


Rapport nr.: 2002.078		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Borehullslogging i fjellbrønn, Folvåg, Sunnfjord. En verifisering av lineamentsmodell med hensyn til oppsprekking og vanngiverevne.			
Forfatter: Harald Elvebakk, Jan S. Rønning, Gaute Storø		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Askvoll	
Kartblad (M=1:250.000) Florø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1117 IV Askvoll	
Forekomstens navn og koordinater: 32V, 290200 6813625, WGS84		Sidetall: 39 Kartbilag: 1	Pris: kr 230
Feltarbeid utført: okt. 1999, okt. 2000, sept. 2002	Rapportdato: 03.11.02	Prosjektnr.: 282702	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med forprosjektet til "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Tunnelprosjektet, har NGU testet ut forskjellige metoder for borehullslogging. I denne rapporten er det beskrevet resultater med optisk televiwer, temperatur-, ledningsevne- og gammalogg, fjellresistivitet og strømningsmålinger kombinert med pumping. Undersøkelsene er gjort i en 98 m dyp brønn i Folvåg, Askvoll kommune, Sogn og Fjordane. Brønnen er boret gjennom et lineament/bruddsone og ble opprinnelig boret for å kartlegge vanngiverevnen i fjellbrønner i forbindelse med slike strukturer. De geofysiske undersøkelsene hadde som hensikt å kartlegge bergartene, spesielt med hensyn på oppsprekking og vanngiverevne. For alle indikerte sprekker er sprekkeplanetets strøkretning, fallretning og fallvinkel beregnet. I denne rapporten gjøres det forsøk på å relatere vanninnslag til ulike deler av en bruddsonemodell publisert av NGU i samarbeid med Universitetet i Bergen.</p> <p>Bh 1, Folvåg er boret gjennom en markert sprekkesone (lineament). Brønnen ga store mengder vann og er artesisk. Logging med optisk televiwer viste oppsprekning og dårlig fjell sentralt i sonen og på vestsiden av sonen (distale del). De fleste sprekkeplanene er tilnærmet parallelle lineamentets retning. Ledningsevne- og gammalogging indikerer vanninnstrømning fra den distale delen av sprekkesonen. Senteret av sonen (forkastningskjernen) vises klart på resistivitetmålingene. Strømningsmålingene i kombinasjon med pumping indikerte at mesteparten av vannet, ca 70 %, kommer fra distaldelen, dvs. litt utenfor den sentrale sonen (45 – 50 m dyp). Sprekker ved 34 og 88 m dyp gir også noe vann og disse vanninnslagene ligger i overgangen fra bruddsonens distale del til overgangssonen. Det kan ikke dokumenteres vanninnslag i den sentrale sonen (forkastningskjernen).</p> <p>En kombinasjon av de benyttede metoder i borehull vil være et godt grunnlag til å vurdere fjellkvaliteten med hensyn til oppsprekking og vanninntrengning ved forundersøkelser for fjellanlegg. Forutgående geologisk kartlegging, seismikk og 2D resistivitet vil kartlegge soner der det kan være aktuelt med detaljundersøkelser som boring og borehullslogging.</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Grunnvann	
Optisk televiwer	Elektrisk måling	Sprekkekartlegging	
Ledningsevne	Naturlig radioaktivitet	Fagrapport	

## INNHold

1.	INNLEDNING .....	4
2.	UNDERSØKT OMRÅDE .....	4
3.	GEOFYSISKE MÅLEMETODER OG UTFØRELSE .....	6
4.	RESULTATER .....	6
4.1	Optisk televier, Folvåg Bh 1 .....	6
4.1.1	Sprekkeanalyse. Stereografisk projeksjon med definerte grupper .....	7
4.1.2	Sprekkeanalyse. Frekvenshistogrammer for definerte soner .....	8
4.2	Temperatur, ledningsevne og naturlig gammastråling .....	13
4.3	Resistivitet .....	14
4.4	Strømningsmåling med pumping .....	16
4.5	Avviksmåling .....	22
5.	DISKUSJON .....	23
6.	KONKLUSJON .....	24
7.	REFERANSER .....	25

## TEKSTBILAG

Tekstbilag 1	: Metodebeskrivelse for optisk televier.
Tekstbilag 2	: Metodebeskrivelse for temperatur, elektrisk ledningsevne og naturlig gamma- Logg.
Tekstbilag 3	: Metodebeskrivelse for Terrameter SAS LOG 200.
Tekstbilag 4	: Brukerveiledning for OPTV.exe. Bruk av replay-program for avspilling av bildelogg.

## FIGURER

Figur 1	: Kart over Folvåg med brønnplassering.
Figur 2	: Modell for generell oppbygging av lineamenter i Norges berggrunn.
Figur 3	: Folvåg Bh 1. Stereografisk projeksjon av pol til indikerte sprekker.
Figur 4	: Rosediagram og stereoplott av indikerte sprekker i Bh 1Folvåg.
Figur 5	: Bh 1 Folvåg, OPTV. Frekvenshistogram over indikerte sprekker.
Figur 6	: Modell av lineament og Bh 1 Folvåg med frekvenshistogrammer inntegnet.
Figur 7	: Bh 1 Folvåg. Bilde- og sprekkelogg mellom 45 og 50 m.
Figur 8	: Bh 1 Folvåg. Bilde- og sprekkelogg mellom 74 og 79 m.
Figur 9	: Bh 1 Folvåg. Temperatur, elektrisk ledningsevne og naturlig gamma.
Figur 10	: Bh 1 Folvåg. Resistivitet i fjell målt med ABEM SAS LOG.
Figur 11	: Bh 1 Folvåg. Resistivitet i fjell målt med Robertson Geologging sonde.
Figur 12	: Bh 1 Folvåg. Bildelogg 56-58 m. Lav tilsynelatende motstand ved 57 m.
Figur 13	: Bh 1 Folvåg. Pumperate som funksjon av tid.
Figur 14	: Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling ned og opp med loggehastighet 5 og 7 m/min.
Figur 15	: Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling, netto omdreiningstall med indikert vanninnstrømning.
Figur 16	: Bh1 Folvåg. Bildelogg 33-36 m og 86-89 m med sprekker som indikerer vanninnslag
Figur 17	: Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling med pumperate 4.5 m <sup>3</sup> /time. Loggehastighet 5 m/min.
Figur 18	: Bh 1 Folvåg. Stasjonære strømningsmålinger med pumperate 4.5 m <sup>3</sup> /time.
Figur 19	: Borehullsforløp Bh 1 Folvåg. Øst-vest projeksjon , horisontalprojeksjon og langs borehullsretning .

## DATABILAG

Databilag 1	: Data for indikerte sprekker i Bh 1 Folvåg.
Databilag 2	: Data for gjennomsnittlig retning, fall og sprekkfrekvens for definerte soner i Bh 1 Folvåg.
Databilag 3	: Data for borehullsforløp Bh 1 Folvåg. Dyp, retning, fallvinkel og nord- og østkomponent.

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Tunnelprosjektet, har NGU testet ut forskjellige metoder for borehullslogging. Bakgrunnen for prosjektet var krav om forbedrede metoder til forundersøkelser for fjell- og tunnelanlegg, og med vekt på økt forskningsinnsats på dette området.

Denne rapporten beskriver målinger utført i en 98 m dyp brønn i Folvåg i Askvoll kommune, Sogn og Fjordane, se oversiktskart, kartbilag -01. Metodene som er benyttet er optisk televiewer, logging av vannets temperatur og ledningsevne, total gammastråling, måling av fjellets resistivitet og strømningsmåling sammen med pumping.

Brønnen i Folvåg ble boret i forbindelse med NGUs økte forskningsinnsats innen temaet grunnvann i fjell med prosjektet "Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord" (Braathen et al. 1998 og 1999).

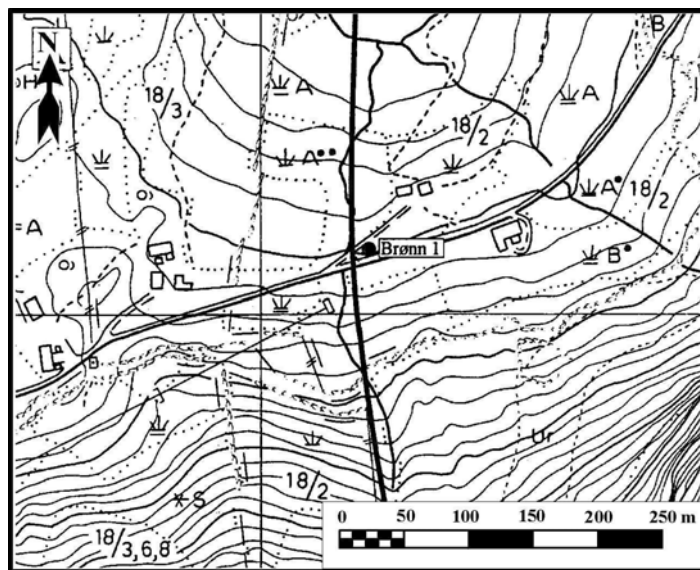
Målingene ble utført i oktober 1999 av Harald Elvebakk og Jan S. Rønning, og i oktober 2000 av Harald Elvebakk. Strømningsmåling og pumping ble utført i september 2002 av Gaute Storrø og Harald Elvebakk.

## 2. UNDERSØKT OMRÅDE

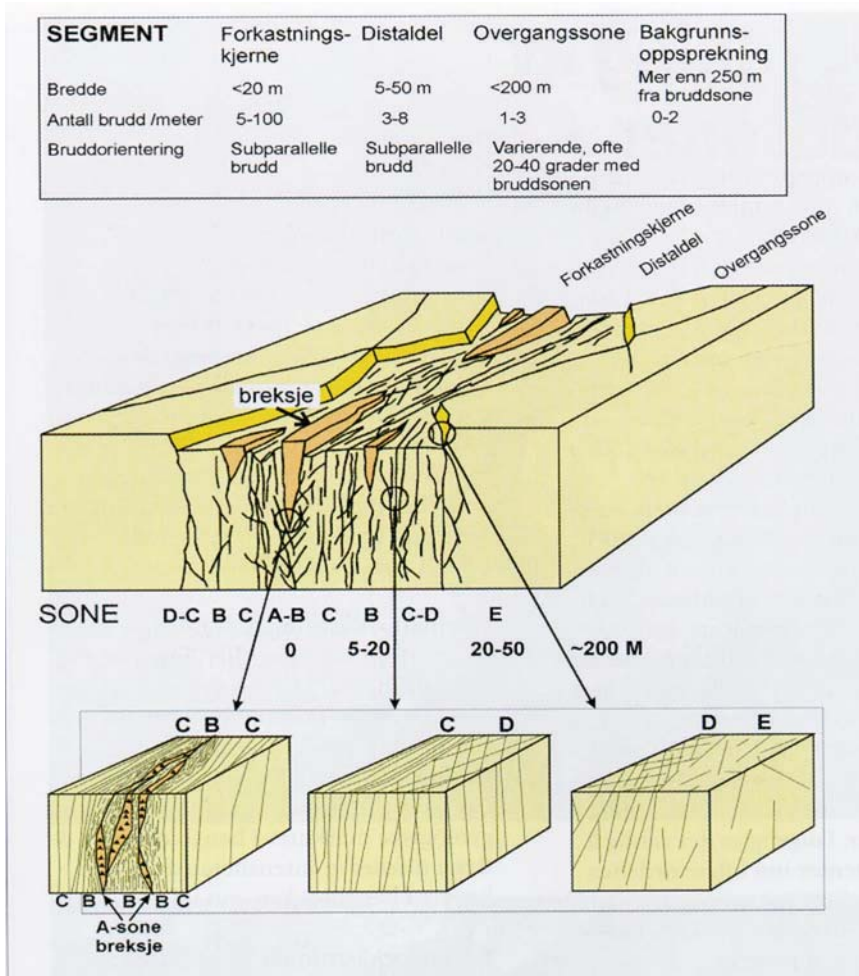
Hovedhensikten med prosjektet "Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord" var å fremskaffe en regional forståelse av deformasjonen langs større post-devonske lineamenter/bruddsoner i krystalline bergarter, og disse lineamenters betydning for vanngiverevnen i borebrønner (Braathen et al. 1998 og 1999).

Brønnen i Folvåg er boret gjennom et >10 km langt 2.ordens lineament som stryker nord-sør, fra Dalsfjorden i sør til Stongfjorden i nord (Braathen et al. 1999). Brønnen ga til dels store vannmengder (2.5 – 5 m<sup>3</sup>/time) og er artesisk. Berggrunnen i Folvåg består av kaledonske dekkbergarter (Andersen et al. 1990), herunder biotittholdig gneis, kvartsitt og meta-arkose. Brønnen er boret i meta-arkose. Det ble gjort OPTV-logging, temperatur-, ledningsevne-, og gammalogg, resistivitet og strømningsmåling med pumping. Figur 1 viser kart med brønnplassering i Folvåg.

Studier av bruddsystemer i Sunnfjord har vist at det er en systematisk fordeling av sprekker rundt regionale lineære strukturer (lineamenter) (Braathen et al. 1998). Figur 2 illustrerer med en modell det generelle bildet av oppsprekkingen rundt en sentral sprekkesone og hvordan sprekken opptrer med økende avstand fra sentralsonen (Braathen & Gabrielsen 2000).



Figur 1. Kart over Folvåg med brønnplassering.



Figur 2. Modell for generell oppbygging av lineamenter i Norges berggrunn (Braathen & Gabrielsen 2000).

### 3. GEOFYSISKE MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

De geofysiske målemetodene (instrumenter) som er benyttet er optisk televiwer (Robertson Geologging), logging av vanntemperatur, vannets elektriske ledningsevne, naturlig gammastråling (Robertson Geologging) og måling av fjellresistivitet i borehull (ABEM SAS LOG og Robertson Geologging). Sikten i vannet var god, og data fra den optiske loggen var av høy kvalitet. Metodebeskrivelse med for alle tre metodene er vist i tekstbilagene 1, 2 og 3. Det er vist eksempler på tolkning med forklaring. I tekstbilag 1 (OPTV) finnes forklaring på tabellene som er vist i databilagene. I tillegg ble det utført strømningsmåling (sonde fra Robertson Geologging) sammen med pumping for å bestemme hvor i hullet vannet strømmet inn.

### 4. RESULTATER

I det følgende blir data og resultater for hver målemetode presentert og diskutert. For optisk televiwer presenteres stereogram og rosedigram som viser indikerte sprekker. Videre presenteres frekvenshistogram som viser beregnet sprekkefrekvens (sprekker/meter) langs hele hullet. Temperatur, ledningsevne, gamma og resistivitet presenteres som logger plottet mot dypet. Resultatene fra strømningsmålingene er presentert som RPM-logg (omdreiningstall på propellen) ved logging opp og ned.

#### 4.1 Optisk televiwer, Folvåg Bh 1

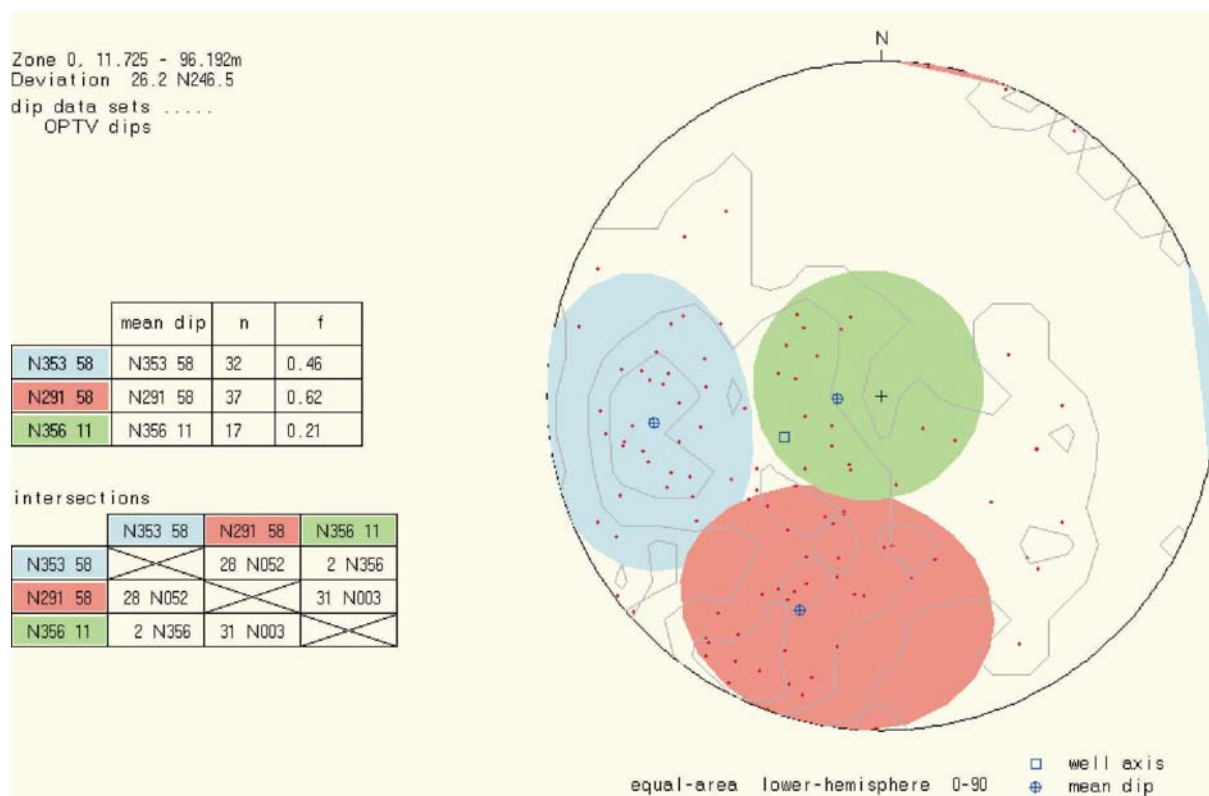
Resultatene fra optisk televiwer er presentert som stereogram av sprekkeorienteringer, frekvenshistogram og bildelogg fra utvalgte deler av borehullene. Data finnes også i tabellform, databilag 1. Temperatur, ledningsevne, gammastråling og resistivitet er vist som borehullslogger, figur 8. Borehullsforløp er beregnet og plottet som vertikal og horisontal-projeksjon, figur 11.

Bildelogg (hele hullets lengde) kan skaffes på CD. Loggen kan kjøres på PC ved å starte programmet OPTV.exe som ligger på CD'en. Utførlig bruksanvisning er vist i tekstbilag 4.

Loggen viser borehullsveggen brettet ut og orientert fra nord til nord. Det er benyttet en oppløsning på 720 pixler, dvs. hele sirkelen rundt borehullet er delt inn i 720 deler. Dette gir en pixelstørrelse på ca 1 x 1 mm. Sprekker og geologiske bånd som skjærer borehullet i en vinkel større enn null vil vises som en sinuskurve.

