

NGU Rapport 2008.030

Borehullslogging, Åknes, Stranda kommune

Rapport nr.: 2008.030		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Borehullslogging, Åknes, Stranda kommune			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: Åknes-Tafjord prosjektet	
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Stranda	
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1219 II Geiranger	
Forekomstens navn og koordinater: Åknes		Sidetall: 36 Kartbilag: 2	Pris: kr 250,-
Feltarbeid utført: 2006, 2007	Rapportdato: 14.03.2008	Prosjektnr.: 300601	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med Åknes/Tafjord-prosjektet har NGU gjort geofysiske målinger i borehull i Åknes, Stranda kommune. Området er definert som et mulig skredområde og ligger i en bratt fjellside på vestsiden av Synnulvsfjorden. Hensikten med målingene har vært å bidra med kartlegging av det rasfarlige områdets utbredelse og tykkelse for dermed å bidra til en bedre forståelse av konsekvensene ved et eventuelt ras.</p> <p>Det ble i 2006 boret tre nye hull for instrumentering og overvåkning. Før instrumentering kom på plass ble alle hullene logget. Det er tidligere gjort borehullslogging i tre hull som ble boret i 2005 (Rønning 2006). Det er også gjort geofysiske bakkemålinger, 2D resistivitet, georadar og seismikk (Rønning 2006).</p> <p>På tross av problemer med ras og forskyvninger i borehullene har en fått logget alle hull. Ikke alle er logget i full lengde, men data er gode og vil gi et viktig bidrag for tolkning av hvordan det rasfarlige partiet opptrer. Vanntemperaturen, som er målt i hullene, ser ut til å være en viktig indikator for oppsprekningen da denne ser ut til å ha sammenheng med vanngjennomstrømningen i fjellpartiet. Strømningsmålingene og indikasjoner av inn- og utstrømning ser ut til å samsvare med endringer i temperatur og ledningsevne på vannet.</p> <p>I områder med sterkt oppsprukket fjell er temperaturgradienten liten på grunn av vanngjennomstrømning. I massivt fjell øker temperaturen mot dypet som er det normale.</p> <p>Sprekkesoner med indikert ut- eller innstrømning av vann blir også indikert med redusert resistivitet og lav seismisk hastighet. Tydelige sprekkesoner er indikert i bunnen av det som kan være det oppsprukne fjellpartiet. Dette partiet kan gå ned til 115 – 120 m. Under dette dyp er det ikke registrert oppsprekking av betydning.</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Temperaturmåling	
Elektrisk måling	Naturlig radioaktivitet	Optisk televierer	
Lydhastighet	Vannstrømning	Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	7
2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL	7
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE.....	8
4. RESULTATER.....	8
4.1 Øvre borehull	8
4.2 Midtre borehull	14
4.3 Nedre borehull.....	19
4.4 Optisk televiwer Nedre Bh 2006.....	26
4.5 Avviksmåling	29
5. DISKUSJON.....	31
6. KONKLUSJON.....	32
7. REFERANSER.....	32

FIGURER

<i>Figur 1. Øvre boreplass.....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 2. TCN, resistivitet, P- og S-bølge hastighet Øvre Bh 2006.</i>	<i>11</i>
<i>Figur 3. Vannkvalitetslogg Øvre Bh 2006.....</i>	<i>12</i>
<i>Figur 4. Øvre Bh 2006, netto strømming (venstre), måling ned og opp (høyre).</i>	<i>13</i>
<i>Figur 5. Øvre Bh 2006. Utdrag av seismisk opptak, full wave form, 80 -120 m.</i>	<i>13</i>
<i>Figur 6. Bilde fra midtre boreplass.</i>	<i>14</i>
<i>Figur 7. Midtre Bh 2006. TCN, resistivitet og P- og S-bølge hastighet.....</i>	<i>16</i>
<i>Figur 8. Midtre Bh 2006. Vannkvalitetslogg.....</i>	<i>17</i>
<i>Figur 9. Midtre Bh 2006. Strømningmåling med ulike hastigheter.</i>	<i>18</i>
<i>Figur 10. Midtre Bh 2006. Utdrag av seismisk logg, full wave form, 70 – 100 m.</i>	<i>18</i>
<i>Figur 11. Nedre boreplass 2005(venstre) og i 2007 (høyre).</i>	<i>19</i>
<i>Figur 12. Nedre Bh 2006. TCN, resistivitet og P- og S-bølge hastighet.....</i>	<i>21</i>
<i>Figur 13. Nedre Bh 2006. Vannkvalitetslogg målt 2006 og 2007.</i>	<i>22</i>
<i>Figur 14. Nedre Bh 2006. Strømningmåling ned, rådata (venstre) og filtrert (høyre).</i>	<i>23</i>
<i>Figur 15. Nedre Bh 2006. Strømningmåling ned og opp (a), netto strøm (b).....</i>	<i>24</i>
<i>Figur 16. Nedre Bh 2006. Utdrag av seismisk logg, full wave form, 95 -125 m.</i>	<i>24</i>
<i>Figur 17 Nedre Bh 2006. TCN logg i 2006 og 2007.</i>	<i>25</i>
<i>Figur 18. Nedre bh 2006. Sprekkestereogram for indikerte sprekker, 30 – 45m.</i>	<i>26</i>
<i>Figur 19. Nedre Bh 2006. Sprekkefrekvens 30 – 45 m.</i>	<i>27</i>
<i>Figur 20. Nedre Bh 2006. Rosediagram over indikerte sprekker, 30 – 45 m.</i>	<i>27</i>
<i>Figur 21. Nedre Bh 2006. Tolket bilde fra optisk televiwer, 30 – 45 m.</i>	<i>28</i>
<i>Figur 22. Øvre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.....</i>	<i>29</i>
<i>Figur 22. Midtre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.....</i>	<i>30</i>
<i>Figur 23. Nedre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.</i>	<i>30</i>

TABELLER

Tabell 1. Data for Åknes borehull.....	7
----------------------------------------	---

DATABILAG

Databilag 1: Data over alle digitaliserte sprekker.....	33
Databilag 2: Data for definerte soner, strøkretning, fall og sprekkefrekvens.....	34

KARTBILAG

Kartbilag 2008.030-01: Oversiktskart 1: 50 000.....	35
Kartbilag 2008.030-02: Oversiktskart med geofysiske profiler og borehull.....	36

1. INNLEDNING

I forbindelse med Åknes/Tafjord-prosjektet har NGU gjort geofysiske målinger i borehull i Åknes, Stranda kommune. Området er definert som et mulig skredområde og ligger i en bratt fjellside på vestsiden av Synnulvsfjorden. Hensikten med målingene har vært å bidra med kartlegging av det rasfarlige områdets utbredelse og tykkelse for dermed å bidra til en bedre forståelse av konsekvensene ved et eventuelt ras.

