene mellom kvartærgeologiske klasser går. (om analyse: se Kap. 6)
4. Rutenett og høydekurver; dette mest for å demonstrere mulighetene til å legge over stadig mer informasjon. Men desto mer informasjon som legges på bildet, desto større sjanse for at informasjonen virker mer forvirrende enn fremhevende for ønsket egenskap.

Kommentar til resultatene

Effekten av høydeoverdrivelsesfaktoren sees her ved at høydekurvene, rutenettet og polygongrensene strekkes i bratte områder akkurat som pixlene i satellittbildet. Linjene blir derfor unormalt tykke i disse områder. Høydekurvene får i tillegg en taggete effekt ved at de prøver å følge terrengvariasjoner som daler og egger. Å perspektivfremstille linjetema i rasterformat blir stygt. Linjene distraherer og er for dominerende. Da oppløsningen til vektordata er ganske dårlig allerede i grunnriss, må det bli verre i perspektiv, særlig i bratte områder og i områder nært opptaksstedet. Det ideelle hadde vært å ha muligheten til å perspektivfremstille høydekurver og andre linjetemaer som vektordata, og videre ha mulighet til å kombinere dette med rasterdata.

Dersom visningskjermen hadde hatt bedre oppløsning slik at bildeelementene var mindre, ville strekene vært smalere og dermed penere.

UTSNITTET I PERSPEKTIV



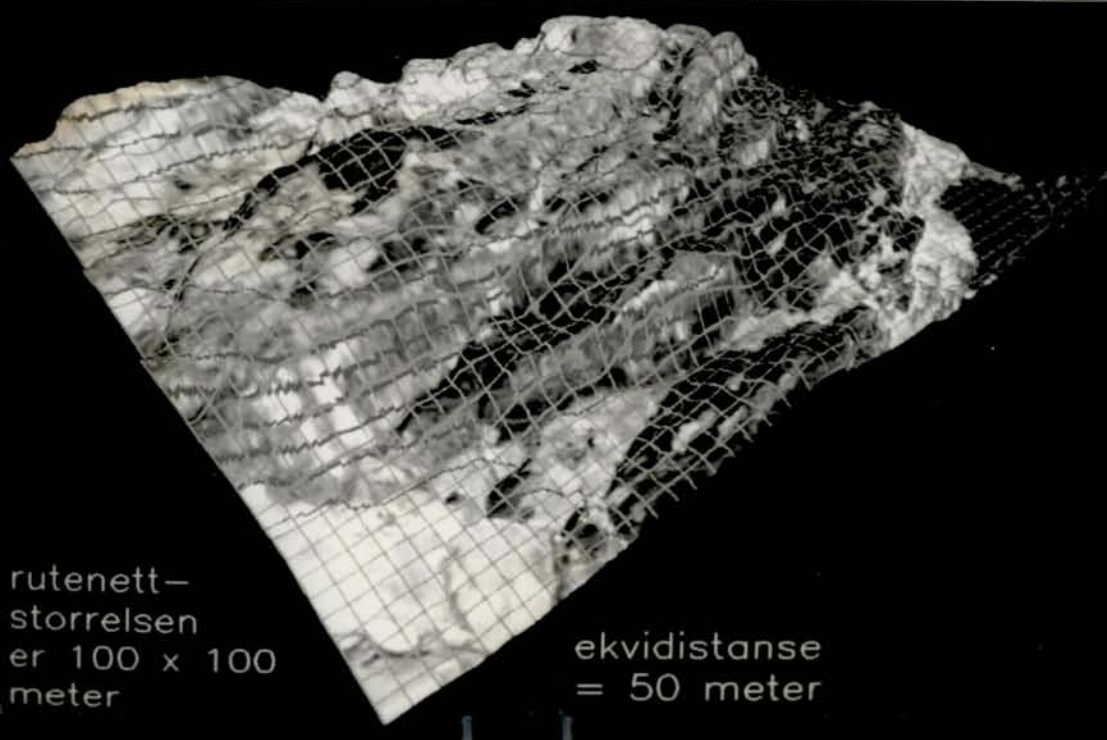
Figur 5.14. Bilde øverst: Rutenett er drapert over.

Bilde nederst: Høydekurver er drapert over.

UTSNITTET I PERSPEKTIV



Polygongrensene for kvartergeologi er drapert over



rutenett-
storrelsen
er 100 x 100
meter

ekvidistanse
= 50 meter

Figur 5.15. Bildet øverst: Polygongrensener drapert over, Bildet nederst: rutenett og høydekurver drapert over

5.6.2 Resultatet med temakart som draperingsfil



Figur 5.16. Kvartærgeologiske klasser i perspektiv. Uten rutenett ville ikke dette ha gitt noen perspektivisk effekt.

Temakartet er GIS-filen som ble dannet ved konverteringen fra Arc/Info coveraget (POLYGRID).

Et problem var nå hvordan best mulig presentere dette sammen med perspektivbildet (figur 5.13.). Dersom bildet over legges i overlagsplanet, sees ingenting i bildeplanet. Løsningen var å fremstille samvariasjonen mellom kvartærgeologisk tema og topografiske forhold, som et analyseredskap og presentasjonsredskap. (Se Kap. 6)

5.7 Matematisk/fotogrammetrisk grunnlag

Perspektivbildet som dannes er en todimensjonal fremstilling av et tredimensjonalt terreng. I fotogrammetrien kalles sammenhengen mellom det todimensjonale bildeplan og det tredimensjonale terreng for det perspektiviske samband. Det er utviklet formler [15] for beregning av billedkoordinater på grunnlag av terrengkoordinater, orienteringsparamere og opptaksposisjon.

Beregning av bildekoordinater er gitt ved:

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

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

forklaringer:

c:	kamerakonstantanten/brennvidden (=avstanden fra B' til P på figur 5.9)
X ₀ , Y ₀ , Z ₀ :	koordinater til projeksjonssenteret (≈ lik opptaksstedet)
r ₁₁ , r ₁₂ ,...:	elementer i rotasjonsmatrisen, orienteringsparametrene beregnet på grunnlag av siktelinjens vinkel mot x-,y- og z-koordinataksene i objektplanet (r ₁₁ , r ₁₂ , ... uttrykkes ved trigonometriske funksjoner med dreiningene φ, ω og κ som variable [23])
x, y:	bildekoordinater til objektet
X, Y, Z:	terrengkoordinater (disse vil være gitt da draperingsfilen vil enten være et <i>ortoimage</i> eller en georeferert GIS-fil.)

Perspektivbildet som dannes er på enten 512 x 512 eller 1024 x 1024 skjermkoordinatenheter (oppløsningen på visningsskjermen). Skråbildet består dermed av et grid med mange pixler. Der hver pixel har fått beregnet sin posisjon på grunnlag av terrengkoordinatene og valgt orientering.

5.8 Topografi og topografisk analyse

Det kan utføres en rekke forbedringer på topografifila for å fremheve høydevariasjoner.

5.8.1 Relieff - skyggelegging

Skyggerelieff fremhever variasjoner i høyde basert på en brukerdefinert plassering av sola. Prinsippet bygger på at variasjoner mellom mørke og lyse flater kan gi betrakteren inntrykk av en tredimensjonal modell.

En tradisjonell anvendelse for dette er ved analyse av snøsmelting. En serie med relieff kart kan simulere solas gang over landskapet og dermed avdekke solfattige områder.

I kartsammenheng er tre prinsipper for skyggelegging: [3]

1. Skråningsskygge - gråtonen varierer etter prinsippet jo brattere jo mørkere.
2. Skrålysskygge - lyset tenkes å komme inn fra en spesiell retning. Den lysmengde som treffer terrengoverflaten er avhengig av flatens orientering i forhold til lysretningen.
3. Kombinasjon av skråningsskygge og skrålysskygge.

Erda genererer et reliefkart etter en kombinasjon av skråningsskygge og skrålysskygge (RELIEF).

Plassering av sol

For nordlige områder står sola i sør, og det hadde derfor vært naturlig å ha asimut lik 315° (se RELIEF) for å simulere sollys fra syd-øst. Da ville en se hvilke områder som har morgensol. Men det gir ikke betrakteren det beste inntrykk av en tredimensjonal modell. Dette har med psykologi og erfaring å gjøre. Ved å la lysretningen falle inn fra bildets øvre venstre hjørne, har vi en lysretning som er naturlig for de fleste. (Særlig for høyrehendte gjelder det at skrivebordslampen har vært plassert oppe til venstre.) Pseudoeffekt kan oppstå ved sol fra annen himmelretning, ved at daler ser ut som rygger og omvendt.

5.8.2 Høydekurver

Dette er vel den mest tradisjonelle og vanlige metoden for å fremstille endringer i topografien på. Men det kan være vanskelig hvis du ikke har erfaring med høydekurver, å tolke terrengvariasjoner. Går terrenget oppover eller nedover, er det en dal eller en fjellrygg, hvor bratt er det egentlig her? Dette kan nok være vanlige spørsmål for mange som ikke er så familiær med bruk av topografiske kart.

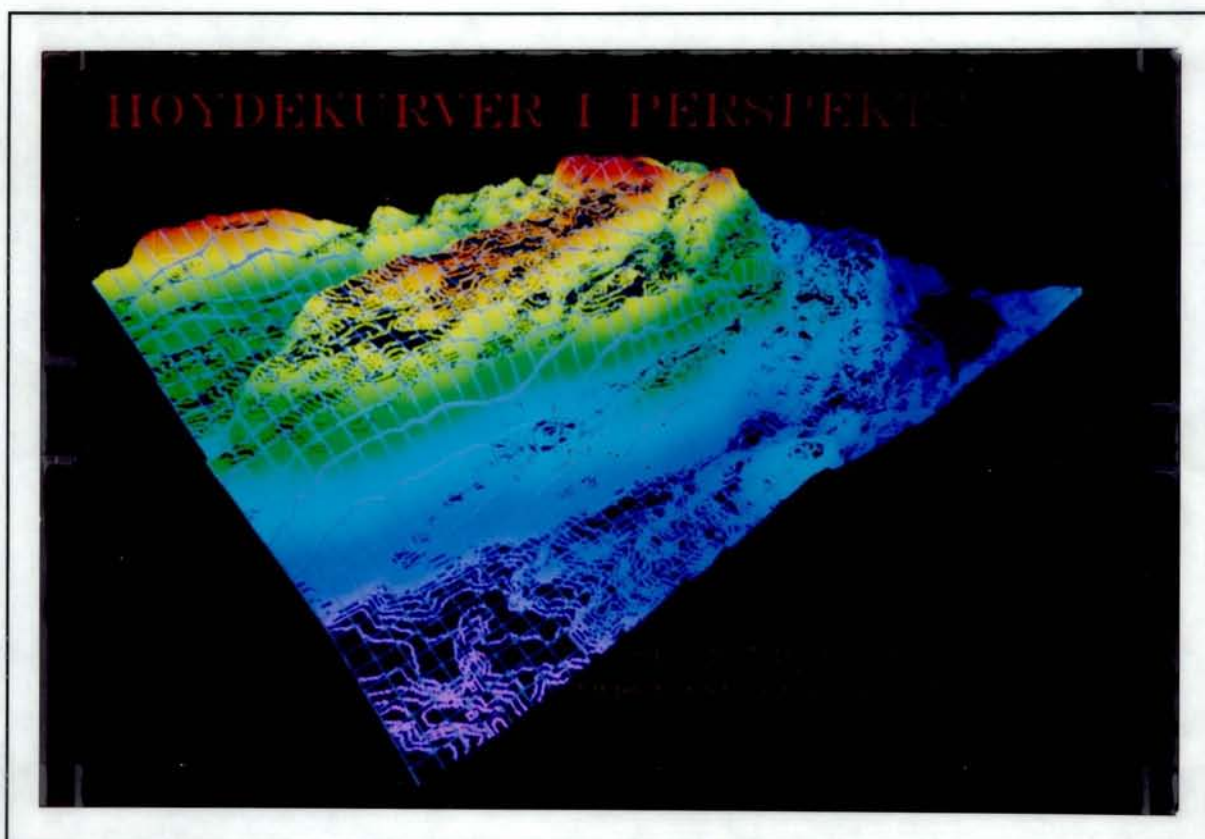
Det er blitt gjort endel forsøk på å finne grafisk teknikk for å gjøre høydekurvene bedre skikket til å gi et anskuelig bilde av terrengformen. Det er blitt prøvd med variasjon i strektykkelse eller strekfarge:

1. Strektykkelsen varierer med økende høyde slik at de høyeste partier tegnes med tykkeste strek.
2. Høydekurver med tykkere strek i skyggepartier som fremkommer ved en skrå belysning av terrengmodellen.
3. Høydekurver som varierer mellom hvit og svart avhengig av om kurvene ligger i skygge eller lys.

I ERDAS kan en generere høydekurver fra en LAN-fil med høydedata (CONTOUR). Resultatet blir en GIS-fil som viser høydekurver med ekvidistanse gitt av bruker. Lavest mulig ekvidistanse er gitt ved:

$$\text{minste ekvidistanse} = \frac{\text{høyeste høyde}}{\text{antall gråtoner}}$$

Høydekurvene er vist med farger fra standard ROYGBIV farge skjema. ROYGBIV står for red, orange, yellow, green, blue, indigo og fiolett og angir fargene i regnbuen. Du ser da høydekurvene i forskjellige farger etter hvor høyt du kommer; rødt er høyest og fiolett er lavest. Pixler i samme høyde får lik fargeverdi. Alle andre pixler som ikke ligger på en høydekurve får pixelverdien 0, det vil si svart.

