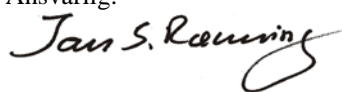


NGU Rapport 2010.019

Geofysisk logging av 2 borehull ved
Gjevingåsen jernbanetunnel, Hommelvik –
Stjørdal.

Rapport nr.: 2010.019		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysisk logging av 2 borehull ved Gjevingåsen jernbanetunnel, Hommelvik – Stjørdal.			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: JBV	
Fylke: Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag		Kommune: Malvik, Stjørdal	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1621 I Stjørdal	
Forekomstens navn og koordinater: Fb 30-11, N7036205 Ø593386 Fb 25-59, N7034287 Ø591277		Sidetall: 34 Pris: kr 95.- Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 14.12.09 – 16-12.09	Rapportdato: 08.04.2010	Prosjektnr.: 296100	Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>I forbindelse med driving av ny jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell har NGU logget to overvåkningsbrønner langs tunneltraseen. Hensikten var å se om årsaken til en tydelig senking av grunnvannsnivået i den ene brønnen, på Gjevingåsen, kunne finnes. Det var ikke registrert lekkasjer i tunnelen som kunne settes i forbindelse med senket grunnvannspeil.</p> <p>Det er logget temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet i fjell, seismisk hastighet og vertikal vannstrøm. Den ene brønnen ble logget med optisk televiewer, den andre med akustisk televiewer.</p> <p>De utførte logger kan ikke gi noen sikker forklaring på hvorfor poretrykket har sunket i Fb 30-11. Resultatene viser at bergarten i Fb 30-11 på Gjevingåsen er tydelig skifrig med lav resistivitet. Den lave resistiviteten tyder på noe høy porøsitet og noe høyt vanninnhold. I Fb 25-59 ved Østre Hommelvik, er resistiviteten høy og ingen senking av grunnvannsspeilet er påvist. Dersom tunnelen skjærer gjennom en skifrig, vannholdig bergart kan det føre til innlekkasjer og senket grunnvannstand. Senket grunnvannsstand kan også skyldes at Fb 30-11 er drenert av åpne vannførende sprekkesoner. Det er påvist åpne sprekker med optisk televiewer. De øvrige logger gir ingen informasjon om årsak til grunnvannsenkingen. En tredje mulig årsak til senket grunnvannsnivå er naturlige variasjoner på grunn av kald vinter og lite nedbør.</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Elektrisk måling	
Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	Lydhastighet	
Optisk televiewer	Akustisk televiewer	Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING.....	5
2. LOKALITET.....	5
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	6
4. RESULTATER	7
4.1 Målte parametre.....	7
4.2 Resultater Fb 30-11	8
4.2.1 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydhastighet, Fb 30-11.....	8
4.2.2 Vannkvalitet, Fb 30-11.....	10
4.2.3 Strømning, Fb 30-11	11
4.2.4 Optisk televier, Fb 30-11	12
4.2.5 Borehullsavvik Fb 30-11	18
4.3 Resultater Fb 25-59.	19
4.3.1 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydhastighet, Fb 25-59.....	19
4.3.2 Vannkvalitet, Fb 25-59.....	21
4.3.3 Strømning, Fb 25-59	22
4.3.4 Akustisk televier i Fb 25-59	23
4.3.5 Borehullsavvik FB 25-59	24
5. DISKUSJON	27
6. KONKLUSJON	29
7. REFERANSER	29

FIGURER

<i>Figur 1. Oversiktskart med plassering av Fb 30-11 og Fb 25-5, Gjevingåsen.....</i>	<i>5</i>
<i>Figur 2. Bilder fra logging av Fb 30-11, Gjevingåsen.</i>	<i>8</i>
<i>Figur 3 viser sammenstilt logg av temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet og seismisk hastighet. Som nevnt foran er det bare logget under grunnvannsspeilet.....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 3. Fb 30-11. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet (SN og LN), beregnet porøsitet og seismisk hastighet.</i>	<i>9</i>
<i>Figur 4. Fb 30-11. Temperatur, ledningsevne, pH og Eh,.....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 5. Netto strømning i Fb 30-11.....</i>	<i>11</i>
<i>Figur 6. Fb 30-11. Sprekkestereogram over observerte sprekker.</i>	<i>12</i>
<i>Figur 7. Rosediagram for observerte 26 sprekker i Fb 30-11.</i>	<i>12</i>
<i>Figur 8. Rosediagram for 42 mineraliserte foliasjonssprekker, Fb 30-11.</i>	<i>13</i>
<i>Figur 9. Fb 30-11. Sprekkefrekvenshistogram over indikerte sprekker.....</i>	<i>14</i>
<i>Figur 10. Tolket bilde fra OPTV 59.5 – 60. 5 m. Åpen sprekk ved 60 m.</i>	<i>15</i>
<i>Figur 11. Tolket OPTV-bilde, 81 -84 m. Noe oppsprukket porøst fjell mellom 81.5 og 82.3 m. 16</i>	
<i>Figur 12. OPTV-opptak fra ulike nivåer i Fb 30-11. Porøst fjell ved 38-41 m(venstre), skifrig fjell ved 58-61 m med åpen sprekk ved 60 m (midten) og skifrig fjell under vannspeilet ved 70-73m (høyre).</i>	<i>17</i>
<i>Figur 13. Fb 30-11. Borehullsforløp. Vertikalprojeksjon (øverst) og retning (nederst).</i>	<i>18</i>
<i>Dyp og avvik er angitt i meter.</i>	<i>18</i>
<i>Figur 14. Bilder fra logging i Fb-25-59, Østre Hommelvik.....</i>	<i>19</i>

<i>Figur 15. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet (SN og LN), beregnet porøsitet og lydhastighet i Fb 25-59.</i>	<i>20</i>
<i>Figur 16. Fb 25-59. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.</i>	<i>21</i>
<i>Figur 17. Netto strømming i Fb 30-11.</i>	<i>22</i>
<i>Figur 18. Fb 25-59. Sprekkestereogram over observerte sprekker.</i>	<i>23</i>
<i>Figur 19. Rosediagram for 31 observerte sprekker i Fb 25-59.</i>	<i>23</i>
<i>Figur 20. Fb 25-59. Sprekkefrekvenshistogram og seismisk hastighet.</i>	<i>25</i>
<i>Figur 21. Fb 25-59. Borehullsforløp. Vertikalprojeksjon (øverts) og retning (nederst).</i>	<i>26</i>
<i>Dyp og avvik er angitt i meter.</i>	<i>26</i>
<i>Figur 22. Poretrykksmålinger i Fb 30-11 i perioden 18.07.2009 – 16.01.2010. (kilde: JBV, v/ Torun Rise).</i>	<i>28</i>

TABELLER

Tabell 1. Borehullsdata for Fb 30-11 og Fb 25-59, Gjevingåsen.	6
Tabell 2. Målte parametre.	6
Tabell 3. Strøk og fall beregnet ved ulike dyp i Fb 30-11.	13

DATABILAG

Databilag 1: Data over indikerte sprekker i Fb 30-11.	30
Databilag 2: Data for borehullsforløp, Fb 30-11.	31
Databilag 3: Data over indikerte sprekker i Fb 29-59.	33
Databilag 4: Data for borehullsforløp, Fb 29-59.	34

1. INNLEDNING

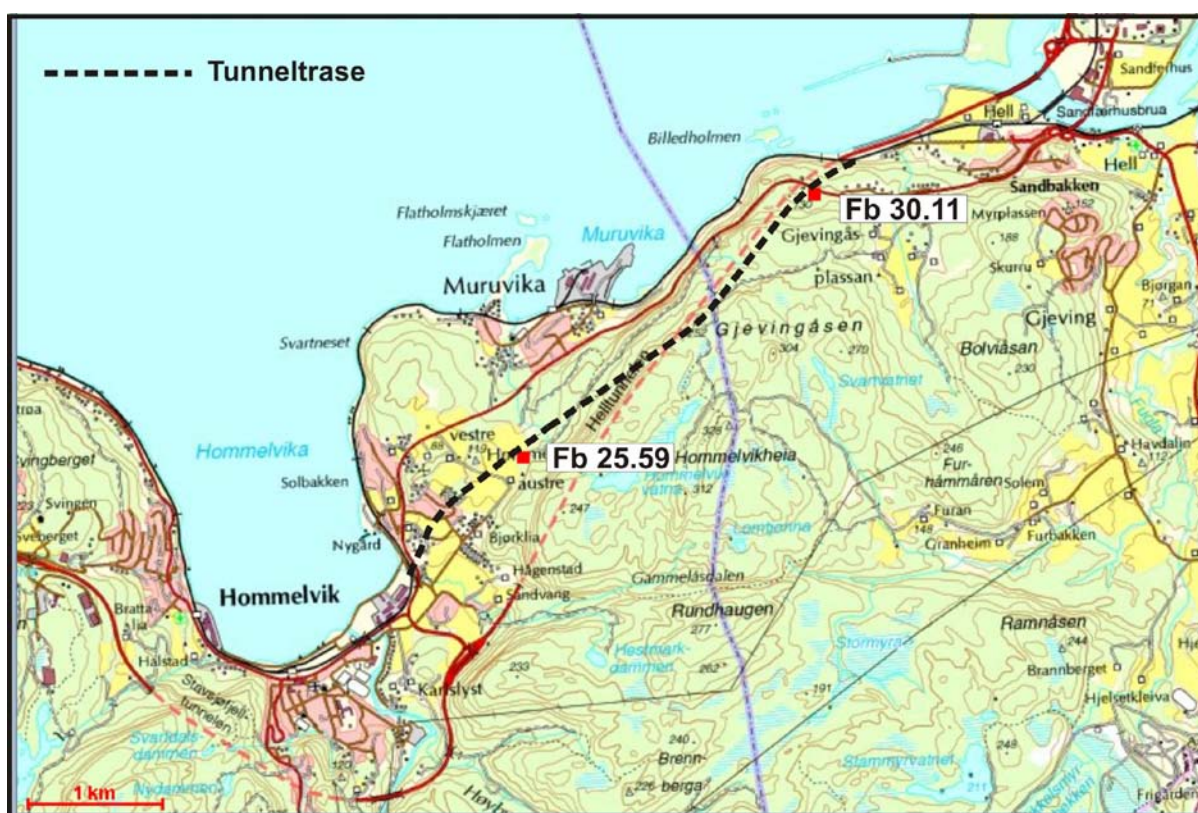
I forbindelse med at Jernbaneverket bygger ny jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell gjennom Gjevingåsen, har NGU logget to brønner langs tunneltraseen. Brønnene var boret i november 2008 for å overvåke grunnvannsstanden etter hvert som tunnelen ble drevet framover. I den ene brønnen har grunnvannsnivået sunket betydelig uten at det er påvist noen spesiell grunn. Det har ikke vært påvist spesielle lekkasjer i tunnelen. Hensikten med loggingen var å se om årsaken til grunnvannssenkingen kunne finnes.

Det er logget med optisk og akustisk televiewer og målt resistivitet i fjell, seismisk hastighet, temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, strømning og vannkvalitet.

Målingene ble utført i tiden 14.12.2009 - 16.12.2009 av Harald Elvebakk.

2. LOKALITET

Figur 1 viser et oversiktskart med lokalisering av de to brønnene, Fb 20-11 og Fb 25-59. Tabell 1 viser borehullsdata. Bergartene i området er grågrønn leirskifer/sandstein.



Figur 1. Oversiktskart med plassering av Fb 30-11 og Fb 25-5, Gjevingåsen.

Tabell 1. Borehullsdata for Fb 30-11 og Fb 25-59, Gjevingåsen.

Lokalitet	Nord wgs 84	Øst wgs 84	Sone	høyde m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (cm)	Dyp (m)	Boring avsluttet
Fb 30-11	7036205	593386	32V	100	14.12.09	80 ⁰	11.5	93	Nov,2008
Fb 25-59	7034287	591277	32V	80	15.12.09	80 ⁰	11.5	79	Nov,2008

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Det er benyttet loggeutstyr produsert av Robertson Geologging ltd.
(<http://www.geologging.com>).

Tabell 2 viser målte parametre.

Tabell 2. Målte parametre.

Målt parameter	Loggehastighet	Samplingstetthet
Temperatur	3 m/min	1 cm
Ledningsevne i vann	3 m/min	1 cm
Resistivitet i fjell, porøsitet	5 m/min	1 cm
Lydhastighet, P- og S-bølge	4 m/min	20 cm
Naturlig gammastråling	5 m/min	1 cm
pH, Eh	3 m/min	1 cm
Borehullsavvik	1 m/min	1 m
Optisk televiwer	1 m/min	1 mm
Akustisk televiwer	3 m/min	1 mm
Strømningsmåling	5 m/min	1 cm

Vannstanden i Fb 30-11 var på 63.6 m dyp. Over dette nivået er det kun logget med optisk televiwer og målt temperatur. De øvrige logger krever vannfylte hull, og det er logget ned til ca 90 m.

I Fb 25-59 er alle logger gjort fra ca 6 m ned til 79 m. I denne brønnen ble det logget med akustisk televiwer i stedet for optisk. Grunnen til det var tekniske problemer. Dette var løsbare problemer, men på grunn av problematisk adkomst til hullet ble det i samråd med JBV bestemt ikke å gjøre logging med optisk televiwer i denne omgang. Akustisk televiwer gir i utgangspunktet samme tolkningsmuligheter, men en ser ikke den detaljerte geologien på samme måte som ved optisk. Med hensyn til den aktuelle problemstillingen ser en i ettertid at det hadde vært nyttig med optisk televiwer.

Metodebeskrivelser for de ulike målesondene ligger på NGU's hjemmesider på følgende link:
<http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Borehullsgeofysikk/>

4. RESULTATER

4.1 Målte parametre

Rapporten presenterer sammenstilte data som kurveplott for de målte parametre, temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet og lydhastighet. Endringer i temperatur og ledningsevne kan indikere sprekker med vanninnstrømning.

Naturlig gammastråling viser endringer i geologien og er forskjellig for ulike bergarter. Endringer skyldes oftest varierende innhold av kalifeltspat (K^{40}), men innhold av uran og thorium vil også påvirke strålingen. Det er total gammastråling som måles og enheten cps er i API-standard, og data kan sammenlignes med andre data målt med samme standard.