Det ble i 2006 boret tre nye hull for instrumentering og overvåkning. Før instrumentering kom på plass ble alle hullene logget. Det er tidligere gjort borehullslogging i tre hull som ble boret i 2005 (Rønning 2006). Det er også gjort geofysiske bakkemålinger, 2D resistivitet, georadar og seismikk (Rønning 2006).

I 2006 og 2007 ble det logget temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, seismisk hastighet, fjellresistivitet, pH, Eh, O₂ og NO₃. I tillegg ble det målt vannstrømning i alle hull. Filming med optisk televiewer ble gjort i 15 m lengde i nederste hull. Logging ble utført 10.08-12.08. 2006, 19.10-27.10. 2006 og 25.06.-29.06. 2007 av Harald Elvebakk. På grunn av delvis tette hull i det vanskelige fjellpartiet kunne ikke all planlagt logging utføres. En har likevel fått data fra alle hull som har gitt verdifull informasjon om fjellets beskaffenhet.

2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL

Det undersøkte området ligger på vestsiden av Synnulvsfjorden i Stranda kommune. Kartbilag –01 viser oversiktskart over området. Kartbilag –02 viser et mer detaljert kart over området med borehullene tegnet inn. På kartet er også profiler målt med 2D resistivitet angitt.

Det er boret på tre forskjellige nivåer og borehullene er benevnt øvre, midtre og nedre borehull. I 2005 ble det boret tre 56 mm kjerneborehull ned til 150 - 160 m dyp. I 2006 ble det boret 76 mm hull på samme boreplasser 5 – 10 m fra 2005-hullene. Disse hullene skulle brukes til instrumentering for å registrere eventuell bevegelse i fjellet, og ble boret til 200 m dyp. Tabell 1 viser en oversikt over hull som er logget. Når logget dyp ikke samsvarer med boret dyp skyldes dette trolig ras som har blokkert hullet. I ett tilfelle, øvre 2005, var hullet forskjøvet sidelengs ved ca 50 m dyp. Dette ble observert ved videoinspeksjon og tyder på at fjellet har beveget seg.

Tabell 1. Data for Åknes borehull.

Borehull	Boret (m)	Fall (grader)	Diameter (mm)	Logget (m)	UTM-øst	UTM-nord	Høyde (moh)
Øvre 2005	162	90	56	160	395410	6895804	658
Midtre 2005	150	60	56	147	395619	6895736	565
Nedre 2005	151	90	56	148	395839	6895312	236
Øvre 2006	201	90	76	168	395407	6895803	658
Midtre 2006	202	90	76	175	395621	6895737	565
Nedre 2006	198	90	76	197	395836	6895313	236

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Målingene er utført med NGUs loggeutstyr produsert av Robertson Geologging Ltd. (<http://www.geologging.com/>). Det ble logget følgende parametere:

TCN - temperatur, vannets elektriske ledningsevne og naturlig gamma
Fjellresistivitet
Lydhastighet - P- og S-bølgehastighet
Vannkvalitet – temperatur, ledningsevne, trykk, pH, Eh, O₂, NO₃
Borehullsavvik – retning og fallvinkel
Vannstrømning
Optisk televiwer

Metodebeskrivelser for alle målesonder ligger på NGUs WEB-sider:

<http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Borehullsgeofysikk/>

I 76 mm hullene ble det satt ned perforerte plastrør før instrumentering kom på plass. Logging ble gjort før plastrøret kom på plass, men det ble også logget inne i plastrøret. Temperatur, ledningsevne, lydhastighet samt strømning kunne logges inne i plastrøret uten at data ble forringet. Som nevnt foran var det i problemer med å komme ned i alle hull. Dette skyldtes stein og forskyvninger i hullene. De tynneste sondene (TCN) kom ned, mens de noe tykkere og lengre stoppet på forskjellige dyp. Derfor er det litt forskjellige lengder på loggene. Optisk televiwer er målt bare i nedre borehull 2006 mellom 30 og 45 m.

4. RESULTATER

Logger fra forskjellige sonder er presentert sammen slik at de ulike parametere kan sammenlignes. For vannkvalitetssonden presenteres egen logg. Strømningmåling er utført uten pumping. En fikk likevel interessante data som forteller litt om strømningforholdene i området.

4.1 Øvre borehull

Logging på øvre boreplass ble gjort i 76 mm hull før plastslange ble satt ned i hullet. Figur 1 viser bilde fra øvre boreplass. Figur 2 viser samlet logg for Øvre Bh 2006. Vannspeilet var ved ca 58 m. Det er derfor bare gammalogg over dette dyp da de andre logger krever vannfylte hull. Figur 3 viser vannkvalitetslogg for Øvre Bh 2006 og figur 4 viser netto strømning. Det er viktig å se på alle logger sammen når en skal tolke data. Resultater fra Øvre Bh 2005, 56 mm, er rapportert i NGU Rapport 2006.002 (Rønning 2006).



Figur 1. Øvre boreplass

Temperaturen, figur 2 og 3, viser tydelige endringer ved 65, 85 og 120 m dyp. Det samme gjør ledningsevnen i vann. Slike endringer indikerer vanligvis vannførende sprekker. Endringene er spesielt store ved 120 m. Alle parametrene på vannkvalitetsloggen endres også tydelig ved dette dyp, se figur 3. Dette betyr en endring i vannets egenskaper ved dette dyp grunnet ut- eller innstrømning av vann i hullet.

Strømningsmålingene avpeiler både inn- og utstrømning i hullet samt vertikal strømning. Figur 4 viser netto vannstrøm og strømningsdata ved måling ned og opp. Negativ rpm (omdreiningstall) er definert som strøm oppover i hullet. Tolkningen av strømningsdata viser at det strømmer vann inn i hullet ved 86 m og ut av hullet ved 120 m. Det er vertikal strømning nedover i hullet mellom disse dyp. Den vertikale strømmen nedover gir et rpm-tall på ca 10 som tilsvarer en strømningshastighet på 1 m/min. Dette gir 4.5 l/min eller 270 l/time. Det strømmer også vann inn ved 65 m og vertikal strøm oppover fra dette dyp. Dette vannet strømmer trolig ut av hullet ved vannspeilet som lå på ca 59 m.