Data fra de optiske loggene er prosessert med programvare fra Robertson Geologging (Robertson Geologging 2000), for detaljer se tekstbilag 1. Opptaksforholdene var gode, dvs. god sikt i vannet. Digitalisering av observerte sprekker er gjort fra det utbrettede bildet av borehullsveggen. Etter at alle hendelser er digitalisert og plottet i et stereografisk nett, er utvalgte sprekkegrupperinger (hovedretninger) markert med hver sin farge (sirkel) i stereogrammet. Disse fargene og grupperinger går igjen i frekvenshistogrammene. I tillegg presenteres bildelogger av utvalgte deler av borehullet som er representative for de bergarter og strukturer som er tilstede. Eksempler på tolket logg vises også.

#### 4.1.1 Sprekkeanalyse. Stereografisk projeksjon med definerte grupper.



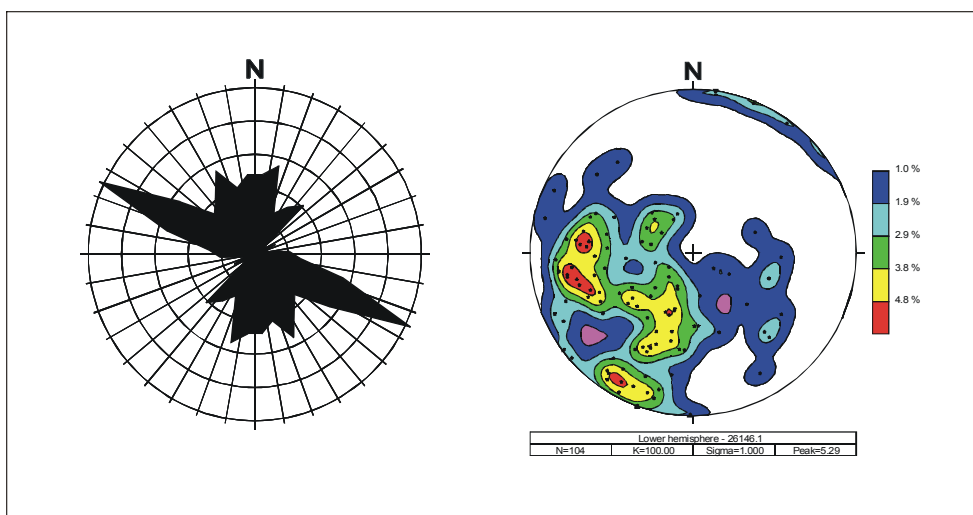
Figur 3. Folvåg Bh 1. Stereografisk projeksjon av pol til indikerte sprekker.

Figur 3 viser stereografisk projeksjon av indikerte sprekker i Bh 1 Folvåg indikert ved OPTV. Sprekkegrupper er definert med fargede sirkler for hvert borehull. Strøkretning og fallvinkel (gjennomsnitt) er beregnet for hver gruppe. Tabellene på figurene viser strøk og fall til hver sprekkegruppe, antall sprekker i hver gruppe (n) og sprekkedefrekvensen (f) for hver gruppe. 19 sprekker er indikert i tillegg til de som omfattes av de definerte gruppene slik at i alt 105 sprekker er indikert.

Nederste tabell i figur 3 viser fallretning og fallvinkel for skjæringslinjen (intersection) mellom middelplanene til to og to definerte grupper. For definisjon av strøk og fallretning se tekstbilag 1.

I Folvåg er det to dominerende sprekkeretninger, N291 og N353, begge med et gjennomsnittlig fall på 58°. En mindre gruppe sprekker med retning N356 har et slakere fall, 11°. N353 og N356 faller sammen med observerte bruddplan på overflaten (Braathen et al. 1998).

Databilag 1 viser data for alle indikerte sprekker. Forklaring på tabellene er gitt i tekstbilag 1. Figur 4 viser rosedigram og stereoplott av alle sprekker indikert ved OPTV.



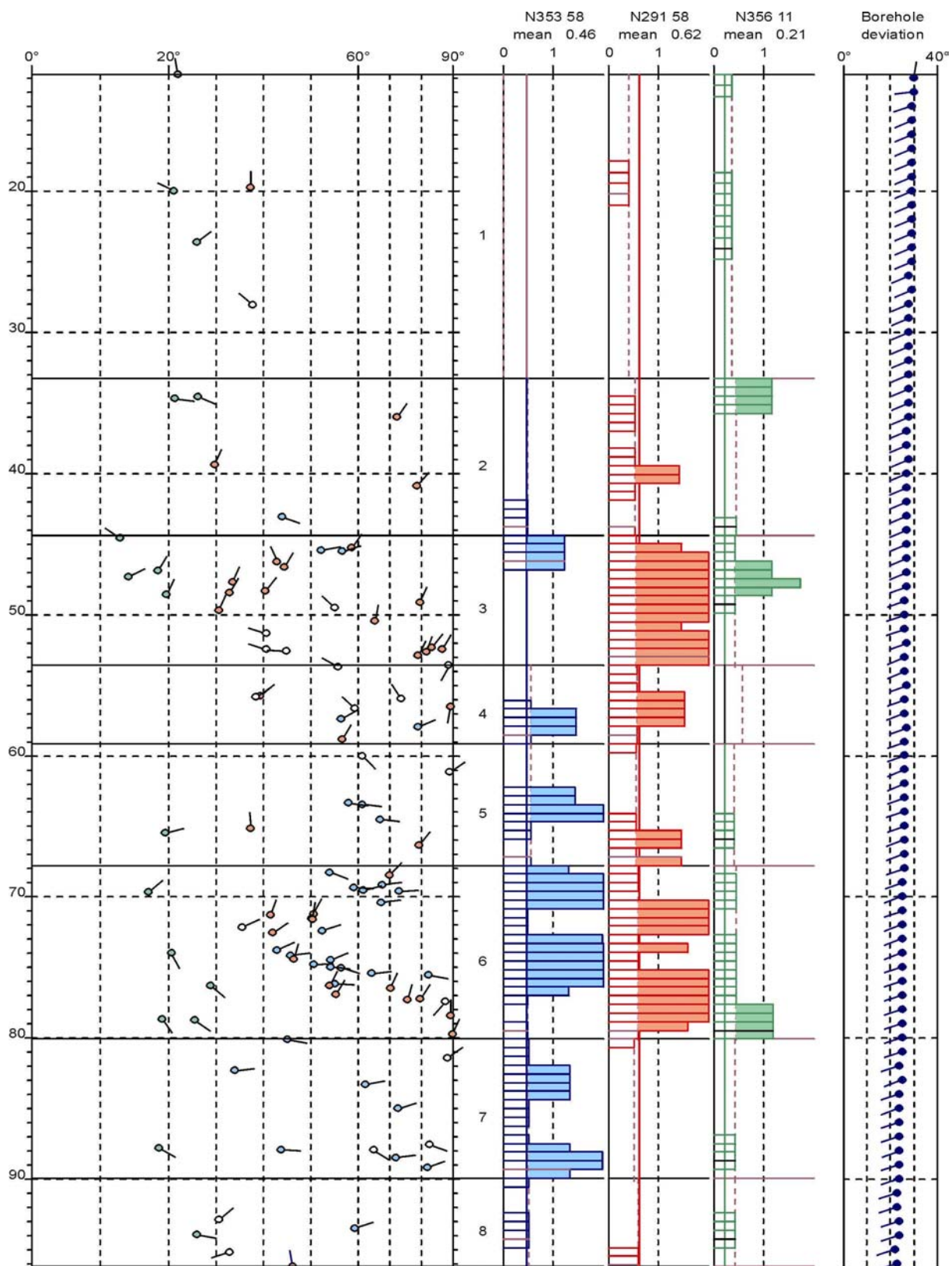
Figur 4. Rosediagram (strøk til sprekker) og stereoplott (pol) av indikerte sprekker Bh 1 Folvåg.

#### 4.1.2 Sprekkeanalyse. Frekvenshistogrammer for definerte soner

Sprekkefrekvensen er presentert som frekvenshistogrammer langs et borehull. Det beregnes en gjennomsnittsfrekvens for hele hullet (antall sprekker pr. meter) og en gjennomsnittsfrekvens for definerte soner av et borehull. Sonene defineres vanligvis der en har en viss ansamling av sprekker. Sonen kan også defineres i et bestemt dyp der en vet at f.eks. en tunnel er planlagt. Se ellers databilag 1.

Figur 5 viser frekvenshistogrammer for Bh 1 Folvåg. Frekvenshistogrammene (rød, blå og grønn) viser beregnet sprekefrekvens i definerte soner av hullet, og viser dermed detaljert hvordan oppsprekkingen er i hullet. Alle sprekker er angitt i "pilplott" der pilens hode angir fallet, mens halen angir fallretning. Nord er opp på arket. Hvert pilhode er fylt med den gruppefarge tilsvarende sprekk tilhører. Piler uten farge er sprekker utenfor noen av de definerte gruppene. Databilag 2 viser sprekkedata for hver av de definerte sonene. Her vises dyp, gjennomsnittlig strøketretning og fallvinkel, antall sprekker i hver sone og gjennomsnittlig sprekefrekvens i sonen for hver definerte gruppe (sirkel). Borehullets fallretning og fallvinkel er også angitt for hver sone. Forklaring til tabellene er gitt i tekstbilag 1. Nedenfor gis en kort beskrivelse av oppsprekkingen i borehullet.





Figur 5. Bh 1 Folvåg, OPTV. Frekvenshistogram over indikerte sprekker.

Pilhodene angir individuelle sprekkers fall mens halen viser fallretning (nord opp). Piler uten farge er sprekker utenfor noen definert gruppe. Heltrukken horisontal inndeling angir definerte sonengrenser (nummerert). Borehullsavviket (høyre kolonne) indikeres med vinkel fra lodd og retning.

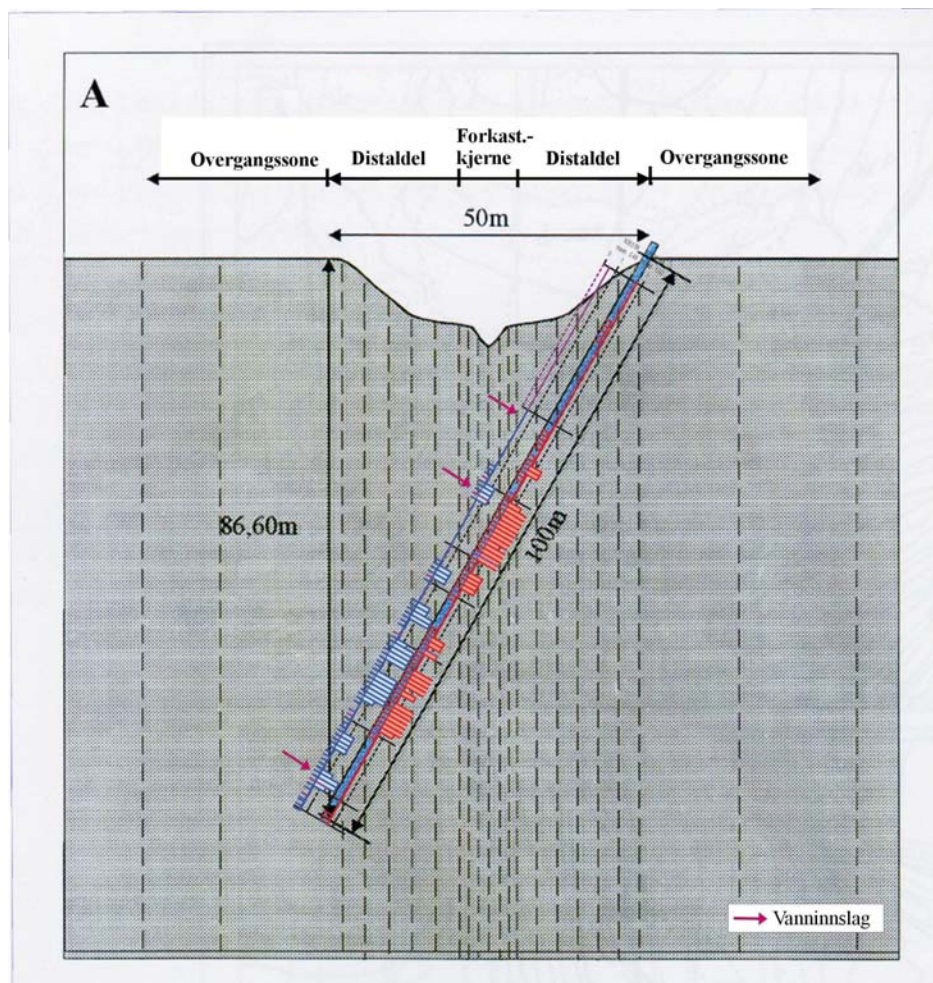


## Bh 1 Folvåg

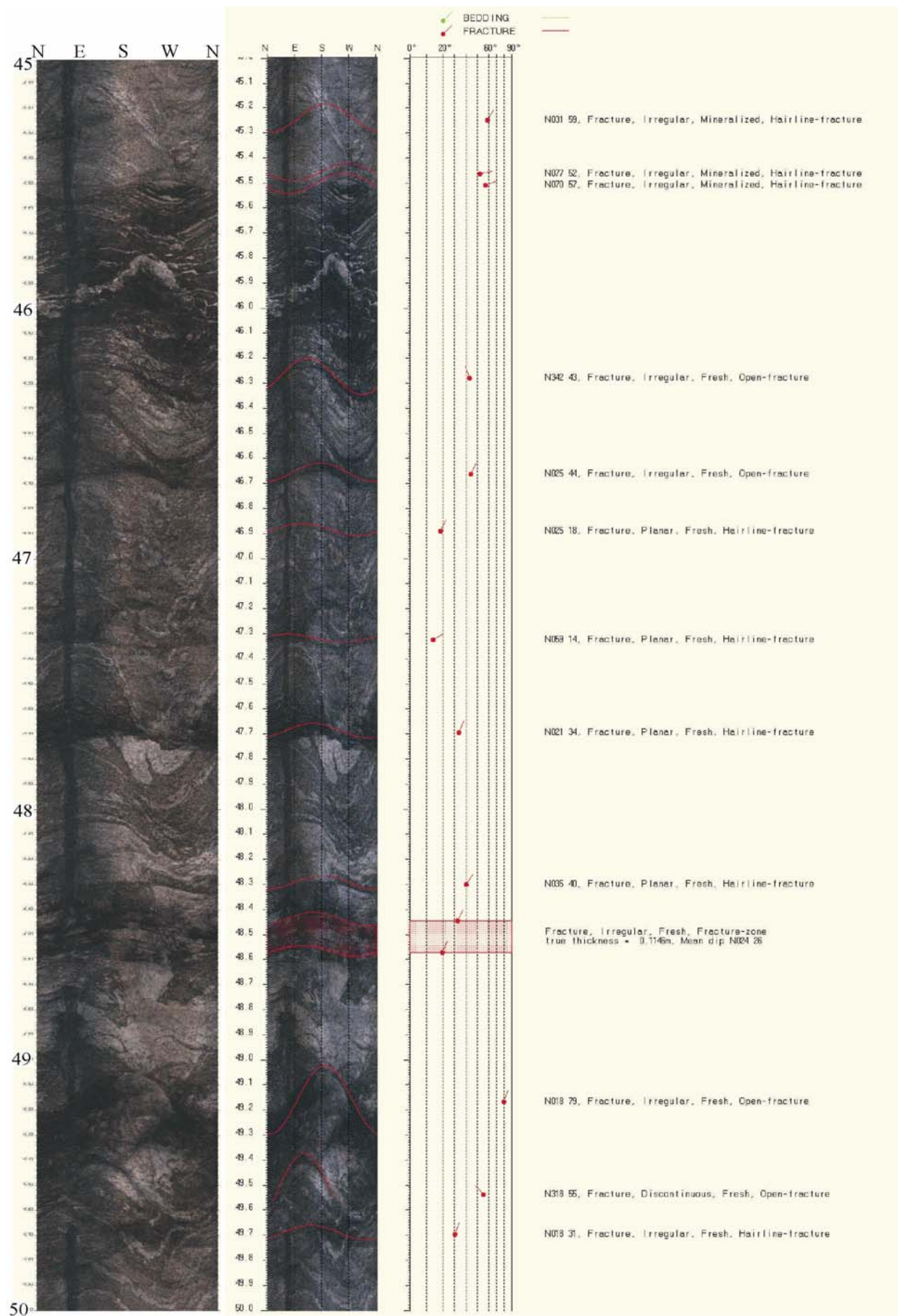
Frekvenshistogram for Bh 1 Folvåg er vist i figur 5 og data for hver definerte sone er vist i databilag 2. Borehullet er lite oppsprukket ned til 45 m. Fra 45 m indikeres sprekker med forskjellig fall og retning (sone 3 databilag 2). I sone 3 (44 – 53 m) er sprekkefrekvensen 1.89 sprekker/meter (N291 58). Borerapporten beskriver fjellet som skiftende løst, sleppesone med kraftig vanninnslag i det samme området (Braathen et al. 1999). Mellom 53 og 68 m er fjellet noe mindre oppsprukket. Fra 68 m øker oppsprekningen og i sone 6 (68 – 80 m) er sprekkefrekvensen 1.58 (N356 58) og 1.66 (N290 61). Fallretning for begge grupper er mot øst og nordøst. Borerapporten beskriver ingen spesielle hendelser i dette området bortsett fra at borsynken er god/jevn.

Figur 6 viser modell av et lineament med de ulike sonene og hvordan sprekke opptrer. Bh 1 Folvåg og frekvenshistogrammer fra OPTV-målingene er plottet inn i modellen. Det er stor oppsprekking i den sentrale sonen og i den marginale sonen på den ene siden (vest) av lineamentet. Det er liten oppsprekking i den marginale sonen på østsiden.

Figur 7 og 8 viser bilde- og sprekkelogg fra Bh 1 Folvåg, 45 - 50 m og 74 – 79 m. Dette er fra de mest oppsprukne deler av borehullet. Mellom 45 og 54 m er det i følge borerapporten registrert kraftig vanninnslag. En ser på bildeloggen, figur 7 og på CD, at fjellet er dårlig i dette området selv om en ikke ser så mange enkeltsprekker som kan digitaliseres. Mellom 74 og 79 m, figur 8, ser en mange enkeltsprekker. Det er i dette området sprekkefrekvensen er størst.