Resistiviteten måles med to forskjellige konfigurasjoner, SN (Short Normal) og LN (Long Normal). SN måler resistiviteten i borehullsveggenes umiddelbare nærhet, mens LN beregner resistiviteten noen desimeter ut fra borehullet. Resistivitetsdata er korrigert for vannets ledningsevne i borehullet, borehulldiameter og sondens størrelse (diameter) (Thunhead 2004). Lav resistivitet kan bety oppsprukket fjell (økt porøsitet og vanninnhold). Leire og ledende mineraler gir også lav resistivitet.

Den beregnede porøsiteten er ikke en eksakt størrelse. Det er en relativ størrelse beregnet med en modifisert versjon av Archie's lov ut fra målt fjellresistivitet og ledningsevne i porevannet (Archie 1942). Porøsiteten Φ kan finnes ut fra følgende sammenheng:

$$\sigma = a \cdot \sigma_w^k \cdot \Phi^m + \sigma_s$$

der

σ = bergartens ledningsevne

σ_w = ledningsevne i porevannet

σ_s = overflatekonduktivitet

Faktorene a , m og k (kornform, sementeringsfaktor) er avhengig av bergartstype og bestemmes ved laboratoriemålinger. Archie's lov er egentlig tilpasset homogene sedimentære bergarter (sandstein) men ved å tilpasse (måle) faktorene kan en relativ porøsitet også beregnes for andre bergarter. En stor feilkilde ved denne tilpassningen vil være tilstedeværelsen av ledende mineraler (grafitt, sulfider, leire).

Lydhastigheten beregnes både for P-bølger og S-bølger. Det er gjort full "wave form" prosessering med programvaren WellCad fra ALT (Advanced Logic Technology). En nedgang i lydhastighet kan bety oppsprukket fjell.

Strømningsmåling er gjort for å kartlegge vertikal strømning i borehullet. En kan også se hvor en eventuell vannstrøm kommer inn, eller strømmer ut av hullet.

Optisk televiewer filmer innvendig borehullsvegg kontinuerlig nedover med en pixelstørrelse på 1 x 1 mm. Fra opptaket kan en digitalisere sprekker og geologiske strukturer. Data presenteres som sprekkestereogram, frekvenshistogram og rosedigram. Akustisk televiewer

gjør det samme som optisk televiewer, men det er et bilde basert på amplitude og gangtid til en lydimpuls som blir konstruert. Tolkningen forgår på samme måte som for optisk. Pixelstørrelsen er avhengig av valgt oppløsning og borehulldiameter, men ligger i størrelsesorden 1 x 1 mm ved høyeste oppløsning.

4.2 Resultater Fb 30-11

Figur 2 viser bilder fra Fb 30-11 på Gjevingåsen



Figur 2. Bilder fra logging av Fb 30-11, Gjevingåsen.

4.2.1 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydshastighet, Fb 30-11.

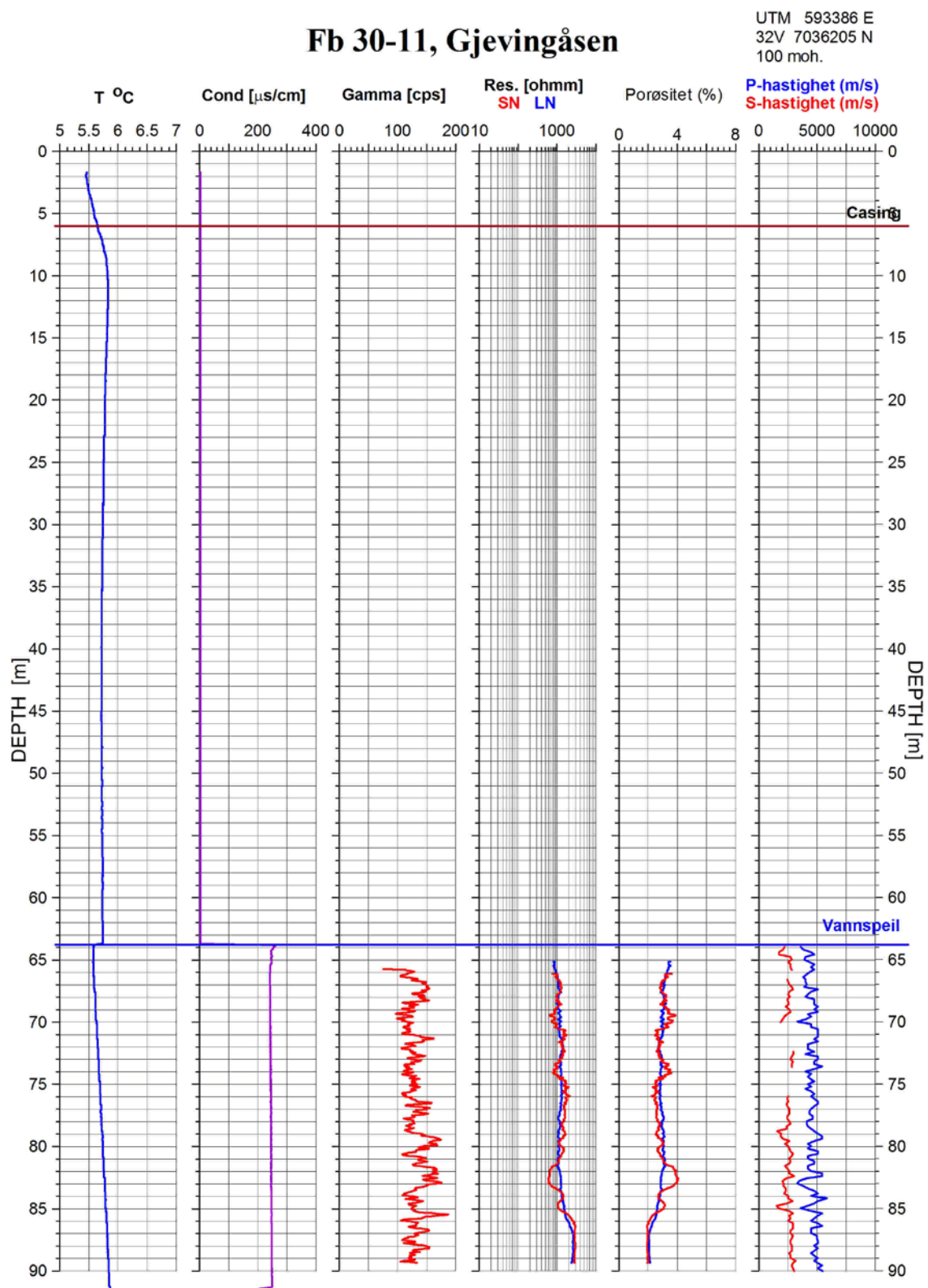
Figur 3 viser sammenstilt logg av temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet og seismisk hastighet. Som nevnt foran er det bare logget under grunnvannsspeilet.

Temperaturen er 5.9 °C i bunnen av hullet, og temperaturgradienten er 10.5 °C/km hvilket er svært lavt. Ledningsevnen i vann er normal, 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En ser ingen lokal endring av temperatur og ledningsevne som kan indikere sprekker med vanninnstrømning eller utstrømning. Gammastrålingen varierer noe rundt et nivå på ca 125 cps. Steder med forhøyede verdier kan skyldes ganger/bånd med økt feltspatinnhold.

Resistiviteten i fjell er generelt lav og konstant, 1000 – 1500 ohmm hvilket er lavt for skifer/sandstein. SN varierer mest og lokale nedganger i resistiviteten kan bety oppsprekking. Dette kan observeres ved 70 m, 74 m og 82-83 m. Årsaken til lav resistivitet er generelt høyt vanninnhold i bergarten, enten dette skyldes oppsprekking eller høy porøsitet av andre grunner (mikrosprekker). Ledende mineraler (sulfider) er en annen årsak. Da vannspeilet sto på 63.6 m kan ikke sprekker over dette dyp indikeres på resistivitetsloggen. Fra ca 86 m dyp øker resistivitet til ca 2500 ohmm og er konstant ned til bunnen. Dette tyder på mer massiv bergart i dette området.

Lydshastigheten, P-bølge, ligger i underkant av 5000 m/s. Den varierer noe, men tydelige lavhastighetssoner observeres ved 70, 83 og 85 m dyp og samsvarer bra med lav resistivitet.

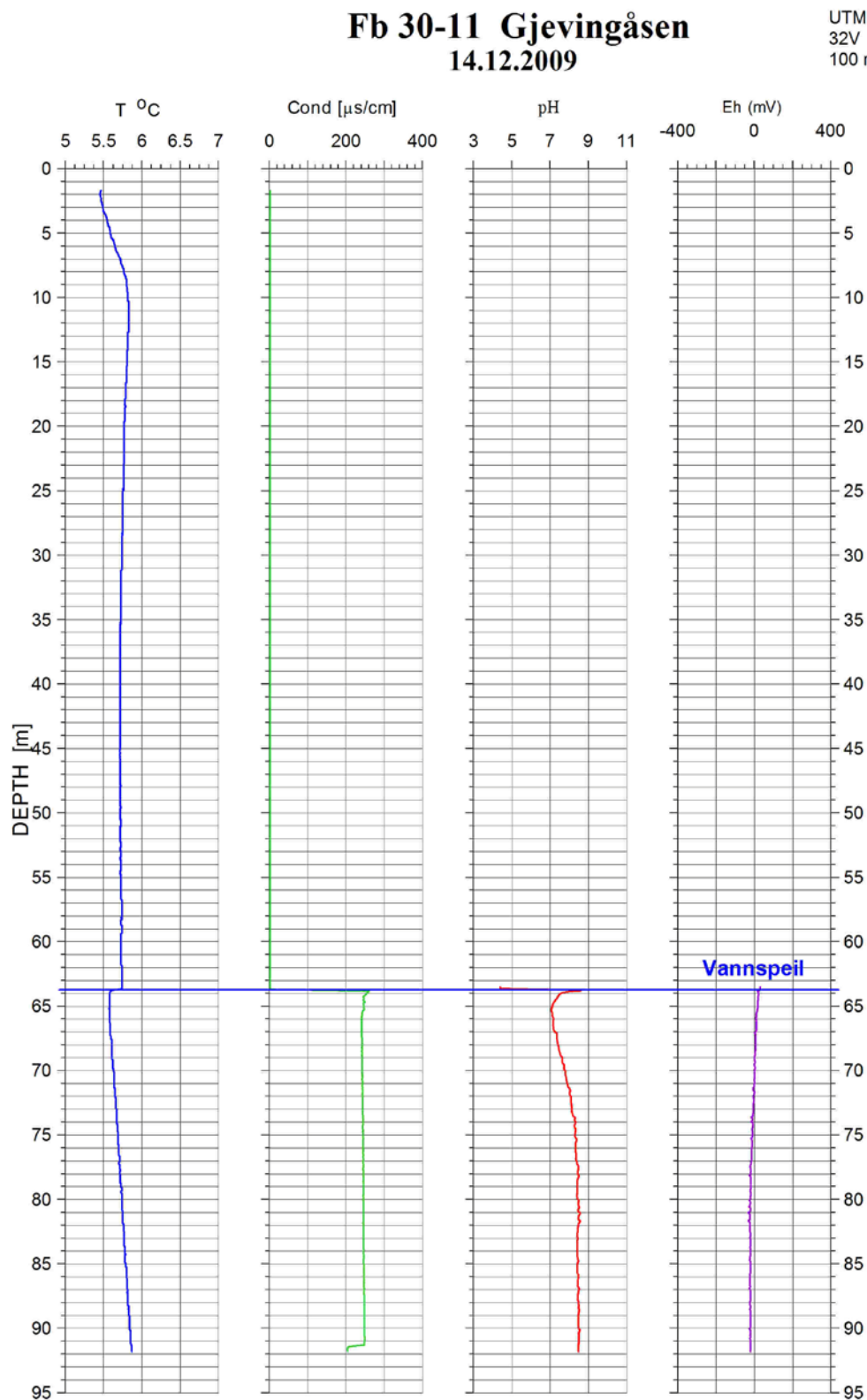
Fra 86 m øker hastigheten litt og varierer mindre. Det indikerer fastere fjell. S-bølgehastigheten ligger på ca 2500 m/s. Denne er stedvis vanskelig å prosessere.



Figur 3. Fb 30-11. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet (SN og LN), beregnet porøsitet og seismisk hastighet.

4.2.2 Vannkvalitet, Fb 30-11

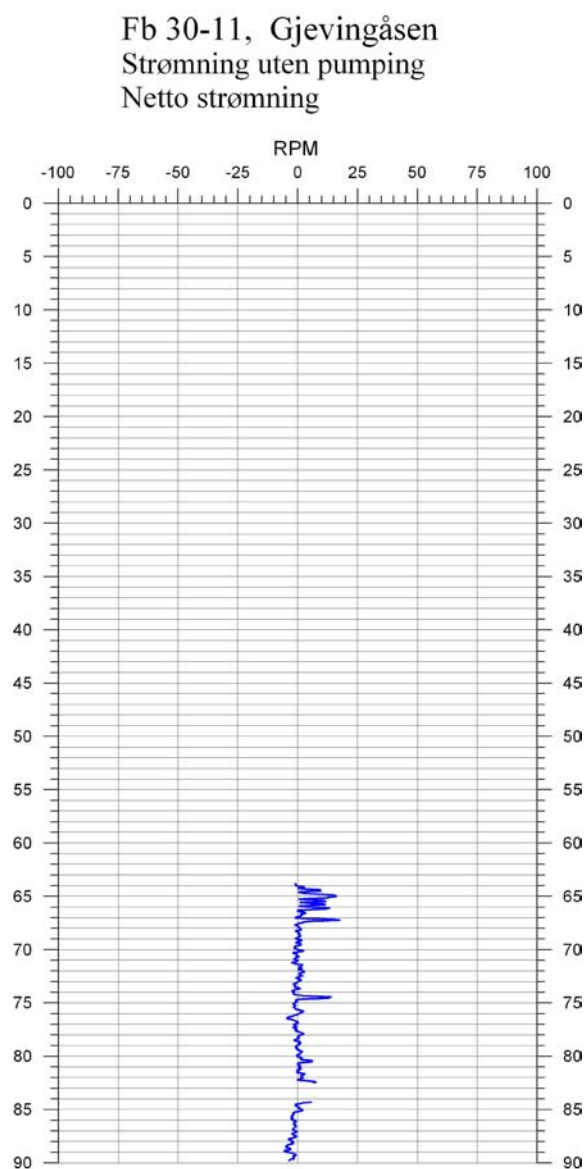
Figur 4 viser resultater fra vannkvalitetssonden, temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh. Ingen av disse parametre viser endringer som kan indikere oppsprekking eller vannførende sprekker.