Den vertikale vannstrømmen i hullet kan forklare den tilnærmet konstante temperaturen i hullet ned til 120 m. Under 120 m, fra ca 130 m, begynner temperaturen å øke. Dette tyder på at vanntemperaturen her avspeiler fjellets temperatur, mens det over 120 m er temperaturen på vannet som strømmer inn som måles. Temperaturen er her med på å avspeile strømningsforholdene i borehullet.

Som nevnt ovenfor skjer det store endringer i vannkvaliteten ved 120 m dyp, se figur 3. Hva disse endringene betyr for hver enkelt parameter blir ikke diskutert her, men det er på det rene at det er en sammenheng med strømningsforholdene i hullet. Det kan tenkes at fjellet er mer oppsprukket over 120 m og at vanngjennomstrømning i dette partiet gir en annen vannkjemi enn under 120 m der det er stabilt fast fjell uten vannstrømning.

Gammastrålingen, se figur 2, indikerer vanligvis ikke sprekker, men leirfylte sprekker kan indikeres. Ned til 35 m er strålingen konstant og lav, ca 50 cps. Mellom 35 og 135 m er den noe variabel men tydelig høyere, ca 100 cps, mens den under 130 blir lavere igjen. Dette skyldes trolig bergartsforskjeller. I øvre del av hullet er det en blanding av diorittisk, biotittisk

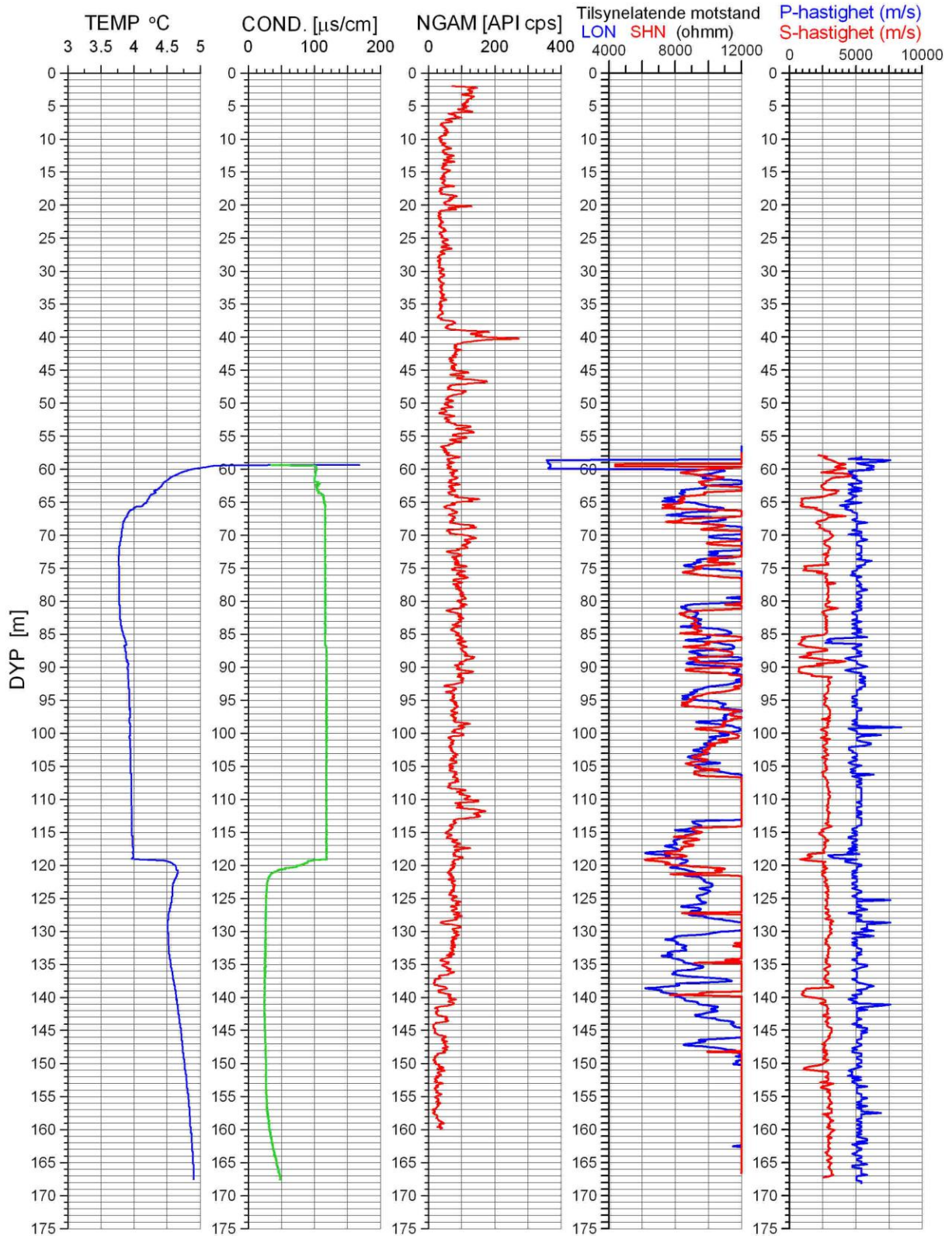
og granittisk gneis (Venvik Ganerød 2007). Ned til 131 m er det granittisk gneis, mens det under 131 m er biotittisk gneis. Ulikt kaliuminnhold (kalifeltspat) vil gi forskjell i naturlig gammastråling.

Resistivetsloggen, figur 2, viser generelt svært høye verdier. RG's resistivetssonde måler ikke høyere verdier enn 12000 ohmm, og flere steder i borehullet når verdiene denne størrelsen. Variasjoner i resistiviteten vil imidlertid indikere sprekker da disse vil komme fram som soner med lavere resistivitet. Sonene ved 65, 85 og 120 m, som er omtalt foran, viser alle relativ lav motstand. I tillegg indikeres lavmotstandssoner ved 75, 95, 105 131, 134 og 139 m. Under 140 m er det lite oppsprekking. 2D resistivetsmålinger viser også generelt høy resistivitet i området (Rønning 2006).