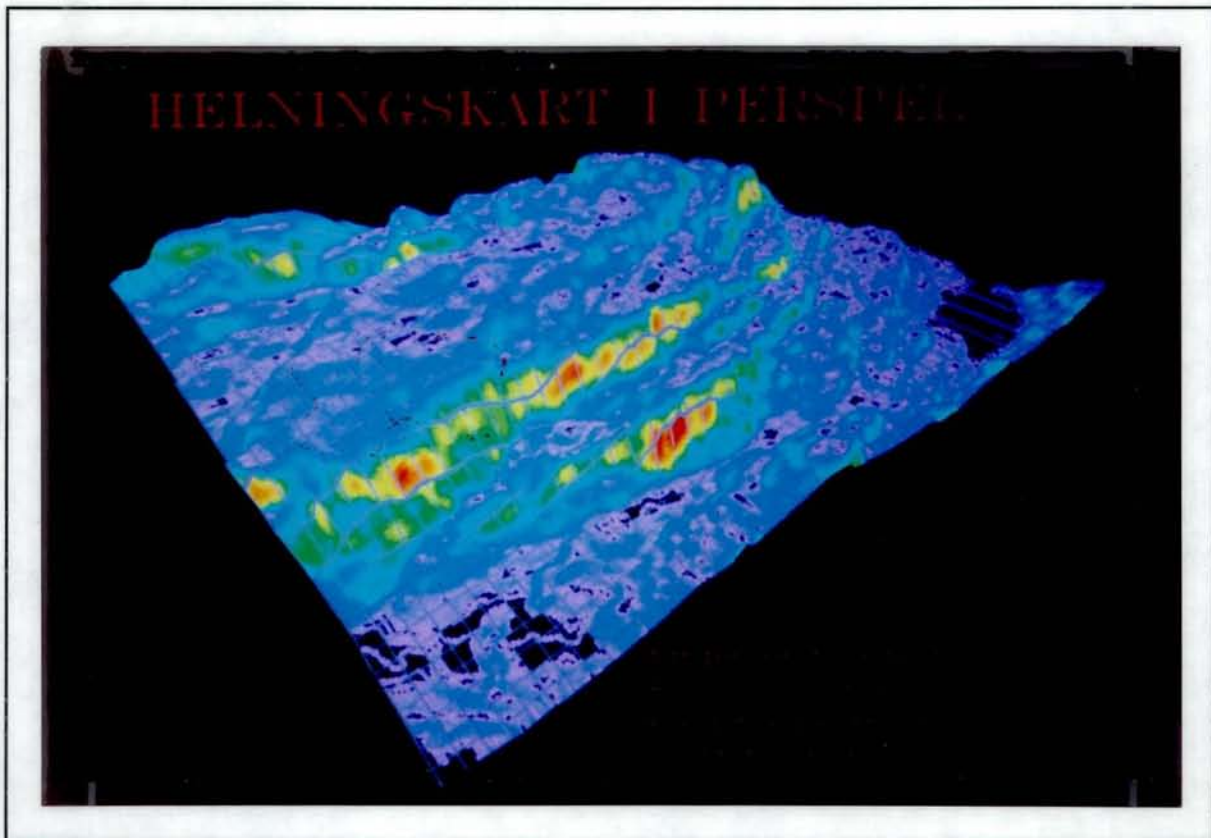


Figur 5.17. Høydekurver i perspektiv. Lavest mulig ekvidistanse.

Farge brukt som kvantitativt symbol [3]

Farger nyttes altså for å differensiere høyder. Innenfor kartografien er det ikke anbefalt å bruke farger som symbol for kvantitative forekomster. Det er ikke logisk at rødt er høyere enn f.eks. blått. Størrelse er den eneste symbolbruk som egentlig er egnet for kvantitative formål. Skal en bruke farger likevel må en differensiere med tonen innenfor en farge. Et vanlig unntak fra denne regel er bruk av farger ved kvantifisering av temperatur. De fleste har forståelsen av at rødt er en varm farge, mens blått er en kald farge. En overgang mellom disse fargene kan da symbolisere overgang mellom varmt og kaldt. Fargene kan imidlertid forandres på (COLORMOD).

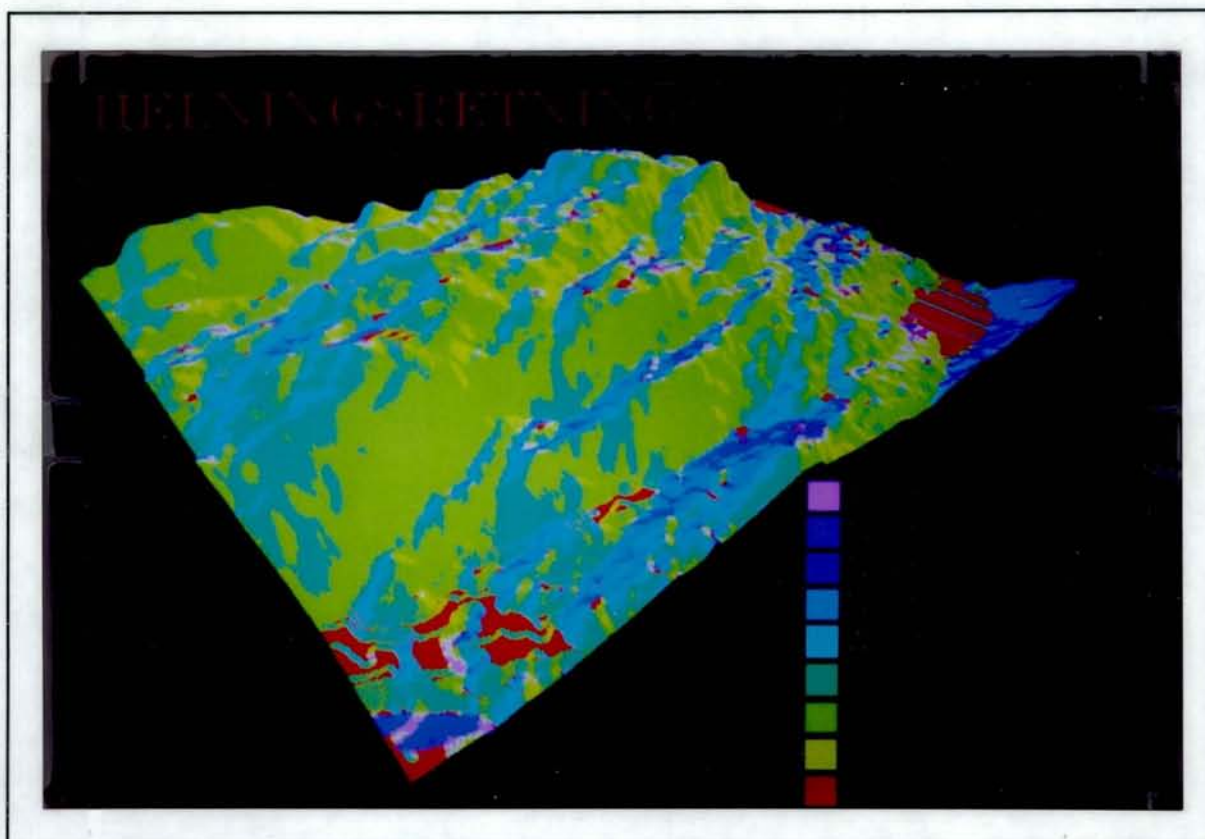
5.8.3 Helningskart



Figur 5.18. Helningskart i perspektiv

Helningskart er et kart som er fargekodet med farger korresponderende til brattheten til terrenget. I Erdas er dette dannet (SLOPE) som en 8-bits GIS-fil der fargen er tilordnet ved ROYGBIV - fargeskjema. Rødt for de bratteste områdene. Brattheten beregnes som forandring i høyde over en bestemt avstand, det vil si avstanden korresponderende til en pixel, og kan uttrykkes i enten grader eller prosent.

5.8.4 Helningsretningskart



Figur 5.19. Helningsretningskart i perspektiv

Helningsretningskart er et kart som er fargekodet med hensyn til den fremherskende /dominerende retningen til stigningen. Også helningsretningskartet dannes i Erdas (SLOPE-aspect) som en 8-bits GIS-fil med farger tilordnet ved ROYGBIV fargeskjema. Helningsretningene kan uttrykkes enten i grader eller 8 forskjellige himmelretninger.

6 GIS: GEOGRAFISK INFORMASJONSSYSTEM

Hva forfatteren mener med GIS her, er et system som svarer på spørsmål om geografiske objekters utbredelse. Spørsmål som er aktuelle å stille mot perspektivbildet kan være:

For valgt område (pixelposisjon):

- hvilken geologisk forekomst finnes?
- hvor høyt ligger området?
- i hvilken retning heller terrenget?
- hvor bratt er det der?
- areal av forekomsten

6.1 Innledning

For å bygge opp et geografisk informasjonssystem i Erdas, er det to hovedtrinn [8]:

- samle inn data, bygge opp en database
- lage en prosedyre for å trekke ut informasjon (lage visningsliste)

Database

En database i Erdas er et sett av bilder og andre former for datafiler, som representerer samme geografiske område, men som inneholder forskjellig type informasjon, forskjellige tema. Filen eller filene som beskriver et tema, sier vi ligger i et lag. Er disse filene fysisk knyttet sammen sier vi at vi har en database. En slik database kan bestå av:

- GIS-filer
- Statistikk-fil som er tilknyttet en GIS-fil og som inneholder informasjon om bildet (TRL-fil)
- beskrivende data (egenskapsdata) der tekst og numeriske data kan assosieres med GIS-klassene (DSC-fil)

Trekke ut informasjon (INQUIRE)

Informasjon er tilgjengelig fra:

- visningsskjermen: lyshetsverdier, skjermkoordinater og kartkoordinater
- bildefiler (LAN eller GIS): all egenskapsdata assosiert med en GIS-klasse og som er lagret i beskrivelsesfiler.

Mengden av informasjon som skal trekkes ut er brukerdefinert og lagt i en visningsliste (cursor display list - CDL-fil). Visningsliste er en liste av informasjon som kan fås frem på kommandoskjermen ved pixel til pixel analyse. Listing av informasjon blir aktivert ved å trykke en bestemt tast på tastaturet. Informasjon fra opptil syv filer + informasjon fra visningsskjermen kan bli tilordnet en tast. Dermed finnes muligheter for å sammenlikne forskjellige typer informasjon om en pixelposisjon.

Et eksempel:

Hvor bratt er det der det finnes bart fjell, hvor høyt er det og i hvilken himmelretning heller terrenget?

Med en database og en visningsliste tilgjengelig, kan en dermed ved mus velge pixelposisjon i bildet på visningsskjermen og informasjon trekkes ut fra kommandoskjermen. Størrelsen på databasen er bare begrenset av antall taster på tastaturet og eventuelt lagringskapasitet.

Vektor-GIS og Raster-GIS

Arc/Info har den samme mulighet ved at forskjellige coverage for samme geografiske område utgjør forskjellige lag. Dette er da et vektor geografisk informasjonssystem (Vektor GIS), mens Erdas er et raster geografisk informasjonssystem (Raster GIS). Forskjellen er at ved raster GIS får du svar på spørsmål om hva som finnes i pixelposisjonen. Spørsmål som er aktuelle å stille til et vektor GIS er spørsmål som skjæringspunkt, innenfor, utenfor, mellom og naboskap Figuren under kan være et godt utgangspunkt for spørsmål som er aktuelle å stille til et vektor GIS.

	PUNKT	LINJE	AREAL
PUNKT			
LINJE			
AREAL			

Figur 6.1. Aktuelle spørsmål til et vektor GIS.

6.2 Prosedyre for å opprette en database for perspektivbildet:

1. Opprett GIS-filer (ved topografisk analyse, konvertering fra Arc/Info coverage, klassifikasjon)
2. Knytt egenskapsdata til GIS-filene (DSCEDIT)
3. Fremstille GIS-filene i perspektiv (CREATE3D)
4. Knytt sammen beskrivelsesfilene (INQUIRE)

1. Opprettelse av GIS-filer

Informasjon som skal være med i databasen, må foreligge på en GIS- eller LAN-fil. GIS- og LAN-filer må være rektifiserte til samme koordinatsystem. Filene må altså være *orthoimages* som har samme referansepunkt. GIS-filer opprettet i diplomarbeidet som er knyttet sammen i databasen:

INQUIRE -- Pixel and Descriptor Inquiry Version 7.4.02.440
Copyright (C) 1984 - 1990 ERDAS, Inc. All rights reserved.
Installation : PC ERDAS 7.5

GIS file: GEOTEM3H
Class Name: morene tynt dekke
Tot. areal (Hectar): 78610
forekomst i % av tot.: 52.41
GIS file: SLOPE3H
Class Name: 40 percent
GIS file: SLODEG3H
Class Name: 21 degrees_

INQUIRE -- Pixel and Descriptor Inquiry Version 7.4.02.440
Copyright (C) 1984 - 1990 ERDAS, Inc. All rights reserved.
Installation : PC ERDAS 7.5

GIS file: GR10G13H
h. o. h.: 228 meter
GIS file: ASPECT3H
Class Name: South West_

F1	Return	F3	Toggle continuous mode	^R	Read/Create CDL file
F2	Home cursor	F4	Cursor info at point	^H	Help on defined keys
				^G	Go to coordinate

Figur 6.2. Informasjon tilordnet tast a og tast b

6.3 Henter ut informasjon (INQUIRE)

Informasjon hentes ut av databasen ved at et kryss plasseres i bildet på visningsskjermen ved hjelp av mus. Informasjon om pixelposisjonen kommer da ut på kommandoskjermen i sann tid. Ved å endre på pixelposisjonen oppdateres dermed informasjonen umiddelbart. Ved å trykke på en annen tast på tastaturet, fås annen informasjon ut (se Figur 6.2.). Krysset representerer en pixelposisjon i bildet (filkoordinat), men også en pixelposisjon for alle GIS- og LAN-filer som er med i databasen. Pixelposisjonen kan kalles en databasekoordinat, X :

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}$$

der $x_1, x_2 \dots x_n$ er filkoordinater til filene som inngår i databasen.

6.4 Analyseverktøy - presentasjonsverktøy

Reading map

Dette produktet er et typisk analyseverktøy ved at det svarer på spørsmål som "hva finnes hvor?". Dette er en karttype som i kartografien [3] kalles for reading map. Reading map er et kart som inneholder mye informasjon - alt for mye for å få en helhetsforståelse av utbredelsen til en egenskap. I et tradisjonelt reading map, er all informasjon synlig på kartet. I et GIS-system kan en nærmest ha ubegrenset informasjon, men den er lagret i databasen og ikke synlig før den spørres etter.