Figur 4. Fb 30-11. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh,.

4.2.3 Strømning, Fb 30-11

Vertikal strømningsmåling ble gjort i den vannfylte delen av hullet. Det måles ned og opp med konstant hastighet, og netto strømning (turtall på målepropell) beregnes. Resultatet er vist i figur 5. Slike målinger kan ofte være befengt med støy på grunn av uregelmessig ned-/oppføring av sonden og grums og partikler i vannet som påvirker den meget følsomme propellen. Klare tendenser i økt eller minket turtall vil likevel observeres. Netto strømningstall for Fb 30-11 gir ingen indikasjoner på vertikal strømning i hullet. Data mangler mellom 82 og 84 m.

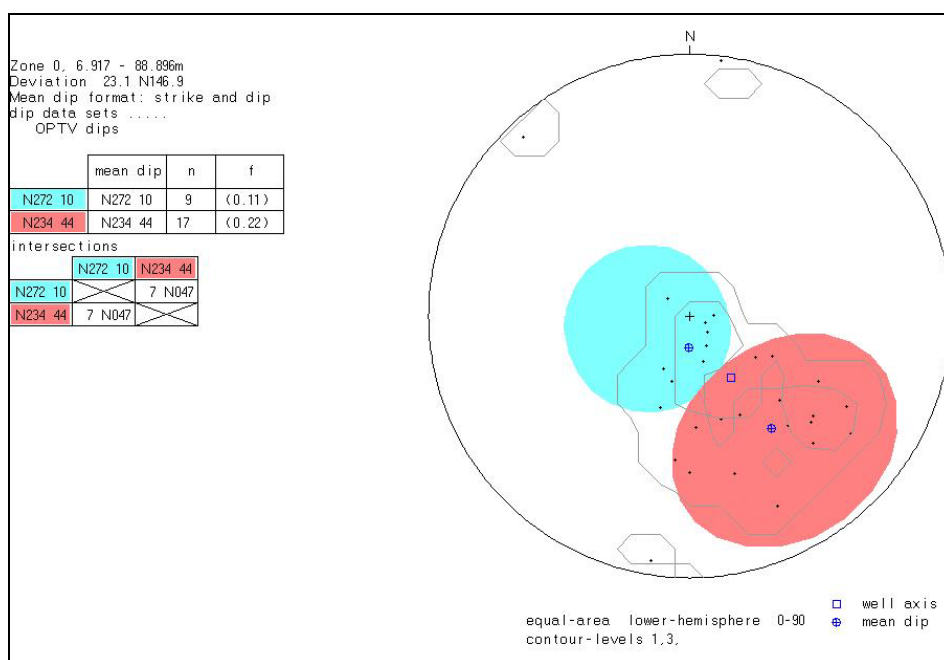


Figur 5. Netto strømning i Fb 30-11.

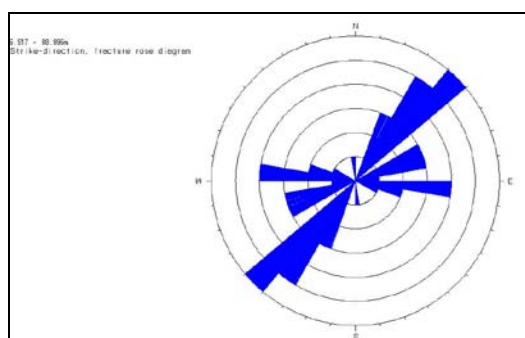
4.2.4 Optisk televiewer, Fb 30-11

Det ble logget med optisk televiewer i hele Fb 30-11. Den optiske televieweren er ikke avhengig av vannfylte hull, men bildene blir mye bedre om det er vann i hullet. Opptakene i Fb 30-11 er fullt tolkbare selv om bildekvaliteten ikke er helt bra. Skitt og støv kan legge seg på glasset foran kameraet. Dette gir vertikale striper på bildet. Dette ser en i Fb 30-11, både over og under vannspeilet på 63.6 m.

Opptakene i Fb 30-11 viser en skifrig bergart. Det er få primære sprekker å se, men bergarten er gjennomgått av tynne mineraliserte sprekker/bånd parallelt skiffrigheten i bergarten. Alle observerte sprekker er digitalisert med beregnet strøk og fall som er plottet i sprekestereogram i figur 6. Det er definert to sprekkegrupper (rød og blå). Gjennomsnittlig strøkretnings er vest (N272) og sørvest (N234) med fall mot sør (10°) og sørøst (44°). Tabellen på figuren viser gjennomsnittlig strøk og fall for de definerte gruppene. Databilag 1 viser detaljerte data for alle digitaliserte sprekker. Forklaring til tabellen i databilag 1 er gitt i brukerbeskrivelsen på NGUs hjemmeside, se link foran. Figur 7 viser rosedigram med strøkretningsen for de samme sprekkenes.



Figur 6. Fb 30-11. Sprekestereogram over observerte sprekker.



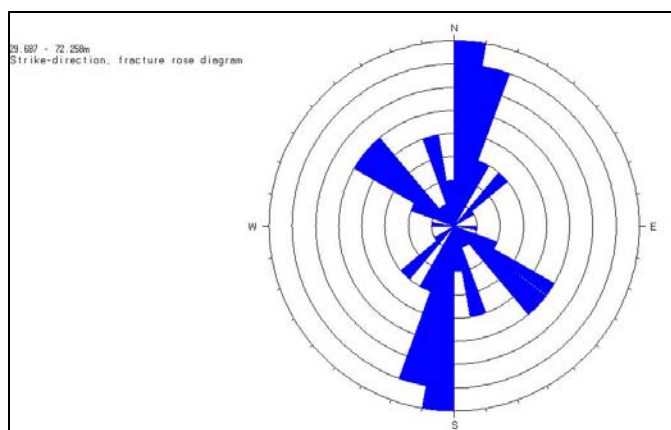
Figur 7. Rosediagram for observerte 26 sprekker i Fb 30-11.

Tabell 3 viser resultatet fra et utvalg digitaliserte mineraliserte foliasjonssprekker på forskjellig dyp. Dette avspeiler variasjon i bergartens strøk og fall (uthevet med rødt). Hovedstrøkretning er N-S.

Tabell 3. Strøk og fall beregnet ved ulike dyp i Fb 30-11.

No.	Dev	Azim	TOP	BASE	DATA	Str	Dip	n	Str	Dip	n
1	24.0	135.9	29.69	32.25	12	0	0	0	21	10	12
2	24.7	151.7	49.79	54.06	14	138	13	14	0	0	0
3	25.8	156.8	69.89	72.26	17	189	17	16	0	0	0

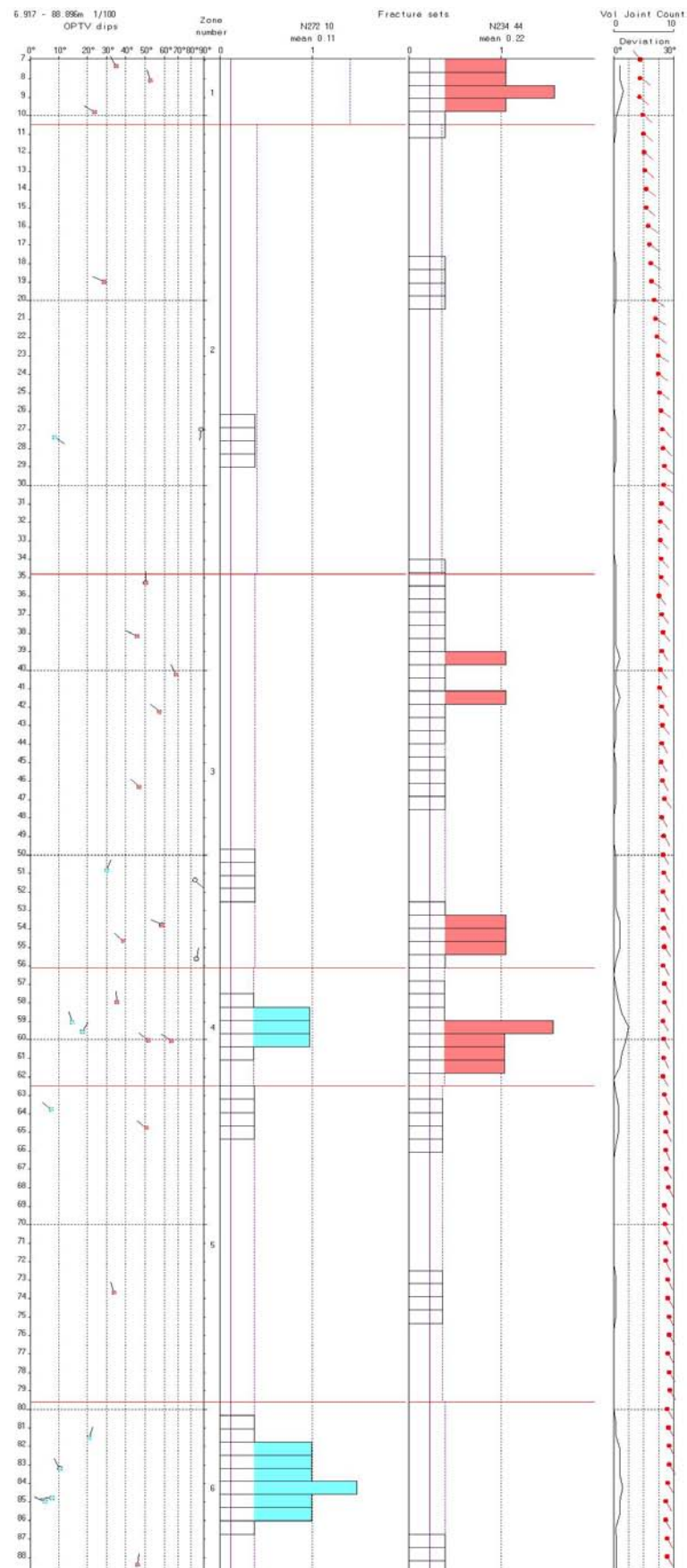
Figur 8 viser rosediagram for utvalget av mineraliserte foliasjonssprekker vist i tabell 3.



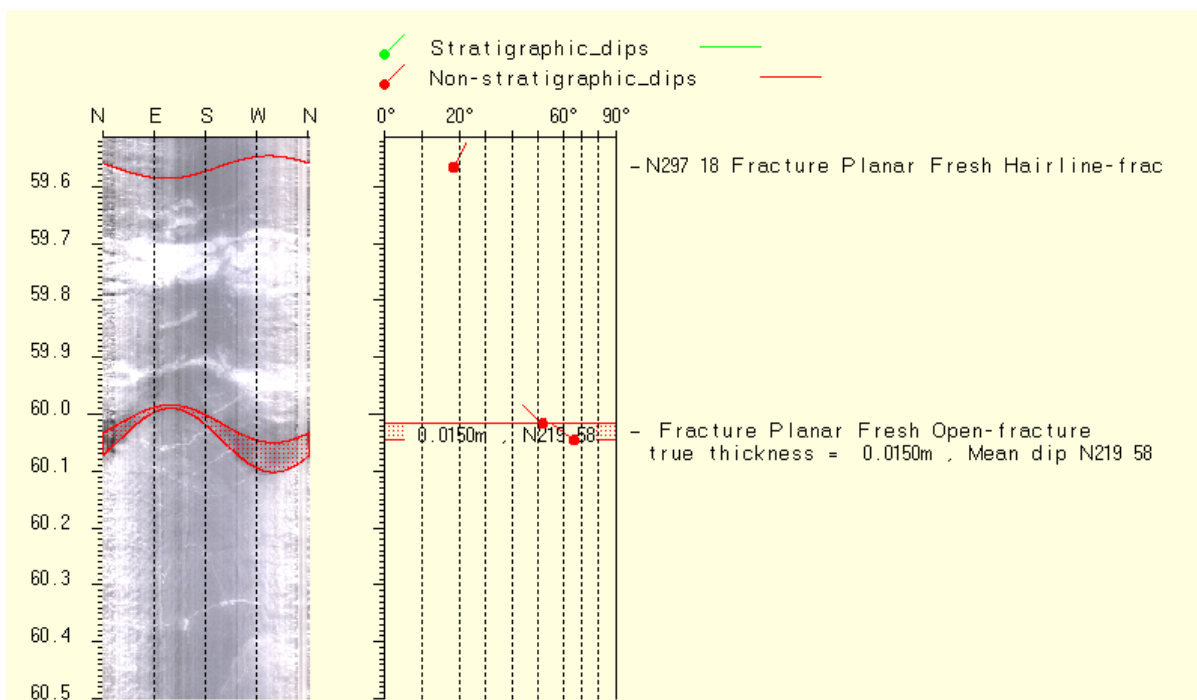
Figur 8. Rosediagram for 42 mineraliserte foliasjonssprekker, Fb 30-11.

Figur 9 viser sprekkefrekvenshistogram for Fb 30-11. Størst sprekkefrekvens indikeres ved 7-8 m, 40 m, 60 m og 83-84 m. Sonen ved 83-84 m faller sammen med lav resistivitet og lav P-bølgehastighet. På figuren vises også VJC (Volume Joint Count) som er summen av frekvensene, og borehullets forløp (vinkel og fallretning). Hullet er delt inn i 6 soner og data fra hver sone er vist i databilag 1.

En tydelig åpen sprekk observeres ved 60 m dyp. Figur 10 viser bilde av sprekken og hvordan den er digitalisert med beregnet strøk og fall. Gjennomsnittlig strøk og fall er N219 58. De røde pilene på plottet angir fallretningen, og angir et fall på 58° mot nordvest. Sprekken har en åpning på 1.5 cm.