Lydhastighetsloggen, figur 2, viser en gjennomsnittlig P-bølgehastighet på ca 5000 m/s hvilket er normalt for en gneis. S-bølgehastigheten ligger på ca 3000 m/s. Flere lavhastighetssoner indikeres og sonene ved 65, 85 og 120 m kommer tydelig frem og tolkes som sprekkesoner. Mellom 85 og 96 m indikeres flere soner. Figur 5 viser et utdrag av seismisk opptak for nær og fjernmottaker, full wave form. Sprekkesonene indikeres tydelig og flere steder er S-bølgen helt borte. Dette tyder på åpne, vannfylte sprekker.

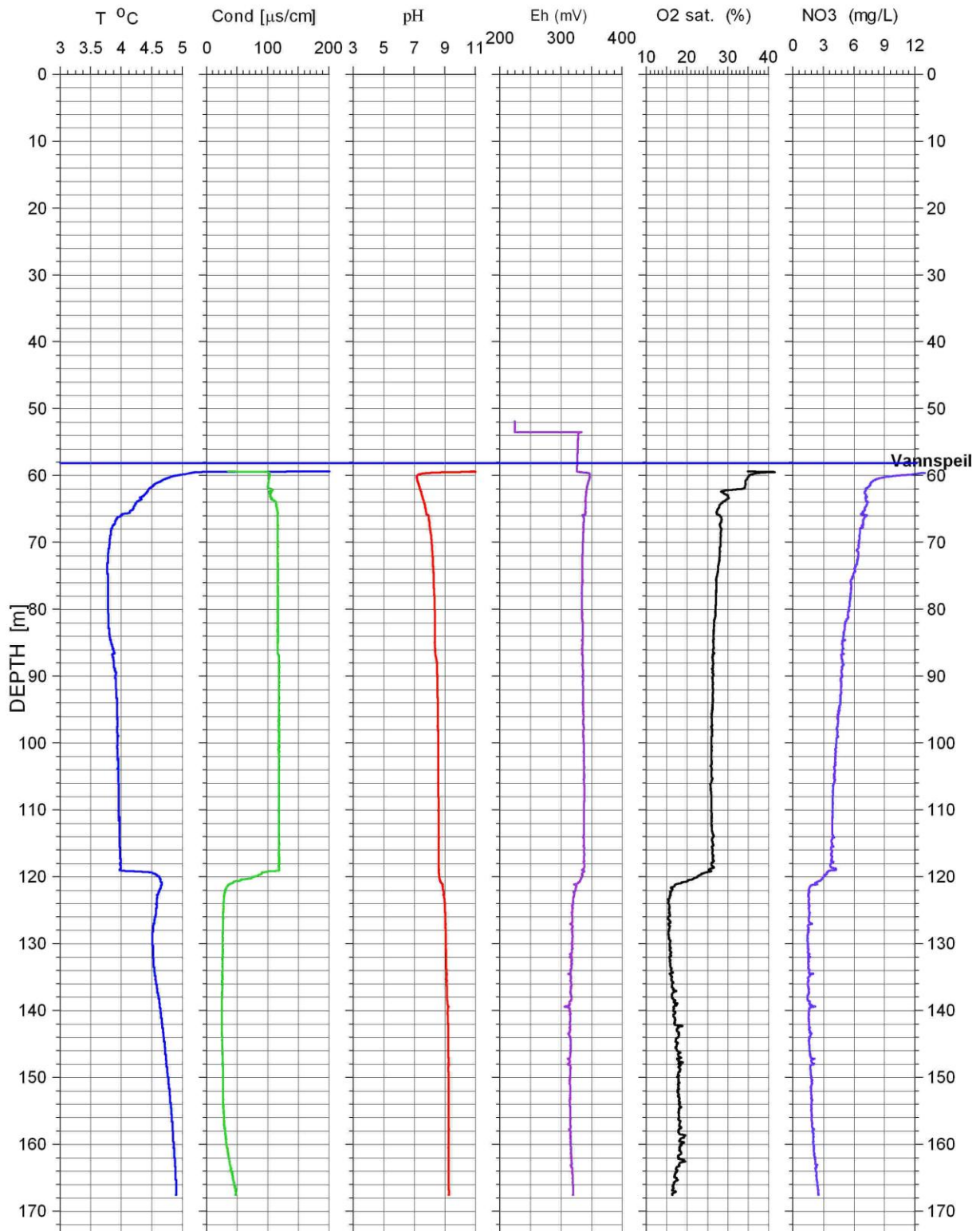
Åknes, Øvre Bh 2006

UTM 395410 E
32V 6895804 N
658 moh.



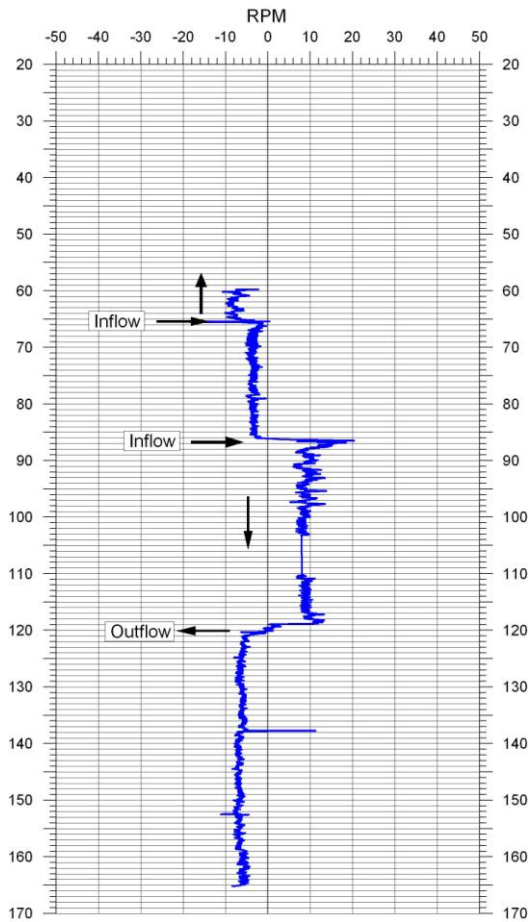
Figur 2. TCN, resistivitet, P- og S-bølge hastighet Øvre Bh 2006.