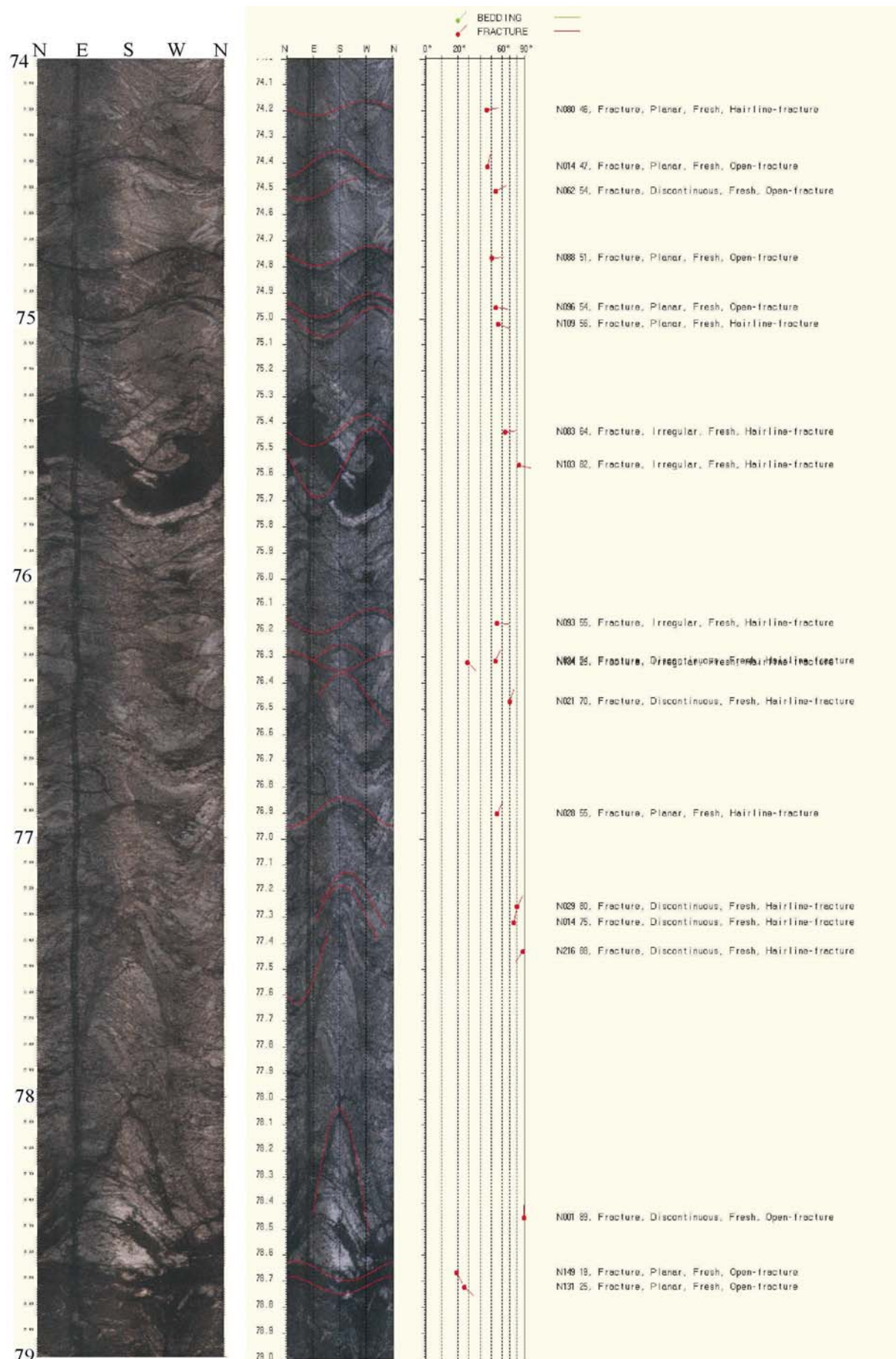


Figur 6. Modell av lineament og Bh 1 Folvåg med frekvenshistogrammer inntegnet.



Figur 7. Bh 1 Folvåg. Bilde- og sprekkelogg mellom 45 og 50 m.





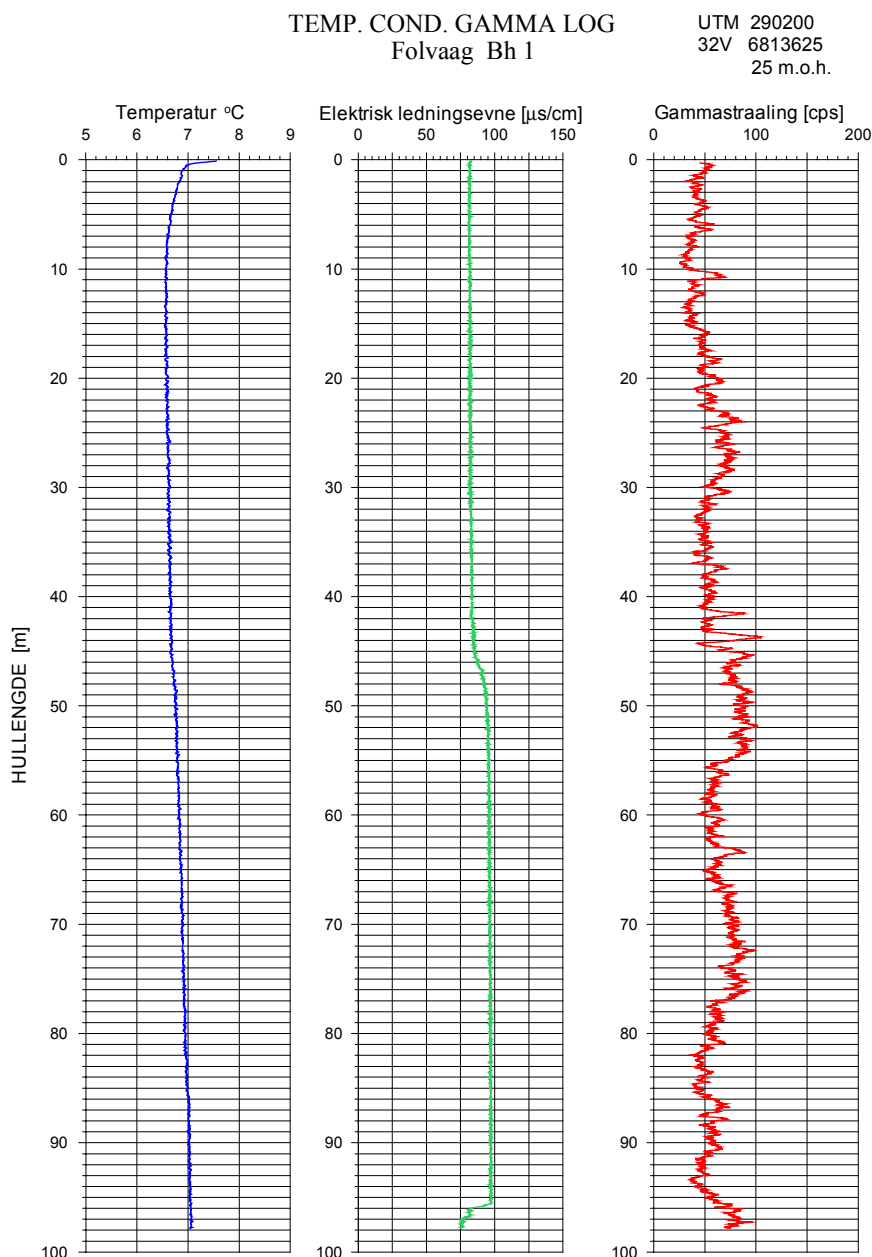
Figur 8. Bh 1 Folvåg. Bilde- og sprekkelogg mellom 74 og 79 m.

## 4.2 Temperatur, ledningsevne og naturlig gammastråling.

### Bh 1 Folvåg

Figur 9 viser temperatur, ledningsevne og naturlig gamma i Bh 1, Folvåg. Temperaturen øker jevnt nedover hullet. En meget svak økning kan observeres ved ca 46-47 m. Ledningsevnen øker tydelig på samme sted. Det er observert sprekker fra ca 44 m, men ingen med tydelig åpning. På bildeloggen, figur 7, ser imidlertid fjellet dårlig ut og ikke alle sprekker lar seg digitalisere. I følge borerapporten ble det observert kraftig vanninnslag mellom 45 og 54 m. Dette kan stemme med økningen i ledningsevnen og observert dårlig fjell på OPTV-loggen.

Gammastrålingen er lav, 50 – 60 cps (counts per second). Variasjonene som observeres skyldes geologien og variasjon i kaliuminnhold.

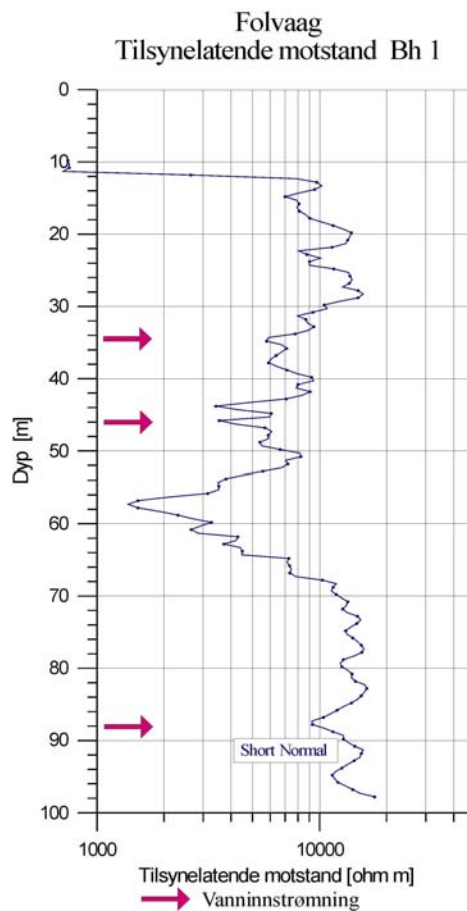


Figur 9. Bh 1 Folvåg. Temperatur, elektrisk ledningsevne og naturlig gamma.

### 4.3 Resistivitet

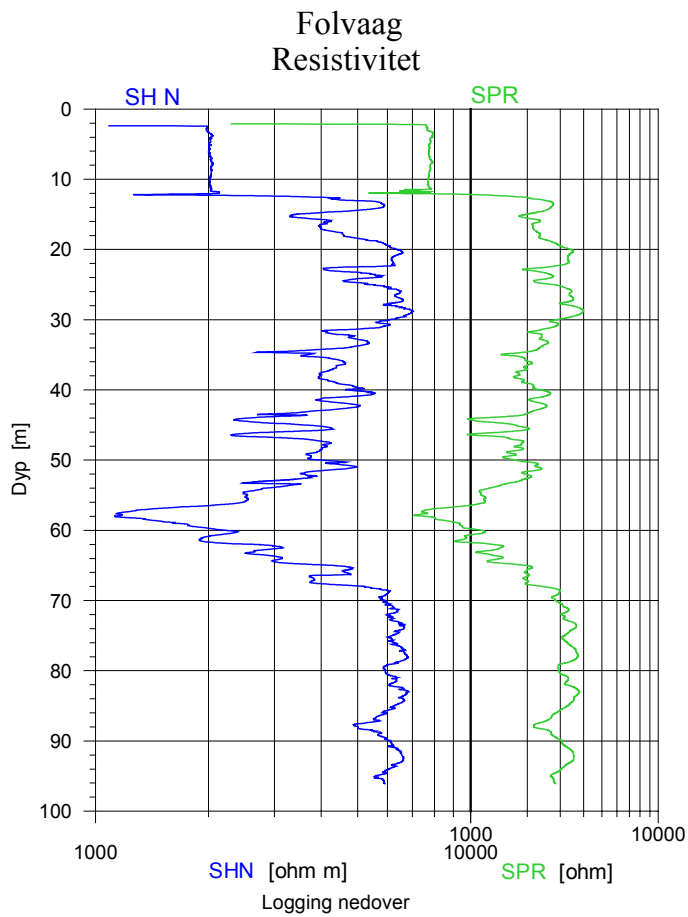
Resistivitet i borehull ble målt med to forskjellige utrustninger, ABEM SAS LOG og Robertson Geologging. Måleprinsippet er det samme for begge (se tekstbilag 3)

I Folvåg ble det med SAS LOG bare målt SN (Short Normal), se figur 10. Den tilsynelatende motstanden i fjellet er høy i øvre og nedre del av hullet, 8000-15000 ohmm. En bred, tydelig lavmotstandssone indikeres mellom 50 og 65 m. Laveste verdi er målt ved 57 m. Dette antas å være forkastningskjernen i modellen (Braathen et al. 1999). Største vanninnslag er registrert mellom 44 og 54 m, noe utenfor kjernen som ofte kan være tett. Figur 12 viser bildelogg fra 56 – 58 m i det området laveste motstand er registrert (ved 57 m). Fjellkvaliteten ser svært dårlig ut ved dette dyp (forkastningskjernen).

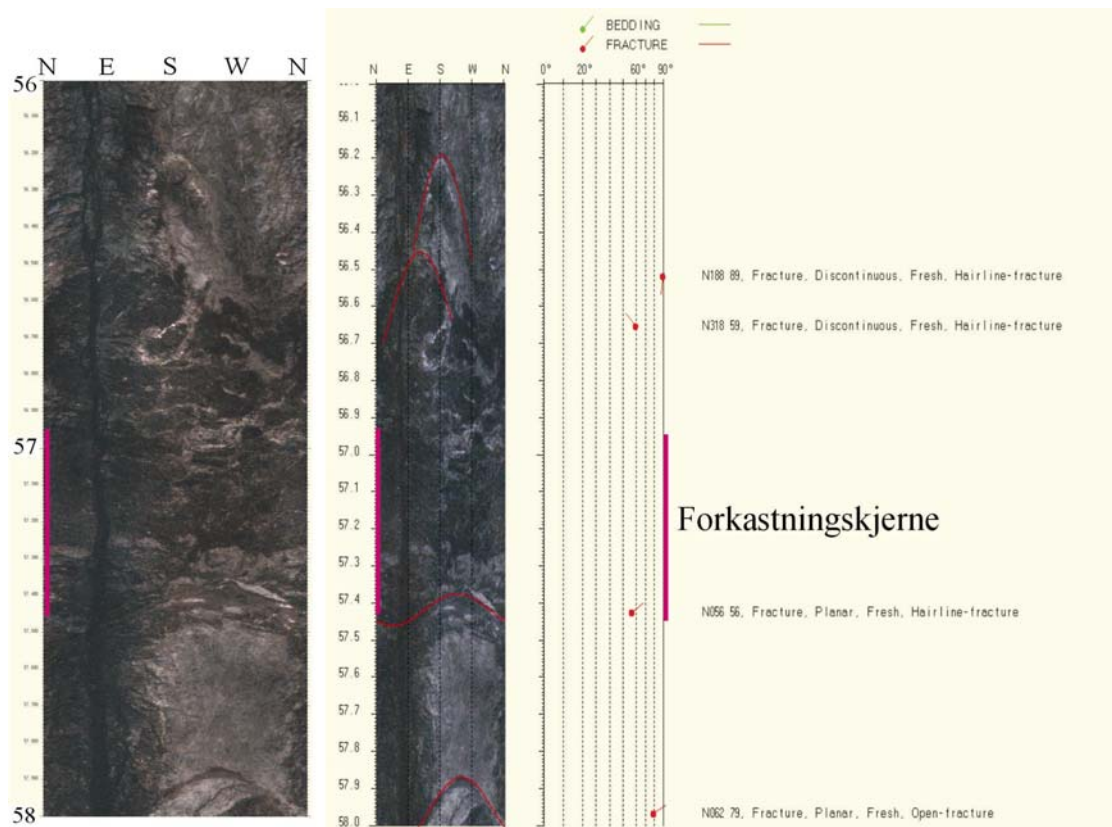


Figur 10. Bh 1 Folvåg. Resistivitet i fjell målt med ABEM SAS LOG.

Figur 11 viser resistivitetslogg målt med sonde fra Robertson Geologging. Her det målt med SN (Short Normal). I tillegg til SN er det målt SPR (Single Point Resistivity). Dette er en punktmåling der det måles hvor mye strøm som går ut fra strømelektroden på sonden i borehullet. Ved å dividere spenningen på denne strømstyrken får en motstand (ohm) som er et mål for overgangs- motstanden mellom strømelektroden og borehullsveggen. SPR vil variere i takt med SN. Resultatene viser samme motstandsforhold som ved SAS LOG, se kommentarer ovenfor. Det er noe nivåforskjell i områder med høy tilsynelatende motstand.



*Figur 11. Bh 1 Folvåg. Resistivitet i fjell målt med Robertson Geologging sonde.*



*Figur 12. Bh 1, Folvåg. Bildelogg 56-58 m. Lav tilsynelatende motstand ved 57 m.*



#### 4.4 Strømningsmåling med pumping.

Fra tidligere undersøkelser (Braathen et al. 1999) er det kjent at brønnen i Folvåg ga store mengder vann ( $2.5 - 5 \text{ m}^3/\text{time}$ ). Også under boring ble det registrert store vannmengder nær senteret til sprekkesonen.

I forbindelse med forundersøkelser for tunneler er det viktig å vite hvor eventuell stor vanninntrengning kan forekomme i tunnelen. Med strømningsmåling i borehull kan en bestemme hvor i hullet vannet strømmer inn. Måling må skje samtidig med pumping. Strømningsmåling kan utføres ved at sonden senkes eller heves med konstant hastighet i borehullet. Sonden som består av en veldig følsom propell (roterer i begge retninger), vil begynne å rotere når vann strømmer forbi. Det som registreres er omdreiningstallet (rpm) og dette er et mål for vannets strømningshastighet. Ved logging opp eller ned vil propellen rotere pga. sondens hastighet. Strømning i hullet vil da påvirke omdreiningstallet positivt eller negativt alt etter om det logges nedover eller oppover. Pumpa bør plasseres over sonden så langt opp i hullet som mulig. Vann fra eventuelle sprekker vil da strømme oppover i hullet.