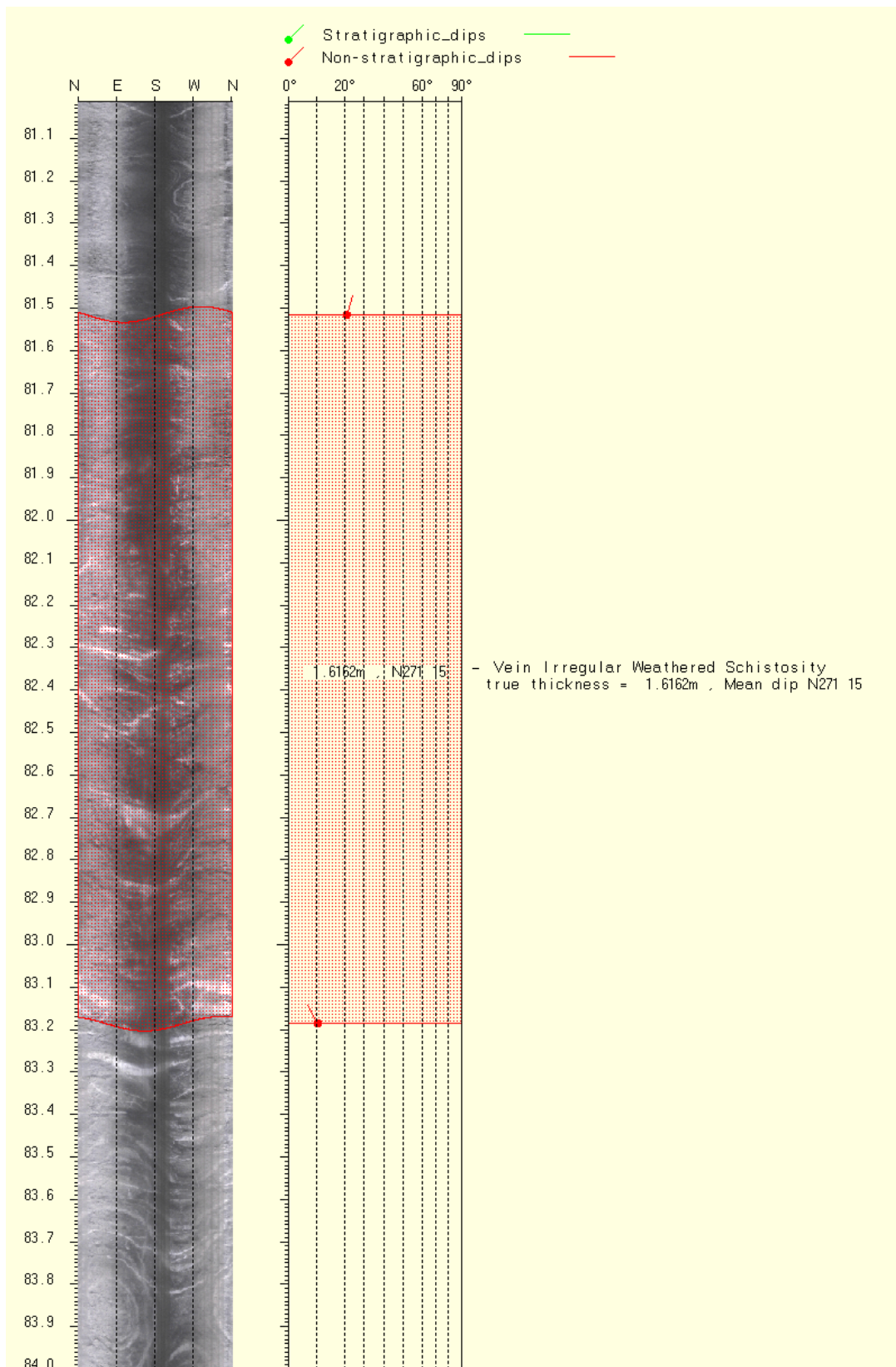
Figur 9. Fb 30-11. Sprekkefrekvenshistogram over indikerte sprekker.



Figur 10. Tolket bilde fra OPTV 59.5 – 60.5 m. Åpen sprekk ved 60 m.

Ved 82-83 m er det registrert en nedgang både i resistivitet og P-bølgehastighet. Optisk televiewer viser et område mellom 81.5 og 82.3 m med noe dårlig fjell, mer porøst, og oppsprukket. Det anbefales å studere vedlagte televieweropptak for å se dette bedre. Figur 11 viser et utsnitt av tolket logg mellom 81 og 84 m.

Figur 12 viser bilder fra tre ulike nivåer i borehullet, 38 – 41 m, 58 – 61 m og 70 – 73 m. Ved 38 – 41 er det et parti med en annen karakter enn den skifrige bergarten en ser ellers i borehullet. Gangen ser mer sprø og porøs ut. Ved 58 – 61 er det skifrig bergart med åpen sprekk ved 60 m (omtalt foran). Ved 70 -73 er det tydelig skifrig bergart med foliasjonsparallelle tynne mineraliserte sprekker. Dette bildet er under vannspeilet og viser forskjellen på opptak over og under vann.

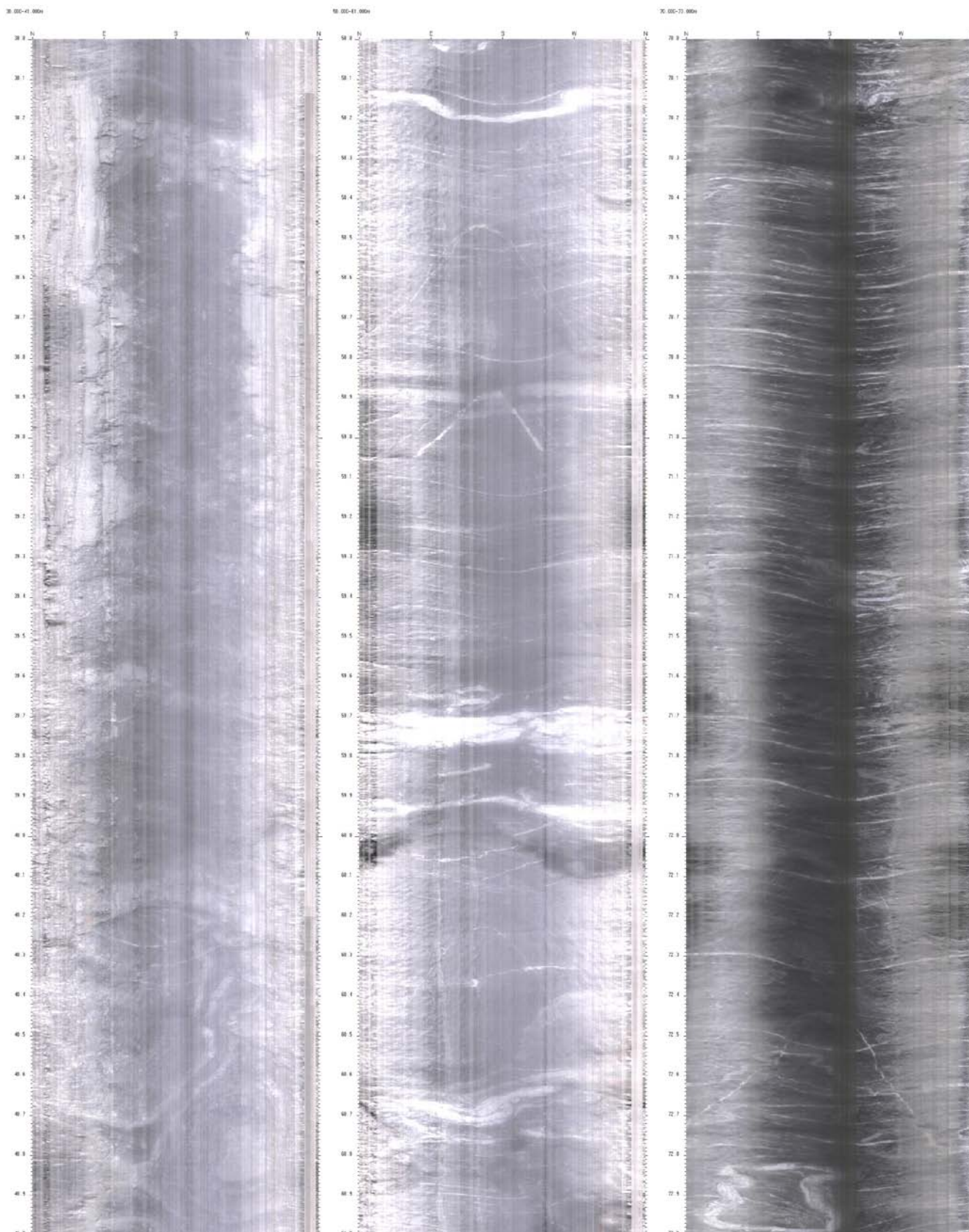


Figur 11. Tolket OPTV-bilde, 81 -84 m. Noe oppsprukket porøst fjell mellom 81.5 og 82.3 m.

38 – 41 m

58 – 61 m

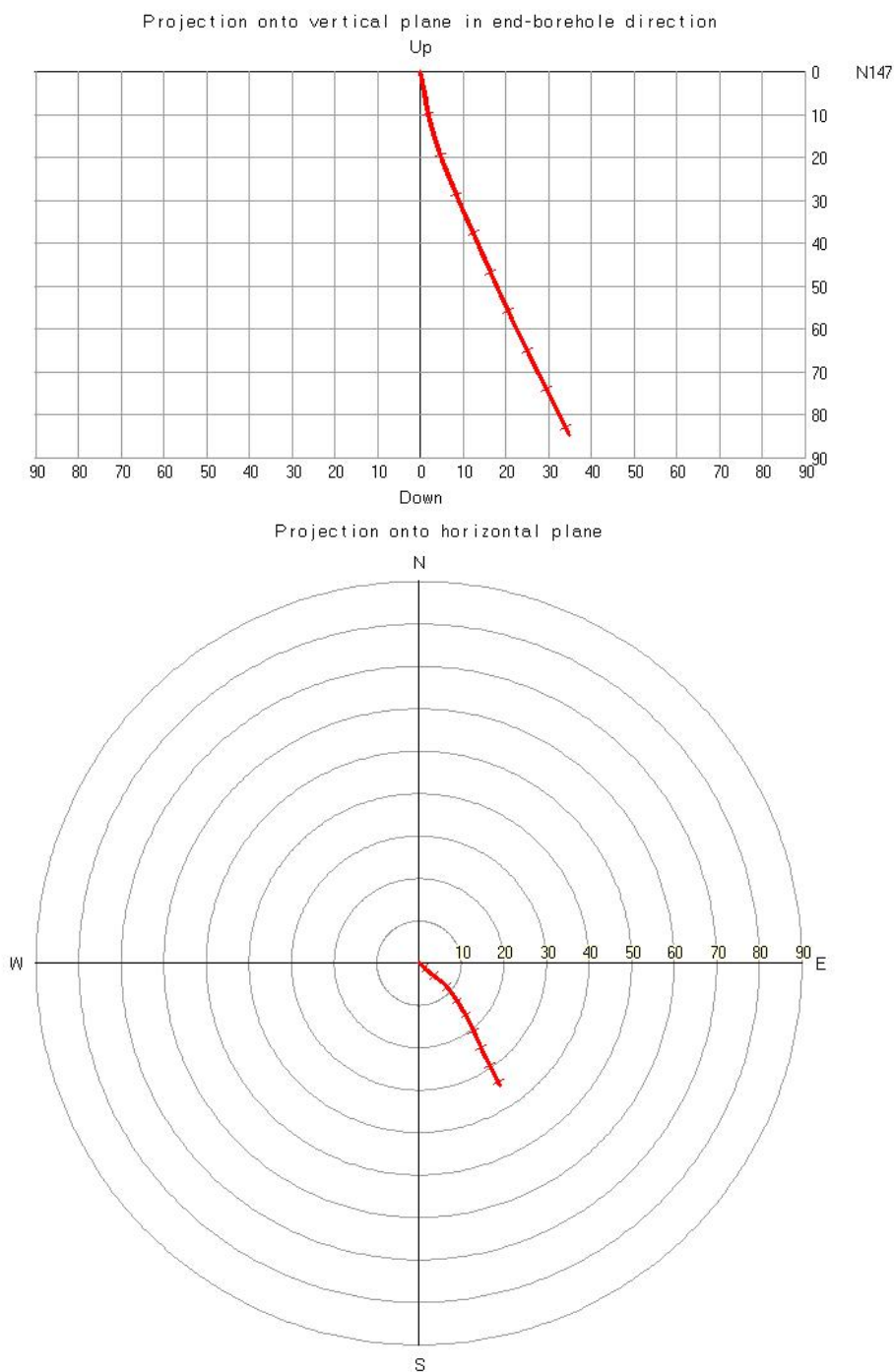
70 – 73 m



Figur 12. OPTV-opptak fra ulike nivåer i Fb 30-11. Porøst fjell ved 38-41 m (venstre), skifrig fjell ved 58-61 m med åpen sprekk ved 60 m (midten) og skifrig fjell under vannspeilet ved 70-73 m (høyre).

4.2.5 Borehullsavvik Fb 30-11

Figur 13 viser vertikal- og horisontalprojeksjon (retning) av borehullsforløpet, og databilag 2 viser avvikdata i tabellform. Hullets fallvinkel øker fra ca 12° ved overflaten til ca 27° i bunn. Hullretningen er sørøst. Forklaring på tabellen i databilag 2 er gitt på NGUs hjemmeside, se link foran.



Figur 13. Fb 30-11. Borehullsforløp. Vertikalprojeksjon (øverst) og retning (nederst). Dyp og avvik er angitt i meter.

4.3 Resultater Fb 25-59.

Figur 14 viser bilder fra logging i Fb 25-59. Brønnen var boret ved en skogsbilveg nord for gården Østre Hommelvik. Vannspeilet i denne brønnen sto på ca 6 m og hadde ikke endret seg etter avsluttet boring.



Figur 14. Bilder fra logging i Fb-25-59, Østre Hommelvik.