Åknes Upper Bh 11.08.06

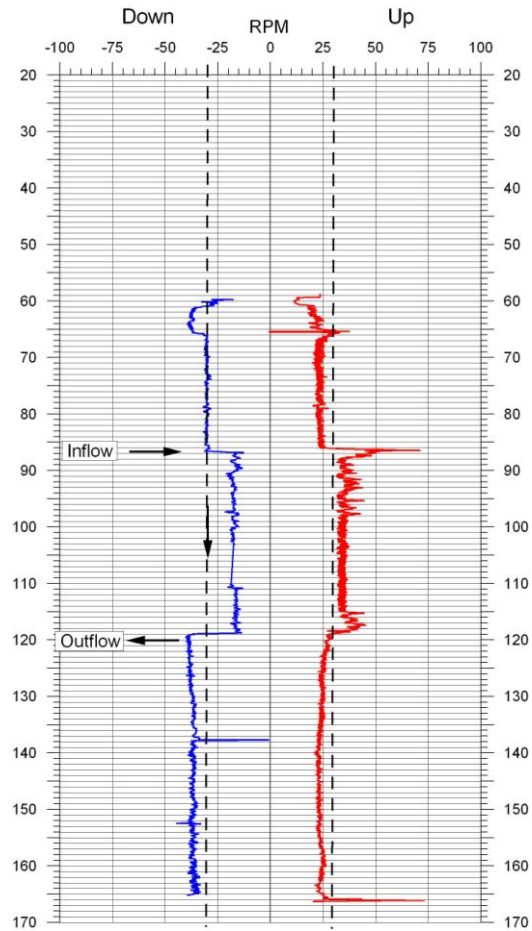


Figur 3. Vannkvalitetslogg Øvre Bh 2006.

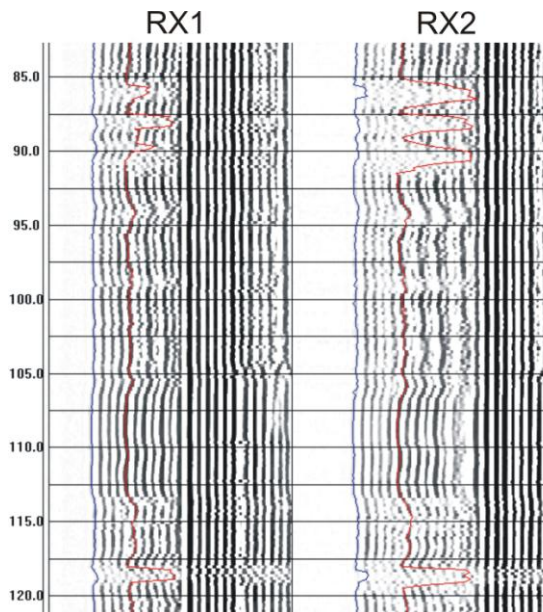
Åknes, Upper BH
Flow without pumping
Net Flow



Åknes, Upper BH
Flow without pumping
speed 3 m/min



Figur 4. Øvre Bh 2006, netto strømming (venstre), måling ned og opp (høyre).



Figur 5. Øvre Bh 2006. Utdrag av seismisk optak, full wave form, 80 -120 m.

4.2 Midtre borehull

Loggingen i Midte Bh 2006 er gjort inne i plastrør som ble plassert i hullet like etter boring. Det ble ikke logget før plastrøret var på plass. Plastrøret gikk ned til 155 m, mens logget dyp var 175 m. Boret dyp var 202 m. Logging inne i plastrøret fungerte godt bortsett fra for resistivitet. Røret var perforert, men ikke nok til at en fikk ut strøm i fjellet. Mellom 155 m og 175 m fikk en målt i uforet hull. Figur 6 viser et bilde fra midtre boreplass.



Figur 6. Bilde fra midtre boreplass.

Figur 7 og 8 viser logger for Midtre Bh. Temperaturen stiger svakt fra vannspeilet ned til 78 m. Herfra øker temperaturen raskere med en ytterligere økning fra ca 90 m. Under plastrøret er temperaturen nesten konstant. Ledningsevnen får en liten men tydelig økning ved 78 m og en svak økning under plastrøret. Som i Øvre Bh kan dette ha sammenheng med strømming i borehullet.

Figur 9 viser resultater fra strømningsmålingene. I dette hullet ble det målt med forskjellige hastigheter på sonden, 1, 3, 5 og 6 m/min. Figur 9 (venstre) viser resultatet fra opp og ned med alle hastighetene. Innstrømning i borehullet indikeres ved 78 m med en strømming oppover over dette dyp. Vanlig tolkning skulle tilsi at det er en vertikal strøm oppover under 78 m også. Den strømming som indikeres kan imidlertid være en effekt av at en måler i trangt borehull. Sondene fyller nesten hele hullet og må fortrenge vannet på sin vei ned eller opp. Dette ser ut til å skape en "kunstig" strømming og effekten avtar med avtagende hastighet på sondene. Effekten avtar også når diameteren øker som ved utgangen av plastrøret ved 154 m. Den "kunstige" strømmingen vil virke oppover ved logging ned og nedover ved logging opp. Figur 9 (høyre) viser netto strømming for alle hastigheter. Alle hastigheter viser en tydelig innstrømning ved 78 m og strømming oppover til vannspeilet. På grunn av den kunstige strømmingen får en indikert en netto strømming oppover under 78 m også, men en ser at ved 1 m/min er effekten nesten borte. Det ble gjort forsøk på statisk måling av vannstrøm på flere dyp, dvs sondene står i ro og en måler eventuell strømming direkte. Det ble ikke indikert strømming noen steder i hullet med denne type måling. Strømmingen over 78 m, som er reell,

er trolig for liten til at den kan drive rundt propellen i strømningsmåleren. Innstrømningen ved 78 m forklarer endringene i temperatur og ledningsevne ved samme dyp.