Seeing map

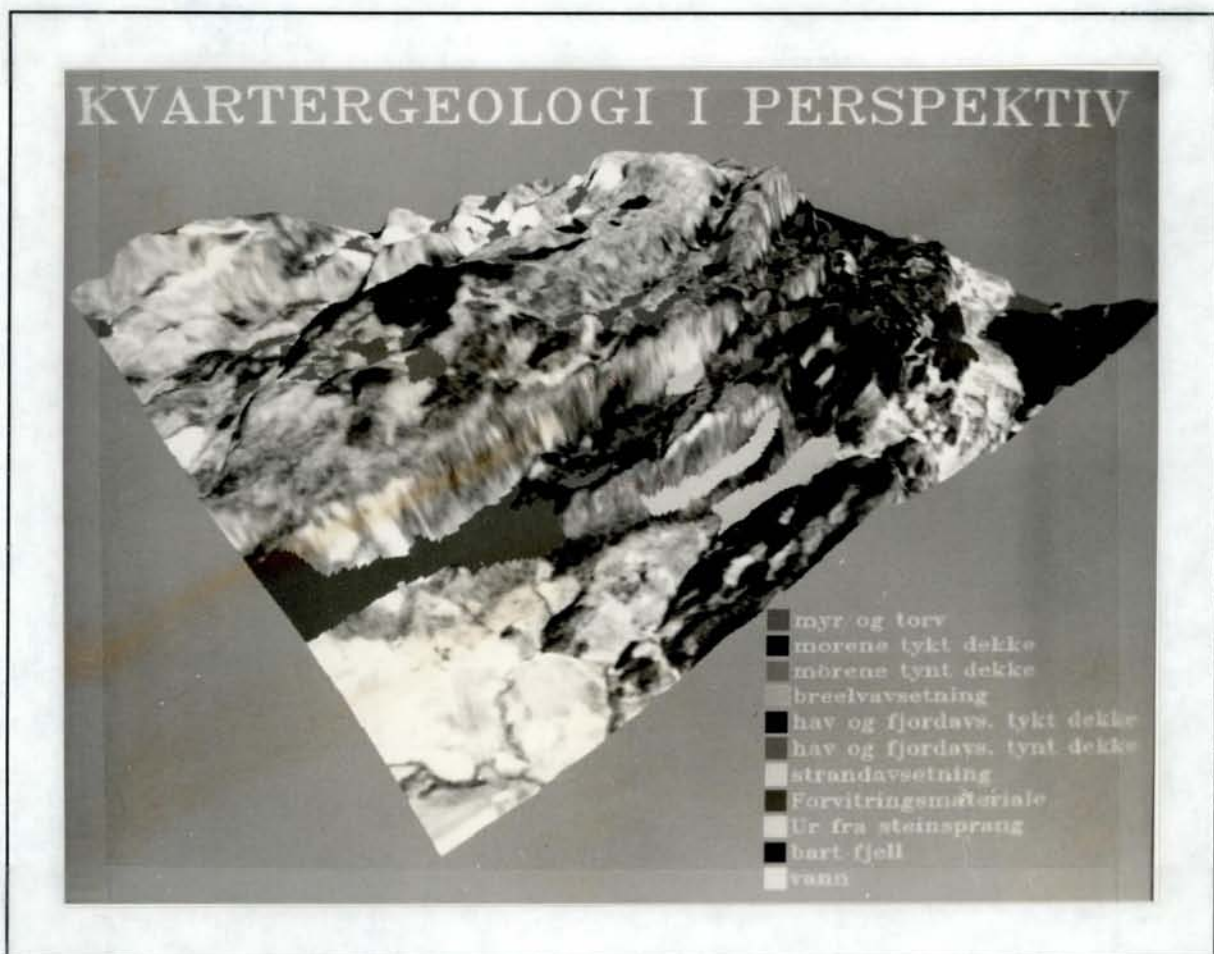
En annen karttype som er mer egnet som presentasjonsverktøy, er det som kalles for seeing map. Dette er en karttype som inneholder lite informasjon og som derfor er egnet til å gi svar på spørsmål som "hvor finnes hva". Karttolkeren (f.eks. en planlegger) vil umiddelbart få en forståelse av hvor forekomsten finnes.

Et seeing map er opprettet ved at perspektivbildet vises på visningsskjermen (READ) og at GIS-filen med tema som ønskes å vises, legges i overlagsplanet. Hvis det f. eks. er ønskelig å se torv- og myrdannelser, lyses disse opp i en brukerdefinert farge (CLASOVR). Dermed vil betrakteren umiddelbart få en forståelse av hvor i terrenget det finnes myr- og torvdannelser. Slik kan betrakteren få fremhevet enhver klasse fra GIS-filen. Det er altså muligheter for å vurdere samvariasjon mellom ulike klasser i en GIS-fil og skjermbildet. Slik som at myr- og torvdannelser og vann ligger i flate områder, bart fjell i bratte områder, fjord- og havavsetninger i lave områder etc. Men det er ikke mulig her, som i et reading map, samtidig trekke ut informasjon om helning på terrenget, høyde over havet etc., uten at denne informasjon er gjort til en permanent del av bildet.

Hardcopy

Slik seeing map'et fungerte på skjerm, var det to fysiske filer. Skal det lages en hardcopy, må disse kopieres sammen til en fysisk fil. Kopiering til en fysisk fil kan utføres etter prosedyren:

1. Velg ut klasser som skal vises.
2. Sett gråtoneverdi til alle andre klasser lik bakgrunnsfargen (POLYFIL)
3. Lag tegnforklaring, overskrift m.m. (ANNOTAT)
4. Blank skjermen og les inn bakgrunnsbildet (READ)
5. Les inn GIS-filen opprettet i 2. (GISOVR)
6. Les inn tegnforklaring etc. (ANNOTAT)
7. Kopier skjermbildet til en ny fil (PIC)



Figur 6.3. Skjermbildet av "seeing map" der fire kvartærgeologiske klasser vises

7 DISKUSJON

I diskusjonen følger noen nøyaktighetsvurderinger, noen forslag til forbedringer og noen forslag til videre arbeid.

7.1 Nøyaktighetsvurderinger

Dersom perspektivbildet skal anvendes i planlegging- eller analysesammenheng, er det viktig at nøyaktigheten er kjent. Påliteligheten til resultatene bestemmer anvendelsen. I diplomarbeidet er det ikke utført noen detaljerte nøyaktighetsmålinger. Noen vurderinger er imidlertid gjort for to synlige feil:

1. Ved sammenpassing av Arc/Info-coveraget og satellittbildet var gensene for vann forskjøvet i forhold til hverandre.
2. Helning på et vann i perspektivfremstillingen av satellittbildet (se figur 7.3.). En vurdering av høydemodellen og interpolasjonsmetoden ble utført.

Sammenpassing av Arc\Info-coveraget og satellittbildet

Ved å bruke live link mellom Erdas og Arc\Info kan Arc\Info-coveraget legges i overlagsplanet. Polyongrensene kan da sammenliknes med underliggende informasjon. Å lese ut fra et pankromatisk satellittbilde hvor grensene for kvartærgeologi går er ikke lett, men grensene for vann er lett synlig. Derfor var det lett å oppdage skjevheten mellom grensene for vann i coveraget og i satellittbildet. Skjevheten kan skyldes unøyaktigheter i coveraget, satellittbilde eller begge steder. Forskyvningen var på det verste om lag 30 m og kan ha oppstått på grunn av:

Unøyaktige *tic*'s

Universpolygonets areal ble beregnet ved dannelse av topologi til 15.000.070 m² (se tab. s. 22). Arealet av satellittbilde med 301 rader og 501 kolonner og cellestørrelse 10 m², er imidlertid noe større: 15.080.100 m². Omkretsen til coveraget er 15.999,81 m mens omkretsen til satellitt-bildet er 16.040 m. Coveraget og satellittbildet dekker samme geografiske område, og de er begge georeferert til UTM sone 32. Areal og omkrets burde derfor være likt. I live link blir coveraget tilpasset satellittbildet (MAPEXTENT). Når coveraget er mindre enn satellitt-bildet, vil det være en transformasjon med målestokksendring. Dersom coveragets *tic*'s er unøyaktig plassert, kan transformasjonen også ha en rotasjon. Dette kan i sum være årsak til forskyningene.

Unnøyaktighet ved innpassing

Unøyaktighet ved innpassing av digitaliseringsbordet, slik at coveraget inneholder forskyvninger. Til innpassingen ble det brukt FYOR (App. D). Det ble plukket ut fem punkter; fire hjørne-punkter samt et punkt i midten. En RMS verdi ble beregnet, et avstandsmål mellom kart-koordinaten og verdi fra kobbertrådene. Ved å plukke ut flere enn fem punkter vil en få over-bestemmelse og dermed sikrere resultat.

Gråtone

Feil i tilordning av gråtonene i SPOT - dataene ved at nærliggende områder har tilnærmet like refleksjonsegenskaper.

7.2 Høydebestemmelser - oppbygging av DEM/DTM

Først noen definisjoner. DEM står for Digital Elevation Model (digital høydemodell). En DEM består av et sett av punkter, vanligvis i et regulært grid, gitt ved x-, y- og z-verdi. DEM må ikke forveksles med en DTM; Digital Terrain Model (digital terrengmodell). En DTM er også et sett av punkter x, y og z som vanligvis er i et regulært rutenett, men DTM har i tillegg en interpolasjonsmetode for å finne mellomliggende punkt. Høydedataene som kom fra kartverket var en DEM. Når høydemodellen ble behandlet (Kap. 3) ble høydedataene kombinert med en interpolasjonsmetode og fungerte derfor som en DTM. Resultatet av interpolasjonsmetoden/-regridingen ble en ny DEM med en annen rutenettstørrelse.

Tre vanlige metoder for høydebestemmelser er:

1. Målinger i marka
2. *Fotogrammetrisk profilering*
3. Interpolering ut fra høydekurver på kart

Metodene er avtagende med nøyaktighet. Den første er den mest nøyaktige, men også den mest tidkrevende og dermed mest kostbare. En fjerde metode er kanskje i ferd med å gjøre seg gjeldende:

4. Høydebestemmelser på grunnlag av SPOT-stereoopptak

I diplomarbeidet er en DEM bygget opp ved hjelp av *fotogrammetrisk profilering*. Nøyaktighetsvurderinger av denne er gjort i Kap. 7.3.1. Videre følger en vurdering av resultatet av interpolasjonsmetoden som er brukt.

Fotogrammetrisk profilering eller interpolering ut fra høydekurver på kart, har til nå vært meget dominerende som grunnlag for oppbygging av en digital høydemodell. Men etterhvert som nye teknikker blir utviklet, bør spørsmålet stilles:

Hvilken metode er best egnet som grunnlag for oppbygging av en DEM; med hensyn til nøyaktighet, rutenett-tetthet og pris.?

Det er utført nøyaktighetsvurderinger av høydebestemmelser ved hjelp av SPOT-stereoopptak [6]. Men er nøyaktighetsvurderinger for ulike metoder for oppbygging av DTM/DEM noen ganger blitt vurdert mot hverandre? I kap. 7.3. er det skissert en metode for sammenlikning mellom ulike DTM for samme testområde. Denne kan også nyttes for DEM.

Fotogrammetrisk profilering

Ved *fotogrammetrisk profilering* avledes tredimensjonale egenskaper til terrenget ut fra todimensjonale avbildninger av terrenget; flybilder. I et stereoinstrument er denne sammenhengen etablert når operatøren har satt målemerket på bakken. Målemerket settes

på bakken ved at områder fra de to bildene matches sammen i hjernen og en tredimensjonal effekt oppstår. Når målemerket står på bakken er høyden i det punktet bestemt.

Høydebestemmelser på grunnlag av SPOT-stereoopptak

Ved *fotogrammetrisk profilering* er det en enkel sak for en trent operatør at de to bildene matches sammen slik at en tredimensjonal effekt oppstår. Ved utvikling av automatiserte matchingsteknikker, er synets virkemåte prøvd etterliknet. Da SPOT-satellitten har mulighet for stereoopptak (App A.6), kan de to bildene i stereoparet nyttes for å bestemme høyden. For at dette skal være mulig, må der finnes SPOT-stereoopptak for aktuelt område og en beregnings-metode for høydebestemmelse. Metoder for dette er utviklet hos Isstar (Frankrike), men også hos Forsvarets Forskningsinstitutt (Bjerke). Litteratur om dette finnes i [4], [6] og [16].

Nøyaktigheten til en DEM dannet fra SPOT-stereoopptak, vil nok variere meget avhengig blandt annet av [6]:

- terrengvariasjon
- størrelsen på vinkelen mellom opptaksretning og nadirretning
- opptaks kvalitet; atmosfæriske forhold

7.3 Nøyaktighetsvurderinger av digitale høydedata

Et absolutt nøyaktig kart er uoppnåelig, likeså en absolutt nøyaktig DTM. Nøyaktigheten til en DTM og faktorene som bestemmer nøyaktigheten, er viktig å ha kjennskap til ved

- dannelsen av en DTM
- anvendelsen av en DTM

For å bestemme nøyaktigheten, må DTM'en sammenliknes med en referanse. Den eneste "sanne" referanse er terrenget selv. Da målinger på jordoverflaten umulig kan bli absolutt nøyaktige, må DTM'en sammenliknes med en referanse som har kjent og høy grad av nøyaktighet, f.eks. fotogrammetriske målinger. Det kunne ha vært aktuelt å sammenlikne høydemodeller som kartverket leverer; 100 m x 100 m eller 90 m x 90 m, med høydedata fra SPOT-stereoopptak. Dersom dette kan skaffes til testområdet ved Stjørdal, kan den *fotogram-metriske profilering* brukes som en "fasit".

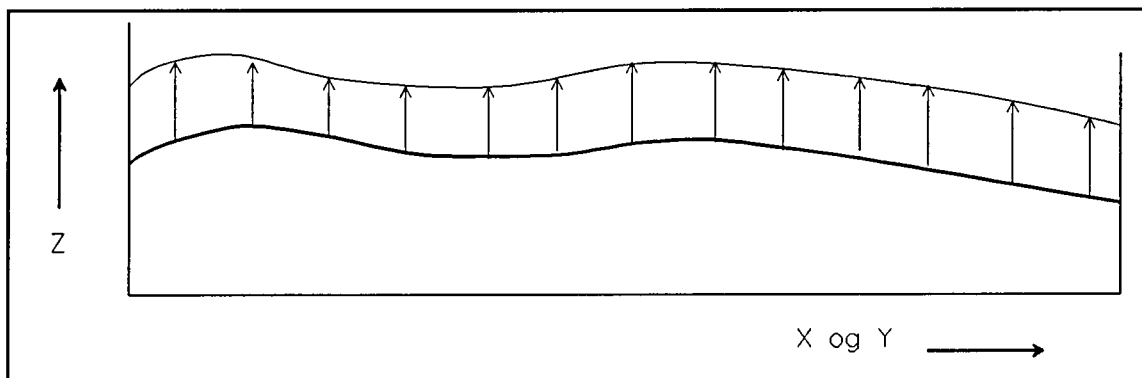
Nøyaktigheten til en DTM kan bestemmes ved fotogrammetriske målinger ved at punkter i DTM'en sammenliknes med korresponderende punkter fra målinger i analytisk plotter. For at denne sammenlikningen skal bli lettere, bør dataene for høyder som skal sammenliknes ligge i et regulært grid med lik rutenettsstørrelse. Dette burde ikke være så vanskelig da en DTM som oftest er bygget opp på grunnlag av et regulært grid, eller da et regulært grid kan genereres fra DTM'en.

Fotogrammetriske målinger kan altså være grunnlag for en DTM-fasit/kontrollgrid. Flere forskjellige terrengmodeller kan da sammenliknes og analyseres mot denne "fasit". Dette vil gi standard feilverdier for gridnodene (for DEM/DTM), og vil være basis for fastsettelsen av de feil som vil være i de interpolerte høydepunkt (for DTM). Data fra disse sammenlikningene vil da inneholde differanser i høyde. Dataene må så analyseres for å kunne uttrykkes med statistiske begreper.