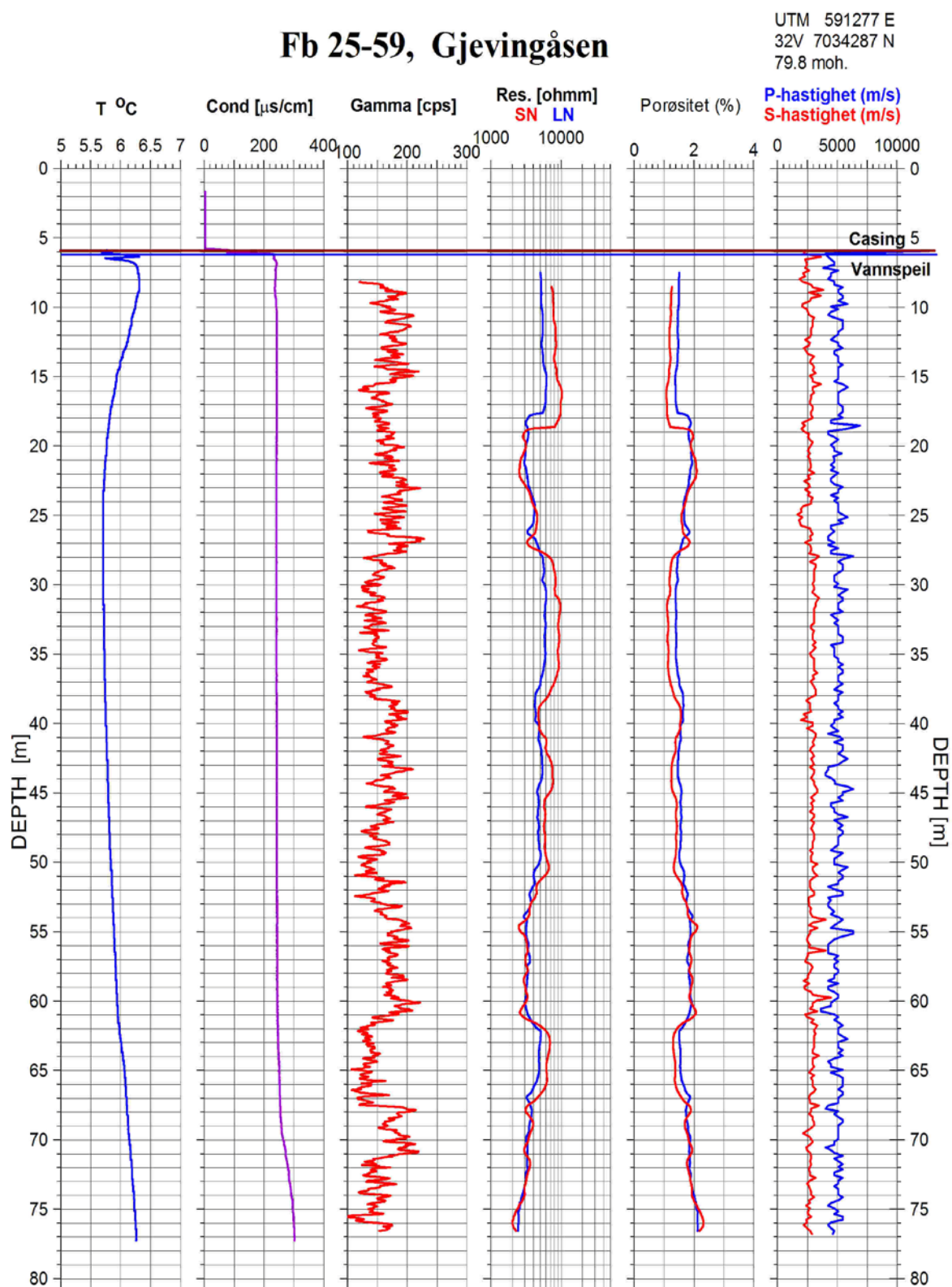
4.3.1 Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydshastighet, Fb 25-59.

Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydshastighet i Fb 25-59 er vist i figur 15. Bortsett fra en svak økning i vannets ledningsevne fra 68 m dyp viser temperatur og ledningsevne ingen indikasjoner på vannførende sprekker. Temperaturen i bunnen av hullet er 6.2 °C. Ledningsevnen i vannet er litt i overkant av 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hvilket er en normal verdi for bergarter i Trondheimsfeltet.

Gammastråling og resistivitet ser ut til å variere i takt langs hullet. Generelt er resistiviteten mye høyere i Fb 25-59 enn i Fb 30-11. Ved høy resistivitet er gamma lav og ved lav resistivitet går gammastrålingen opp. Resistiviteten er høy (5000 -10000ohmm) i flere nivåer, 0 – 18 m, 28 – 51 m og 62 – 67 m. Mellom disse nivåene er resistiviteten betydelig lavere, ca 3000 ohm som likevel er det dobbelte av resistiviteten i Fb 30-11. Det er tydelig at dette skyldes geologien og den mineralske sammensetningen av bergartene. Geologien i området er beskrevet som grågrønn leirskifer/sandstein. Trolig er det økende innslag av sandstein som gir høy resistivitet og lav gamma. Lav gamma i sandstein skyldes stort innhold av kvarts og lite feltspat. Høyt kvartsinnhold vil også gi høy resistivitet. Det er imidlertid ingen tydelig lavmotstandssoner som kan indikere oppsprukket fjell.

P-bølgehastigheten varierer rundt 5000 m/s langs hele hullet. En nærmere beregning viser en gjennomsnittlig hastighet på 5060 m/s i sonene med høy resistivitet og 4830 m/s i sonene med lav resistivitet. Dette stemmer med at sandstein har litt høyere P-bølgehastighet enn leirskifer. Soner med svak, men markert nedgang i P-bølgehastigheten, kan observeres ved

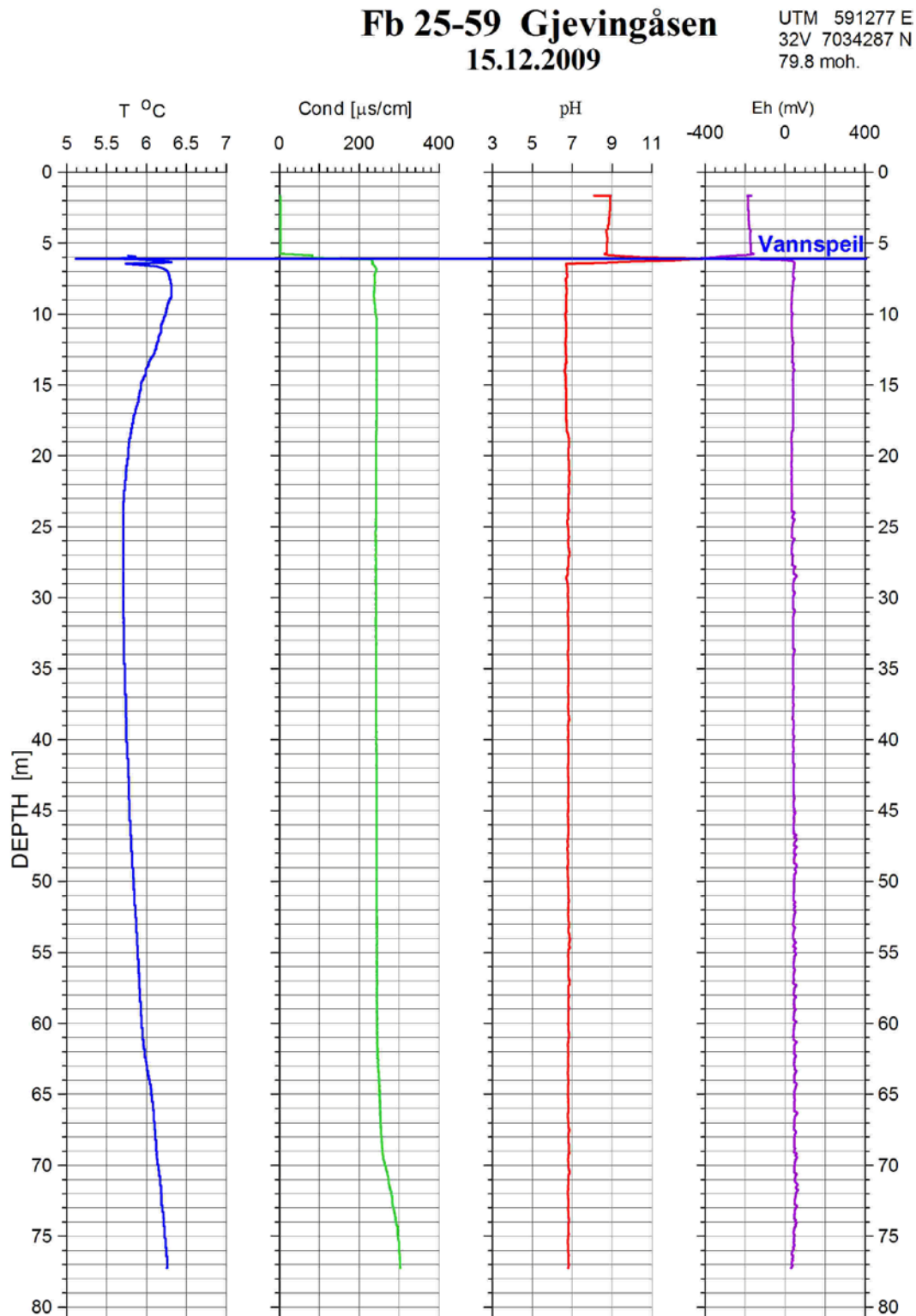
10-11 m, 26 – 28 m, 43 – 44 m, 61 m og 71 m. Disse soner kan observeres som sprekker på opptaket med akustisk televiewer, se senere.



Figur 15. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet (SN og LN), beregnet porøsitet og lydhastighet i Fb 25-59.

4.3.2 Vannkvalitet, Fb 25-59

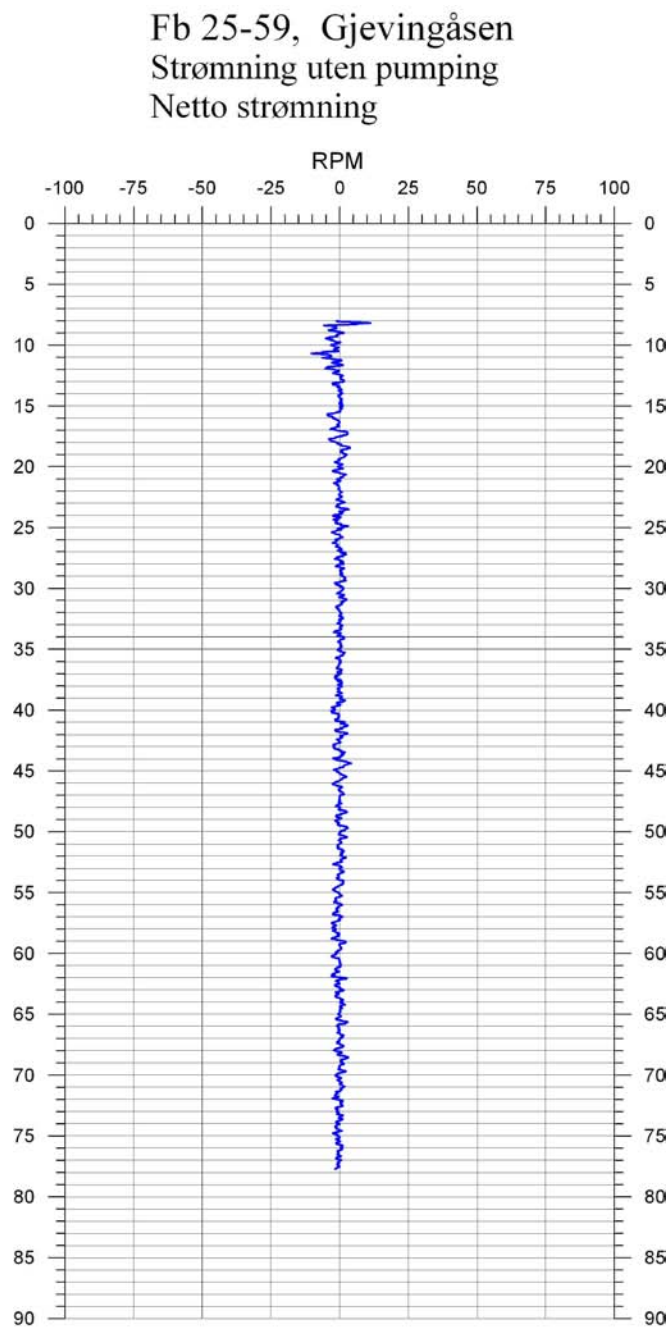
Figur 16 viser resultatet fra vannkvalitetssonden i Fb 25-59. Temperatur og ledningsevne i vann er omtalt foran. De øvrige parametere viser ingen endringer som kan tyde på oppsprekking og vanninnstrømning i hullet.



Figur 16. Fb 25-59. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

4.3.3 Strømning, Fb 25-59

Vertikal strømningsmåling ble gjort i den vannfylte delen av hullet. Det måles ned og opp med konstant hastighet, og netto strømning (turtall på målepropell) beregnes. Resultatet er vist i figur 17. Netto strømningstall for Fb 25-59 gir ingen indikasjoner på vertikal strømning i hullet, og dermed ikke på innstrømning/utstrømning av vann.