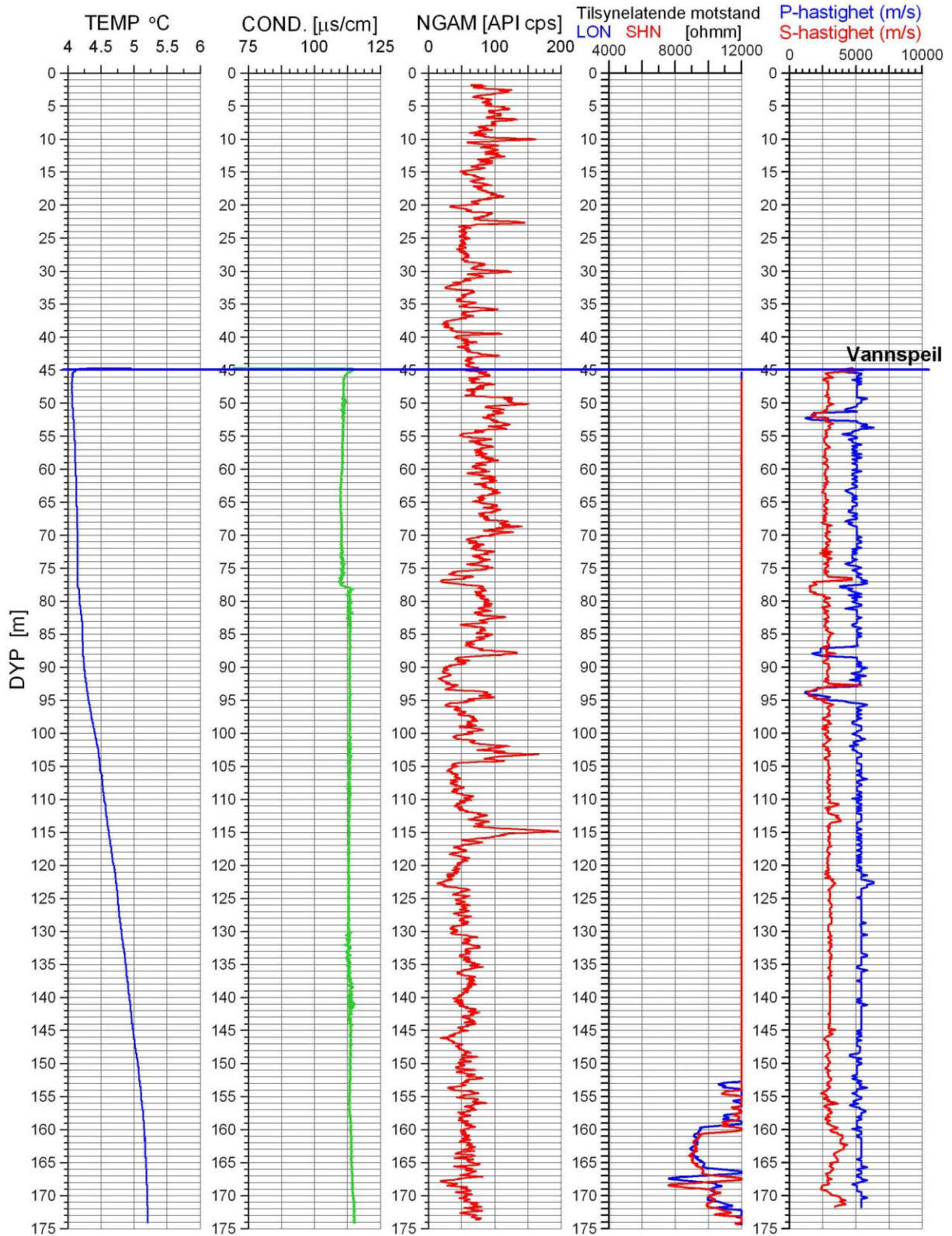
Gammastrålingen, figur 7, varierer en god del over 120 m, trolig grunnet veksling mellom de forskjellige gneistypene (diorittisk, biotittisk og granittisk). Under 120 m ser bergarten mer ensartet ut. Det ser ikke ut som plastrøret påvirker (demper) strålingen i stor grad.

Resistivitetsmålingene, figur 7, gir ikke data inne i plastrøret, men målingene under viser høy motstand, 8000 – 12000 ohmm. En relativ lavmotstandssone ved 168 m kan indikere en sprekkesone.

Lydhastigheten, figur 7, indikerer flere lavhastighetssoner som kan bety oppsprekking. Den generelle P-bølgehastigheten ligger på ca 5000 m/s (gneis). Tydelige lavhastighetssoner indikeres ved 52, 78, 83 og 94 m. Her observeres soner med hastigheter under 2000 m/s som betyr sterkt oppsprukket fjell. Sonen ved 78 m faller sammen med vanninnstrømning indikert ved strømningsmålingene. Under 100 m ser fjellet ut til å være lite oppsprukket. De samme sonene blir indikert med S-bølgehastigheten som generelt ligger litt i overkant av 3000 m/s. Figur 10 viser utdrag av seismisk opptak for nær- og fjernmottaker.