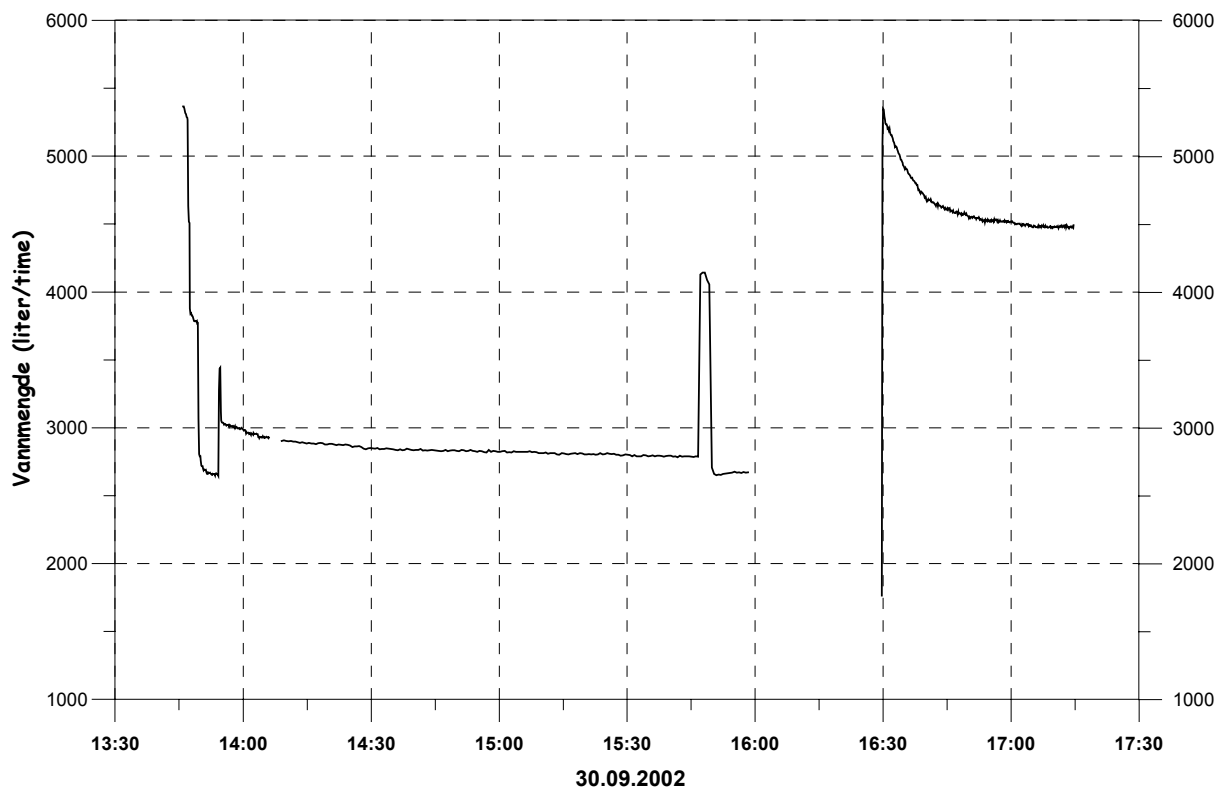
Bh 1 Folvåg ble målt med loggehastigheter  $5 \text{ m/min}$  og  $7 \text{ m/min}$ , nedover og oppover. Pumpa ble plassert  $15 \text{ m}$  ned i brønnen og pumperate var  $2.7 \text{ m}^3/\text{time}$ . Det er viktig med en konstant pumperate for å sammenlignbare data for hele hullet. Figur 13 viser pumpedata, pumpet vannmengde som funksjon av tid. RPM-data ble beheftet med en del støy, spesielt øverst i hullet ved logging nedover. Dette skyldes at det var vanskelig å holde konstant loggehastighet. Med  $60^\circ$  fall på hullet skled sonden noe rykkvis nedover hullet. Dette påvirker rpm-tallet som skyldes loggehastigheten. Ved skråhull er det en fare for at sonden ikke blir helt sentrert i hullet og at sonden ikke ligger helt stabilt da den har bare ett sett sentraliseringsfjærer. Slike variasjoner vil påvirke omdreiningstallet da strømningshastigheten varierer fra maksimum sentralt i hullet til null ute ved borehullsveggen (hastighetsprofil for laminær rørstrøm).

Figur 14 viser resultatet fra strømningsmålingene med loggehastighet  $5$  og  $7 \text{ m/min}$  og pumperate  $2.7 \text{ m}^3/\text{time}$ . Negativt omdreiningstall er definert som strøm oppover i hullet. Omdreiningstallet vil være størst øverst i hullet dersom en antar at vann strømmer inn under pumpa og sonden. En ser av figur 13 at omdreiningstallet er størst for loggehastighet  $7 \text{ m/min}$ , men når en tar differansen mellom opp og ned blir netto rpm noenlunde lik. Netto rpm viser da reell strømning i hullet, dvs. bidraget fra loggehastigheten er fjernet. Endringer i netto rpm indikerer soner med vanninnstrømning.

Kurven for netto rpm på figur 14 viser tydelig endringer i omdreiningstallet ved  $34 \text{ m}$ ,  $45\text{-}50 \text{ m}$  og ved  $88 \text{ m}$ . Endringen er størst mellom  $45$  og  $50 \text{ m}$  hvilket betyr at den største vannmengden kommer inn her. Dette er like utenfor den sentrale delen, i marginen til senteret av sonen. OPTV-loggen, figur 7, viser flere åpne sprekker i dette området. Endringene i rpm ved  $34$  og  $88 \text{ m}$  ser ut til å være forårsaket av enkeltsprekker. Disse kan observeres på OPTV-loggen, se figur 16. Det kraftige utslaget ved  $49 \text{ m}$  er støy (sonden stoppet).

Figur 15 viser kurvene for netto rpm ved loggehastighet  $5$  og  $7 \text{ m/min}$ . Her er gjennomsnittlig rpm beregnet over og under innstrømningspunktene. Hvis en antar at all strømning i hullet over  $30 \text{ m}$  utgjør den totale strømning i hullet, dvs  $100 \%$ , kan en beregne hvor stor prosentandel som kommer fra de forskjellige sonene. En forutsetter her at det er lineær sammenheng mellom omdreiningstall og strømningsrate. Resultatene er presentert i tabell 1.

Follevåg i Askvoll kommune - vannmengde under strømningsmålinger.

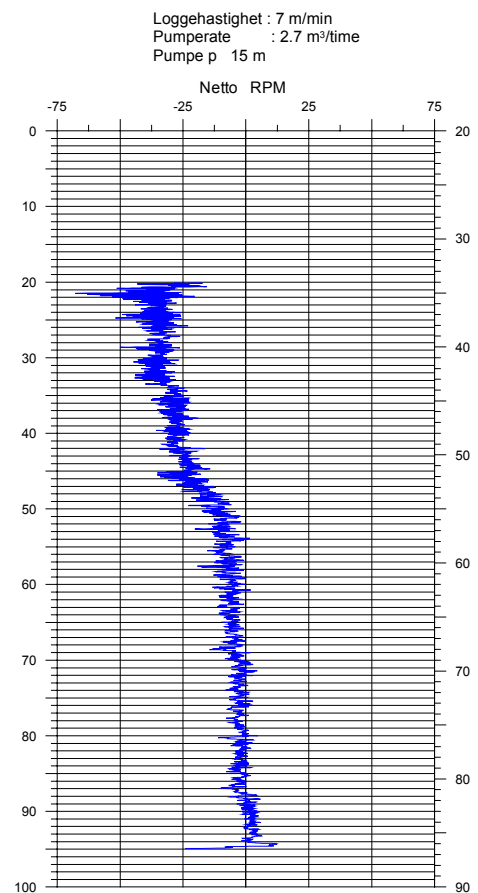
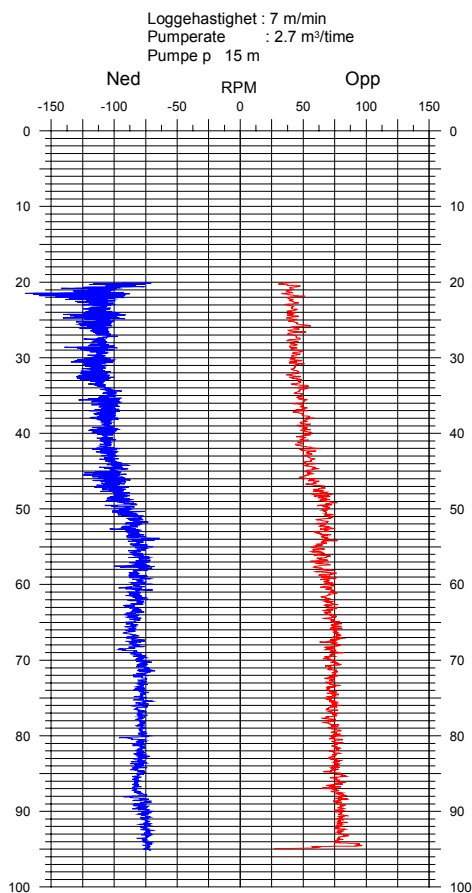
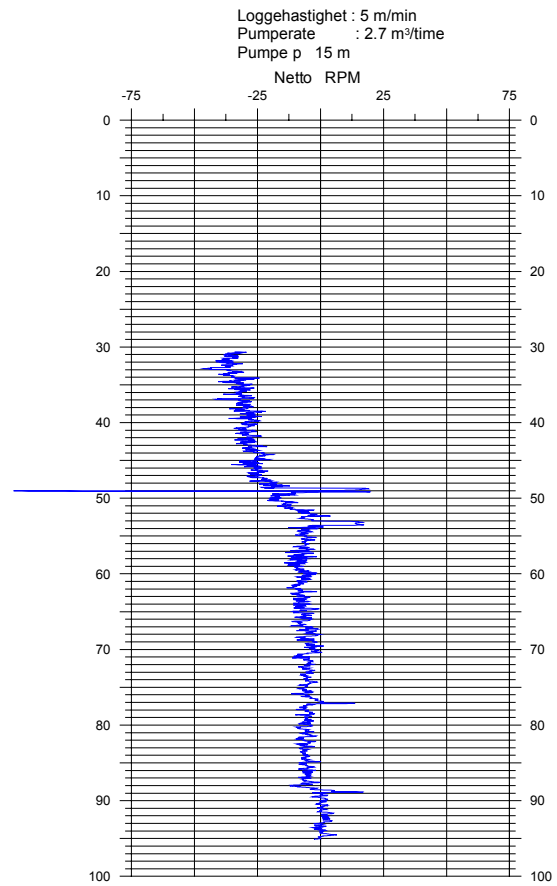
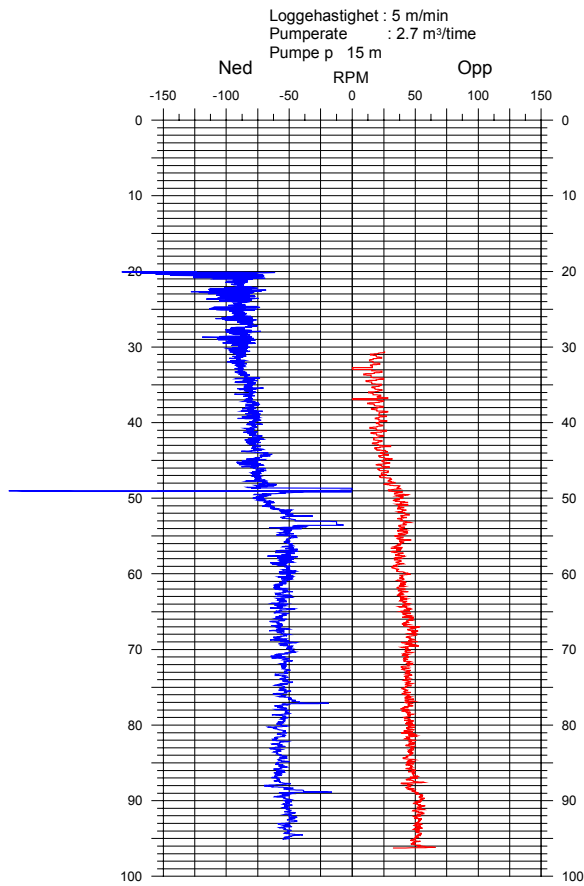


Figur 13. Bh1 Folvåg. Pumperate som funksjon av tid.

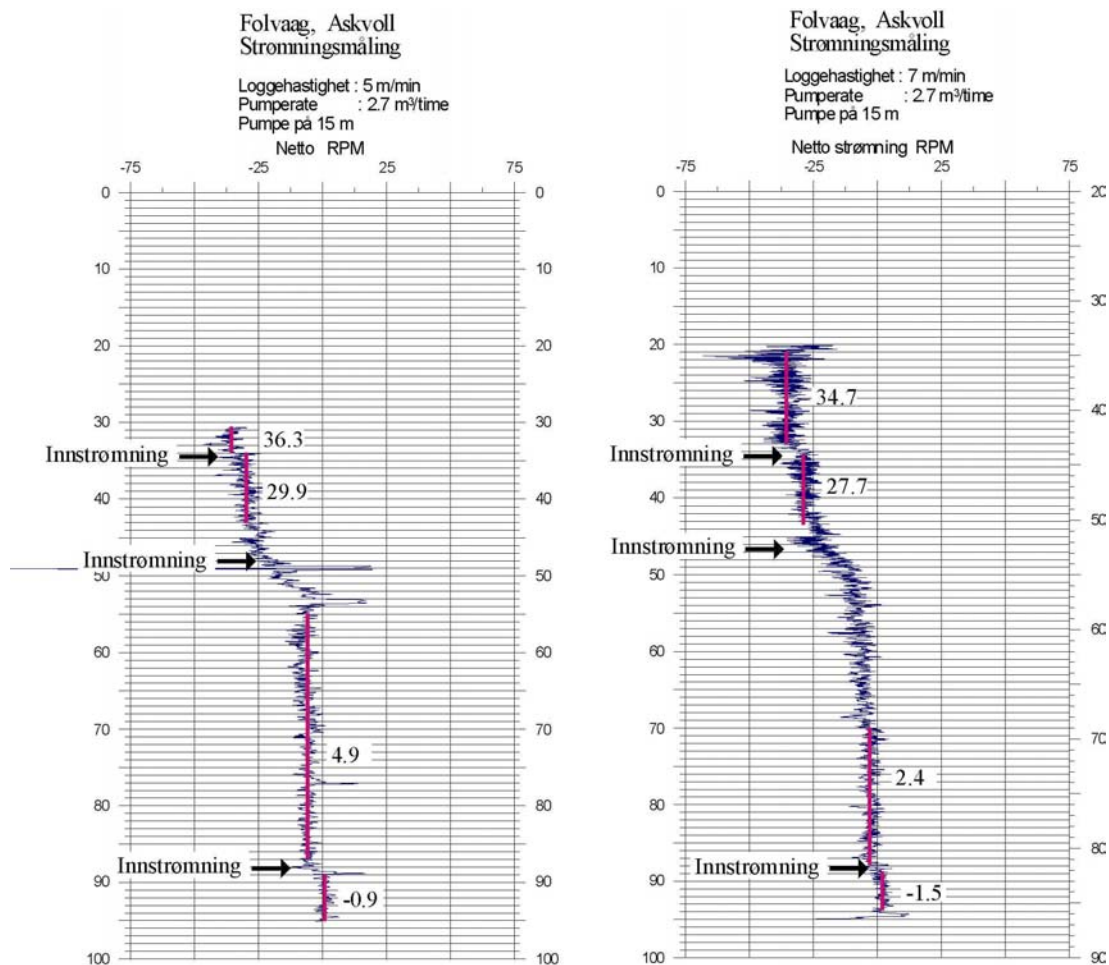
Sprekkesone	% innstrømning 5 m/min	% innstrømning 7 m/min	Gjennomsnitt Innstrømning
34 m	17.3	19.4	18.3
45 – 50 m	67.2	69.9	68.6
88 m	15.5	10.7	13.1

Tabell 1. Prosentvis fordeling av vanninnstrømning i Bh 1 Folvåg.

Selv om målingene er beheftet med en del støy, som nevnt foran, viser resultatene i tabell 1 tydelig hvor mesteparten av vannet strømmer inn i borehullet. Området 45 – 50 m ligger rett utenfor den sentrale delen (forkastningskjernen) av lineamentet det er boret gjennom, og 68.6 % av vannet kommer fra denne delen av borehullet. OPTV-loggen viser sterk oppsprekking i dette området, se figur 7. Under boringen ble det rapportert om kraftig vanninnslag i det samme området. I tillegg ble det indikert lite vanninnslag ved ca 30 m og ved 60 – 65 m. Strømningsmålingene indikerte ikke vanninnslag ved 60 – 65 m, men ved 34 (18.3%) og 88 m (13.1%). Det nederste vanninnslaget ligger på grensen mellom den distale sonen og overgangssonen i lineamentsmodellen. Figur 16 viser bildelogg fra 33 – 36 m og 86 – 89 med angivelse av sprekke som indikerer vanninnslag på strømningsmålingene.



Figur 14. Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling ned og opp med loggehastighet 5 og 7 m/min.

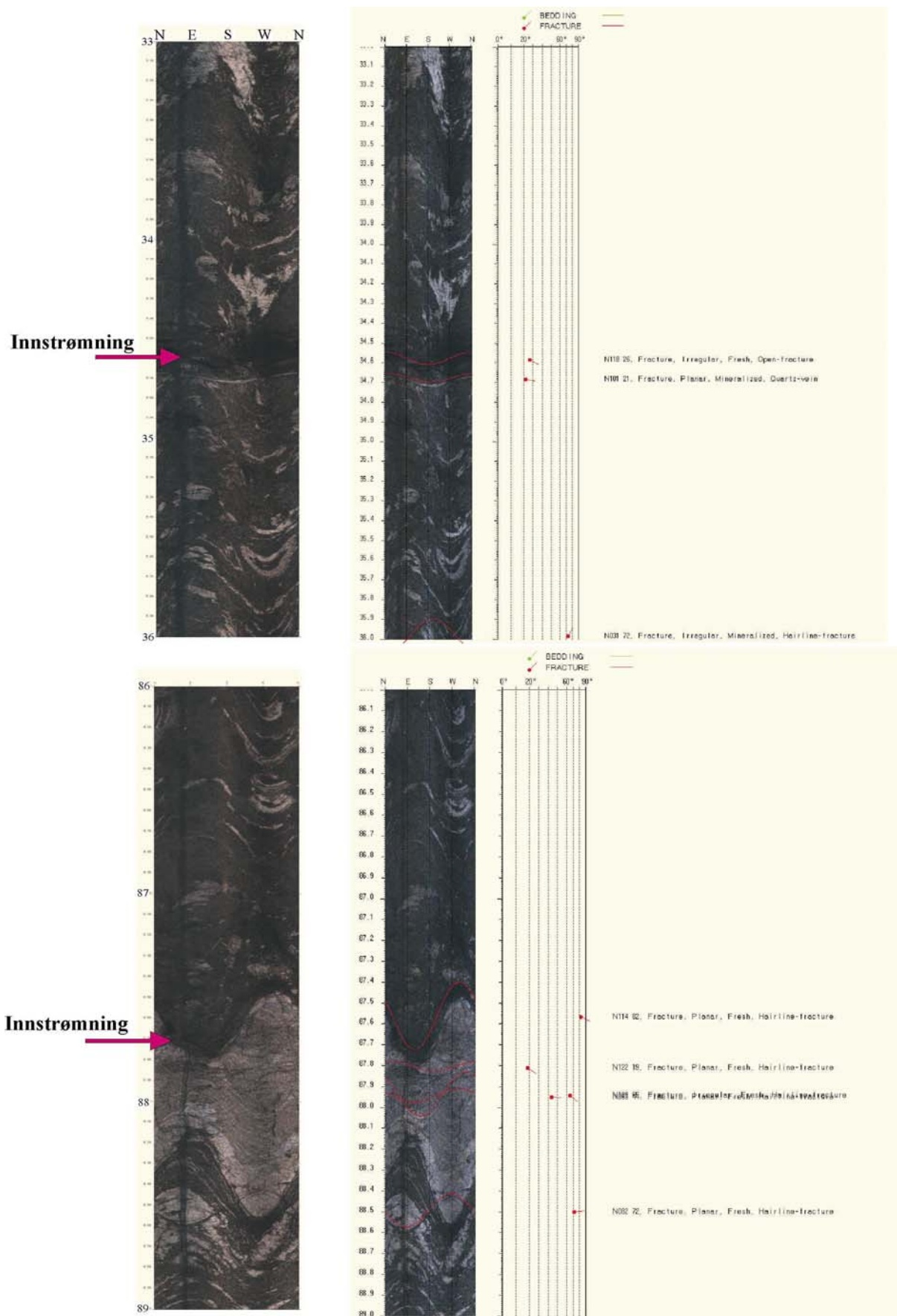


Figur 15. Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling, netto omdreiningstall med indikert vanninnstrømning.