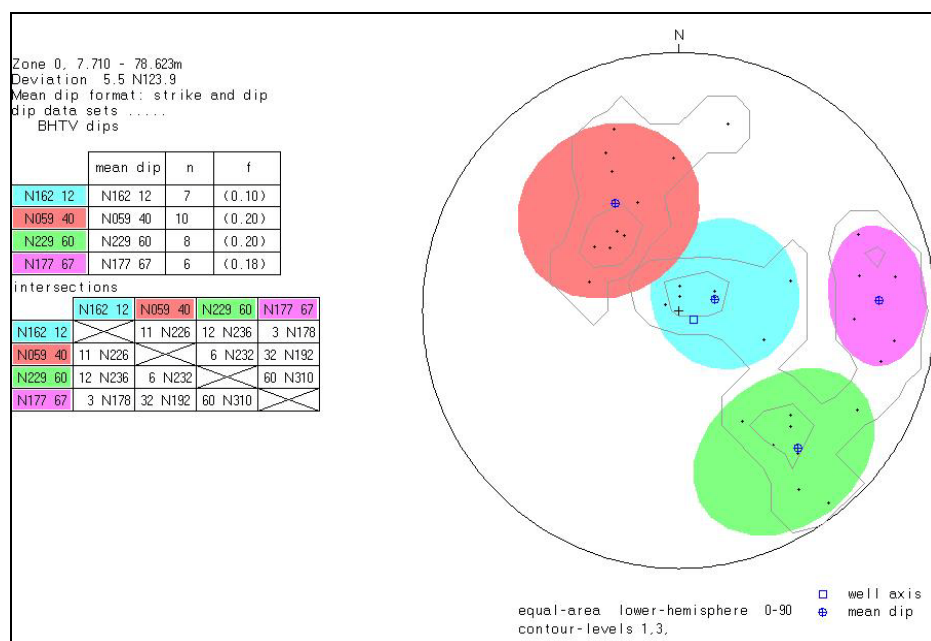


Figur 17. Netto strømning i Fb 30-11.

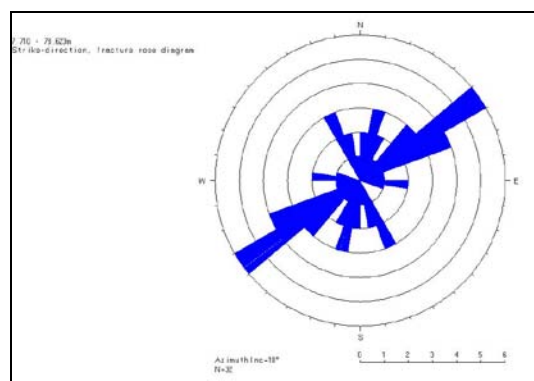
4.3.4 Akustisk televiewer i Fb 25-59

Forsøk på logging med optisk televiewer ble mislykket. Årsaken var sentraliseringsfjærer med for stor diameter, og sonden gled ikke ned i hullet. På grunn av vanskelig adkomst ble det i samråd med JBV valgt ikke å gjøre måling med OPTV i denne omgang. Dersom det er ønskelig kan slik logging gjøres på et senere tidspunkt. Det ble i stedet logget med akustisk televiewer. Her var diameteren på sentraliseringsfjærene litt for liten med den følge at sonden ikke ble sentralisert med påfølgende redusert datakvalitet. Uheldigvis var det valgt en borediameter som lå midt mellom de fjærer NGU har til rådighet. Opptaket var likevel tolkbart.

Figur 18 viser sprekkestereogram over indikerte sprekker i Fb 25-59. Det er stor spredning i både strøk og fall, se tabellen i figur 18. Ut fra visuell tolkning av opptaket er det ingen tydelige åpne sprekker. Databilag 3 viser detaljerte data for alle digitaliserte sprekker. Figur 19 viser rosediagram med sprekkenes strøkretning. Hovedretning er NØ-SV.



Figur 18. Fb 25-59. Sprekkestereogram over observerte sprekker.

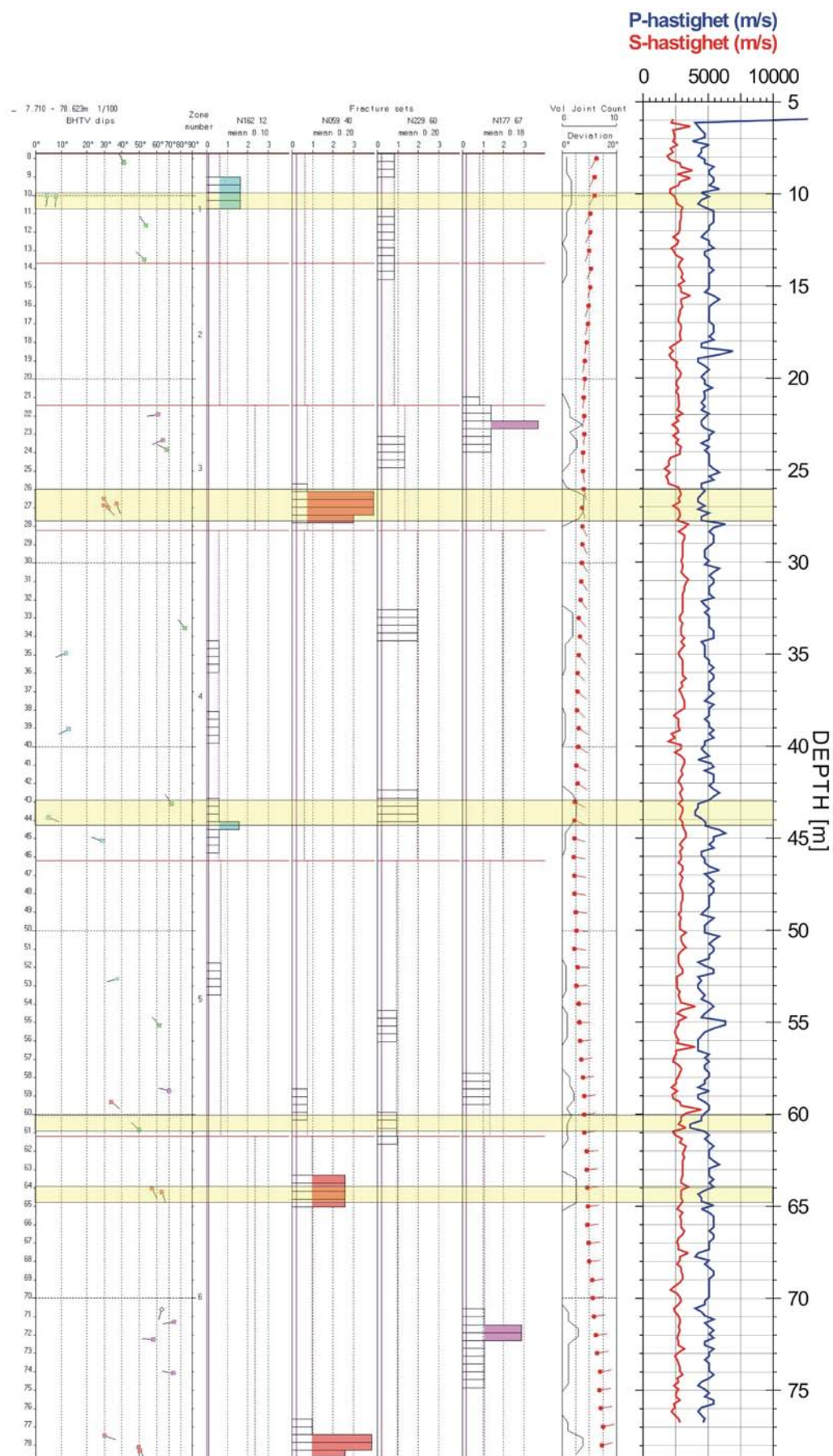


Figur 19. Rosediagram for 31 observerte sprekker i Fb 25-59.

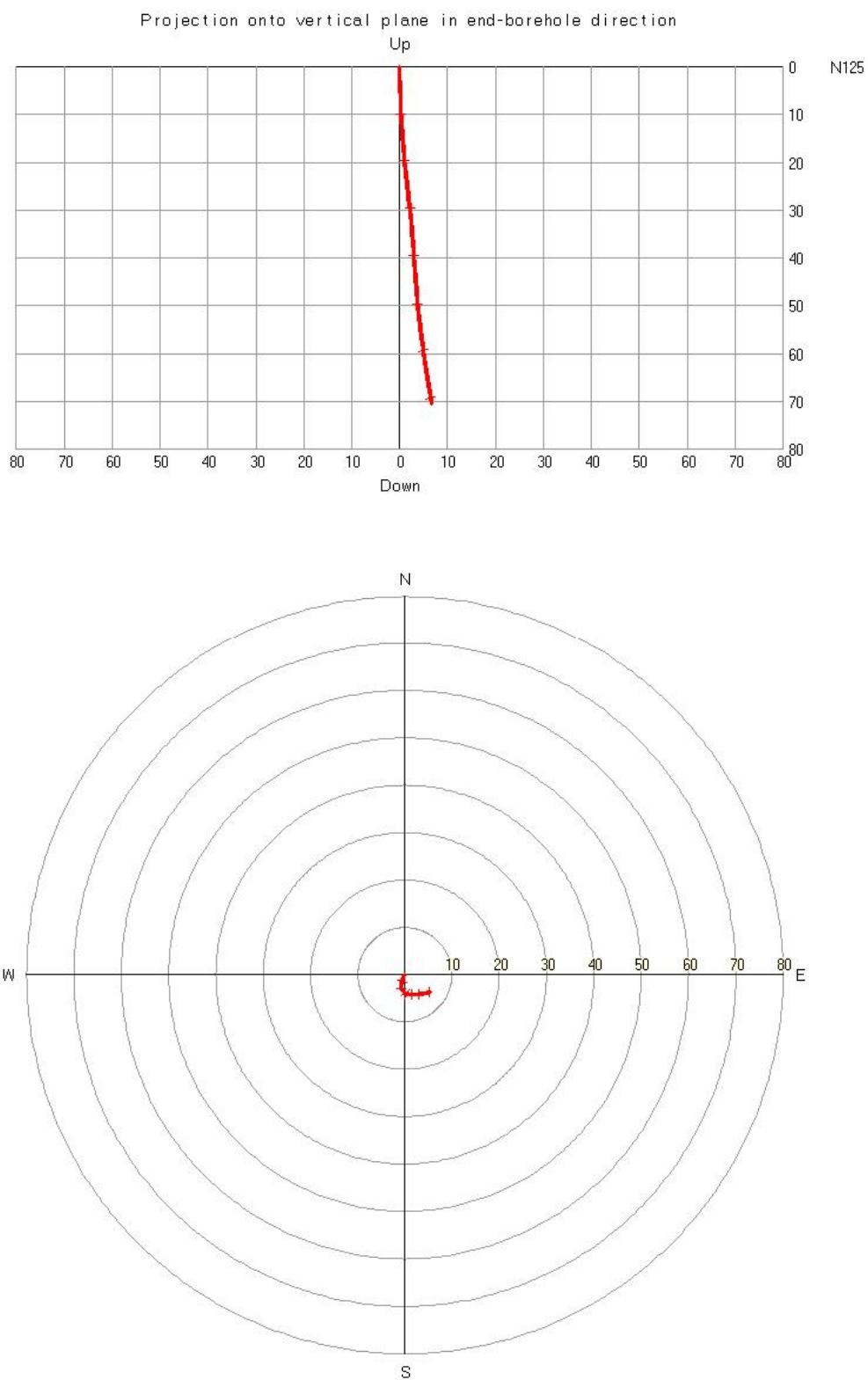
Figur 20 viser frekvenshistogram for indikerte sprekker i Fb 25-95. Til høyre på figuren er det plottet P- og S-bølgehastighet. Det er god korrelasjon med høy sprekkefrekvens og lav P-bølgehastighet. De gule feltene indikerer lav P-bølgehastighet. Som nevnt tidligere er det ingen indikasjoner på at dette er åpne, vannførende sprekker. Hullet er delt inn i 6 soner og data fra hver sone er vist i databilag 3.

4.3.5 Borehullsavvik FB 25-59

Figur 21 viser borehullsforløp for Fb 25-59. Det er lite avvik fra utgangsvinkelen. Borehullet går først mot sør, men dreier østover. Data for borehullsforløpet er vist i databilag 4. Forklaring på tabellen i databilag 4 er gitt på NGUs hjemmeside, se link foran.



Figur 20.Fb 25-59. Sprekkefrekvenshistogram og seismisk hastighet.



Figur 21. Fb 25-59. Borehullsforløp. Vertikalprojeksjon (øverts) og retning (nederst). Dyp og avvik er angitt i meter.

5. DISKUSJON

I forbindelse med at Jernbaneverket bygger ny jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell gjennom Gjevingåsen, har NGU gjort geofysisk logging i to brønner, Fb 30-11 og Fb 25-59, langs tunneltraseen. Brønnene var boret i november 2008 for å overvåke grunnvannsstanden etter hvert som tunnelen ble drevet framover. I den ene brønnen, Fb 30-11, har grunnvannsnivået sunket betydelig uten at det er påvist noen spesiell grunn. Det har ikke vært påvist spesielle lekkasjer i tunnelen. NGU har gjort geofysisk borehullslogging og optisk/akustisk televiewer i brønnene for å se om årsaken til grunnvannssenkingen kunne finnes.

Da de fleste logger må gjennomføres i vannfylte hull, fikk en lite data over grunnvannsspeilet i Fb 30-11 hvor vannspeilet var sunket til 63.6 m (dyp langs hullet og 59.5 m vertikalt). Optisk televiewer ble logget i hele hullet.

Begge brønnene er generelt lite oppsprukket. Ut fra optisk televiewer i Fb 30-11 ser bergarten ut til å være svært skifrig med mange foliasjonsparallelle mineraliserte sprekker. En tydelig åpen sprekk ble observert ved 60 m dyp. Da en mangler optisk televiewer i Fb 25-59 kan en ikke si noe om skifriheten i denne brønnen. Skifrihet er vanskelig å se på den akustiske loggen.

Ut fra resistivitetsloggen er det imidlertid en vesensforskjell på de to brønnene. I Fb 30-11 på Gjevingåsen er resistiviteten i bergarten forholdsvis lav (1000 – 1500 ohmm), hvilket skulle tilsi noe porøs/oppsprukket bergart. I Fb 25-59 er resistiviteten betydelig høyere (3000 – 8000 ohmm). Dette indikerer lite oppsprukket/massiv bergart. På grunn av at en ikke fikk målt optisk i 25-59 kan en ikke få bekreftet dette. Gammalogg og resistivitet indikerer trolig vekslende lagpakker av leirskifer og sandstein. Den påviste skifriheten i Fb 30-11 kan føre til en mer porøs bergart med større vanninnhold enn en massiv bergart. Dermed vil resistiviteten gå ned. Ut fra gammalogg og P-bølgehastighet er det ikke sandsteinslag i Fb 30-11 (under vannspeilet).