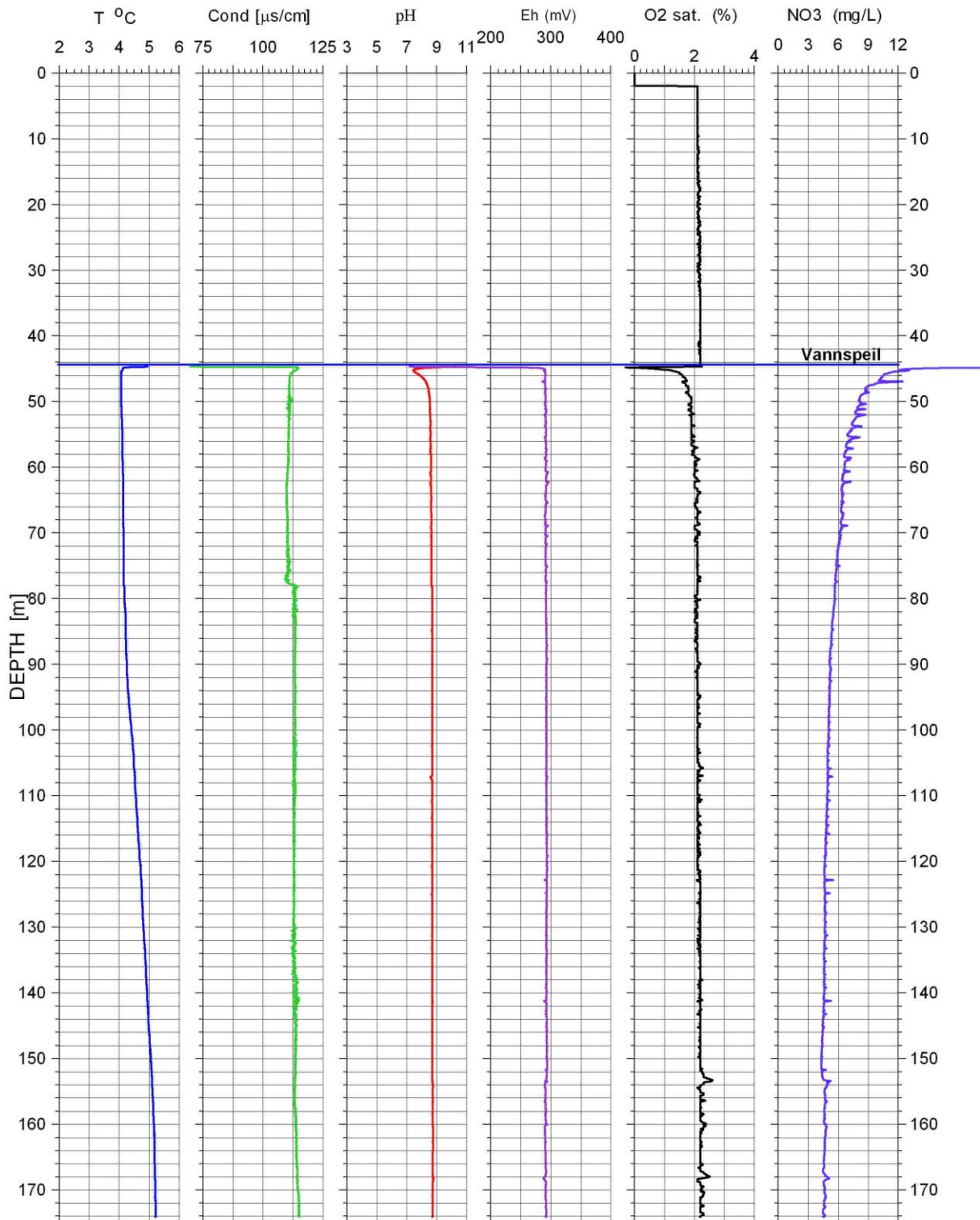
Åknes, Midtre Bh 2006

UTM 395619 E
32V 6895736 N
565 moh.



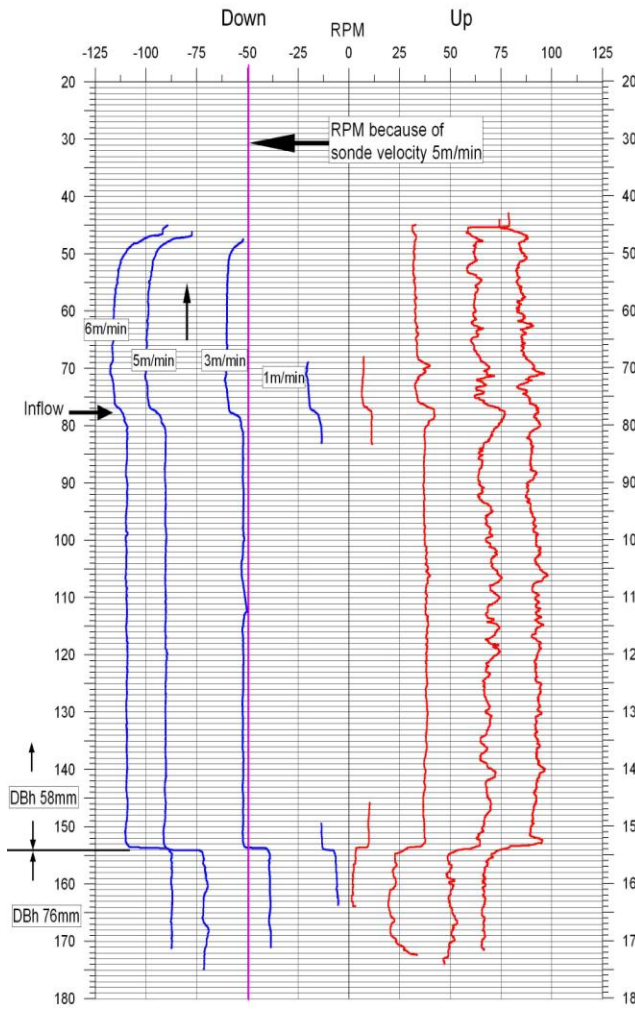
Figur 7. Midtre Bh 2006. TCN, resistivitet og P- og S-bølge hastighet.

Åknes Middle Bh 21.10.2006

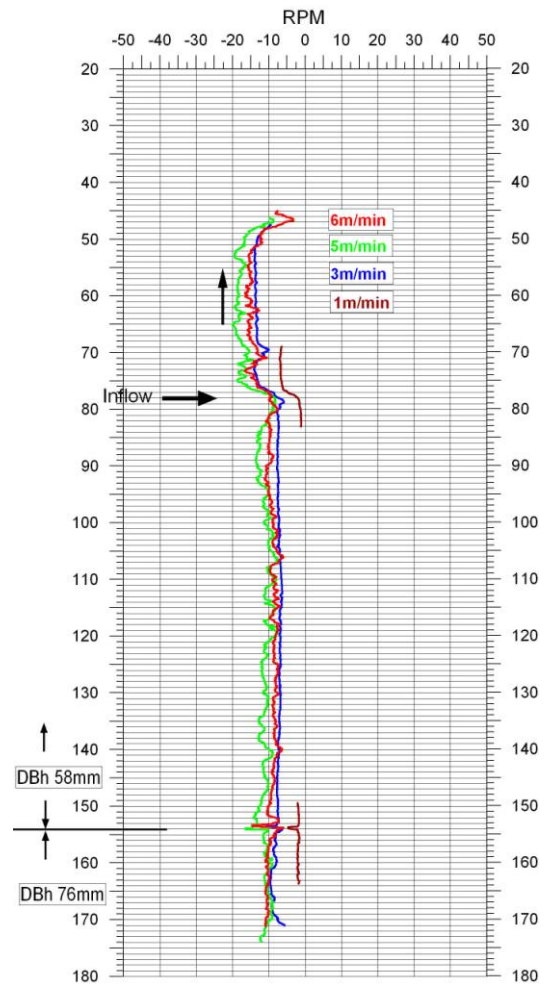


Figur 8. Midtre Bh 2006. Vannkvalitetslogg.