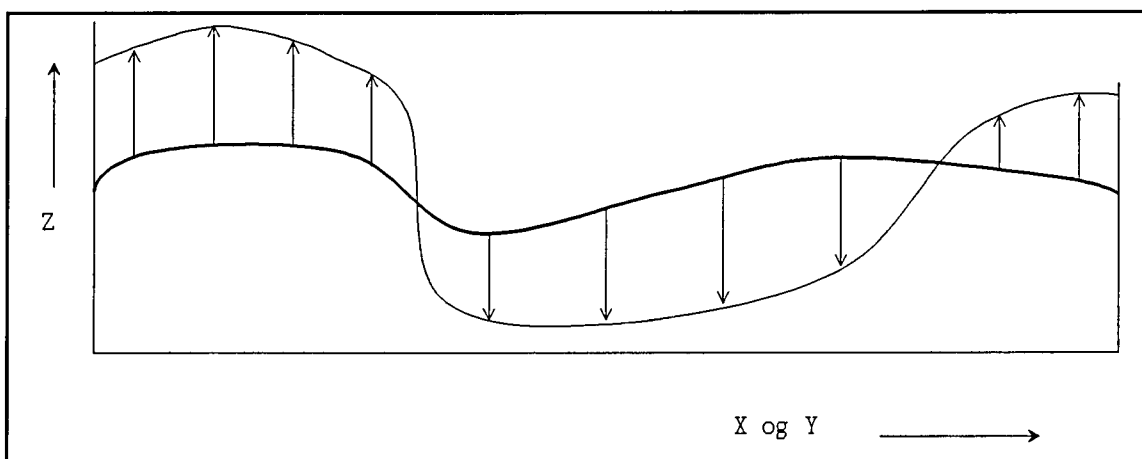
Noen statistiske begreper som kan anvendes [21]:

1. Algebraisk gjennomsnitt
2. Gjennomsnittsfeil
3. Root mean square error
4. Standardavvik

Det er særlig to typer feilkilder; systematiske feil og tilfeldige feil. I figur 7.1. og 7.2. vises disse der tykk strek angir "fasit", mens tynn strek angir beregnet DTM.



Figur 7.1. Systematiske feil. F.eks. når alle verdier har et konstant skift, slik at alle verdiene er enten litt for store eller litt for små.



Figur 7.2. Tilfeldige feil kan være enkeltverdier som er over eller under sann verdi.

7.3.1 Vurderinger av DEM fått fra Statens Kartverk

Målingene er utført i analytisk plotter som automatisk flytter seg til skjæringspunkter mellom linjer i gridet. Operatøren måler manuelt inn hver høyde, trykker på en knapp og maskinen flytter seg til neste punkt. Punkter som måles inn er altså punkter som bestemmes ved grid-nodenes beliggenhet, og ikke på forhånd kjente kontrollpunkt.

For testområdet ble det målt inn 6161 punkter. Innmålingen av disse punktene var 2 dagers arbeid for Statens Kartverk. Resultatet var en digital høydemodell, dvs. x-, y- og z-verdier for alle de 6161 punktene.

Under vurderes dataene fra flyfotograferingen som er grunnlaget for den *fotogrammetriske profileringen* (se vedlegg 2). Det teoretiske grunnlag er hentet fra [1].

flyhøyde:	6117 m o.h.
kamerakonstant:	152,83 mm
foto-basis:	90 mm

Flybildet er i målestokk: $M_b = 1:40.000$

Forhold som innvirker på nøyaktigheten av de innmålte punkter:

- kamerakvalitet
- kvalitet på analytisk plotter
- operatørdyktighet

Hvis disse forhold er konstant, vil middelfeilen i terrenget være proporsjonal med bildets målestokk.

$$\begin{aligned}m_x &= M_b m'_x \\m_y &= M_b m'_y\end{aligned}$$

vanligvis er $m_x \approx m_y$
 m'_x og m'_y er feilstørrelser i bildeplanet.

De samme forhold gjelder for høydenøyaktighet, men her tas det i tillegg i betrakning om bildene er tatt med vidvinkel-, normalvinkel- eller supervidvinkelkamera. Kamerakonstanten c , vil variere fra disse tre kameratypene.

Middelfeil for høyde:

$$m_h = M_b \frac{c}{b'} m_{px}$$

m_{px} : midlere x-parallaksefeil i bildemålestokk
 b'/c : kalles i fotogrammetrien for basisforholdet

Basis:	Kamerakonstant:
$b' = 90 \text{ mm}$	$c = 152,83 \text{ mm}$

Oppgitte tall for ytre orientering, forteller oss nøyaktigheten til de målte punkter i grunnriss og høyde.

Middelfeil i grunnriss:

$$m_x = 0,163 \text{ m}$$

$$m_y = 0,253 \text{ m}$$

Middelfeil i høyde:

$$m_h = 0,621 \text{ m}$$

Som en kontroll kan dette beregnes ut fra oppgitte data:

$$m_h = M_b \frac{c}{b'} m_{px} = \frac{H}{c} \frac{c}{b'} 0.010 \approx \frac{H}{900} 0.1 = 0.011\% \text{ av flyhøyden}$$

Med en flyhøyde på 6117 m får vi:

$$m_h \approx 0.6729 \text{ meter}$$

Formelen er utledet ved at en i terrenget har hatt et større antall meget nøyaktige kjente kontrollpunkt. Læreboka i fotogrammetri [1] forteller at i praksis vil en oppnå dårligere resultat. Statens Kartverk oppnådde bedre resultat.

Det er altså samlet i et kvadratisk rutenett på 50 m x 50 m. Samplingstettheten burde egentlig ha vært tettere. Særlig der terrengvariasjonene er store. Dette gjør at nøyaktigheten i rutenettspunktene kan være nøyaktig, mens mellomliggende punkters nøyaktighet også avhenger av interpolasjonsmetode som er brukt. Det trengs en meget sofistikert interpolasjonsmetode, for å få frem detaljene i et terreng.

7.3.2 Resultat av regridingen

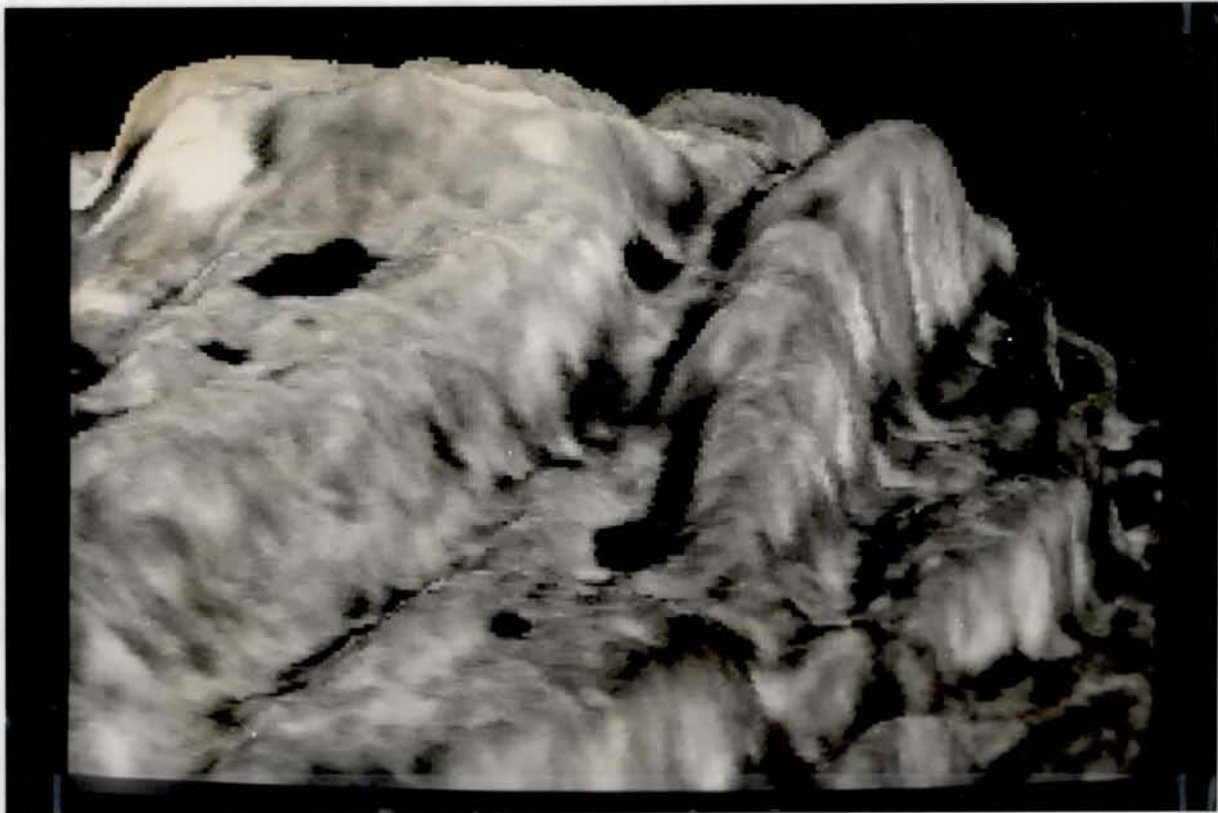
En vurdering ut fra topografisk kart:

10 m x 10 m høydemodellen er lastet inn i Erdas. Høyeste verdi er 538,05 m. og laveste verdi er 19,46 m. Altså en høydeforskjell på 518,59 m. Denne høydeforskjellen skal fordeles på 256 gråtoneverdier. Det vil si at hver gråtoneverdi representerer en høyde på om lag 2.026 m.

Etter oppbygging av databasen kan en for hvert pixel i bildet få ut høydeinformasjon (INQUIRE). Det ble notert noen gråtoneverdier som ble omregnet til meter og sammenliknet med topografisk kart:

område	pixelverdi (m)	topografisk verdi (m)
Liavatnet	100 / 103	101
Tjern ved Storåsen	467 / 469	473
Sandtjørna	467	473
Svartkamberget	536	539

Kolonnen for pixelverdier angir høyder gitt ved gråtoneverdier som er omregnet til meter. Variasjonen mellom to verdier for Liavatnet og tjernet ved Storåsen, kan skyldes avrundinger av gråtonene.



Figur 7.3. Nærbilde av Bukamtjønn som ligger mellom Svartkamberget og Bukammen.

Som nevnt innledningsvis, trekkes et av vannene opp mot fjellsiden. Bildet over viser det aktuelle vann; Bukamtjønn som strekkes opp mot Svartkamberget. Kandidaten antok først at dette skyldtes:

1. Dårlig interpolasjonsmetode ved regriding til 10 m x 10 m, slik at flaten følger trenden i terrenget

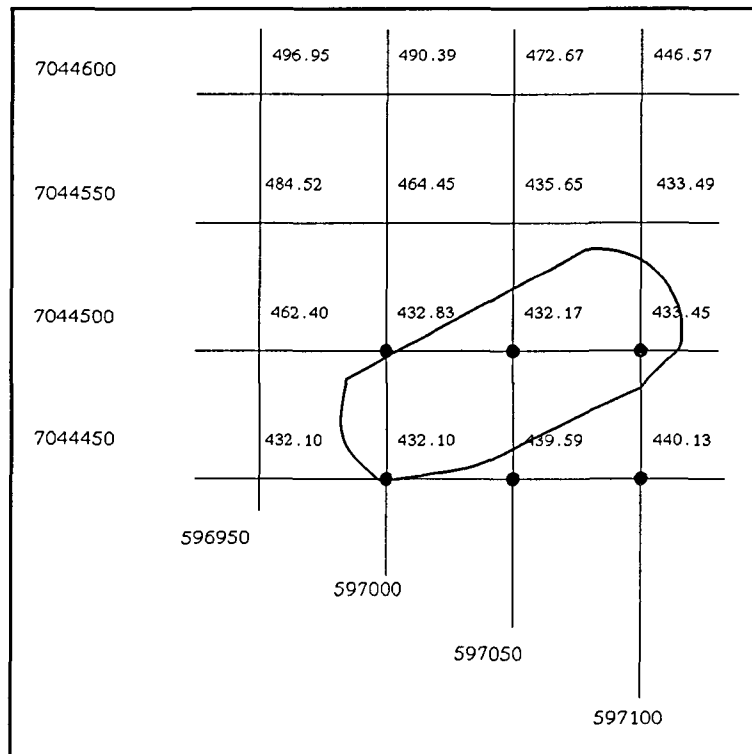
og/eller

2. Feil i gråtoneverdiene til satellittbilde slik at vannet ligger for langt mot nord.

Nøyaktighetsvurdering av interpolasjonsmetoden:

De to neste figurene viser et utvalg av punkter med grunnrisskoordinater og høydeverdier. Vannet er plassert ut fra koordinater fra M711-kart. Resultatet viser at begge høydemodellene (50 m grid og 10 m grid) har relativt flate områder der vannet i følge kartkoordinater skulle ha vært plassert.

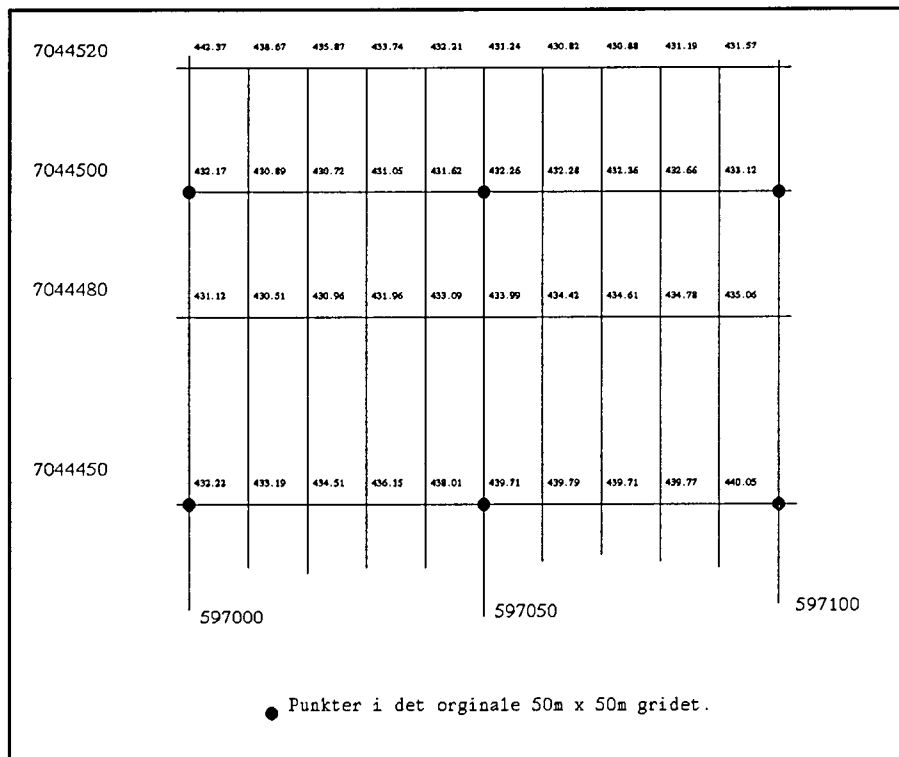
Vurdering av 50 m x 50 m gridet



Figur 7.4. Vannet mellom Svartkamberget og Bukkammen. UTM rutenett og høyder gitt i rutenettskjæringene.