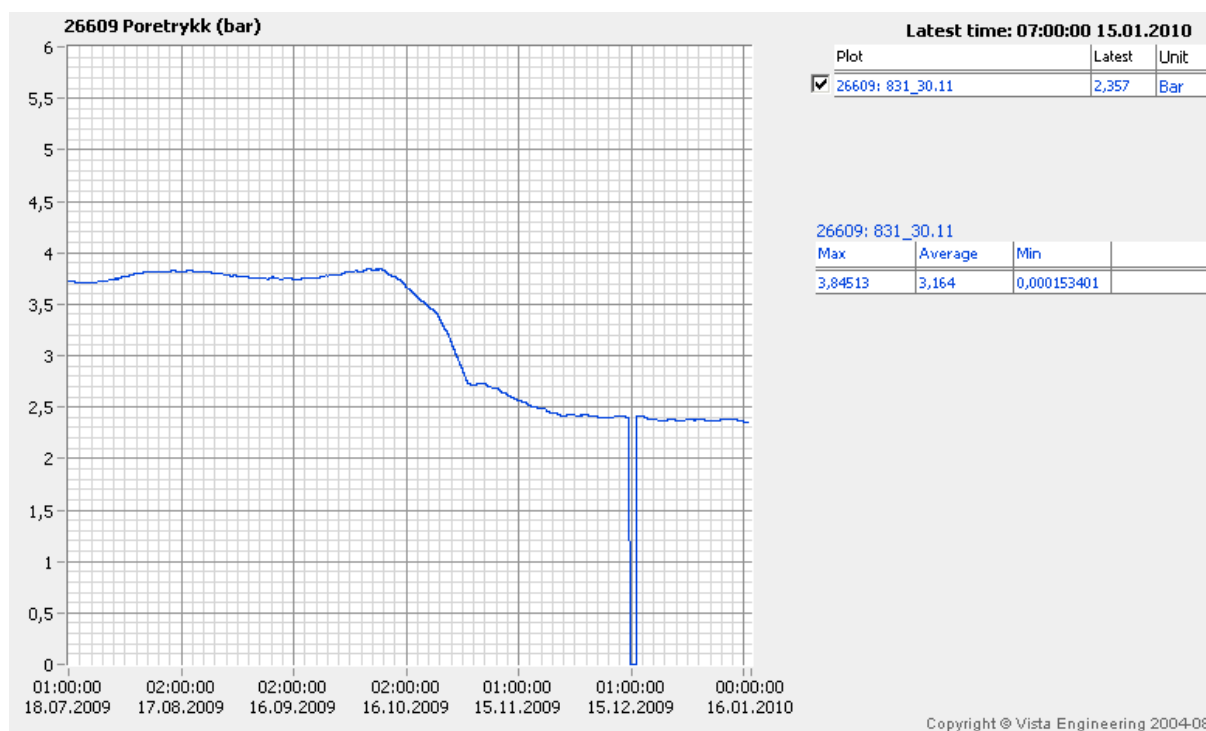
Strømningsmåling i begge brønner viste ingen vertikal strøm i noen av brønnene. Det var heller ingen indikasjon på inn- eller utstrømning av vann i brønnene.

Jernbaneverket har logget poretrykk i begge brønnene etter boring for å følge med vannstanden. I Fb 25-59 har vannstanden ikke endret seg fra boring fram til midten av januar 2010. I Fb 30-11 sank vannstanden betydelig (ca 14 m) fra ca 15.10.2009 til ca 15.11.2009, se figur 22, som viser utskrift fra Jernbaneverkets målinger. Nedgangen 15.12.2009 skyldes fjerning av trykksensoren under logging. Det er ikke observert lekkasjer i tunnelen.

Det er ikke uvanlig at grunnvannsstanden i fjellbrønner synker om vinteren. Nedbørsfattig høst forsterker effekten. Det var svært lite nedbør i perioden 15.10.2009 – 15.12.2009. Dette kan ha påvirket grunnvannsstanden. Hvis dette er årsaken til nedgangen vil vannstanden stige til våren (snøsmelting).

En annen mulig årsak er at borehullet har truffet vannførende sprekkesoner som drenerer hullet og kan ha utgående på et lavere nivå. Det er bratt ned mot sjøen nord og vest for borehullet. Det er oppdaget en delvis åpen sprekkesone på ca 60 m dyp altså over grunnvannsnivået på 63.6 m. JBV opplyser at det ikke er oppdaget spesielle lekkasjer i tunnelen under fremdriften.

Den lave resistiviteten i Fb 30-11 tyder på noe høy porøsitet og høyt vanninnhold i fjellet. Dersom tunnelen skjærer gjennom vannholdig fjell (uten spesielle sprekkesoner), kan en tenke seg små innlekkasjer i en viss lengde av tunnelen som kan være vanskelig å se. Noe vann vil det jo alltid være i fjellet. Dersom dette er tilfelle kan det trolig føre til en senking av grunnvannsspeilet. NGU har ikke opplysninger om grunnvannsstanden ved start boring av Fb 30-11 og således heller ikke om det har vært en senking før 18.07.09 (figur 22). Det bør være mulig å sammenstille poretrykksmålingene med framdriften av tunnelen for å se hva som skjer når tunnelen nærmer seg borehullet.



Figur 22. Poretrykksmålinger i Fb 30-11 i perioden 18.07.2009 – 16.01.2010.(kilde: JBV, v/ Torun Rise).

Dersom det ikke er innlekkasjer i tunnelen er heller ikke tunneldriften årsaken til grunnvannssenkingen. I så måte er "vannveiene" i fjellet ikke forandret og en kan vanskelig tenke seg at senkingen av vannivået i borehullet har ført til en generell senking av grunnvannsnivået i området.

6. KONKLUSJON

I forbindelse med driving av ny jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell har NGU logget to overvåkningsbrønner langs tunneltraseen. Hensikten var å se om årsaken til en tydelig senking av grunnvannsnivået i den ene brønnen, på Gjevingåsen, kunne finnes. Det var ikke registrert lekkasjer i tunnelen som kunne settes i forbindelse med senket grunnvannspeil.

Det er logget temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet i fjell, seismisk hastighet og vertikal vannstrøm. Den ene brønnen ble logget med optisk televiewer, den andre med akustisk televiewer.

De utførte loggninger kan ikke gi noen sikker forklaring på hvorfor poretrykket har sunket i Fb 30-11. Resultatene viser at bergarten i Fb 30-11 på Gjevingåsen er tydelig skifrig med lav resistivitet. Den lave resistiviteten tyder på noe høy porøsitet og noe høyt vanninnhold. I Fb 25-59 ved Østre Hommelvik, er resistiviteten høy og ingen senking av grunnvannsspeilet er påvist. Dersom tunnelen skjærer gjennom en skifrig, vannholdig bergart kan det føre til innlekkasjer og senket grunnvannstand. Senket grunnvannssstand kan også skyldes at Fb 30-11 er drenert av åpne vannførende sprekkesoner. Det er påvist åpne sprekker med optisk televiewer. De øvrige logger gir ingen informasjon om årsak til grunnvannsenkingen. En tredje mulig årsak til senket grunnvannsnivå er naturlige variasjoner på grunn av kald vinter og lite nedbør.

7. REFERANSER

Advanced Logic Technology, 2006: WellCAD, FWS processing, version 4.1.

Archie, G.E., 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Petroleum Technology*, 5, 1422 – 1430.

Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips
K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole Fb 30-11
zone from 6.917 to 92.171 m
North ref is magnetic
Dip format: Dip-azimuth and Dip

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth Dev	Thickness
1	88.396	N006	46.2	1.000	3	A	2	88.366	88.426	0.115	152.03 26.11	0.0000
2	84.995	N295	5.2	0.995	4	A	2	84.971	85.018	0.115	153.89 25.96	0.1894
3	84.804	N268	7.6	1.000	3	A	2	84.779	84.829	0.115	153.36 26.00	0.0000
4	83.186	N330	10.5	1.000	3	A	2	83.169	83.203	0.115	151.46 26.95	1.6162
5	81.515	N016	21.2	1.000	3	A	2	81.496	81.533	0.115	154.90 27.55	0.0000
6	73.689	N343	34.0	0.988	4	A	2	73.681	73.697	0.115	156.52 26.39	0.0000
7	64.735	N309	50.7	0.995	5	A	2	64.702	64.768	0.115	158.56 26.28	0.0000
8	63.765	N312	7.4	0.981	4	A	2	63.745	63.786	0.115	158.05 25.71	0.0000
9	60.046	N306	65.3	0.977	6	A	2	59.990	60.102	0.115	155.66 25.24	0.0150
10	60.017	N311	51.7	0.945	5	C	2	59.984	60.050	0.115	155.09 25.20	0.0000
11	59.566	N027	18.3	0.955	4	B	2	59.546	59.586	0.115	156.00 24.90	0.0000
12	59.049	N344	14.8	1.000	3	A	2	59.039	59.060	0.115	155.54 24.75	0.0000
13	57.975	N357	35.2	0.994	4	A	2	57.960	57.991	0.115	154.00 25.29	0.0000
14	55.614	N009	84.0	0.961	5	B	2	55.485	55.744	0.115	148.05 24.55	0.0000
15	54.644	N313	38.8	1.000	3	A	2	54.628	54.661	0.115	150.37 25.48	0.0000
16	53.789	N300	58.6	0.935	4	C	2	53.741	53.837	0.115	154.52 24.99	0.0000
17	51.334	N137	83.0	0.995	4	A	2	51.153	51.514	0.115	149.59 25.23	0.0000
18	50.826	N018	30.1	1.000	3	A	2	50.803	50.849	0.115	150.26 24.83	0.0000
19	46.327	N318	46.7	0.869	4	D	2	46.301	46.352	0.115	153.73 24.55	0.0000
20	42.252	N316	57.3	0.871	4	D	2	42.213	42.291	0.115	147.45 23.78	0.0000
21	40.234	N335	68.8	0.989	5	A	2	40.174	40.293	0.115	147.00 23.15	1.1765
22	38.139	N297	45.8	1.000	3	A	2	38.110	38.168	0.115	147.00 24.47	0.0000
23	35.265	N000	50.1	0.982	4	A	2	35.228	35.303	0.115	144.81 23.29	0.0000
24	27.405	N128	8.7	0.982	4	A	2	27.366	27.443	0.115	129.84 24.81	0.0000
25	26.981	N187	87.9	0.972	6	B	2	26.721	27.242	0.115	133.63 24.40	0.0000
26	18.965	N296	28.9	0.973	4	B	2	18.954	18.976	0.115	127.87 18.96	0.0000
27	9.801	N302	24.1	0.973	4	B	2	9.790	9.812	0.115	135.00 14.34	0.0000
28	8.079	N344	52.5	0.932	4	C	2	8.027	8.130	0.115	131.31 13.24	0.0000
29	7.306	N333	35.1	0.889	5	D	2	7.266	7.347	0.115	233.86 13.21	0.0000

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole
zone from 6.000 to 88.000 m
North ref is magnetic
12 Jan 2010

Data is classed into 1 types
5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 23.1°deg to N146.9°

2 small-circles defined

SEARCH AREA				MEAN DIP			
azim	pl	cone	strike	dip	n	f	
1	253.3°	75.9°	26.2°	272°	10°	9	0.11
2	142.5°	37.1°	34.2°	234°	44°	17	0.22

Total number of data = 26
Number of data unaccounted for = 3

ZONE		DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES			
No.	Dev	Azim	TOP	BASE			Str	Dip	n	f
1	10.0	131.8	6.92	10.48	3		0	0	0	0.00
2	20.7	132.2	10.48	34.78	3		38	9	1	0.00
3	24.2	149.3	34.78	56.10	10		288	30	1	0.05
4	24.9	155.0	56.10	62.51	5		278	15	2	0.32
5	26.5	155.5	62.51	79.62	3		222	7	1	0.06
6	26.7	153.1	79.62	88.88	5		249	8	4	0.45
7	0.0	180.0	88.88	88.90	5		272	10	9	0.00

Borehole: Fb 30-11 Sonde: OPTV
Depth range: 0.000 to 92.163m
North ref is magnetic
Mean deviation: 22.34 to N146.83
End deviation components
 North: -29.152
 East : 19.049
 Down : 84.684
Azimuth of end: N146.84
Distance start-end: 34.824m
Data extrapolated to the surface from 6.917m