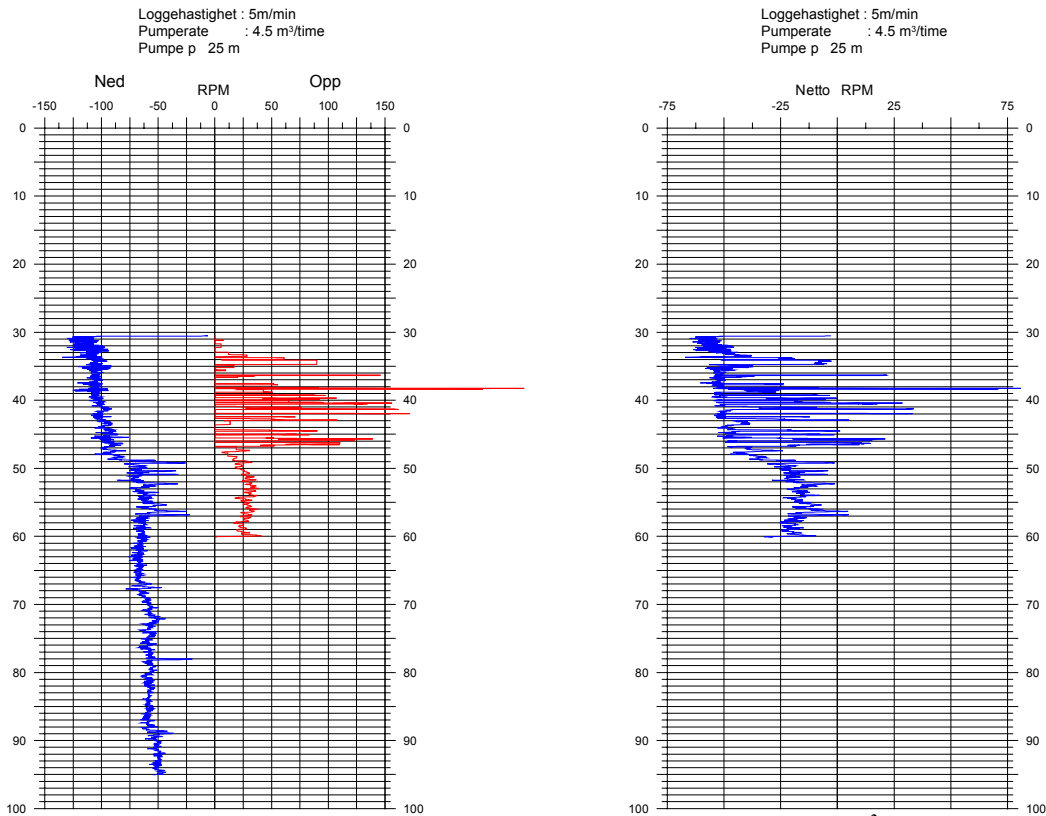
Deler av brønnen i Folvåg ble også logget med en pumperate på 4.5 m<sup>3</sup>/time. Dette ble gjort for å undersøke om høyere pumperate kunne si mer om den sentrale sonen. Pumpa ble da senket til 25 m. Figur 17 viser resultatene fra disse målingene. Det ble logget nedover fra 30 – 95 m og oppover fra 60 – 30 m. Ved logging nedover er det mye støy på målingene fra 50 - 57 m, dvs like utenfor (over) den sentrale del av sprekkesonen. Logging oppover viser spesielt mye støy over ca 47 m, altså like over sonen med størst vanninnslag. Logging oppover ble gjentatt med samme resultat. Det som måles er derfor reelt og kan skyldes sterk turbulens i og over sonen.

Strømningsmåling kan også utføres som stasjonære målinger, der rpm blir logget på bestemte steder i en brønn, f.eks over og under en sone. En logger da et bestemt tidsintervall, f.eks 1 min. Dette ble gjort i Bh 1 Folvåg med pumperate 4.5 m<sup>3</sup>/time. Sonden ble plassert ved 33 m, 40 m, 45 m og 50 m. Resultatene er vist i figur 18. Gjennomsnittlig rpm er regnet ut for hver logg. Ut fra dette kan en regne ut prosentvis strømning mellom de steder det er logget. Ved 33 m er rpm –36.8 mens den ved 50 m er tilnærmet 0 (-0.28). Dette er noe rart da en ville forventet strømning fra sonen på 88 m. På grunn av høy pumperate med avsenkning av vannivået, ble det ikke gjort mer detaljerte målinger. Ved å ta differansen mellom verdiene i figur 18 får en følgende fordeling :

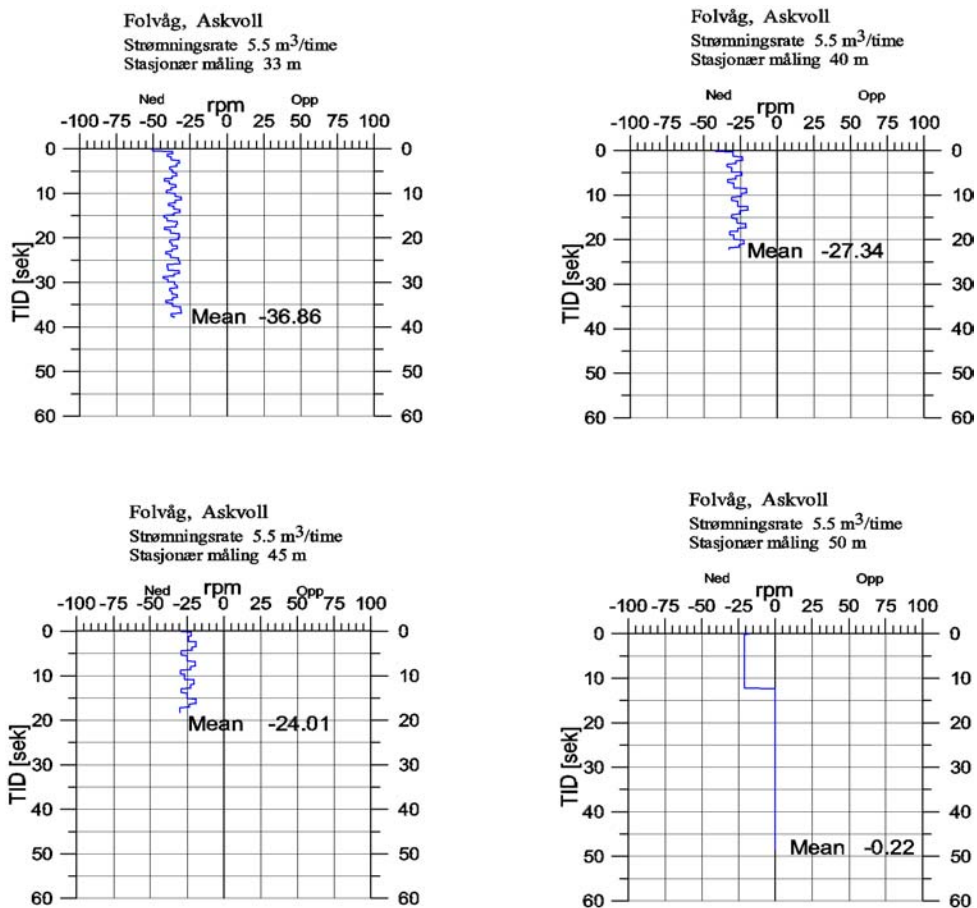
33 – 40 m : 25.8%                      40 –45 m : 9.0%                      under 45 m : 65.1 %



Figur 16. Bh1 Folvåg. Bildelogg 33-36m og 86-89m med sprekker som indikerer vanninnslag.



Figur 17. Bh 1 Folvåg. Strømningsmåling med pumperate 4.5 m<sup>3</sup>/time. Logge hastighet 5 m/min.



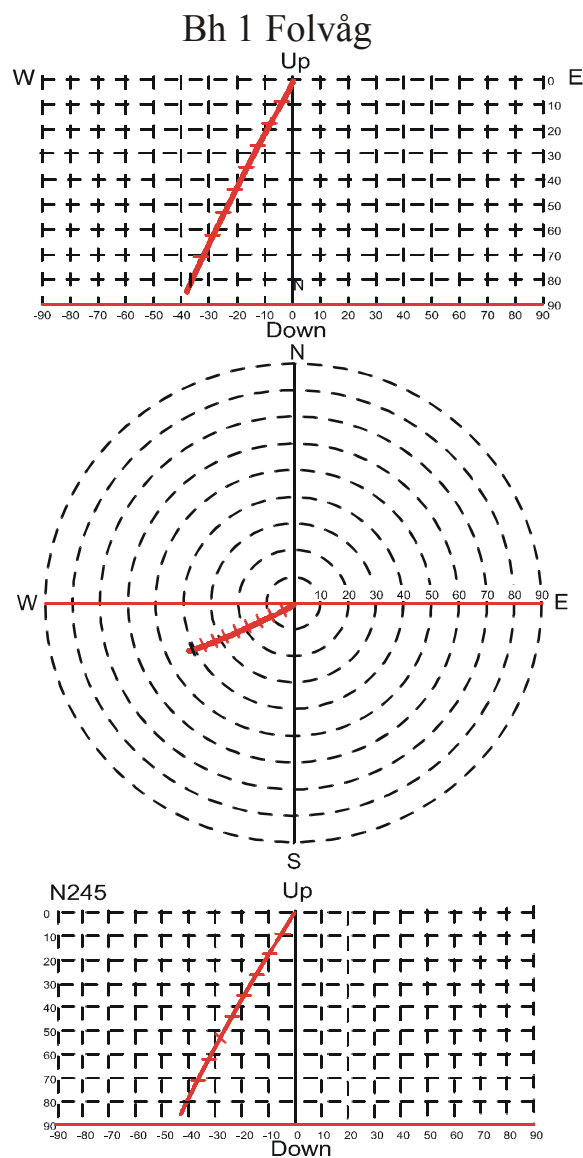
Figur 18. Bh 1 Folvåg. Stasjonære strømningsmålinger med pumperate 4.5 m<sup>3</sup>/time.



## 4.5 Avviksmåling

Avviksmåling blir gjort kontinuerlig med OPTV-sonden. Ettersom magnetometre brukes til å bestemme retningen til hullbanen vil unøyaktigheter oppstå med magnetisk materiale i borehullet, for eksempel foringsrør eller magnetittholdige bergarter. Vanligvis ser en dette som brå endringer i retningen over kort avstand.

Figur 19 viser borehullsforløpet til Bh 1, Folvåg. Her vises vertikal-projeksjon, øst – vest, langs borehullsretning og horisontalprojeksjon. Databilag 3 viser tabeller over borehullsforløpet, dyp (langs borehullet), vertikalt dyp, nord- og østkomponent og retning- og fallvinkel (målt fra lodd).



Figur 19. Borehullsforløp Bh 1 Folvåg. Øst-vest projeksjon (øverst), horisontalprojeksjon (midten) og langs borehullsretning (nederst).

Bh 1 Folvåg er satt på med  $61^\circ$  fall. Hullvinkelen øker litt hele vegen og er i bunnen av hullet  $67^\circ$ . Se databilag 3 for detaljer i borehullsforløpet.

## 5. DISKUSJON

Hovedhensikten med de geofysiske undersøkelsene som er beskrevet i denne rapporten var utprøving av metodikk for borehullslogging i den hensikt å kartlegge fjellkvalitet med hensyn til oppsprekking og vanninntrengning. Tidligere er utprøving av optisk og akustisk televiwer utført og rapportert. Resultatet ble at optisk televiwer var å foretrekke til de formål den var tenkt for. Utprøvingen er beskrevet i NGU rapport 2001.011 (Elvebakk & Rønning 2001) og blir ikke nærmere diskutert her. Sammenhengen mellom de forskjellige metodene blir kommentert og diskutert i det følgende.

Resultatene fra optisk televiwer i Bh 1, Folvåg viser at over halvparten av de indikerte sprekke har strøkretning tilnærmet N-S og danner liten vinkel lineamentet som det er boret gjennom. En annen sprekkegruppe har orientering VNV-ØSØ. Ved å tilordne oppsprekkingen til den generelle lineamentsmodellen ser en noe avvik fra denne, se figur 6. Fjellet er svært lite oppsprukket over 40 m i Bh 1. Dette blir på østsiden av lineamentets sentrale sone. Sprekkefrekvensen over 44 m varierer fra 0.06 – 0.35 sprekker pr. meter (databilag 2). I sentralsonen er gjennomsnittlig sprekkefrekvens 1.89 og stedvis over 2 sprekker pr. meter. Under den sentrale sonen i borehullet, dvs. på vestsiden, er fjellet også sterkt oppsprukket. Mellom 68 og 80 m er gjennomsnittlig sprekkefrekvens 1.5 – 1.6 sprekker pr. meter, se databilag 2 og figur 6. Resistivitetsloggen viser lavest motstand ved 57 m som er tolket til å være midt i forkastningskjernen. Største vanninnslag er mellom 45 og 50 m, dvs. like utenfor (over) forkastningskjernen på grensen mot den distale sonen. Forkastningskjernen kan være tett (lite permeabel) da den ofte inneholder leirmineraler. Kartlegging av bruddfrekvenser i dagen fra flere lineamenter i regionen viser i gjennomsnitt en jevn fordeling på begge sider (Braathen et al. 1999). Oppsprekkingen mellom 68 og 80 m er av en litt annen karakter enn i den sentrale sonen. Figur 8 viser bildelogg fra denne delen av borehullet og viser tydelige enkeltsprekker i ellers massivt fjell. Ingen av sprekke syns å være åpne.

I Bh 1 Folvåg viser ledningsevnen i vannet en tydelig økning fra ca 45 m. Resistivitetsloggen viser en tydelig nedgang i samme område og det er rapportert om vanninnslag fra ca 45 m. Sprekkefrekvensen øker fra samme dyp slik at alle metoder gir sammenfallende informasjon om oppsprekking og vanninnstrømning. Dette passer godt inn i lineamentsmodellen hvor en vil forvente vanninnslag like utenfor den sentrale forkastningskjernen som indikeres ved ca 57 m. Den tydeligste resistivitetsanomalien opptrer ved ca 57 m og resistiviteten er så lav (1400 – 1500 ohmm) at det trolig er leire i sonen. Det er ingen indikasjoner på vanninnslag ved dette dypet, men ifølge den optiske loggen er fjellet oppsprukket og av dårlig kvalitet, men forkastningsbergarter (leirmineraler) gjør sonen lite permeabel. Resistivitetmålingene er utført med to forskjellige instrumenter og begge viser samme resultat.

Strømningsmålinger i kombinasjon med pumping har vist hvor vannet strømmer inn i borehullet. Indikasjonene fra strømningsmålingene bekreftes av den optiske loggen som viser åpne sprekker i de samme områdene. Strømningsmålingene er beheftet med noe støy. Dette kan skyldes ujevn loggehastighet og ustabil sonde. Problemet synes å være større i skråhull enn i loddhull. Sonden glir ikke så lett ned og det kan være vanskelig å holde sonden sentrert i hullet.

## 6. KONKLUSJON

I forbindelse med forprosjektet til "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler", Tunnelprosjektet, har NGU testet ut forskjellige metoder for borehullslogging. I denne rapporten er det beskrevet resultater med optisk televiewer, temperatur-, ledningsevne- og gammalogg, fjellresistivitet og strømningsmålinger kombinert med pumping. Undersøkelsene er gjort i en 98 m dyp brønn i Folvåg, Askvoll kommune, Sogn og Fjordane. Brønnen er boret gjennom et lineament/bruddsone og ble opprinnelig boret for å kartlegge vanngiverevnen i fjellbrønner i forbindelse med slike strukturer. De geofysiske undersøkelsene hadde som hensikt å kartlegge bergartene, spesielt med hensyn på oppsprekking og vanngiverevne. For alle indikerte sprekker er sprekkeplanets strøkretning, fallretning og fallvinkel beregnet. I denne rapporten gjøres det forsøk på å relatere vanninnslag til ulike deler av en bruddsonemodell publisert av NGU i samarbeid med Universitetet i Bergen.

Bh 1, Folvåg er boret gjennom en markert sprekkesone (lineament). Brønnen ga store mengder vann og er artesisk. Logging med optisk televiewer viste oppsprekning og dårlig fjell sentralt i sonen og på vestsiden av sonen (distale del). De fleste sprekkeplanene er tilnærmet parallelle lineamentets retning. Ledningsevne- og resistivitetmålingene indikerer vanninnstrømning fra den distale delen av sprekkesonen. Senteret av sonen (forkastningskjernen) vises klart på resistivitetmålingene. Strømningsmålingene i kombinasjon med pumping indikerte at mesteparten av vannet, ca 70 %, kommer fra distaldelen, dvs. litt utenfor den sentrale sonen (45 – 50 m dyp). Sprekker ved 34 og 88 m dyp gir også noe vann og disse vanninnslagene ligger i overgangen fra bruddsonens distale del til overgangssonen. Det kan ikke dokumenteres vanninnslag i den sentrale sonen (forkastningskjernen).

En kombinasjon av de benyttede metoder i borehull vil være et godt grunnlag til å vurdere fjellkvaliteten med hensyn til oppsprekking og vanninntrengning ved forundersøkelser for fjellanlegg. Forutgående geologisk kartlegging, seismikk og 2D resistivitet vil kartlegge soner der det kan være aktuelt med detaljundersøkelser som boring og borehullslogging.

## 7. REFERANSER

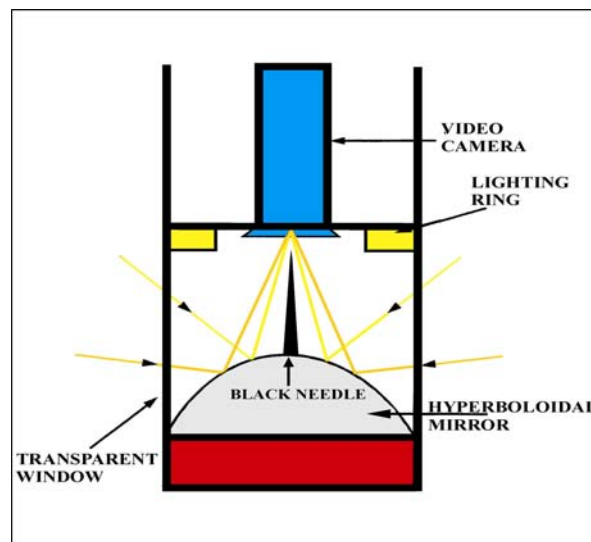
- Andersen, T.B., Skjerlie, K.P & Furnes, H. 1990: The Sunnfjord Melange, evidence of Silurian ophiolite accretion in the West Norwegian Caledonides. *J. Geol. Soc., Lond.* 147, 59-68.
- Braathen, A., Gaut, S., Henriksen, H., Storrø, G. & Jæger, Ø. 1998: Holmedal brønnefelt, Sunnfjord: Geologiske undersøkelser og prøvepumping. *NGU Rapport 98.085*.
- Braathen, A., Berg, S., Storrø, G., Jæger, Ø., Henriksen, H. & Gabrielsen, R. 1999: Bruddsoner geometri og grunnvannsstrøm; resultater fra bruddstudier og testboringer i Sunnfjord. *NGU Rapport 99.017*.
- Braathen, A. & Gabrielsen, R. 2000: Bruddsoner i fjell – oppbygning og definisjoner. *NGU Gråsteinen nr.7, 2000*.
- Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2001: Borehullsinspeksjon. En utprøving og sammenligning av Optisk og Akustisk Televiwer. *NGU Rapport 2001.011*.
- Hennig, H & Elvebakk, H. 2001: Processing and analysis of acoustic borehole data from the Sunnfjord area and the Oslo region for evaluation of fracturing and possible water movements in the rock. *NGU Intern Rapport 2001.14*.
- Kortsch, P. & Elvebakk, H. 2001: Investigation of fractured rocks with an optical televiwer. *NGU Intern Rapport 2001.13*.