Rutenettspunktene og høydene er lest av fra den opprinnelige høydemodellen fra Kartverket. Vannet er tegnet inn for hånd på grunnlag kart i målestokk 1:50.000 og med UTM koordinatsystem. Seks rutenettskjæringer er merket av for å bli vurdert mot høyder i 10 m gridet. Punktene viser at det er relativt flatt der vannet i følge kartet ligger.

Vurdering av 10 m x 10 m gridet



Figur 7.5. Noen av punktene i 10m gridet. Resultatet gir et relativt flatt område der vannet ligger.

Figuren viser at for seks punkter er høydene i de originale punktene beholdt innenfor en nøyaktighet på 66 cm. Ellers viser også denne figuren at området er relativt flatt der vannet i følge kartet ligger. Det kan derfor konkluderes med at interpolasjonsmetoden ikke er årsak til at vannet trekkes opp mot Svartkamberget.

Vurdering av vannets posisjon i satellittbildet

Noen enkle vurderinger ble gjort for å bestemme nordligste og sydligste koordinat til vannet. Dette ble utført på utsnittet av det rektifiserte bildet, hver pixelposisjon har der også fått tilordnet koordinater i grunnriss.

Nordligste y-koordinat: ca. 7044580
Sydligste y-koordinat: ca. 7044460

I grunnriss vises det at vannet er for stort. Dette kan skyldes at omliggende myrområder har fått tilordnet samme gråtone som vannet. Myrområdene kan ha tilnærmet like refleksjonsegenskaper som vann, slik at vannet blir avbildet som større enn det egentlig er. I følge kjentmann og kartgrunnlag, ligger myrområdene nedenfor (i syd). Ovenfor (i nord) er det ur og stein. Ur og stein har helt andre refleksjonsegenskaper enn vann. Så dette forklarer eventuelt hvorfor vannet er for stort, men det forklarer ikke hvorfor vannet er forskjøvet.

Da vannet ligger i en dal og rett ved en bratt fjellvegg, kan dette ha forårsaket feil tilordning av gråtoneverdi pga. mye skygger i bildet. Dersom dette er tilfelle, er ikke bildet nødvendigvis forskyvnet.

Årsaken til en eventuell forskyvning, kan ligge i rektifiseringen (Kap. 2). I rektifiseringen ble det brukt et 2. ordens polynom. Det er mulig at et 1. ordens polynom (lineær rektifisering), ville gitt et bedre resultat. I følge figur 2.3. gir høyere ordens transformasjonspolynom god nøyaktighet akkurat i kontrollpunktene, men forskyvning kan oppstå for punkter med økende avstand fra kontrollpunktene. Det ble ikke plukket ut noen kontrollpunkter i vannets umiddelbare nærhet.

Høydeoverdrivelsesfaktoren som er brukt, forsterker dessuten virkningen av at vannet trekkes oppover fjellsiden.

7.4 Mangler og forbedringer av GIS

7.4.1 Koordinater i grunnriss

Ved å bruke et *ortoimage* som draperingsfil, mistes informasjonen om kartkoordinater i grunnriss. Informasjon som hentes ut fra databasen er kun informasjon som ligger i "perspektiv-planet". Betrakteren vet dermed ikke hvor på kloden han eller hun er, hvis ikke vedkommende kjenner seg igjen. Koblingen mellom posisjonelle data og egenskapsdata, er derfor ikke fullstendig. Ut fra figur 5.7 ser vi at informasjon som finnes i databasen hentes fra perspektivbilder, informasjon som finnes i grunnriss må derfor først transformeres til et felles perspektivplan.

Høydeverdiene er det fremdeles tilgang til siden perspektivbildet av høydedataene (figur 3.2.) er omgjort til en GIS-fil (CPYSCR). Høydeverdiene i topografifila kan fremstilles ved gråtone-verdier da høyden er en endimensjonal variabel. Koordinater i grunnriss er todimensjonale. Skal disse kunne fremstilles som gråtoner må de deles i to filer; en for x-koordinater og en for y-koordinater. Er informasjonen kodet som gråtoneverdi, kan den være en GIS eller LAN fil og det er dermed mulig å perspektivfremstille filene. "Koordinatfilene" vil da fungere som draperingsfil. Informasjonen kan da inngå i databasen for GIS-systemet og vil bli gitt i sann tid. Høydeverdiene er en endimensjonal variabel og kan derfor kodes som gråtonevariasjoner. For topografifilen ble høydeforskjellen mellom laveste og høyeste punkt fordelt på gråtoneskalaen. Skal gråtoneskalaen fordeles på kortsiden (= 3010 m) betyr det at hver gråtone tilsvare et steg på 11,76 m. For langsiden (= 5010 m) betyr hver gråtone tilsvare et steg på 19,57 m.

Posisjonen i grunnriss kan visualiseres ved hjelp av rutenett med inntegnede koordinatverdier. Ved å sette koordinatverdi til linjene ut fra nedre venstre hjørne (ANNOTAT,ANTGRID) og ved at rutenettstørrelsen er kjent, er det derfor mulig å telle seg frem til posisjonen. Dette er imidlertid tungvint, da betrakteren må telle seg frem til posisjonen. Et krav bør være å få grunnrisskoordinater innlagt i databasen slik at denne informasjon kan bli gitt i sann tid. Det er videre nødvendig med grov avrunding hvis rutenettet har størrelse 100 m x 100 m.

7.4.2 Forbedring av presentasjonsverktøyet

Fargen som viser etterspurte forekomst er ikke gjennomiktig. Det undeliggende bildet vises derfor ikke igjennom for de områder klassen dekker. Dette fordi GIS-filen med etterspurte klasser vises i overlagsplanet. Et perspektivisk utsyn av et sannfargebilde er en 3 bånd LAN-fil. Etterspurte klasser kan også vises med en av fargekanonene. Det vil da bli et falsktfargebilde da visningsbildet kun kan vises med to av de tre fargekanonene [8]. (se App. C.1. under CLASOVR)

Det finnes teknikker for sammenslåing av bånd for LAN-filer som inneholder flere enn 3 bånd (bare tre bånd kan vises om gangen). Det burde derfor være mulig å samle informasjonen i de 3 båndene som er i perspektivbildet til to bånd, og la det tredje båndet være "tomt", men til-gjengelig for visning av en GIS-fil. Videre burde det være mulig å tilordne fargekanonene slik at bildet blir i *sann-farger*, og at GIS-klassene kan vises i brukerdefinerte farger med 256^3 forskjellige fargetyper.

7.4.3 Skille mellom analyseredskap og presentasjonsredskap

I diplomarbeidet er det skille mellom et analyseredskap (reading map) og et presentasjonsredskap (seeing map). Dette skillet burde være unødvendig. Databasen i et GIS-system bør fungere slik at det er mulig med en "global analyse" og ikke bare en pixel-til-pixel analyse. I diplomarbeidet spørres det ikke mot databasen når det skal undersøkes hvor der finnes en bestemt type kvartær-geologi. Da spørres det direkte mot den enkelte fil der informasjonen finnes.

7.5 Konklusjon

Det er utført perspektivfremstillinger av satellittbilde, topografiske data som høyde, helningsgrad og helningsretning og geologisk tema. Disse har dannet grunnlag for oppbyggingen av en data-base. Resultatet fungerer godt som et analyseredskap og som et presentasjonsredskap på skjerm.

Som presentasjonsmateriale har perspektivfremstillinger et stort potensial på grunn av valgfrihet med hensyn til "opptakssted"; hva som er synlig/ikke synlig fra opptaksstedet, hvordan fore-komster vil "ta seg ut" (ved f.eks. utbygging), hvor forekomstene finnes... Flere slike spørsmål gir perspektivfremstillingen svar på.

Ved å drapere et satellittbilde over høydemodellen, får fremstillingen høy grad av fotorealisme, noe som er viktig ved presentasjon ved at publikum lettere kjenner seg igjen. Men ved bruk av satellittbilde, blir den totale nøyaktighet dårligere. Av rådataene er det nok satellittbildet som har den dårligste nøyaktighet. Nøyaktigheten er ikke så avgjørende ved anvendelse som presentasjonsverktøy som det er ved analyseverktøy. Nøyaktigheten vil kanskje begrense bruken til estimering og grovanalyser. Det finnes nok likevel mange spørsmål som et GIS skal kunne svare på, slik som disse hypotetiske spørsmål:

- *eier Olsen noe av grunnen der det er funnet gull på Forbordsfjellet?*
- *i hvilken avstand fra den planlagte motorveien ligger huset til Pedersen?*

Motorveier, gullfunn og annet kan lett monteres på bildet. Ved å ha satellittbildet i bildeplanet kan det digitaliseres punkter, linjer og polygoner i overlagsplanet. I live link'en mellom Arc/Info og Erdas kan både Arc/Info-kommandoer og Erdas programmer kjøres. Av overlagsplanet kan det så dannes en GIS-fil som videre kan fremstilles i ønsket perspektiv. I perspektiv kan dette så vises i overlagsplanet, eller temaet kan bli gridet til bildet og dermed bli en permanent del av bildet.

APPENDIKS A: SPOT-SATELLITTEN

Det meste av stoffet i dette appendiks er hentet fra [2], [17], [18], [23] og [24]. SPOT eller Systeme Probatoire d'Observation de la Terre, er et fransk prosjekt med deltakelse fra Sverige og Belgia.

SPOT er en passiv satellitt. Det vil si at satellitten kun registrerer naturlig reflektert stråling eller egenstråling (meget lite) fra jorda. Satellitten har multispektrale sensorer som kan registrere i flere bølgeområder samtidig. Opptakene kan gjøres i tre ulike bølgeområder i multispektral modi (flerkanalsmoden), og i et bølgeområde i pankromatisk modi (svart/hvitt moden). Hvert instrument (HRV1 og HRV2) har både den multispektrale og den pankromatiske opptaksmuligheten.

De tre bølgelengdeområdene i multispektrale opptak er :

0,50 - 0,59 μm (grønn)
0,61 - 0,68 μm (rød)
0,79 - 0,89 μm (nær infrarød)

Bølgelengdeområdet i pankromatiske opptak er:

0,51 - 0,73 μm (grønn -> rød)

A.1 SATELLITTEN

SPOT-satellitten består av to hovedkomponenter; nyttelastmodulen og satellittplattformen. Nyttelastmodulen inneholder to HRV instrumenter, to båndopptakere og telemetriinstrumenter for overføring av fjernmålingsdata. Satellittplattformen er utstyrt med et banemanøvrings-system, et stillingskontrollsystem, to solcellepaneler med en total lengde på 15,6 m.

A.2 OPPTAKSGEOMETRI

SPOT-satellitten har to identiske kamerasystemer kalt HRV1 og HRV2 (High Resolution Visible). Disse kan operere samtidig eller uavhengig av hverandre. HRV instrumentene består av en "lineær tabell" med CCD-sensorer (Charge coupled device). Disse kalles også "push broom" scanner.

SPOT-satellitten har en enkel avbildningsgeometri siden bildeplanet er tilnærmet parallelt med terrenggeometrien. Dette gjør at den geometriske nøyaktighet er relativ god for SPOT-opptak.

A.3 OPPLØSNING

Synsfeltet til sensoren er smalt, ca. 4°. Dette kalles IFOV, Instantaneous Field Of View. På bakken tilsvarer det en stripe på 60 km. Opptaket av hele denne stripen skjer samtidig, i motsetning til Landsat som mekanisk scanner over området med et roterende speil. Hver detektor i tabellen svarer til en bredde på bakken på 10 m. Eksponeringstiden, eller

avlesningen av detektorene, skjer hvert 1,504 msek for pankromatisk og hvert 3,008 msek for multispektralt opptak. Dermed vil hvert området få lenger eksponeringstid og det er mulig med høy oppløsningsevne. [2]

CCD-sensoren består av 6000 detektorer (fire tabeller med 1728 elementer i hver, montert med noe overlapp). Da stipen som ble dekket var 60 km blir oppløsningen pr. pixel på 10 m x 10 m, som er det som benyttes i pankromatisk modi. I multispektralt modi blir verdier fra to og to detektorer slått sammen og får et avlesningsintervall på 3,008 msek. Oppløsningen pr. pixel blir da 20 m x 20 m.

A.4 SATELLITTENS BANE

Satellittens banehøyde og inklinasjon er valgt slik at banen blir solsynkron. Banehøyden er ca. 832 km (midlere banehøyde dvs. banehøyde ved 45° - breddegrad) og inklinasjonen er ca. 98°. Inklinasjonen er vinkelen mellom jordas ekvatorplan og satellittens baneplan. Satellittbanen er altså polar (egentlig nærpolar).

På grunn av en polar bane kan SPOT-satellitten ta opptak opp til 84°N og til 84°S.

Solsynkron bane

At satellittens bane er solsynkron betyr at banen året rundt beholder sin samme orientering i forhold til sola.

Vinkelen mellom retningen mot sola og satellittens baneplan, angitt med vinkelen α på figuren, vil være konstant. For å få til dette må satellittens baneplan dreies en vinkel på ca. 1° fra dag til dag. På grunn av jordas flattrykning ved polene, påvirkes satellittens baneplan. SPOT-satellittens inklinasjon, $98,765^\circ \pm 0,08^\circ$, er valgt slik at baneplanet dreies tilstrekkelig til at satellitten går i en solsynkron bane.

Når satellittbanen beholder sin samme orientering i forhold til sola, vil jorda bli observert til samme lokaltid og dermed under tilnærmet like solforhold.

A.5 SPOT'S FOTSPOR

Når de to HRV-sensorene peker rett ned, dekker de naboområder. Totalt en bredde på 117 km med 3 km overlapping. Avstanden mellom satellittbanens fotspor er ved ekvator 108 km og mindre nærmere polene. Det er derfor mulig ved hjelp av SPOT, å dekke hele jorda bortsett fra områder utenfor 84°N og 84°S. SPOT-satellitten bruker ca. 100 minutter pr. omløp og har en repitisjonssyklus på 26 døgn.