Depth	Deviation components				
	North	East	Down	Devaz	Dev
0.000	0.000	0.000	0.000	137.00	12.00
1.000	-0.147	0.137	0.946	137.00	12.00
2.000	-0.299	0.279	1.924	137.00	12.00
3.000	-0.451	0.421	2.902	137.00	12.00
4.000	-0.603	0.563	3.880	137.00	12.00
5.000	-0.755	0.704	4.858	137.00	12.00
6.000	-0.907	0.846	5.837	137.00	12.00
7.000	-1.026	0.962	6.810	325.00	12.99
8.000	-1.042	1.016	7.785	126.00	13.11
9.000	-1.200	1.177	8.759	135.00	12.89
10.000	-1.368	1.344	9.730	133.00	14.50
11.000	-1.543	1.525	10.698	133.00	14.78
12.000	-1.723	1.712	11.664	133.00	15.23
13.000	-1.905	1.909	12.627	133.00	15.35
14.000	-2.088	2.105	13.590	131.00	16.05
15.000	-2.280	2.308	14.551	136.00	16.32
16.000	-2.469	2.530	15.507	130.00	17.25
17.000	-2.661	2.764	16.460	128.00	18.03
18.000	-2.857	3.010	17.409	128.00	18.64
19.000	-3.050	3.268	18.356	128.00	18.96
20.000	-3.246	3.539	19.298	126.00	20.28
21.000	-3.452	3.824	20.234	126.00	20.91
22.000	-3.669	4.118	21.165	128.00	21.70
23.000	-3.888	4.425	22.091	126.00	22.38
24.000	-4.119	4.723	23.018	127.00	22.13
25.000	-4.362	5.019	23.941	129.00	22.83
26.000	-4.611	5.327	24.859	128.00	23.57
27.000	-4.883	5.629	25.773	134.00	24.30
28.000	-5.171	5.932	26.681	134.00	24.44
29.000	-5.467	6.229	27.589	136.00	25.13
30.000	-5.760	6.533	28.495	136.00	24.92
31.000	-6.052	6.828	29.405	133.00	23.92
32.000	-6.343	7.102	30.321	134.00	23.26
33.000	-6.644	7.352	31.241	143.00	23.12
34.000	-6.956	7.591	32.161	143.00	23.48
35.000	-7.275	7.832	33.077	143.00	23.52
36.000	-7.589	8.066	33.997	147.00	22.75
37.000	-7.920	8.282	34.916	145.00	23.82
38.000	-8.260	8.514	35.827	145.00	24.52
39.000	-8.601	8.743	36.739	149.00	23.96
40.000	-8.938	8.962	37.654	146.00	23.32
41.000	-9.266	9.177	38.574	148.00	23.06
42.000	-9.606	9.384	39.491	147.00	23.81
43.000	-9.951	9.597	40.405	147.00	24.28
44.000	-10.299	9.814	41.317	152.00	24.05
45.000	-10.649	10.016	42.232	153.00	23.74
46.000	-11.010	10.211	43.144	153.00	24.26
47.000	-11.373	10.417	44.052	148.00	25.17
48.000	-11.727	10.627	44.963	152.00	23.93
49.000	-12.093	10.825	45.873	150.00	24.94
50.000	-12.459	11.019	46.783	153.00	24.66
51.000	-12.822	11.227	47.691	149.00	25.06
52.000	-13.195	11.429	48.597	155.00	24.73
53.000	-13.560	11.619	49.508	151.00	24.48
54.000	-13.932	11.814	50.415	150.00	24.96
55.000	-14.308	12.016	51.319	150.00	25.16
56.000	-14.675	12.215	52.228	151.00	24.52
57.000	-15.054	12.401	53.135	149.00	25.19
58.000	-15.434	12.592	54.039	154.00	25.29
59.000	-15.812	12.783	54.945	156.00	24.69
60.000	-16.193	12.958	55.853	153.00	25.09
61.000	-16.580	13.128	56.759	157.00	24.96
62.000	-16.960	13.291	57.669	156.00	24.58
63.000	-17.349	13.455	58.576	156.00	25.25
64.000	-17.749	13.620	59.477	159.00	26.01
65.000	-18.155	13.790	60.375	154.00	26.08
66.000	-18.558	13.955	61.275	159.00	25.87
67.000	-18.964	14.133	62.172	156.00	26.37
68.000	-19.373	14.320	63.065	156.00	27.21
69.000	-19.777	14.502	63.961	155.00	25.32
70.000	-20.175	14.672	64.862	158.00	25.56

71.000	-20.578	14.841	65.762	157.00	25.95
72.000	-20.974	15.018	66.663	157.00	26.06
73.000	-21.383	15.200	67.557	157.00	26.98
74.000	-21.793	15.389	68.449	153.00	26.83
75.000	-22.210	15.574	69.339	156.00	27.65
76.000	-22.627	15.776	70.225	152.00	27.75
77.000	-23.037	15.989	71.111	151.00	26.86
78.000	-23.444	16.193	72.002	154.00	27.60
79.000	-23.858	16.407	72.887	154.00	27.84
80.000	-24.264	16.618	73.776	153.00	26.78
81.000	-24.664	16.833	74.666	153.00	27.42
82.000	-25.076	17.042	75.553	155.00	27.60
83.000	-25.491	17.257	76.437	152.00	27.50
84.000	-25.893	17.466	77.329	155.00	26.84
85.000	-26.287	17.669	78.225	152.00	26.05
86.000	-26.679	17.861	79.125	156.00	25.88
87.000	-27.075	18.057	80.022	154.00	26.55
88.000	-27.475	18.246	80.918	153.00	26.50
89.000	-27.869	18.445	81.816	156.00	26.06
90.000	-28.268	18.632	82.713	153.00	25.97
91.000	-28.659	18.824	83.613	155.00	26.16
92.000	-29.069	19.011	84.506	156.00	27.05

RGLDIPv6.2 BHTV results

K = 0: Stratigraphic dips
K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole Fb 25-59
zone from 7.137 to 78.623 m
North ref is magnetic
Dip format: Dip-azimuth and Dip
11 Jan 2010

	Depth	Azimuth	Dip	1-P0/100	n	Q	K	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well deviation Azimuth Dev	Thickness
1	78.267	N154	50.4	0.876	4	D	2	78.185	78.349	0.115	75.00 15.35	0.0000
2	78.088	N178	49.5	1.000	3	A	2	78.024	78.151	0.115	75.06 14.73	0.0000
3	77.473	N108	30.2	1.000	3	A	2	77.418	77.528	0.115	77.61 15.04	0.0000
4	74.049	N278	73.9	1.000	3	A	2	73.947	74.152	0.115	81.77 13.86	0.0000
5	72.230	N273	58.0	1.000	3	A	2	72.172	72.289	0.115	83.34 12.54	0.0000
6	71.302	N261	74.3	1.000	3	A	2	71.193	71.412	0.115	82.00 11.87	0.0000
7	70.590	N195	63.9	1.000	3	A	2	70.491	70.689	0.115	83.00 12.01	0.0000
8	64.225	N160	63.8	1.000	3	A	2	64.092	64.357	0.115	85.00 9.37	0.0000
9	64.016	N155	57.1	0.948	4	B	2	63.915	64.117	0.115	84.00 9.21	0.0000
10	60.823	N313	49.7	1.000	3	A	2	60.766	60.881	0.115	82.00 7.98	0.0000
11	59.330	N127	33.9	1.000	3	A	2	59.281	59.379	0.115	83.00 8.52	0.0000
12	58.719	N284	70.2	0.971	4	B	2	58.607	58.830	0.115	84.00 8.00	0.0000
13	55.169	N320	61.7	1.000	3	A	2	55.078	55.260	0.115	88.18 6.66	0.0000
14	52.620	N255	37.3	0.976	4	A	2	52.585	52.656	0.115	89.00 5.68	0.0000
15	45.122	N289	28.6	1.000	3	A	2	45.097	45.148	0.115	106.55 4.49	0.0000
16	43.851	N113	4.9	1.000	3	A	2	43.841	43.860	0.115	112.65 4.36	0.0000
17	43.107	N326	72.4	0.977	4	A	2	42.963	43.251	0.115	120.00 4.65	0.0000
18	39.028	N241	12.9	1.000	3	A	2	39.016	39.040	0.115	126.76 6.09	0.0000
19	34.904	N249	12.1	1.000	3	A	2	34.892	34.915	0.115	137.31 5.78	0.0000
20	33.556	N322	84.0	0.951	5	B	2	33.293	33.820	0.115	138.10 6.30	0.0000
21	26.957	N142	32.0	1.000	3	A	2	26.911	27.003	0.115	166.99 7.24	0.0000
22	26.871	N132	29.7	1.000	3	A	2	26.830	26.913	0.115	166.14 6.96	0.0000
23	26.776	N159	37.1	1.000	3	A	2	26.721	26.832	0.115	166.00 7.04	0.0000
24	26.517	N144	29.7	0.983	4	A	2	26.474	26.560	0.115	167.00 7.29	0.0000
25	23.816	N299	68.3	1.000	3	A	2	23.694	23.937	0.115	178.85 7.60	0.0000
26	23.302	N247	65.2	1.000	3	A	2	23.154	23.449	0.115	182.55 7.76	0.0000
27	21.893	N259	61.1	0.869	4	D	2	21.774	22.012	0.115	188.62 8.36	0.0000
28	13.493	N316	52.7	1.000	3	A	2	13.427	13.559	0.115	200.00 10.15	0.0000
29	11.627	N325	53.7	1.000	3	A	2	11.561	11.692	0.115	203.00 10.41	0.0000
30	10.055	N183	7.8	0.963	4	B	2	10.034	10.075	0.115	207.25 11.89	0.0000
31	10.014	N185	4.5	1.000	3	A	2	9.997	10.030	0.115	207.66 11.96	0.0000
32	8.210	N330	41.1	1.000	3	A	2	8.167	8.253	0.115	212.00 12.33	0.0000

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole Fb 25-59
zone from 7.000 to 78.000 m
North ref is magnetic
09 Feb 2010

Data is classed into 1 types
3 BHTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 5.5°deg to N123.9°

4 small-circles defined

SEARCH AREA				MEAN DIP			
azim	pl	cone	strike	dip	n	f	
1	70.0°	74.1°	23.8°	162°	12°	7	0.10
2	324.7°	49.4°	28.4°	59°	40°	10	0.20
3	143.1°	29.9°	27.1°	229°	60°	8	0.20
4	85.7°	22.5°	18.6°	177°	67°	6	0.18

Total number of data = 31
Number of data unaccounted for = 1

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	11.1	206.0	7.72	13.71	5	94	6	2	0.35	0	0	0	0.00	233	49	3	0.71	0	0	0	0.00
2	9.1	193.0	13.71	21.40	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00	0	0	0	0.00
3	7.6	175.5	21.40	28.25	7	0	0	0	0.00	55	32	4	0.75	209	68	1	0.34	163	63	2	0.69
4	5.6	132.6	28.25	46.21	6	175	11	4	0.23	0	0	0	0.00	234	78	2	0.37	0	0	0	0.00
5	6.1	88.0	46.21	61.17	5	165	37	1	0.08	37	34	1	0.09	227	56	2	0.22	194	70	1	0.15
6	11.5	82.2	61.17	78.62	9	0	0	0	0.00	65	49	5	0.47	0	0	0	0.00	181	69	3	0.32

Borehole: Fb 25-59 Sonde: BHTV
Depth range: 7.217 to 78.617m
North ref is magnetic
Mean deviation: 5.49 to N124.80
End deviation components
North: -3.869
East : 5.574
Down : 70.554
Azimuth of end: N124.77
Distance start-end: 6.785m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
7.227	0.000	0.000	0.000	201.00	12.45
8.227	-0.178	-0.125	0.976	210.00	12.28
9.227	-0.358	-0.234	1.953	208.00	11.57
10.227	-0.537	-0.326	2.933	205.00	11.89
11.227	-0.706	-0.416	3.914	206.00	10.48
12.227	-0.873	-0.486	4.898	201.00	10.37
13.227	-1.038	-0.543	5.882	198.00	9.90
14.227	-1.208	-0.602	6.866	197.00	10.16
15.227	-1.378	-0.650	7.850	194.00	10.30
16.227	-1.540	-0.702	8.836	195.00	9.77
17.227	-1.701	-0.739	9.822	192.00	9.23
18.227	-1.856	-0.769	10.809	191.00	8.80
19.227	-2.002	-0.795	11.798	191.00	8.55
20.227	-2.146	-0.823	12.787	185.00	8.08
21.227	-2.283	-0.841	13.778	190.00	7.96
22.227	-2.421	-0.867	14.768	187.00	7.44
23.227	-2.558	-0.879	15.758	182.00	7.89
24.227	-2.692	-0.879	16.749	181.00	7.91
25.227	-2.829	-0.872	17.740	173.00	7.74
26.227	-2.961	-0.849	18.731	167.00	7.46
27.227	-3.084	-0.818	19.723	165.00	7.27
28.227	-3.204	-0.775	20.714	158.00	7.67
29.227	-3.325	-0.722	21.706	150.00	7.23
30.227	-3.433	-0.661	22.698	147.00	7.12
31.227	-3.536	-0.598	23.691	147.00	7.11
32.227	-3.636	-0.531	24.683	144.00	6.59
33.227	-3.722	-0.465	25.677	141.00	6.27
34.227	-3.806	-0.390	26.671	138.00	6.03
35.227	-3.882	-0.321	27.666	136.00	5.79
36.227	-3.949	-0.249	28.661	134.00	5.77
37.227	-4.016	-0.177	29.656	130.00	5.42
38.227	-4.078	-0.103	30.651	127.00	5.27
39.227	-4.139	-0.024	31.646	123.00	6.16
40.227	-4.192	0.062	32.641	119.00	6.00
41.227	-4.238	0.148	33.637	118.00	5.37
42.227	-4.285	0.232	34.632	121.00	5.70
43.227	-4.329	0.308	35.628	122.00	4.38
44.227	-4.360	0.377	36.625	110.00	4.43
45.227	-4.382	0.451	37.622	110.00	4.59
46.227	-4.399	0.526	38.619	98.00	4.35
47.227	-4.408	0.604	39.616	95.00	4.72
48.227	-4.418	0.686	40.613	97.00	4.97
49.227	-4.424	0.772	41.609	93.00	4.93
50.227	-4.429	0.862	42.605	91.00	4.71
51.227	-4.435	0.942	43.602	96.00	4.54
52.227	-4.440	1.033	44.597	90.00	5.83
53.227	-4.437	1.128	45.593	88.00	5.42
54.227	-4.434	1.234	46.587	88.00	6.69
55.227	-4.432	1.347	47.581	87.00	6.66
56.227	-4.423	1.462	48.574	84.00	6.67
57.227	-4.408	1.581	49.567	82.00	7.15
58.227	-4.397	1.713	50.558	84.00	7.96
59.227	-4.379	1.851	51.548	83.00	8.30
60.227	-4.360	1.992	52.538	84.00	8.25
61.227	-4.341	2.133	53.528	82.00	8.13
62.227	-4.328	2.287	54.516	86.00	8.69
63.227	-4.316	2.443	55.504	84.00	8.89
64.227	-4.300	2.601	56.491	85.00	9.38
65.227	-4.283	2.765	57.477	85.00	9.52
66.227	-4.271	2.929	58.464	86.00	9.41
67.227	-4.259	3.095	59.450	86.00	9.37
68.227	-4.243	3.264	60.435	83.00	10.32
69.227	-4.231	3.448	61.418	88.00	11.14
70.227	-4.212	3.643	62.399	83.00	11.32
71.227	-4.186	3.845	63.378	81.00	11.92
72.227	-4.159	4.056	64.355	83.00	12.56
73.227	-4.130	4.272	65.331	82.00	12.84
74.227	-4.099	4.501	66.303	82.00	13.82
75.227	-4.053	4.734	67.275	77.00	13.61
76.227	-4.006	4.973	68.245	79.00	14.22
77.227	-3.956	5.225	69.211	78.00	15.17
78.227	-3.898	5.476	70.177	76.00	15.18