## METODEBESKRIVELSE OPTISK TELEVIEWER (OPTV)

Optisk televiewer kan benyttes til inspeksjon av grunnvannsbrønner, grunnvarmebrønner, forundersøkelser for fjellanlegg (tunneler, fjellrom), og er i mange tilfeller bedre enn tradisjonell kjerneboring da en får orienterte sprekker og strukturer. I det følgende blir måleprinsipp for optisk televiewer beskrevet. Analyse av data blir illustrert ved eksempler fra borehull.

### Måleprinsipp og utførelse.

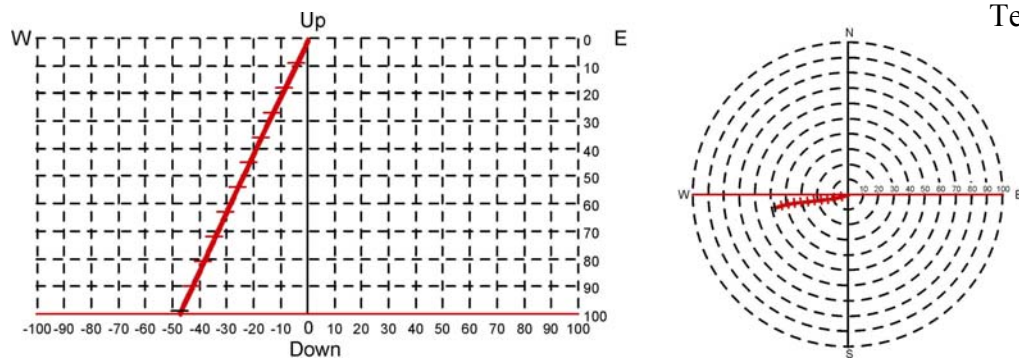
Optisk televiewer er et instrument som brukes ved inspeksjon av borehull med en diameter fra 70 – 160 mm. Instrumentet består av et digitalt kamera som filmer mot et hyperbolsk speil, se prinsippskisse figur 1. Kameraet ”ser” vinkelrett en større del av borehullsveggen, men bare en sirkel med høyde 1 mm registreres. Sonden senkes med en maksimal hastighet 1 meter pr minutt ned i borehullet, og for hver millimeter gjøres en registrering. Det kan samples 360 eller 720 punkter sirkelen rundt, og i vanlige fjellbrønner gir dette en pikselstørrelse på ca. 1mm x 1 mm. Med en slik oppløsning kan metoden påvise sprekker med tykkelse ned mot 0,5 mm. Metoden kan benyttes i tørre og vannfylte hull, men krever selvsagt relativt klart vann.



Figur 1: Prinsippskisse av optisk televiewer.

Sonden har innbygget et trekomponent magnetometer, og dette sammen med tre akselerometre sørger for å orientere bildet (opptaket) uansett sonden og borehullets forløp. På grunnlag av det orienterte bildet av borehullsveggen kan strøk, fall og sann tykkelse av kryssende strukturer beregnes.

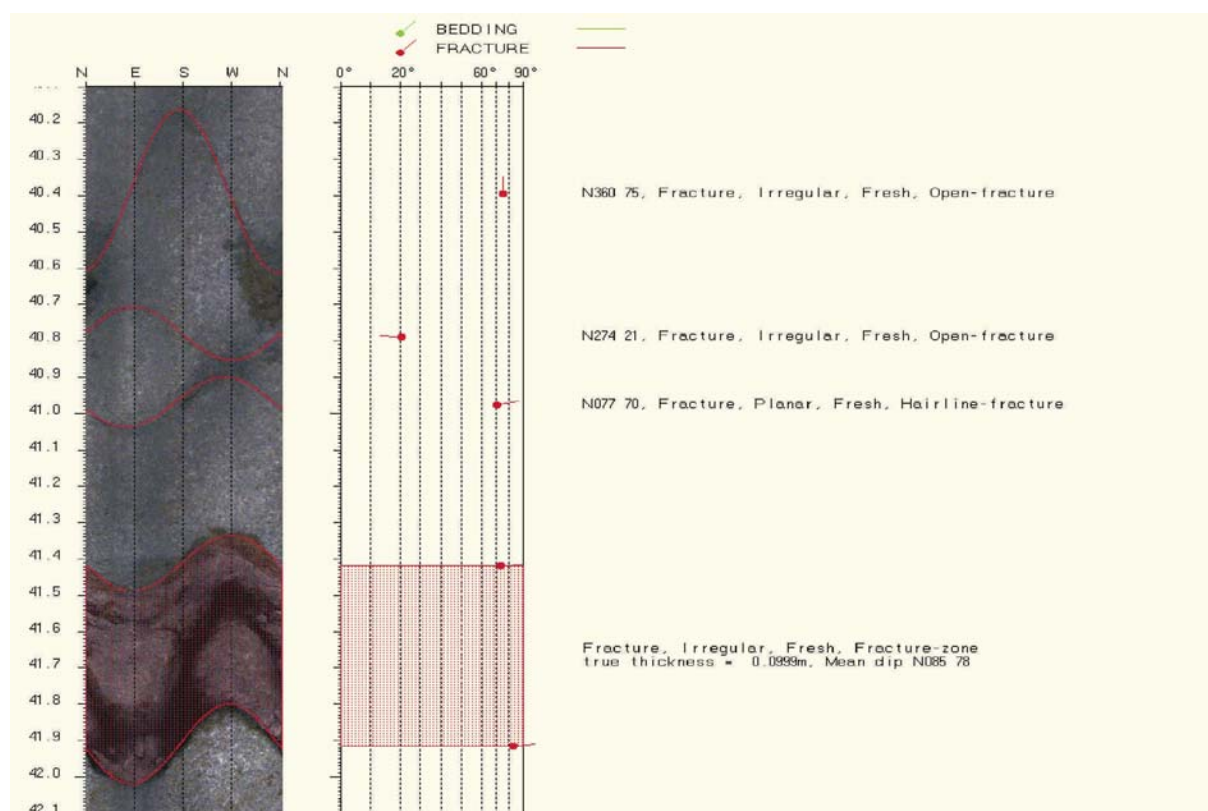
Med data fra denne instrumenteringen kan også borehullets forløp (avvik) beregnes (Figur 2). Borehullsvinkel kan måles i området 0 – 180° med en nøyaktighet på +/- 0.25°. Retningen kan måles fra 0 til 360° med en nøyaktighet på +/- 2.5°. Avviket måles kontinuerlig langs hele borehullet. Data kan plottes ut grafisk og i tabellform. Vertikalsnitt (tre retninger), horisontalprojeksjon og 3D-plott kan plottes ut. I tillegg til at det er viktig å vite hvor hullet går, må en vite fall og retning på hullet for å bestemme strøketretning og fallvinkel til sprekken som observeres.



Figur 2: Eksempel på borehullsforløp, vertikalprosjeksjon øst-vest (venstre) og horisontalprosjeksjon (høyre).

### Analyse av data.

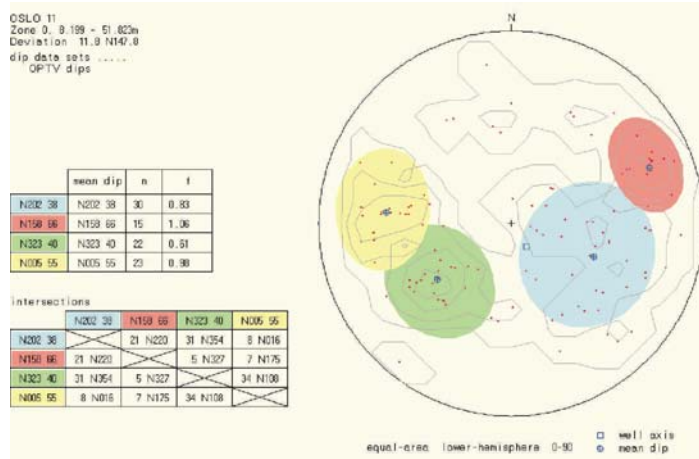
Ved analyse brettes det orienterte digitale bildet ut (se figur 3). Plane sprekker vil da indikeres som en sinusformet kurve. Steile sprekker vil indikeres med store amplituder ved loddrette hull. Dersom borehullet skjærer sprekken vinkelrett, vil disse vises som rette linjer. Siden bildet er orientert, kan sprekkenes retning og fall beregnes ved å tilpasse (digitalisere) en sinuskurve til hver av dem. Har sprekken en viss utbredelse, kan både topp og bunn digitaliseres, og derved kan den sanne tykkelsen beregnes. Analyseprogrammet inneholder en menystyrt beskrivelse av de enkelte hendelser. Tilsvarende analyse kan gjøres for primære geologiske strukturer (ganger, lagdeling).



Figur 3: Eksempel på opptak og analyse. Enkeltstående sprekker er tilordnet sinusfunksjon og fallretning og vinkel beregnet. Pilhodet angir individuelle sprekkers fall mens halen viser fallretning (nord opp). Ved større åpne sprekker er topp og bunn digitalisert og sann åpning på sprekkenes er beregnet (nederst på bildet – fracture zone).

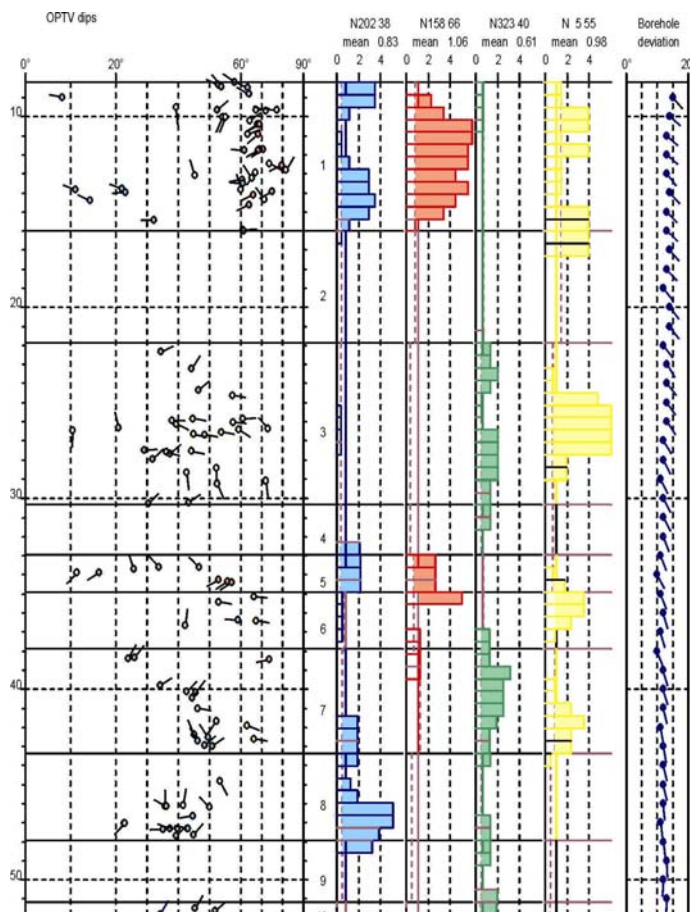


Når alle hendelser er digitalisert, kan en utføre sprekke- og strukturanalyse. Etter å ha plottet polen (normalvektoren) til alle digitaliserte sprekker i et stereogram (figur 4), kan forskjellige sprekkegrupper defineres. Disse får tildelt en farge, og sprekkegruppens middelværdi for strøk og fall beregnes. Det kan også gjøres analyse på skjæringslinjer mellom midlere sprekkeplan.



Figur 4. Eksempel på analyse av sprekker i stereogram. I øverste tabell er midlere sprekkeretning og fallvinkel for hver sprekkegruppe beregnet, og antall sprekker og sprekkefrekvens for hele hullet beregnet for hver av gruppene. Nederste tabell viser retning og fall på skjæringslinjen mellom de midlere sprekkeplanene.

Neste steg er å plote alle digitaliserte hendelser, nå med tilordnet gruppefarge, som funksjon av dyp. De forskjellige sprekkemønstrene tilordnes histogrammer, og på grunnlag av disse kan hullet deles inn i soner som hver er karakterisert med spesielle sprekkemønstre. Sprekkefrekvens for alle definerte grupper kan deretter beregnes innenfor hver sone i borehullet. Tilsvarende analyser kan også gjøres for bergartsganger og eventuelt bergartsgrenser. I tillegg til grafisk presentasjon kan alle data listes i tabellform.



Figur 5. Sprekkelogg for tolket borehull. Til venstre vises de individuelle sprekkene som pilplott. Pilhodene angir individuelle sprekkers fall, mens halen viser fallretning (nord opp). Histogrammene viser hvor i borehullet de forskjellige sprekkemønstrene opptrer (sprekkefrekvens). Høyre kolonne viser borehullsforløp med fall og retning. Heltrukne horisontale linjer angir grenser mellom definerte soner.

Figur 5 viser frekvenshistogrammer for et borehull som er undersøkt med optisk televiwer. Frekvenshistogrammene (rød, blå, grønn og gul) viser beregnet sprekkefrekvens i definerte soner av hullet, og viser dermed detaljert hvordan oppsprekningen er i hullet. Alle sprekker er angitt i "pilplott" der

pilens hode angir fallet, mens halen angir fallretning. Nord er opp på arket. Hvert pilhode er fylt med den gruppefarge tilsvarende sprekke tilhører. Piler uten farge er sprekker utenfor noen av de definerte gruppene.

Strøk og fall til et plan er entydig bestemt i et stereografisk plott (her plottet som plan- normalens skjæringspunkt, pol, med nedre kuleskall, lower hemisphere). Planets strøk er en horisontal linje i planet, mens fallet er vinkelen mellom planet og horisontalen målt  $90^\circ$  på strøket.

Planets fallretning der strøketretningen er den samme (f.eks. N180 og N0), bestemmes av retningen til planets normal, og vil være normalens retning pluss  $180^\circ$ . Planets strøketretning er fallretning minus  $90$  grader. Dermed er også strøketretningen entydig bestemt. Strøketretning beregnes som vinkel fra nord. Hvis for eksempel strøketretning og fall er N180 45, er strøketretningen  $180^\circ$  fra nord (NS) og fallet er  $45^\circ$  mot vest (fallretning N270), mens N0 45 faller mot øst (fallretning N90).

Alle sprekke- og borehullsdata kan listes opp i tabeller. Eksempler på slike tabeller med forklaring er vist i tabell 1, 2 og 3.

RGLDIPv5.2 OPTV results  
K = 0: BEDDING  
K = 2: FRACTURE

borehole OSLO 11  
zone from 1.350 to 53.043 m

	Depth	Azimuth	Dip	l-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well deviation Dev
1	51.823	36	34.1	0.000	3		2	51.778	51.868	0.135	177.92	12.46
2	51.617	55	51.8	0.000	3		2	51.533	51.701	0.135	180.58	13.00
3	51.514	39	45.2	0.000	3		2	51.448	51.580	0.135	180.64	13.00
4	47.671	53	39.4	0.000	3		2	47.617	47.725	0.135	168.50	11.50
5	47.629	48	44.8	0.000	3		2	47.563	47.695	0.135	168.68	12.00
6	47.352	269	35.0	0.000	3		2	47.305	47.349	0.135	169.00	12.00
7	47.312	281	43.0	0.000	3		2	47.330	47.375	0.135	168.33	12.00
8	47.311	280	42.8	0.000	3		2	47.250	47.372	0.135	168.31	12.00
9	47.296	285	37.3	0.000	3		2	47.246	47.346	0.135	168.01	12.00
10	47.294	276	39.7	0.000	4		2	47.239	47.349	0.135	168.18	12.00
11	47.041	230	22.9	0.000	3		2	47.024	47.070	0.135	170.00	11.91
12	47.040	228	22.6	0.000	3		2	47.025	47.068	0.135	170.00	11.89
13	46.651	263	44.7	0.000	3		2	46.585	46.717	0.135	169.11	11.11
14	46.205	307	50.0	0.000	3		2	46.258	46.285	0.135	172.00	12.00
15	46.151	292	36.3	0.000	3		2	46.140	46.201	0.135	172.90	12.00
16	46.125	359	35.7	0.000	3		2	46.078	46.172	0.135	173.41	12.00
17	46.093	12	41.5	0.000	3		2	46.035	46.151	0.135	174.00	12.00
18	44.807	148	53.3	0.000	3		2	44.718	44.896	0.135	169.23	12.00
19	42.991	61	50.9	0.000	3		2	42.910	43.072	0.135	167.10	12.00
20	42.949	58	48.5	0.000	3		2	42.874	43.024	0.135	167.92	12.00

**Tabell 1,** Data for borehullene og digitaliserte sprekker.

Depth	- Dyp langs borehullet
Azimuth	- Sprekkens fallretning
Dip	- Sprekkeplanets fallvinkel
n	- Antall punkter brukt for å digitalisere en sprekke
K	- Type sprekke (2 = sprekke, 0 = bånding)
Upper depth	- Dyp til sprekkeplanets øvre skjæringspunkt med borehullsveggen
Lower depth	- Dyp til sprekkeplanets nedre skjæringspunkt med borehullsveggen
Well diam.	- Borehulldiameter
Well deviation:	
Azimuth	- Borehullets fallretning
Dev	- Borehullets fallvinkel målt fra loddlinjen

RGLDIPv5.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS  
borehole  
zone from 8.000 to 52.000 m  
16 Aug 2000

Data is classed into 1 types  
5 OPTV\_dips  
Quality cut-off level: \*  
Mean well deviation: 11.8deg to N147.8  
4 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP			
	azim	pl	cone	strike	dip	n	f
1	112.2	53.7	30.0	202	38	30	0.83
2	66.5	23.8	17.6	158	66	15	1.06
3	231.2	49.3	23.7	323	40	22	0.61
4	276.3	31.8	22.8	5	55	23	0.98