A.6 STEREOMULIGHETER

SPOT-satellitten har, ved hjelp av speil, mulighet for å få instrumentet til å "se til siden" opptil 27° bort fra nadir. Dette gir mulighet for hyppig dekking av et område da opptak kan gjøres av områder som ligger ca. 473 km fra nadir-retningen. I løpet av en periode på 26

dager muliggjør denne egenskapen 7 observasjoner av samme område ved ekvator. Nord- og sydover øker oppservasjonsfrekvensen gradvis og er 11 ved 45° . breddegrad. Dette er en nyttig egenskap dersom en ønsker å følge utviklingen i et område og ikke kan/vil vente 26 dager på neste opptak. En har ikke garanti for at det ved neste opptak ikke er skyet vær, at endringer i vegetasjon er store og annet.

For sammenlikning av to bilder er det ideelle at begge er eksakte normalopptak. Når samme område avbildes i forskjellige vinkler vil det bli ulikheter i terrenget pga. ulike perspektiviteteter.

Den sideseende mulighet gir også mulighet for stereomodellering av terrenget, pga. overdekningen av de to opptakene.

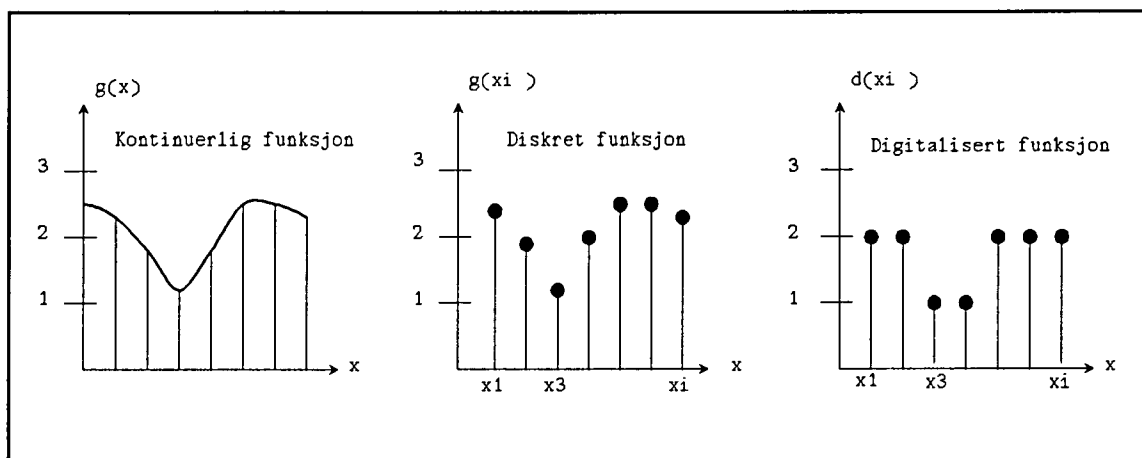
APPENDIKS B: DIGITAL BILDEBEHANDLING - NOEN GRUNNLEGGENDE BEGREPER

Da digital fotogrammetri og behandling av satellittbilder bygger mye på bildebehandling, er det nødvendig å gå litt inn på enkelte begreper. Emnene behandlet i dette appendiks er hovedsakelig hentet fra [9], [13] og [23].

B.1 DIGITALT BILDE

Et fotografisk bilde består av en hel mengde sølvpartikler som blir eksponert og svertet som en funksjon av lysintensiteten de blir utsatt for. I et digitalt bilde er sølvpartikler erstattet med lysfølsomme bildeelementer; pixels. Satellittbilder er digitale bilder. Pixelene er plassert i et regelmessig rutenett. Hvert pixel har i det digitale bildet fått tilordnet en numerisk gråtoneverdi. Denne verdi er et mål på lysmengden som faller på den delen av bildet som pixelen dekker. Dette kalles kvantifisering.

I kvantifiseringen tilordnes hvert bildeelement en tallverdi som representerer en midlere intensitetsverdi for bildeelementet. I utgangspunktet er intensitetsfunksjonen $g(x)$ en kontinuerlig funksjon. Den diskrete funksjon er da rekken av funksjonsverdiene g_1, g_2, \dots, g_i for argumentene x_1, x_2, \dots, x_i .



Figur B.1. Kontinuerlig, diskret og digitalisert funksjon.

Kvantifiseringen består altså i å tilordne et heltall til hvert bildeelement. Detaljeringsgraden er avhengig av hvor mange bit som avsettes for representasjon av et heltall. Med to biter kan vi representere fire tallverdier (0, 1, 2, 3), med 8 biter kan 256 heltall representeres (0, 1, 2, ..., 255). Da har en 256 gråtonenivåer; 0 er svart og 255 er hvitt. Antall heltall som kan representeres er gitt ved $k = 2^n$ hvor n er antall biter. Det er vanlig med $n = 8$. I figur B.1. er $n = 2$.

Figur B.1. viser en 1D diskre funksjon. Et digitalt bilde er en 2D diskret funksjon der pixelene/bildeelementene er ordnet i et kvadratisk rutenett. DEM/DTM er en 3D diskre funksjon. Terrengoverflaten har fått fastlagt z-koordinat for diskrete punkter f.eks. som

hjørner i et tilnærmet kvadratisk rutenett. Tilnærmet fordi terrengvariasjoner vil føre til deformasjoner i rutenettet.

Dersom pixelens posisjon er gitt ved (x,y) , vil det digitale bildet matematisk kunne betraktes som en diskretisering av en kontinuerlig funksjon $f(x,y)$, der $f(x,y)$ er pixelens gråtoneverdi i punktet (x,y) .

Et digitalt bilde er altså en to-dimensjonal lysintensitetsfunksjon beskrevet ved $f(x,y)$. Tar en et snitt gjennom dette bildet, vil lysintensitetsfunksjonen være en-dimensjonal. Funksjonen kalles da for intensitetsprofilen.

B.2 BILDEFORBEDRINGSTEKNIKKER (enhancement)

Enhancement er en prosess for å gjøre det digitale bildet mer tolkbart for en bestemt anvendelse. Bestemte trekk kan gjøres mer tolkbare for det menneskelige øyet.

Kontrastutstrekking

Kontrastutstrekking utvider området for pixelverdier slik at de blir vist over et større område.

1. Lineært strekk: bildeverdiene blir uniformt utvidet til fullt område for visningsbildet. Dette gjør at lysere områder blir lysere mens mørke områder blir mørkere.
2. Histogram strekk: tildeler visningsnivå på grunnlag av frekvensen som hvert nivå forekommer i. (Histogram ekvivalisert strekk)
3. Spesielt strekk: visningsområdet blir eksklusivt reservert for et bestemt område med bildeverdier.

I diplomarbeidet er det utført et histogram strekk (HISTOEQ) for lettere å plukke ut kontrollpunkt. Bildetrekene for vann er representert med et smalt område for gråtoneverdiene i scenen. Det lyktes å fremheve karakteristiske trekk i vannet som f. eks. vannkanter, ved å strekke gråtoneverdiene. Resultatet var at de svært forsiktige "tonale" variasjonene i området for vann, ble overdrevet slik at det lettere kunne plukkes ut kontrollpunkter ved vannkantene.

APPENDIKS C: ERDAS

C.1 ERDAS PROGRAMMER

ALGEBRA Image Algebra

Bildetrekk i et LAN-bilde kan bli forbedret ved å utføre algebraiske operasjoner på flere bånd i bildedataene. Ved ALGEBRA er det bl.a. mulig å:

- definere algebraiske uttrykk som inneholder matematiske operasjoner, funksjoner og konstanter
- anvende disse uttrykk på valgte databånd fra enkle eller multiple bildefiler
- la resultatet endre filen eller bare vises på visningsskjermen

I diplomarbeidet ble ALGEBRA nyttet for å endre dataene fra 16-bits data til 8-bits data og for å tilordne gråtoneverdier til et passende intervall; 0 til 255.

ANNOTAT Annotation

Ved ANNOTAT kan et bilde vises med vektordata i tillegg. Dette kan være:

- tekst og tegnforklaring
- rutenett
- linjer
- m.m.

Ved ANNOTAT dannes en ANT-fil. Disse er ikke kjørbare mellom PC og SUN. ANT-filen/filene legges i overlagsplanet og kan bli en del av bildefilen ved ANTGRID, CPYSCR, GRDPOL eller PIC. Ved CPYSCR kan ANT-filen overføres til en GIS-fil.

ANTGRID Annotation Grid

ANTGRID gridder annotation-filer (ANT) til en LAN- eller GIS-fil. ANT-filen kan griddes til en eksisterende LAN- eller GIS-fil eller danne en ny resultatfil. I diplomarbeidet ble ANTGRID brukt for å danne en resultatfil (GIS-fil) av rutenettet og for å gridde tekst og tegnforklaring til diverse GIS-filer.

BSTATS Build Statistics

BSTATS nyttes for å danne en fil med statistikkinformasjon om innholdet i en datafil. BSTATS danner:

- en trailer fil (TRL) for en GIS-fil
- en statistikkfil (STA) for en LAN-fil

Informasjonen i disse filene brukes for å danne defaultverdier for kjøring av mange Erdas-programmer og informasjonen gjør det lettere å utføre bildeforbedring.

CLASNAM Class Name Editing

Ved CLASNAM dannes eller endres klassenavn og beskrivelse til en GIS-fil. Noen Erdas program danner automatisk en TRL-fil til GIS-filen når den dannes. Dersom en GIS-fil imidlertid er uten TRL-fil, kan den dannes ved CLASNAM.

CLASOVR Classification Overlay

CLASOVR lyser opp en ønsket klasse eller et sett av klasser fra en GIS-fil i lys rødt, grønt eller blått i bildeplanet, eller i en hvilken som helst farge i overlagsplanet.

Visningskjermen belyses ved bruk av tre elektronkanoner/fargekanoner (color gun), en for hver primærfarge rød, grønn eller blå. Visning av en GIS-fil i bildeplanet, innebærer at en må nytte en av elektronkanonene for å vise GIS-filen. Dersom GIS-fila vises med den blå fargekanonen, vil klassene i GIS-fila få blåtoner. Fila (bildet) i bildeplanet vil da skinne igjennom, men vil ha falsk-farger da bildet ikke kan vises ved bruk av alle tre kanonene.

Ved å ha GIS-fila i overlagsplanet, kan individuelle klasser få tilordnet ønsket farge, en har 256³ muligheter. Bildet i bildeplanet vil ha *sann-farger*, men der klassene fra GIS-fila vises, skinner ikke bildet igjennom.

COLORMOD Color Modification

COLORMOD har en mengde opsjoner for å skape, endre, lagre og vise farger og fargeskjemaer i bildeplanet og overlagsplanet.

CONTOUR Surface Contouring

CONTOUR bruker en LAN-fil med høydedata og danner en GIS-fil med høydekurver. Høydekurvene blir tildelt farger etter ROYGBIV fargeskjema; rødt høyest og fiolett for lavest terreng.

COORDN Coordinate Transformation

Beregner en transformasjonsmatrise som nyttes til å rektifisere et bilde. Transformasjonen kan være 1. orden til 10. orden. Som inngangsdata brukes en GCP-fil fra programmet GCP. Resultat er en koeffisientfil; CFN-endelse. CFN-filen nyttes til å konvertere hele bildet til det nye koordinatsystemet.. (LRECTIFY, NRECTIFY).

CPYSCR Copy Screen

CPYSCR kopierer et bilde fra visningskjermen til en resultatfil. Bildet på visningskjermen kan være en LAN- eller GIS-fil, disse kan inkludere tegnforklaringer og annen tekst. Visning i overlagsplanet blir også kopiert, men i et eget bånd. Resultatfila kan bli en GIS- eller LAN-fil uavhengig av type fil som var på visningskjermen.

CREATE3D Create 3D Perspective

CREATE3D bruker en opptaksgeometrifil (VIG), topografi-fil og draperingsfil; enten et *sann-fargebilde* (LAN) eller pseudo-fargebilde (GIS) for å generere et perspektivisk utsyn av en scene (terreng). Draperings-filen og topografi-filen må være samregistrert, dvs. ha samme referansekoordinat.

CURSES Cursor Inquiry

Ved hjelp av CURSES kan en fra bildet på visningskjermen få ut informasjon om et pixels koordinater og gråtoner. Denne informasjon inkluderer blandt annet:

- skjermkoordinater
- filkoordinater
- kartbladkoordinater (hvis bildet er rektifisert)
- gråtoneverdi i rødt, grønt og blått

På visningsskjermen vises et kryss som kan beveges rundt på bildet ved hjelp av mus/tastatur. Etersom krysset beveger seg, forandrer verdiene for koordinater og gråtoner. Har en oppgitt kartbladkoordinater, og ønsker å finne de korresponderende filkoordinater, kan en "gå" med musa/tastaturet til posisjon der kartbladkoordinatene stemmer, og notere seg filkoordinatene.

DSCEDIT Descriptor Editing

Ved DSCEDIT kan en eller flere beskrivelsesfiler (DSC-filer) editeres. Dersom en beskrivelsesfil ikke finnes for den bestemte GIS-fila, blir den dannet ved DSCEDIT.

FIXHED Fix Header

FIXHED adderer eller endrer informasjon i en fils *header*. Fila kan være LAN eller GIS. Det som kan endres er kartsystem fila er koordinatstedfestet til, måleenhet (meter, fot...) etc. FIXHED kjøres dersom en fil ønskes å georefereres.

GEOM Preliminary Viewing Geometry Selection

GEOM danner en opptaksgeometrifil (VIG-fil) for én eller flere opptaksscene(r). Bruker definerer det perspektiviske utsyn ved posisjon til betrakteren og "center of view". Dette kan spesifiseres mens en bildefil eller topografi-fil vises på skjermen. Opptaksparametre kan endres før parametrene lagres som fil. Profilet av siktelinjen og terrenget vises. Synlige eller ikke synlige områder kan merkes; et nyttig hjelpemiddel dersom en ønsker at bestemte områder skal være synlig fra en opptaksposisjon. VIG-fila er inngangsdata i CREATE3D.

GISOVR Display GIS in Overlay Plane

GISOVR viser en GIS-fil i overlagsplanet, over filen (GIS/LAN) som ligger i bildeplanet. F.eks. GIS-fil med høydekurver eller rutenett legges over perspektivbildet (LAN). GISOVR kan da nyttes for å sammenlikne informasjon i GIS-filen med informasjon i bildefilen.