Total number of data = 90  
Number of data unaccounted for = 26

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES															
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f
1	13.3	128.8	8.20	16.01	42	197	40	13	1.88	157	69	11	3.10	328	52	1	0.24	358	65	5	2.46
2	13.3	133.8	16.01	21.87	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	12.2	139.9	21.87	30.34	27	253	21	1	0.12	0	0	0	0.00	329	36	8	1.23	8	48	12	2.67
4	11.7	149.6	30.34	32.94	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
5	11.0	150.0	32.94	34.90	8	217	28	4	2.16	155	55	3	2.68	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
6	11.3	157.1	34.90	37.90	5	182	59	1	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	5	62	3	9.38
7	11.5	162.6	37.90	43.36	16	234	47	3	0.68	170	73	1	0.60	321	39	8	1.82	9	58	3	1.26
8	11.7	168.0	43.36	47.92	15	192	40	8	2.19	0	0	0	0.00	320	42	2	0.56	0	0	0	0.00
9	12.4	177.8	47.92	51.17	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
10	13.0	180.5	51.17	51.82	3	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	314	43	3	5.64	0	0	0	0.00

**Tabell 2.** Data for definerte soner i borehullet for hver sprekkegruppe (search area).

Zone deviation:

Dev og azimuth - Sonens (borehullets) fallvinkel (fra lodd) og fallretning

Top og base - Sonens topp og bunn langs borehullet

No data - Antall sprekker i sonen

Mean dips and frequencies:

Str - Gjennomsnittlig strøkretning for hver av de definerte gruppene (i sonen)

Dip - Gjennomsnittlig fallvinkel for hver av de definerte gruppene (i sonen)

n - Antall sprekker i hver av de definerte sprekkegruppene (i sonen)

f - Gjennomsnittlig sprekkefrekvens i hver av de definerte sprekkegruppene (i sonen)

Borehole:

Depth range: 1.396 - 52.996m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
2.046	-0.108	0.124	0.629	131.00	15.00
3.046	-0.265	0.330	1.595	134.00	15.00
4.046	-0.409	0.546	2.560	120.00	16.00
5.046	-0.533	0.770	3.526	129.00	14.00
6.046	-0.671	0.979	4.495	122.00	14.00
7.046	-0.799	1.177	5.466	122.00	14.00
8.046	-0.936	1.380	6.435	127.00	13.00
9.046	-1.105	1.558	7.405	132.00	15.00
10.046	-1.238	1.751	8.377	125.00	14.00
11.046	-1.367	1.943	9.349	125.00	13.00
12.046	-1.488	2.144	10.322	122.00	13.00
13.046	-1.629	2.313	11.297	137.00	13.00
14.046	-1.807	2.467	12.269	132.00	14.00
15.046	-1.955	2.635	13.243	125.00	13.00
16.046	-2.088	2.810	14.218	124.00	13.00
17.046	-2.238	2.990	15.190	130.00	14.00
18.046	-2.388	3.170	16.163	133.00	13.00
19.046	-2.549	3.325	17.137	134.00	12.00
20.046	-2.712	3.483	18.111	136.00	14.00

**Tabell 3.** Data for borehullsførløp (avvik).

Depth - Dyp langs borehullet

North - Nordkomponent

East - Østkomponent

Down - Vertikalt dyp

Devaz - Hullets fallretning

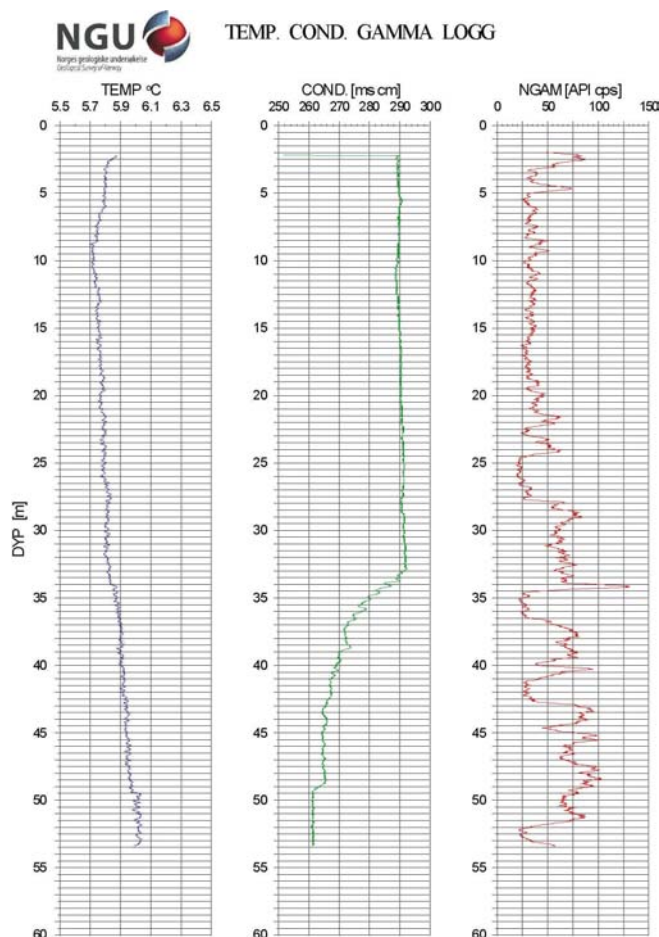
## METODEBESKRIVELSE LOGGING TEMPERATUR, ELEKTRISK LEDNINGSEVNE, NATURLIG GAMMA.

Måling av vanntemperatur, vannets elektriske ledningsevne og naturlig gamma i borehull kan gi opplysninger om fjellets oppsprekking og om vanninnstrømning i borehullet. I grunnvarme- sammenheng er det viktig å vite temperaturgradienten mot dypet for å bergene en brønns varme- potensial. Miljøvennlig grunnvarme benyttes stadig mer til oppvarming både i private og større offentlige bygninger. Gammastråling gir geologisk informasjon. Temperatur, ledningsevne og gammastråling logges med en og samme sonde med en loggehastighet på 3 m/min.

Temperatursensoren produserer en elektrisk strøm som er proporsjonal med temperaturen og kan måle temperaturer i området 0 – 70 °C. Ledningsevnen i vannet måles ved å måle strømmen i en vannfylt celle. Strømstyrken er avhengig av ledningsevnen og det kan måles i området 50 – 50,000 µS/cm. Naturlig gammastråling måles i counts per second (cps), API standard. API er en felles internasjonal standard som sonden er kalibrert etter, slik at målinger med ulike typer og størrelser kan sammenlignes. Krystallen som brukes er NaI, 50 x 25 mm.

Forandring i vanntemperatur og elektrisk ledningsevne indikerer innstrømning av vann i hullet med andre egenskaper enn i brønnen forøvrig. Dette kan igjen tyde på åpne sprekker. Temperaturgradienten mot dypet har betydning for grunnvarmekapasiteten. Økt ledningsevne betyr økt ioneinnhold i vannet. Lavere ledningsevne kan tyde på innstrømning av overflatevann, da slikt vann vanligvis har noe lavere ioneinnhold enn vann som har oppholdt seg lenge i fjellet. Kravet til drikkevann er en ledningsevne mindre enn 400 µS/cm. Figur 1 viser eksempel på logg.

Med gammalogg kartlegges den naturlige gammastrålingen (totalstråling) langs borehullet. Forandringer i gammastråling er knyttet til endringer i geologien og den mineralogiske sammensetningen i bergartene. Det er i hovedsak elementene kalium, uran og thorium som gir gammastråling. Mest vanlig er kalium som finnes i feltspat. Feltspat (kalifeltspat) er et mineral som finnes i de vanligste bergartene. Sandstein, f. eks., har liten gammastråling (mye kvarts), mens noen granitter har sterkere stråling da de inneholder feltspat og i enkelte tilfeller uran og thorium. Alunskifer har høy stråling da den inneholder noe uran.



Figur 1. Temperatur-, ledningsevne- og gammalogg fra borehull. Litt høyere temperatur dagnært skyldes påvirkning fra overflatetemperaturen. En svak økning ved 33 m kan skyldes innstrømning av vann med høyere temperatur. En tydelig nedgang i den elektriske ledningsevnen ved samme dyp kan tyde på det samme. Mest sannsynlig er det overflatevann som strømmer inn gjennom en åpen sprekke. Gammaloggen viser stor variasjon fra 20 m. Dette skyldes trolig varierende feltspatinnhold (kalium)

SAS LOG 200 er et tilleggsutstyr til ABEM TERRAMETER SAS 300 for logging av vannbrønner i fjell. Systemet måler den tilsynelatende motstand i berggrunnen med tre forskjellige elektrodekonfigurasjoner, og disse betegnes som Short Normal 16" (SN 16"), Long Normal 64" (LN 64") og Long Lateral 18" (LL 18"). I tillegg kan utrustningen måle selvpotensial (SP) og den elektriske motstanden i væsken (FLUID RES).

En prinsippskisse er vist i figur 1. SN 16" er en pol-pol konfigurasjon hvor D og E benyttes som henholdsvis strøm- og potensialelektrode i borehullet. Som fjern strøm- og potensialelektroder benyttes C1 og P1. Avstanden mellom D og E er 16" (ca 40 cm) noe som gir liten penetrasjon, men mye detaljer. I brønner med stor diameter blir målt tilsynelatende motstand sterkt påvirket av vannet i borehullet.

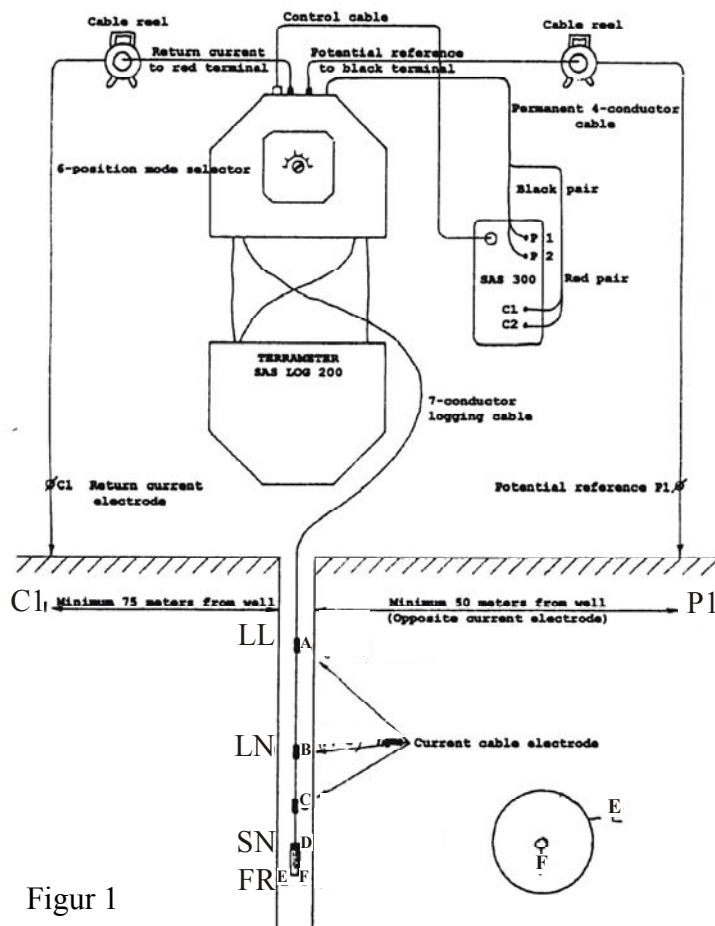
LN 64" er også en pol-pol konfigurasjon, men her benyttes C og E som henholdsvis strøm- og potensialelektrode i borehullet. Avstanden mellom disse to er 64" (ca 1.6 m), og dette gir en noe større inntrengning, men noe mindre detaljer.

LL 18" er en pol-dipol konfigurasjon der strømmen sendes mellom A og C1 på bakken mens potensialet måles mellom B og E i borehullet. Avstanden mellom A og E er 18" (ca 5.8 m) og dette gir en noe større inntrengning enn de øvrige metodene (ca 5 – 10 m).

SP er en passiv metode som bare måler potensialforskjellen mellom elektrode D i borehullet og P1 på bakken. I hydrogeologisk sammenheng gir SP informasjon om porøse partier.

Temperaturen kan bestemmes med en nøyaktighet på 1°C. Det kan imidlertid måles forskjeller ned mot 0.01°C, og dette gjør det mulig å studere lokale temperaturgradienter.

Motstanden i væsken måles ved å sende strøm mellom C1 på bakken og E som er en ringelektrode i borehullet. Potensialet måles mellom elektrode F i sentrum av E. Dersom diameteren i borehullet er liten (< 10 mm), må målingene korrigeres.



Figur 1

## VEILEDNING FOR KJØRING AV OPTISK LOGG VED BRUK AV PROGRAMMET "OPTV.exe"

Ved å kjøre **Replay** i dette programmet kan en se en kontinuerlig logg (bilde) av borehullsveggen fra topp til bunn. Programmet kan kjøres direkte fra CD eller det kan kopieres inn på hard disken og kjøres derfra. Datafilene må kopieres over på hard disk (se senere).

Gå inn i **Utforsker** og klikk på symbolet for CD-rom. Klikk på katalogen **Folvåg**. En får da opp en liste over alle filer pluss katalogen **directx6**.

Hvis operativsystemet er Windows NT, får en problemer med å lukke programmet. Derfor må Windows NT brukere opprette en katalog som heter **Windows** direkte på C-disken (eller der operativsystemet ligger, vanligvis C). Windows 95-, 98-brukere trenger ikke tenke på dette.

Før oppstart kontroller at **directx6** er installert på PC. Ved å åpne katalogen **directx6** som ligger på CD'en får en opp en fil som heter **dx6core.exe**. Dobbeltklikk på denne filen og installering skjer automatisk, følg veiledningen og svar "yes".

Kontroller også at . (punktum) er satt opp som desimaltegn. Dette gjøres ved å klikke på **START – Innstillinger – kontrollpanel**. Klikk på **Regionale innstillinger** (settings) og deretter på **Tall** (number). I den øverste kolonnen – desimaltegn – må det stå . (punktum). Ofte kan det stå , (komma) her.

Både programfiler og datafil(er) ligger på CD'en. Datafilene har ending **.otv** og **.hed** (headerfil). Det går ikke an å lese en datafil direkte fra CD. Datafilene må derfor kopieres over på hard-disk og fjerning av skrivebeskyttelse. Dette gjøres på følgende måte. Kopier datafila (.otv og .hed) til egnet katalog på hard-disken. Kopier gjerne alt innhold på CD (program-filer) over på harddisk. Klikk deretter med høyre musknapp på .otv fila. Klikk på **Egenskaper** (properties) nederst på listen som kommer opp. Klikk deretter på **Generelt** . Nederst på det bilde som kommer opp står **Attributter**. Fjern haken som står i ruten ut for **skrivebeskytter** (read only) og deretter **ok**.

Nå er det klart for å kjøre programmet **OPTV.exe**. Dette gjøres på følgende måte. Dobbeltklikk på filen **OPTV.exe** som ligger på CD. Programmet starter (Optical Televiewer-viewer mode). Klikk på **Fil** i menyen øverst til venstre og deretter på **Replay**. Det kommer da opp en boks for åpning av filer. Bla gjennom til den filen som skal åpnes (**NB!** .otv- fil som ble kopiert fra CD). Klikk på denne filen og åpne. Det kommer da opp en boks som viser Start depth og End depth. Disse tallene viser mellom hvilke dyp det er logget. Som oftest er det topp og bunn av borehullet. Disse tallene kan endres hvis en vil se bare et utsnitt av loggen innenfor det området som er logget. Klikk på **OK**. Nå kan avspilling av loggen starte ved å klikke på startsymbolet ► nederst til høyre . Bildet begynner da å rulle over skjermen. Bildet stoppes ved å klikke på pausesymbolet II . Start ved å klikke ► igjen. Loggen stoppes ved å klikke stoppsymbolet ■ . Nå kan en enten ta inn en ny fil ved å klikke på **replay** eller gå ut av programmet ved å klikke på **Exit**.



K = 0: BEDDING  
K = 2: FRACTURE

borehole Bh 1, Folvåg  
zone from 1.800 to 96.719 m

deviation							Upper	Lower	Well	Well	Dev	
	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Depth	Depth	Diam		Azimuth
1	96.192	351	46.1	0.000	4		2	96.125	96.259	0.140	252.00	23.00
2	95.218	252	32.9	0.000	4		2	95.176	95.260	0.140	250.00	23.00
3	93.909	102	26.0	0.000	3		2	93.878	93.940	0.140	250.74	23.00
4	93.527	67	59.3	0.000	4		2	93.418	93.636	0.140	251.37	23.00
5	92.857	44	30.6	0.000	4		2	92.819	92.895	0.140	250.00	24.00
6	89.198	66	82.1	0.000	6		2	88.737	89.659	0.140	251.00	24.00
7	88.500	82	72.1	0.000	5		2	88.302	88.698	0.140	250.08	24.00
8	87.950	93	43.8	0.000	6		2	87.889	88.011	0.140	246.00	24.00
9	87.943	129	64.9	0.000	5		2	87.806	88.080	0.140	246.00	24.00
10	87.809	122	18.6	0.000	4		2	87.787	87.831	0.140	247.00	24.00
11	87.566	114	82.5	0.000	7		2	87.080	88.052	0.140	247.41	24.00
12	84.976	69	72.5	0.000	4		2	84.754	85.046	0.140	248.00	24.00
13	83.321	77	62.4	0.000	6		2	83.199	83.443	0.140	248.50	24.00
14	82.279	85	34.0	0.000	4		2	82.236	82.322	0.140	249.66	25.00
15	81.435	49	88.3	0.000	6		2	79.294	83.576	0.140	249.00	24.78
16	80.097	102	45.0	0.000	3		2	80.034	80.160	0.140	249.98	24.98
17	79.706	20	89.9	0.000	5		2	39.598	99.151	0.140	248.00	25.00
18	78.721	131	25.5	0.000	5		2	78.691	78.751	0.140	248.00	25.00
19	78.666	149	19.1	0.000	5		2	78.644	78.688	0.140	248.59	25.00
20	78.453	1	89.4	0.000	4		2	71.769	79.094	0.140	249.00	25.00
21	77.431	216	87.6	0.000	3		2	75.761	77.905	0.140	249.00	25.00
22	77.319	14	75.5	0.000	5		2	77.048	77.409	0.140	248.95	25.00
23	77.259	29	79.8	0.000	4		2	76.870	77.479	0.140	248.00	25.00
24	76.903	28	55.3	0.000	5		2	76.811	76.995	0.140	247.29	25.00
25	76.470	21	70.3	0.000	4		2	76.274	76.629	0.140	249.00	25.00
26	76.320	134	28.8	0.000	4		2	76.285	76.355	0.140	249.00	25.00
27	76.316	24	53.9	0.000	3		2	76.220	76.357	0.140	249.00	25.00
28	76.168	93	55.1	0.000	4		2	76.077	76.259	0.140	249.44	25.00
29	75.561	103	82.4	0.000	6		2	75.086	76.036	0.140	249.00	25.00
30	75.434	83	64.1	0.000	4		2	75.303	75.565	0.140	249.00	25.00
31	75.017	109	56.3	0.000	6		2	74.922	75.112	0.140	248.68	25.00
32	74.954	96	54.1	0.000	6		2	74.866	75.042	0.140	249.18	25.00
33	74.764	88	50.6	0.000	5		2	74.687	74.841	0.140	247.64	25.00
34	74.508	62	54.1	0.000	4		2	74.412	74.605	0.140	248.24	25.24
35	74.412	14	46.5	0.000	6		2	74.345	74.479	0.140	248.00	25.32
36	74.196	80	45.8	0.000	6		2	74.131	74.261	0.140	248.00	25.00
37	73.950	158	20.7	0.000	5		2	73.926	73.974	0.140	248.00	25.00
38	73.765	61	42.8	0.000	5		2	73.706	73.824	0.140	248.00	25.00
39	72.549	52	41.9	0.000	5		2	72.492	72.606	0.140	248.07	25.00
40	72.442	67	52.4	0.000	5		2	72.360	72.524	0.140	247.06	25.00
41	72.197	60	35.6	0.000	5		2	72.152	72.242	0.140	247.02	25.00
42	71.575	5	50.4	0.000	7		2	71.499	71.651	0.140	248.00	26.00
43	71.547	8	50.2	0.000	7		2	71.471	71.623	0.140	248.00	26.00
44	71.267	15	41.6	0.000	5		2	71.211	71.323	0.140	247.00	25.00
45	71.228	22	50.7	0.000	4		2	71.150	71.306	0.140	247.35	25.00
46	70.411	80	67.3	0.000	5		2	70.261	70.561	0.140	247.00	26.00
47	69.691	45	17.1	0.000	3		2	69.672	69.710	0.140	246.08	26.00
48	69.631	87	73.1	0.000	4		2	69.401	69.621	0.140	247.00	25.71
49	69.522	74	61.7	0.000	4		2	69.392	69.543	0.140	247.47	25.00
50	69.345	94	59.0	0.000	5		2	69.229	69.462	0.140	246.99	26.00
51	69.132	79	67.6	0.000	5		2	68.979	69.285	0.140	246.00	26.00
52	68.467	37	70.1	0.000	4		2	68.293	68.641	0.140	246.16	25.57
53	68.311	112	54.0	0.000	5		2	68.224	68.398	0.140	244.00	25.00
54	66.363	35	79.4	0.000	4		2	66.024	66.702	0.140	248.00	25.00
55	65.496	75	19.5	0.000	4		2	65.474	65.518	0.140	256.89	26.00
56	65.180	356	37.2	0.000	4		2	65.132	65.228	0.140	240.62	26.00
57	64.558	96	67.0	0.000	4		2	64.393	64.546	0.140	249.00	26.00
58	63.460	96	61.3	0.000	4		2	63.332	63.547	0.140	245.29	26.00
59	63.373	101	58.0	0.000	3		2	63.261	63.422	0.140	245.45	26.00