HISTOEQ Histogram Equalization

HISTOEQ utfører en histogram ekvivalisert strekking (se App. B.2) på bildet som som er på visningsskjermen. Resultatet blir ikke lagret på fil. HISTOEQ fungerer derfor som et prøve og feile program til ønskede verdier til strekkingen er funnet. Dersom en resultatfil ønskes, nyttes DHISTEQ. I diplomarbeidet ble HISTOEQ brukt for å få vanngrensene mer synlige ved utplukking av kontrollpunkt.

INQUIRE Pixel and Descriptor Inquiry

INQUIRE gir informasjon om et pixel. Pixel betyr her en bestemt posisjon til en eller mange filer (LAN og GIS) og posisjon på visningsskjermen. Ved INQUIRE kan ønsket informasjon som skal listes på kommandoskjermen for hvert pixel defineres. Ønsket pixel-informasjon er tilordnet separate taster på tastaturet. Ettersom nye taster trykkes, kan ny informasjon vises. Antall taster og dermed mengde informasjon som kan tilordnes bildet på visningsskjermen, er bare begrenset av tastaturet og lagringskapasiteten til datamaskinen.

Pixelposisjon velges ved hjelp av mus/tastatur. På visningsskjermen vises da et kryss som kan beveges rundt i bildet. Etterhvert som krysset beveger seg i bildet, oppdateres informasjonen fra databasen på kommandoskjermen.

LDDATA Load Data

LDDATA gjør det mulig å last inn bildedata fra tape (dersom tape-modulen er installert) eller fra disk-fil. LDDATA tilordner dataene til et av formatene:

- BIL: Band Interleaved by line
- BIP: Band Interleaved by Pixel
- BSQ: Band Sequential

LRECTIFY Linear Rectification

Transformerer en LAN- eller GIS-fil til et nytt koordinatsystem ved å bruke 1. ordens transformasjonspolynom. Det kan utføres skalering, rotering, m.m. og LRECTIFY kan også resample pixler i et resultatbilde.

NRECTIFY Nonlinear Rectification

Transformerer en LAN- eller GIS-fil til et nytt koordinatsystem ved å:

- rektifisere; projisere et ikke plant bilde til et plant bilde
- georeferere; tilordning av et kartkoordinatsystem til bildet

Transformasjonene kan være 1. orden til 10. orden. Som innput nyttes en CFN-fil (transformasjonsmatrise) dannet ved COORDN. NRECTIFY utfører også en resampling på pixlene i resultatbildet enten ved nærmeste nabo, bilinear interpolasjon, eller kubisk konvolusjon. Resultatet er et *ortoimage*.

PIC Save Image as Picture

PIC lagrer LAN- eller GIS-filen som vises på visningsskjermen som en 3-bånds LAN-fil. Båndene får tilordnet fargekanoner; bånd 1: rød, bånd 2: grønn, bånd 3: blå. En kan lagre filer i bildeplanet og overlagsplanet sammen til en fil. Overlagsplanet blir da "griddet" til bildeplanet. Også tekst, tegnforklaring og annen vektordata blir "griddet" ved PIC. Med "gridding" menes at informasjon i overlagsplanet blir en permanent del av bildet som vektorformat.

POLYFIL Polygon Fil

POLYFIL utfører evaluering og editering av rasterområder til en GIS-fil på visningsskjermen. Ved editering velges det et punkt innenfor ønsket klasse (seed pixel). Denne pixelen "vokser" helt til polygonet som avgrenser klassen er fylt. Denne klassen kan da editeres, f.eks. ved å gi polygonet en ny verdi. GIS-filen kan oppdateres hvis ønskelig.

READ Read True Color to Display

Viser en bildefil (LAN-endelse) på visningsskjermen. LAN-filen kan inneholde opp til 8 bånd. 3 av båndene kan vises samtidig. Hvis tre bånd skal vises, får hvert bånd tilordnet en av de tre primærfargene; rødt, grønt eller blått. Her finnes visse muligheter for "enhancements" (App. B.2), ved at bruker kan spesifisere hvilke bånd som skal tilordnes de enkelte fargekanonene, samt spesifisere et intervall av fargetoner fra hver kanon. Ved READ tilordnes bildet en plass på skjermen, slik at flere bilder kan vises på samme skjerm. Det må da svares nei på om skjermen skal blankes. For nye filer (f.eks. etter perspektivdannelse, rektifisering, ..) bør BSTATS kjøres før READ. Dersom en statistikkfil finnes, vil det bli utført en kontraststrekking på bildet før det vises. Kontraststrekking utføres på grunnlag av to standardavvik fra gjennomsnittlig gråtoneverdi.

RELIEF Topographic Relief

RELIEF danner et bilde som representerer mengde innfallende lys mot betrakteren som er plassert rett over scenen. Solens refleksjon fra bakken beregnes ut fra algoritmen:

1. Bruker spesifiserer en solposisjon.
2. Programmet sammenlikner solposisjon og vinkelen "solstrålene" har mot hver pixel.
3. Hver pixel får en verdi mellom -1 og +1 som angir refleksjonen ved det pixellet. Negative verdier opp til 0 angir skyggede områder, mens positive verdier angir områder med høyest refleksjon.

4. Alle negative verdier settes til 0 eller til det minste lysnivå spesifisert av bruker. Dette blir da de skyggede områder.

Hovedlysretningen, asimut, har betydning for effekten ved skrålysskygge. Asimut måles i grader mot klokken fra retning rett øst.

SLOPE Slope and Aspect

SLOPE beregner enten helningen (i % eller °) eller helningsretningen (i ° eller 8 himmelretninger) til en topografisk bildefil. Resultatet er en GIS-fil.

SUBSET Subset/Mosaic Files

SUBSET kopierer et valgt utsnitt/del av en fil med inngangsdata til en fil med resultatsdata. Inngangsdata og resultatdata kan være enten GIS- eller LAN-filer.

ZOOMER Zoom and Roam

ZOOMER forstørrer eller forminsker et utsnitt av bildet på visningskjermen. En kan også bevege seg horisontalt og vertikalt med forstørrelsen (roam). ZOOMER finnes ikke på Erdas/Sun-system. På Sun-systemet finnes istedet et forstørrelsesapparat som fungerer likt zoomer, men forstørrelsen blir bare vist i et lite utsnitt og ikke på hele skjermen som på PC-versjonen. Roam-muligheter finnes ikke.

C.2 ERDAS FILER

ANT: Annotation file

Fil som inneholder tekst, tegnforklaring, rutenett og annet som kan dannes ved ANNOTAT.

CDL: Cursor display list

Dannet og brukt ved INQUIRE for å tilordne taster på tastaturet til en visningsliste (se Kap. 6), som viser beskrivelser til pixelposisjonen på visningsskjermen og beskrivelser til posisjonen for filer som er med i databasen.

CFN: Coefficient file

Koeffisientfil. Inneholder en transformasjonsmatrise som skal brukes til å rektifisere et bilde. Er dannet ved COORDN og brukes som inngangsdata i LRECTIFY eller NRECTIFY.

DSC: Descriptor file

Beskrivelsesfil. Inneholder beskrivende informasjon (tekst og numeriske attributter) om GIS-klassene til en GIS-fil. Inneholder også klassenavn og histogram (dvs. #pixler i hver klasse). Kan dannes og flere beskrivelser kan legges til ved DSCEDIT.

GCP: Ground control point file

Fil med kontrollpunkt. Kontrollpunkt er et koordinatpar av (f.eks.) filkoordinater og kartkoordinater. Kan dannes ved GCP og brukes ofte som inngangsdata i COORDN for videre rektifisering.

GIS: Geographic information system file

En GIS-fil er et rasterbilde som har et bånd, og der hver pixel er delt inn i tematiske klasser. En klasse er en gruppe med pixler som representerer et område i bildet med samme egenskap. F.eks. GIS-filen med kvartærgeologisk tema inneholder klasser som forvittringsmateriale, tynt morenedekke, torv- og myrdannelser o.s.v.

LAN: Image data file

Fil som inneholder gråtoner for bilder med et eller flere bånd. Gråtonene i en LAN-fil er kvantitative og relaterte. At gråtonene er kvantitative menes at gråtonen representerer et mål av reflektert lys, varmestråling, høyde eller en annen målbar enhet. At gråtonene er relatert vil si at en gråtoneverdi på 87, representerer noe tilnærmet likt gråtoneverdien 88. Dataene er arrangert som BIL-format. Se Kap. 2.

STA: Statistic Trailer file

Statistikkfil for en LAN-fil. Inneholder:

- histogram for gråtoner (#pixler pr. gråtone)
- statistikk for gråtonene; gjennomsnittsverdi, min. og maks. verdi, standard avvik, m.m.

TRL: Trailer file

En statistikkfil tilhørende en GIS-fil som inneholder:

- et histogram over totalt antall pixler i hver klasse
- en liste med klassenavn som beskriver dataene i fila
- et fargeskjema, lagret som lyshetsverdier i rødt, grønt og blått

VIG: Viewing geometry file

Opptaksgeometri-fil. Inneholder bl.a. parametrene bestemt ved GEOM (eller FLYBY). Hvis en skal ha flere opptaksposisjoner/"center of view's", nyttes FLYBY. Fila er en ASCII-fil og en kan derfor bruke vanlig teksteditor for å se på eller endre innholdet i fila. En VIG-fil dannet ved hjelp av GEOM inneholder 9 linjer:

1. linje: vertikal overdrivelsesfaktor. Denne variabel skal multipliseres med alle høydedata-verdiene for å forsterke den visuelle forståelsen av relieff.
2. linje: Plassering av sola, uttrykt i x, y og z. Default er her 1, 1, 100.000. Det vil si at sola er plassert i bildets venstre øvre bildekant.
3. linje: FOV-vinkelen i grader.
4. linje: 0
5. linje: 1
 - reservert til fremtidig bruk, kandidaten kjenner ikke anvendelsen.
6. linje: Størrelse på visningsskjerm (512 x 512/1024 x 1024)
7. linje: Antall bilder/betrakningsgeometrier (= 1 for filer dannet ved GEOM)
8. og 9. linje: x-, y- og z-koordinatverdier til observasjonspunkt og til "center og view". Disse kommer alltid parvis.

APPENDIKS D: FYDIG, FYOR og SOSI-format

FYOR er en modul i FYDIG som brukes til å innpasse et kart på et *digitaliseringsbord*. FYDIG er et program for å digitalisere og redigere kartdata på SOSI-format. De samme data kan vises på grafisk skjerm eller plottes på penplotter. SOSI står for Standard Opplegg for Stedfestet Informasjon og er utviklet av Statens Kartverk i samarbeid med NTNf. SOSI er et generelt format for alle opplysninger som lagres i kartsammenheng i vid forstand.

APPENDIKS E: ARC/INFO KOMMANDOER [19]

I parentes er det vist hvilken modul programmet er i.

ADD (ARCEDIT)

Gir muligheter for å legge inn egenskapstrekk i coveraget som editeres. En undermeny åpnes, avhengig av hvilket egenskapstrekk som editeres. Ved EDITFEATURE LABEL åpnes følgende undermeny:

- | | | | |
|----|-------------------|----|-------------------|
| 1) | Add label | 5) | Delete last label |
| 8) | Digitizing option | 9) | Quit |

8) åpner en ny undermeny, mens 9) avsluttet kommandoen.

ADDITEM (STARTER KIT)

Utvider en egenskapstabell med en item.

BUILD (STARTER KIT)

Danner coverages med korrekt topologi. Bygger egenskapstabeller for linje-, punkt- og polygon-coverages.

CALCULATE (ARCEDIT)

Beregner og tilordner verdier til et item.

CLEAN (STARTER KIT)

Danner coverages med korrekt polygon-topologi. Registrerer skjæring mellom linjer. Bygger egenskapstabeller for linje og polygon coverages. Clean kommandoen utfører følgende i rekkefølge:

1. Sorterer segmentene etter lokasjon, topp til bunn.
2. Registrerer skjæring mellom linjer, splitter linjene og oppretter noder.
3. Reorganiserer intern nummerering.
4. Danner topologi. Beregner areal, omkrets.
5. Nummererer elementene
6. Kutter for lange linjer - linjer som har samme polygon på høyre og venstre side (*dangling node*). (OBS! linjer som egentlig ikke skal fjernes, kan bli fjernet dersom kriteriet for denne utførelse (*dangling length*), er satt for stor ved gjentatte dannelser av topologi bør derfor *dangling length* være lik 0, eller bruk BUILD).
7. Danner en fil som inneholder en liste over hvilke linjer som omgir et polygon (polygonegenskapstabell: PAT)
8. Oppdaterer linje-egenskapstabell (AAT)

CREATELABEL (STARTERKIT)

Tilordner automatisk labelpunkt for polygoner som ikke har labelpunkt

DELETE (ARCEDIT)

Fjerner alle valgte (SELECT) egenskapstrekk fra editerings-coveraget. UNDELETE nyttes dersom en angrer.

EDITCOVERAGE (ARCEDIT)

Spesifiserer coveraget som skal editeres.

EDITFEATURE (ARCEDIT)

Spesifiserer egenskapsklassen som skal editeres.

JOINITEM (JOINITEM)

Slår sammen to egenskapstabeller (f.eks. en PAT med en bruker selv har dannet) basert på et felles item.

LABELERRORS (ARCPLLOT)

Viser polygoner som har labelpunktfeil.

LINEGRID (DATA CONVERSION)

LINEGRID tar utgangspunkt i at coveraget består av kurvetopologi. Griddingen tar derfor utgangspunkt i Arc-attributt tabellen istedet for polygonattributt Tabellen som POLYGRID. Resultatet her er at bare grensene til kvartærgeologiens utbredelse vises.

MAPEXTENT (ARCEDIT)

Mapextent spesifiserer hvilket geografisk utsnitt som skal vises på skjermen. Default er grensene (BND) til coveraget.

MOVE (ARCEDIT)

Flytter den sist valgte egenskapstrekk til en ny brukerspesifisert posisjon.

NODEERRORS (ARCPLLOT)

Viser nodefeil (f.eks. *dangling node*).

POLYGRID (DATA CONVERSION)

POLYGRID tar utgangspunkt i at coveraget består av polygon-topologi. Polygonene får da tilordnet en verdi. Dette kan være indre identifikasjonsnummer som er default, eller annet brukerdefinert item fra egenskapstabellen. I diplomarbeidet ble itemet "kode" brukt. Denne representerer de kvartærgeologiske temaer. Resultatet av konverteringen er da en GIS-fil med 12 klasser. 10 geologiske temaer, en klasse for vann og en klasse for bakgrunn. Samtidig dannes også en statistikkfil (TRL).

QUIT (ARCEDIT)

Går ut av ARCEDIT-modulen. Får spørsmål om editering skal lagres.

SELECT (ARCEDIT)

Velger egenskapstrekk som skal editeres.