60	61.150	53	88.9	0.000	5	2	57.504	64.796	0.140	245.00	26.00
61	60.047	140	61.4	0.000	4	2	59.977	60.175	0.140	245.00	26.00
62	58.820	25	56.7	0.000	4	2	58.713	58.894	0.140	246.00	26.00
63	57.967	62	79.0	0.000	6	2	57.646	58.288	0.140	247.16	27.00
64	57.424	56	56.4	0.000	5	2	57.329	57.519	0.140	248.43	26.00
65	56.653	318	59.2	0.000	4	2	56.536	56.710	0.140	246.00	26.85
66	56.518	188	89.4	0.000	3	2	57.217	63.202	0.140	247.00	26.00
67	55.941	331	73.6	0.000	5	2	55.703	56.148	0.140	246.09	26.00
68	55.827	53	38.5	0.000	4	2	55.777	55.877	0.140	246.00	26.38
69	55.803	46	39.3	0.000	5	2	55.752	55.854	0.140	246.00	26.84
70	53.719	305	55.7	0.000	4	2	53.616	53.712	0.140	246.00	26.00
71	53.576	202	88.6	0.000	5	2	53.005	56.440	0.140	247.00	26.00
72	52.914	24	78.9	0.000	4	2	52.557	53.271	0.140	245.00	26.00
73	52.620	15	81.8	0.000	4	2	52.134	52.700	0.140	246.02	26.00
74	52.557	273	44.9	0.000	4	2	52.487	52.552	0.140	246.24	26.00
75	52.461	28	86.8	0.000	4	2	51.209	52.137	0.140	247.00	26.00
76	52.427	289	40.7	0.000	4	2	52.367	52.458	0.140	247.00	26.00
77	52.317	34	83.4	0.000	5	2	51.773	52.861	0.140	247.00	26.00
78	51.360	289	40.6	0.000	3	2	51.306	51.414	0.140	246.00	26.00
79	50.484	10	65.2	0.000	6	2	50.348	50.620	0.140	245.00	26.00
80	49.695	18	30.6	0.000	5	2	49.658	49.732	0.140	245.99	26.00
81	49.538	318	55.1	0.000	4	2	49.438	49.588	0.140	244.15	27.00
82	49.166	18	79.5	0.000	7	2	48.827	49.505	0.140	245.59	26.00
83	48.572	23	19.7	0.000	4	2	48.549	48.595	0.140	246.00	26.00
84	48.444	25	32.9	0.000	4	2	48.404	48.484	0.140	246.97	27.00
85	48.298	35	40.4	0.000	4	2	48.245	48.351	0.140	245.06	27.00
86	47.692	21	33.6	0.000	4	2	47.651	47.733	0.140	245.06	27.00
87	47.323	59	14.1	0.000	5	2	47.307	47.339	0.140	243.56	27.00
88	46.889	25	18.5	0.000	5	2	46.868	46.910	0.140	251.00	26.13
89	46.662	25	44.3	0.000	4	2	46.601	46.723	0.140	243.68	26.00
90	46.279	342	42.8	0.000	5	2	46.221	46.337	0.140	244.00	27.00
91	45.509	70	56.6	0.000	5	2	45.414	45.604	0.140	245.00	27.00
92	45.464	77	52.2	0.000	5	2	45.384	45.544	0.140	245.00	27.00
93	45.247	31	58.6	0.000	5	2	45.145	45.349	0.140	244.00	27.00
94	44.543	308	12.9	0.000	5	2	44.529	44.557	0.140	245.00	26.95
95	43.099	114	44.0	0.000	4	2	43.039	43.159	0.140	245.00	27.00
96	40.905	36	78.6	0.000	4	2	40.596	41.214	0.140	244.20	27.00
97	39.372	18	29.8	0.000	5	2	39.336	39.408	0.140	243.47	27.47
98	35.984	31	72.2	0.000	6	2	35.791	36.177	0.140	242.24	28.00
99	34.682	101	21.4	0.000	5	2	34.658	34.706	0.140	243.73	28.00
100	34.583	118	26.3	0.000	3	2	34.552	34.614	0.140	243.75	28.00
101	28.078	314	37.8	0.000	5	2	28.030	28.126	0.140	242.00	28.00
102	23.584	47	25.9	0.000	4	2	23.554	23.614	0.140	243.00	29.00
103	19.991	301	21.0	0.000	4	2	19.967	20.015	0.140	242.91	29.00
104	19.704	359	37.3	0.000	5	2	19.657	19.751	0.140	242.00	29.00
105	11.725	351	22.0	0.000	5	2	11.700	11.750	0.140	167.82	29.00

RGLDIPv5.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole Bh 1, Folvåg  
 zone from 11.000 to 97.000 m  
 09 Jul 2002

Data is classed into 1 types  
 5 OPTV\_dips

Quality cut-off level: \*

Mean well deviation: 26.2deg to N246.5

3 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	263.6	26.3	31.4	353	58	32	0.46
2	192.0	32.4	34.2	291	58	37	0.62
3	308.7	85.7	28.2	356	11	17	0.21

Total number of data = 86  
 Number of data unaccounted for = 19

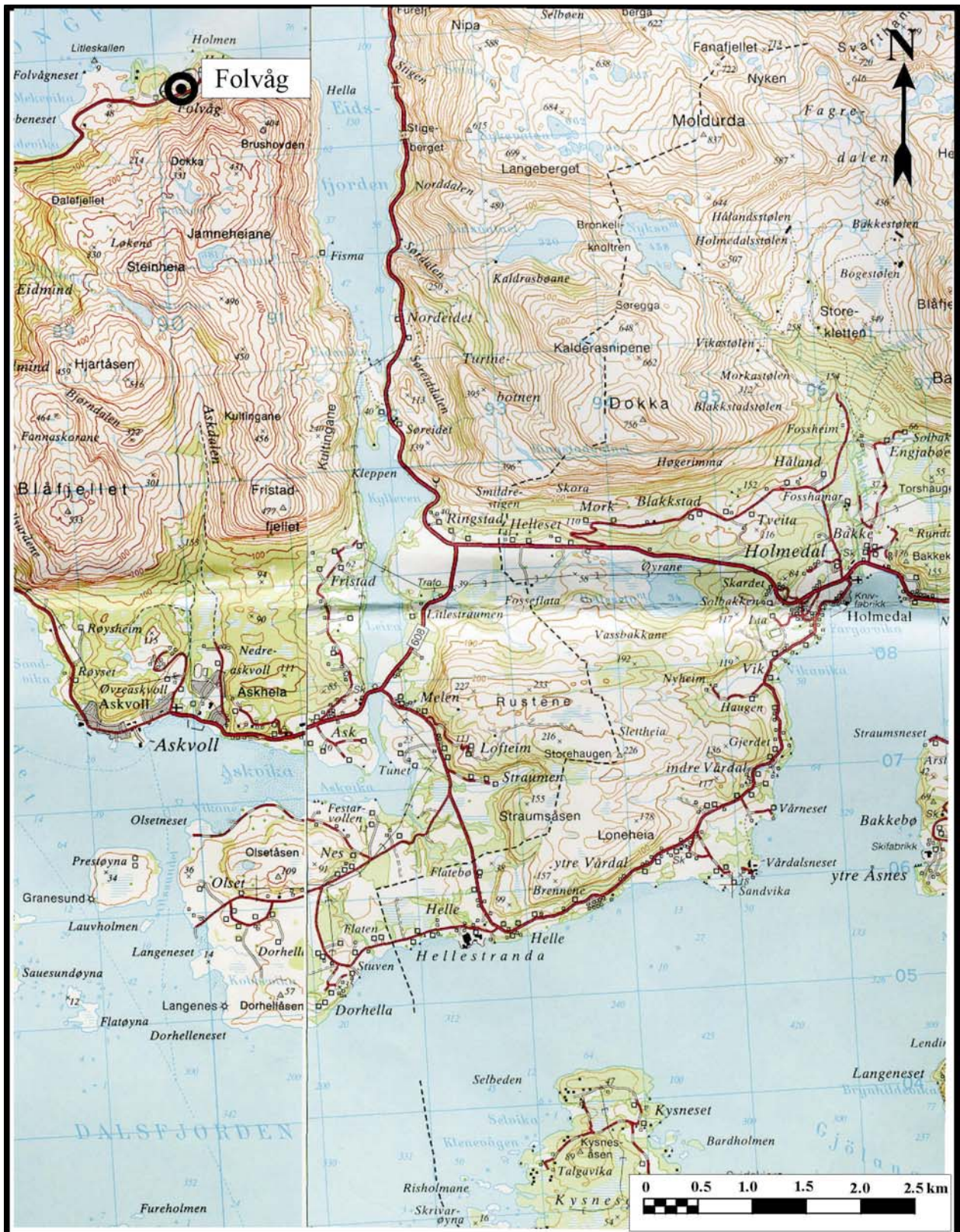
ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES											
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f
1	28.0	245.0	11.73	33.28	5	0	0	0	0.00	269	37	1	0.06	267	17	3	0.16
2	27.3	243.8	33.28	44.36	6	24	44	1	0.11	300	60	3	0.35	20	24	2	0.19
3	26.4	245.6	44.36	53.60	24	343	54	2	0.25	291	58	13	1.89	289	13	4	0.46
4	26.2	246.5	53.60	59.14	9	329	68	2	0.48	293	61	3	0.76	0	0	0	0.00
5	26.0	247.2	59.14	67.76	8	8	62	3	0.46	290	57	2	0.31	345	19	1	0.12
6	25.2	248.3	67.76	80.07	37	356	58	16	1.58	290	61	14	1.66	41	19	5	0.44
7	24.2	249.4	80.07	89.93	11	350	58	7	0.87	0	0	0	0.00	32	19	1	0.11
8	23.4	250.7	89.93	96.19	5	337	59	1	0.20	261	46	1	0.23	12	26	1	0.16

Borehole: Bh 1 Folvåg\_  
 Depth range: 1.400 - 96.696m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
2.046	-0.138	-0.274	0.573	240.00	29.00
3.046	-0.393	-0.669	1.455	237.00	28.00
4.047	-0.653	-1.070	2.335	237.00	29.00
5.046	-0.936	-1.461	3.209	232.00	29.00
6.046	-1.248	-1.832	4.084	230.00	29.00
7.046	-1.544	-2.216	4.959	236.00	29.00
8.046	-1.807	-2.623	5.833	239.00	29.00
9.046	-2.032	-3.053	6.707	244.00	29.00
10.046	-2.257	-3.483	7.582	242.00	29.00
11.046	-2.480	-3.915	8.456	245.00	29.00
12.046	-2.692	-4.353	9.330	243.00	30.00
13.046	-2.897	-4.798	10.201	247.00	30.00
14.046	-3.096	-5.250	11.071	244.00	29.00
19.346	-4.177	-7.587	15.703	245.00	29.00
19.396	-4.188	-7.609	15.746	245.00	29.00
19.346	-4.177	-7.587	15.703	244.00	29.00
19.396	-4.187	-7.609	15.746	245.00	29.00
19.346	-4.177	-7.587	15.703	244.00	29.00
20.046	-4.330	-7.887	16.316	243.00	29.00
21.046	-4.552	-8.315	17.192	242.00	29.00
22.046	-4.776	-8.745	18.067	244.00	29.00
23.046	-5.000	-9.173	18.943	243.00	29.00
24.046	-5.218	-9.604	19.818	243.00	29.00
25.046	-5.437	-10.031	20.696	242.00	29.00
26.046	-5.652	-10.461	21.572	243.00	28.00
27.046	-5.873	-10.884	22.451	243.00	28.00
28.046	-6.086	-11.307	23.332	242.00	28.00
29.046	-6.295	-11.730	24.214	244.00	28.00
30.046	-6.509	-12.147	25.097	244.00	28.00
31.046	-6.723	-12.567	25.979	243.00	28.00
32.046	-6.935	-12.986	26.862	242.00	28.00
33.046	-7.147	-13.404	27.745	243.00	28.00
34.046	-7.352	-13.823	28.629	245.00	28.00
35.046	-7.559	-14.242	29.513	244.00	28.00
36.046	-7.768	-14.662	30.397	242.00	28.00
37.046	-7.978	-15.076	31.282	245.00	28.00
38.046	-8.186	-15.485	32.171	244.00	27.00
39.046	-8.382	-15.897	33.060	244.00	27.00
40.046	-8.587	-16.306	33.950	244.00	27.00
41.046	-8.784	-16.716	34.840	244.00	27.00
42.046	-8.988	-17.121	35.731	245.00	27.00
43.046	-9.185	-17.530	36.622	245.00	27.00
44.046	-9.375	-17.939	37.515	242.00	27.00
45.046	-9.566	-18.344	38.409	245.00	27.00
46.046	-9.756	-18.755	39.301	244.00	26.00
47.046	-9.942	-19.162	40.195	243.00	26.00
48.046	-10.135	-19.566	41.088	246.00	26.00
49.046	-10.318	-19.971	41.984	246.00	26.00
50.046	-10.500	-20.372	42.882	246.00	26.00
51.046	-10.722	-20.750	43.780	241.00	26.00
52.046	-10.920	-21.143	44.678	246.00	27.00
53.046	-11.108	-21.540	45.577	246.00	26.00
54.046	-11.287	-21.940	46.476	246.00	26.00
55.046	-11.463	-22.343	47.374	246.00	27.00
56.046	-11.646	-22.754	48.267	246.00	26.00
57.046	-11.821	-23.158	49.165	247.00	26.00
58.046	-11.988	-23.566	50.062	245.00	27.00
59.046	-12.165	-23.968	50.960	247.00	26.00
60.046	-12.334	-24.376	51.857	245.00	26.00
61.046	-12.506	-24.784	52.754	244.00	26.00
62.046	-12.687	-25.175	53.656	245.00	26.00
63.046	-12.862	-25.580	54.554	248.00	26.00
64.046	-13.036	-25.982	55.452	249.00	26.00
65.046	-13.205	-26.386	56.351	246.00	26.00
66.046	-13.368	-26.790	57.250	248.00	25.00
67.046	-13.532	-27.188	58.153	248.00	26.00
68.046	-13.693	-27.595	59.052	246.00	26.00
69.046	-13.854	-27.989	59.957	247.00	26.00
70.046	-14.024	-28.383	60.860	247.00	26.00
71.046	-14.192	-28.781	61.762	248.00	25.00
72.046	-14.356	-29.180	62.664	247.00	25.00
73.046	-14.520	-29.570	63.570	246.00	25.00

74.046	-14.679	-29.964	64.475	248.00	26.00
75.046	-14.839	-30.358	65.380	247.00	25.00
76.046	-14.993	-30.752	66.286	249.00	25.00
77.046	-15.145	-31.146	67.193	250.00	25.00
78.046	-15.298	-31.538	68.100	248.00	25.00
79.046	-15.453	-31.929	69.007	250.00	24.00
80.046	-15.606	-32.321	69.914	248.00	24.00
81.046	-15.755	-32.711	70.823	248.00	25.00
82.046	-15.902	-33.094	71.734	250.00	24.00
83.046	-16.048	-33.486	72.643	249.00	24.00
84.046	-16.192	-33.870	73.555	249.00	24.00
85.046	-16.338	-34.252	74.467	249.00	24.00
86.046	-16.483	-34.633	75.381	249.00	24.00
87.046	-16.629	-35.012	76.294	248.00	24.00
88.046	-16.783	-35.389	77.208	248.00	24.00
89.046	-16.917	-35.773	78.121	251.00	24.00
90.046	-17.049	-36.150	79.038	251.00	24.00
91.046	-17.183	-36.525	79.955	249.00	23.00
92.046	-17.314	-36.907	80.870	250.00	23.00
93.046	-17.452	-37.282	81.787	251.00	24.00
94.046	-17.579	-37.654	82.706	251.00	24.00
95.046	-17.707	-38.025	83.626	251.00	23.00
96.046	-17.835	-38.395	84.546	252.00	23.00





OVERSIKTSKART

Folvåg

Askvoll kommune, Sogn og Fjordane

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT HE Okt -2000

TEGN HE Mars 2002

TRAC

KFR

TEGNING NR  
2002.078-01

KARTBLAD NR  
1117 I, 1117 IV