SPLIT (ARCEDIT)

Splitter en kurve til to kurver ved å legge til en node.

UNDELETE (ARCEDIT)

Henter frem igjen fjernede eller endrede egenskapstrekk.

APPENDIKS F: LØSMASSE

Geologisk tema som er digitalisert i oppgaven er kvartærgeologi, eller løsmassegeologi. Jordarten av forekomster er løsmasser av mineralsk og/eller organisk opprinnelse. Eksempler på forekomst: leire, silt, morene, torv, gytje og humusholdig sand.

Det finnes fire kriterier for klassifikasjon av løsmasser:

1. Kornstørrelsesfordeling
f.eks. siltig sand, steinig grus
2. Dannelsesmåte (avsetningsmiljø)
f.eks. marin leire, morene, glasifluvial sand
3. Innhold av organisk materiale
f.eks. humusholdig sand (torv har over 30% organisk materiale)
4. Kombinasjon av de nevnte kriterier
f.eks. *lakustin* humusholdig siltig sand

For testområdet ved Stjørdal var der følgende ti forekomster:

- torv og myr
- morene tynt dekke
- morene tykt dekke
- breelvavsetning
- hav og fjordavsetning, tynt dekke
- hav og fjordavsetning, tykt dekke
- strandavsetning
- forvittringsmateriale
- ur fra steinsprang
- bart fjell

APPENDIKS G: ORDFORKLARINGER

Analytisk plotter: Et system for datafangst (måle koordinater ut fra bilder) ved hjelp av det menneskelige stereosyn i et stereoinstrument, digital prossessering ved hjelp av en EDB-maskin og karttegning ved hjelp av en plotter.

BND: Coveragets ekstremalpunkt (x_{\min} , y_{\min} , x_{\max} , y_{\max}). Er lagret i en egen fil; f.eks. geotema.bnd fila ser slik ut:

recno	xmin	ymin	xmax	ymax
1	594000	7042500	599000.3	7045501

dangling node: endepunkt på en linje som har samme polygon på høyre og venstre side.

DEM/DTM: DEM står for Digital Elevation Model (digital høydemodell). Består av et sett av punkter, vanligvis i et regulært grid, gitt ved x-, y- og z-verdi. Må ikke forveksles med DTM: Digital Terrain Model, som er et sett av punkter der vi kjenner x-,y- og z-koordinatene og en interpolasjonsmetode som gjør det mulig å beregne høyden når x og y er gitt.

digitaliseringsbord: et plant bord med innlagte kobbertråder. Disse trådene er strømførende og danner et finmasket, rettvinklet rutenett. Målelupen er forsynt med en elektrisk spole. Når målelupen ligger på bordplaten og det kobles strøm på spolen, vil det induseres en elektrisk strøm i gitteret. Spenningen blir størst i trådene som ligger nærmest lupen. Dette utnyttes så til å beregne posisjonen (x- og y-koordinatene) til målelupen i forhold til gitteret. [3]

digitalt bilde: se Appendiks B.

fotogrammetrisk profilering: profilmålinger av et terreng ved hjelp av stereoinstrument.

header: "hode"-informasjon til en Erdas-fil. Inneholder antall rader og kolonner til fila, hvilket koordinatsystem den er georeferert til, kartkoordinater og filkoordinater til øvre venstre hjørne m.m.

Helmert-transformasjon: en konform transformasjon i grunnriss (x-, y-koordinater). Med konform menes at formen beholdes. Hvis en tenker seg at punktene utgjør hjørnene i en figur, så skal figuren ha samme form etter transformasjonen.

lakustin: løsmasse dannet i innsjø.

NGO48-koordinater: kalles også "Det Gauss-Krugherske meridianstripesystem i Norge" Et koordinatsystem som består av 8 meridianstriper eller akser gjennom Norge. Hver akse har sitt koordinatsystem. Grenselinjene mellom koordinatsystemene er gitt ved herredsgrensene. X-verdier angis for alle akser fra 58° nordlig bredde (ca. Lindesnes) og Y-verdiene måles fra gjeldende akse; negative og positive verdier.

node: En linjes start- eller sluttpunkt.

ortoimage: et ortofoto er et fotografisk bilde som ved en spesiell omfotografering av et flybilde har fått (nesten) samme geometriske egenskaper som et kart og kjent målestokk. Flybildets detaljrikdom er kombinert med et målriktig kartgrunnlag. Når et digitalt bilde (f.eks. et satellittbilde) benyttes istedet for flybilde, kalles produktet et ortoimage.

perspektivisk samband: en matematisk sammenheng mellom et todimensjonalt bildeplan og et tredimensjonalt terreng/objektplan (se Kap. 5.7)

sann-fargebilde: Når farger/gråtoner i et bilde er tilnærmet likt det inntrykket en menneskelig betrakter ville ha fått ved å observere scenen, kaller vi bildet for sann-farget.

tic: Kjempunkt/kontrollpunkt. Benyttes bl.a. ved innpassing av digitaliseringsbord. Lagres i egen fil. F.eks: geotema.tic ser slik ut:

recno	idtic	xtic	ytic
1	1	594000	7042500
2	2	599000	7042500
3	3	594000	7045500
4	4	599000	7045500

SML: Simple Macro Language: et programmeringsspråk for å bygge makroer som kan kjøres i Arc/Info.

REFERANSER

- [1] Andersen, Øystein: *Fotogrammetri grunnkurs, Landbruksbokhandelen Ås 1985*
- [2] Andersen, Øystein: *SPOT, noe om dataenes geometriske nøyaktighet, rapport fra studienur 1985*
- [3] Bertin, J.: *Graphics and Graphic Information Processing og annet pensumstoff i kartografi*
- [4] Bjerke, Pål: *Beregning av terrenghøyde fra SPOT stereopar, forelesningsnotater april 1991*
- [5] Briggs, Ian C.: *Machine Contouring using minimum curvature, Geophysics, Vol. 39, No. 1 (febr. 1974)*
- [6] Brockelbank, Doug C. og Tam Ashley P.: *Stereo Elevation determination Techniques for SPOT Imagery, Photogrammetric Engineering Remote Sensing (PE&RS) aug. 1991*
- [7] Dickinson, G.C.: *Maps and Air Photographs, Edward Arnold, 1969*
- [8] Erdas Field Guide + resten av manualene, Version 7.5, juli 1991
- [9] Gonzalez, Rafael C. og Wintz, Paul: *Digital Image Processing, second edition, Addison Wesley, 1987*
- [10] Hearn, Donald og Baker, M.Pauline: *Computer Graphics, Prentice-Hall International Editions, 1986*
- [11] Holsen, Jon: *Rotasjonsellipsoide og kule, kulens avbildning i planet, Institutt for geodesi og fotogrammetri, 1973*
- [12] Holsen, Jon, Hals, Torbjørn, Høgvard, Dag og Simensen, Geir W: *Navstar-GPS anvendt for landmålingsformaål, IGF juni 1987*
- [13] Hådem, Ingolf: *Notat om bildeforbedringsteknikker, IGF*
- [14] Hådem, Ingolf: *Notat om digital fotogrammetri, IGF*
- [15] Kraus, Karl: *Photogrammetrie, Grundlagen und Standarverfahren (delvis oversatt oppgave av Oddgeir Øfsti, 1987*
- [16] Lemmens, Mathias J.P.M.: *A Survey on Stereo Matching Techniques, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol 27, part B3, comm.III, page 635*
- [17] Lillesand, Thomas M. og Kiefer, Ralph W: *Remote Sensing and Image Interpretation, second edition, John Wiley & Jones*
- [18] Norges Offentlige Utredninger (NOU): *Satellittfernmålinger, 1983*
- [19] PC Arc\Info-manualer (User Guides): *ESRI Inc., Januar 1989*
- [20] PC Understanding GIS, The Arc\Info method: *ESRI Inc. , 1990*
- [21] Petrie, g og Kennie, T.J.M: *Terrain modelling in surveying and civil engineering, Whittles Publishing, 1990*
- [22] Richards, John A.: *Remote Sensing, Digital Image Analysis, Springer-Verlag, 1986*
- [23] Rød, Jan Ketil: *Matchingsmetoder for SPOT-stereo-opptak, mai 1991*
- [24] Solberg, Rune: *Geometrisk kooreksjon av digitale bilder i optisk satellittfernmåling, hovedoppgave i informatikk ved UIO, 1985*
- [25] Wolf, Paul R.: *Elements of Photogrammetry, Mc Graw Hill, 1974*
- [26] Skriv fra GEODATA: *SML-makroer for konvertering mellom SOSI og pcARC/INFO, oktober 1990*

VEDLEGG I
TESTOMRÅDET

VEDLEGG II

PARAMETRE FOR

FOTOGRAMMETRISK PROFILERING

ORIENTATION PROTOCOL
Model Number :30401

P M D - Program
Release 5.10

=====

INITIALIZATION - PARAMETER

=====

Instrument type	AVIOLYT BC 2
Operator's name	KEB
Orientation date	2.Okt.1991
Control point file	NTH
Photo number left	301
Camera number	13138
Camera orientation	3
Principal distance (mm)	152.83
Photo number right	401
Camera number	13138
Camera orientation	3
Principal distance (mm)	152.83
Type of photography	1
Type of photo correction	2
Type of transformation	3
Photo base (mm)	90.0
Camera height ASL (terr.units) ...	6115.5
Ground height ASL (terr.units) ...	300
Distance camera - object	5900.0
Model number (1-10)	1

ORIENTATION PROTOCOL
Model number :30401

P M D - Program
PAGE 2

=====

INNER ORIENTATION

Left Photo: 301

Fid. Coords. and Residuals in Microns

Pt.No.	XT	DX	YT	DY
1	-106007.	8.	106012.	-4.
2	106007.	-8.	106001.	4.
3	105993.	9.	-105990.	-4.
4	-105990.	-9.	-105997.	4.

DX0 = 3917.5 SFX = 1.00035 KAPA = -.20561
DYO = -1094.7 SFY = 1.00029 ALFA = .01126

Right Photo: 401

Fid. Coords. and Residuals in Microns

Pt.No.	XT	DX	YT	DY
1	-106006.	7.	106011.	-3.
2	106006.	-7.	106002.	3.
3	105994.	8.	-105991.	-3.
4	-105991.	-8.	-105996.	3.

DX0 = 460.7 SFX = 1.00032 KAPA = -.49307
DYO = 1205.0 SFY = 1.00027 ALFA = .01064

=====

OUTER ORIENTATION

=====

Residuals on Photo Coord. (Micr.) and Ground Coord. (Metres) ORI-1.0								
Pt.No.	DXL	DYL	DXR	DYR	PY	DXG	DYG	DZG
8	.8	-.1	-.2	.3	1.1	.219	.109	-.129
7240075	.1	-1.1	-.1	1.2	2.3			
7	2.0	4.6	-1.4	-5.3	10.4	.233	-.225	.544
6	-1.5	.4	1.4	.2	2.8	.005	.097	-.382
9	-2.3	.4	2.5	1.4	4.9	.065	.451	-.109
10	.9	-.5	-1.7	-1.4	2.8	-.340	-.621	.325
5050106	.4	-7.4	-.1	7.4	14.8			
11	.0	4.4	-.5	-4.1	8.5	-.186	.191	-.249
RMS #					5.9	.207	.341	.325

Orientation Elements and their Std. deviations							Ori-2.0
Photo No	X0	Y0	Z0	Omega	Phi	Kappa	
401	592100.847046509.40	6115.06	.721	.197	-199.656		
	98	.67	.44	.006	.010	.003	
303	595384.247046605.58	6116.03	.167	.413	200.437		
	.95	.66	.41	.006	.010	.003	

One Step Orientation by Least Squares Adjustment

Step	One
Normalized Std. Rrference Dev.	1.6
Redundancy	14

ORIENTATION PROTOCOL
Model Number :40501

P M D - Program
Release 5.10

=====

INITIALIZATION - PARAMETER

=====

Instrument type	AVIOLYT BC 2
Operator's name	KEB
Orientation date	3.Okt.1991
Control point file	NTH
Photo number left	501
Camera number	13138
Camera orientation	3
Principal distance (mm)	152.83
Photo number right	401
Camera number	13138
Camera orientation	3
Principal distance (mm)	152.83
Type of photography	1
Type of photo correction	2
Type of transformation	3
Photo base (mm)	90.0
Camera height ASL (terr.units) ...	6117.0
Ground height ASL (terr.units) ...	300.0
Distance camera - object	5900.0
Model number (1-10)	1

ORIENTATION PROTOCOL
Model number :40501

P M D - Program
PAGE 2

=====

INNER ORIENTATION

Left Photo: 501

Fid. Coords. and Residuals in Microns

Pt.No.	XT	DX	YT	DY
1	-105998.	-1.	106010.	-2.
2	105998.	1.	106003.	2.
3	106002.	0.	-105992.	-2.
4	-105999.	0.	-105995.	2.

DXO = 975.8 SFX = 1.00036 KAPA = -.11280
DYO = 1561.5 SFY = 1.00032 ALFA = .01097

Right Photo: 401

Fid. Coords. and Residuals in Microns

Pt.No.	XT	DX	YT	DY
1	-106006.	7.	106012.	-4.
2	106006.	-7.	106001.	4.
3	105995.	7.	-105990.	-4.
4	-105992.	-7.	-105997.	4.

DXO = 3522.5 SFX = 1.00035 KAPA = -.20698
DYO = -1093.6 SFY = 1.00033 ALFA = .01365

=====

OUTER ORIENTATION

Residuals on Photo Coord. (Micr.) and Ground Coord. (Metres) DRI-1.0								
Pt.No.	DXL	DYL	DXR	DYR	PY	DXG	DYG	DZG
11	.5	1.3	-.4	-.5	2.1	.070	.152	-.096
16050105	-.0	.5	-.1	-.5	1.7			
10	-.3	-2.4	-.4	.5	3.2	-.215	-.517	.178
9	.6	2.1	.4	-1.5	3.6	.307	.145	.081
12	-2.3	-1.2	2.4	1.5	5.5	-.104	.220	-.839
13	2.5	.5	-2.5	-1.2	6.1	-.060	.115	1.155
14	-.5	-1.5	.5	1.7	3.5	.000	.113	-.480
RMS :					3.7	.153	.253	.621

Orientation Elements and their Std. deviations						
Photo No	X0	Y0	Z0	Omega	Phi	Kappa
401	535384.17	7045506.16	5117.19	.159	.410	200.438
	.84	.63	.41	.005	.009	.003
501	592851.25	7045645.63	5116.74	.332	.444	202.589
	.83	.63	.40	.006	.009	.003

One Step Orientation by Least Squares Adjustment

Step	One
Normalized Std. Rrference Dev.	1.3
Redundancy	13