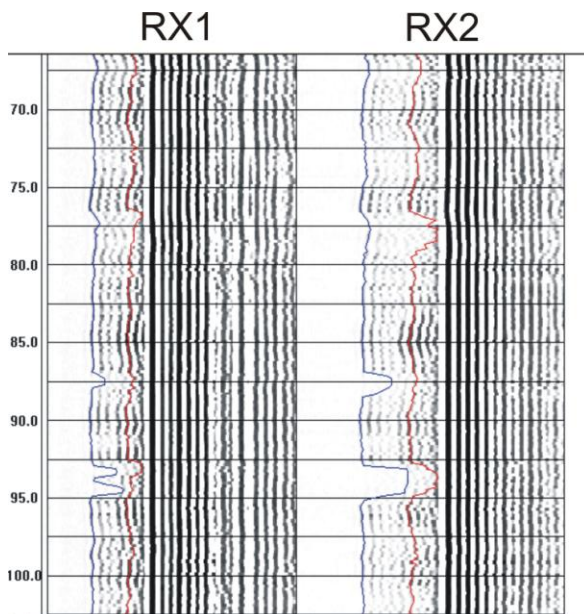
Åknes, Middle BH
 Flow measurements, no pumping
 5 m median filter



Åknes, Middle BH
 Flow measurements, no pumping
 Net flow



Figur 9. Midtre Bh 2006. Strømningsmåling med ulike hastigheter.



Figur 10. Midtre Bh 2006. Utdrag av seismisk logg, full wave form, 70 – 100 m.

4.3 Nedre borehull

Det var problemer med å logge Nedre Bh 2006 før plastrør var satt ned. To av sondene, TCN og vannkvalitetssonden, nådde bunnen av hullet, mens strømningssonden nådde ned til ca 115 m. Resistivitet- og lydshastighetssonden stoppet ved ca 45 m, og en fikk dermed ikke data fra disse sondene da vannspeilet stod på samme dyp. I 2007 ble det logget inne i plastrøret med vannkvalitetssonden, TCN og strømnings. Data for lydshastighet og resistivitet finnes kun fra Nedre Bh 2005, 56 mm kjerneborehull som ble logget til 148 m. Optisk televiwer ble logget over vannspeil fra 30 - 45 m, da sonden stoppet der. Figur 11 viser bilder fra nedre boreplass.



Figur 11. Nedre boreplass 2005(venstre) og i 2007 (høyre).

Figur 12 viser logger fra Nedre Bh 2006/2005. Resistivitet og lydshastighet er fra 58 mm kjerneborehull. Temperatur, ledningsevne og gamma er fra 76 mm hull. Ned til ca 90 m øker temperaturen svakt, mellom 90 og 115 m er den nesten konstant og deretter øker den jevnt mot bunnen av hullet. Denne temperaturen ble målt i oktober 2006. I juni 2007 ble hullet logget på nytt, nå inne i plastrøret. Figur 13 viser loggerne fra vannkvalitetssonden for begge tidspunkter. Temperaturen i 2007 er jevnt over litt lavere enn i 2006, men de samme endringene vises på begge kurver. Temperaturen i hullet er trolig påvirket av vannstrømning og årstidsvariasjoner er trolig årsaken til den lavere temperaturen i juni.

Strømningsmåling ble utført i to omganger. Først ble det målt i hullet før plastrør kom på plass. Sonden stoppet da på ca 115 m. Disse målingene ble gjort i oktober 2006 og vannspeilet var på 44.5 m. I juni 2007 ble det målt inne i plastrøret som gikk ned til 134 m. Det ble logget ned til bunnen, 194 m. Vannspeilet var nå steget til 42 m. Figur 14 viser strømningsdata fra 76 mm hull (uten plastrør). Måling oppover ga veldig mye støy og derfor presenteres bare data fra måling nedover. Måling ble gjort to ganger med repeterbare data. Målingene viser vanninnstrømning ved 72 m og 94 m. Det er strømning oppover fra 94 m. Ved 52 m strømmer vannet ut av borehullet. På grunn av usikkerheten med kunstig indikert strømning er det usikkert om det er strømning over 52 m og under 94 m. Det er imidlertid ingen tvil om strømning oppover mellom 94 og 52 m.

Figur 15 viser strømningsdata fra måling inne i plastrøret (42 -134 m) og under (134 – 194 m). Det ble målt med to hastigheter opp og ned, 5 m/min og 7 m/min. Det indikeres vanninnstrømning ved 72 og 94 m som bekrefter resultatet fra målingene uten plastrør.

Det er strømning oppover fra 94 m. Ved 54 m indikeres også innstrømning mens det var motsatt uten plastrøret. Alt tyder på at vannet strømmer ut ved vannspeilet på 42 m. Det kan se ut som om strømningsforholdene i øvre del av hullet har endret uten at en kan forklare hvorfor. Bunnen av plastrøret indikeres tydelig ved 134 m med markert endring i RPM både opp og ned. En svak utstrømning indikeres muligens ved 164 m.

Ledningsevnen i vann er vist både i figur 12 og 13. Det er stor forskjell på kurvene fra 2006 og 2007. Begge kurver viser en kraftig endring ved 164 m, men ledningsevnen i 2007 er mye større enn i 2006, og er større enn det som vanligvis er normalt i gneisbergarter upåvirket av saltvann. Det er vanskelig å si hva dette skyldes, men kan muligens ha sammenheng med strømningsforholdene i borehullet. Over 164 m er ledningsevnen noe lavere i 2007. En tydelig endring ved 52 m på 2006 målingene vises ikke på 2007 målingene. Det var ved dette dyp at utstrømning i 2006 var snudd til innstrømning i 2007.

Vannkvalitetsloggen, figur 13, viser forskjeller på alle parametre for 2006 og 2007-målingene. Temperatur og ledningsevne er omtalt foran. pH er noenlunde lik ned til 164 m. Fra dette dyp avtar 2007-verdiene noe mens 2006-verdiene øker litt. Eh (redokspotensialet) har endret seg mye fra 2006 til 2007 og viser motsatt endring ved 164 m. O₂ innholdet er noenlunde likt øverst i hullet for 2006 og 2007, men O₂ avtar mot bunnen av hullet i 2007 og øker i 2006. NO₃ sensoren er feil på grunn av teknisk svikt. Det er vanskelig å si hva alle disse endringene skyldes og om de har betydning for forståelsen av hydrogeologien og videre for fjellets stabilitet. Det en kan si at det skjer endring i vannkvaliteten over tid etter boring og at logging av enkelte parametere må skje en god stund etter boring.

Gammaloggen, figur 12, varierer langs hele hullet men er generelt litt lavere over 35 m og under 147 m. Dette skyldes variasjoner i gneisen, under 147 m er det bare biotittgneis.

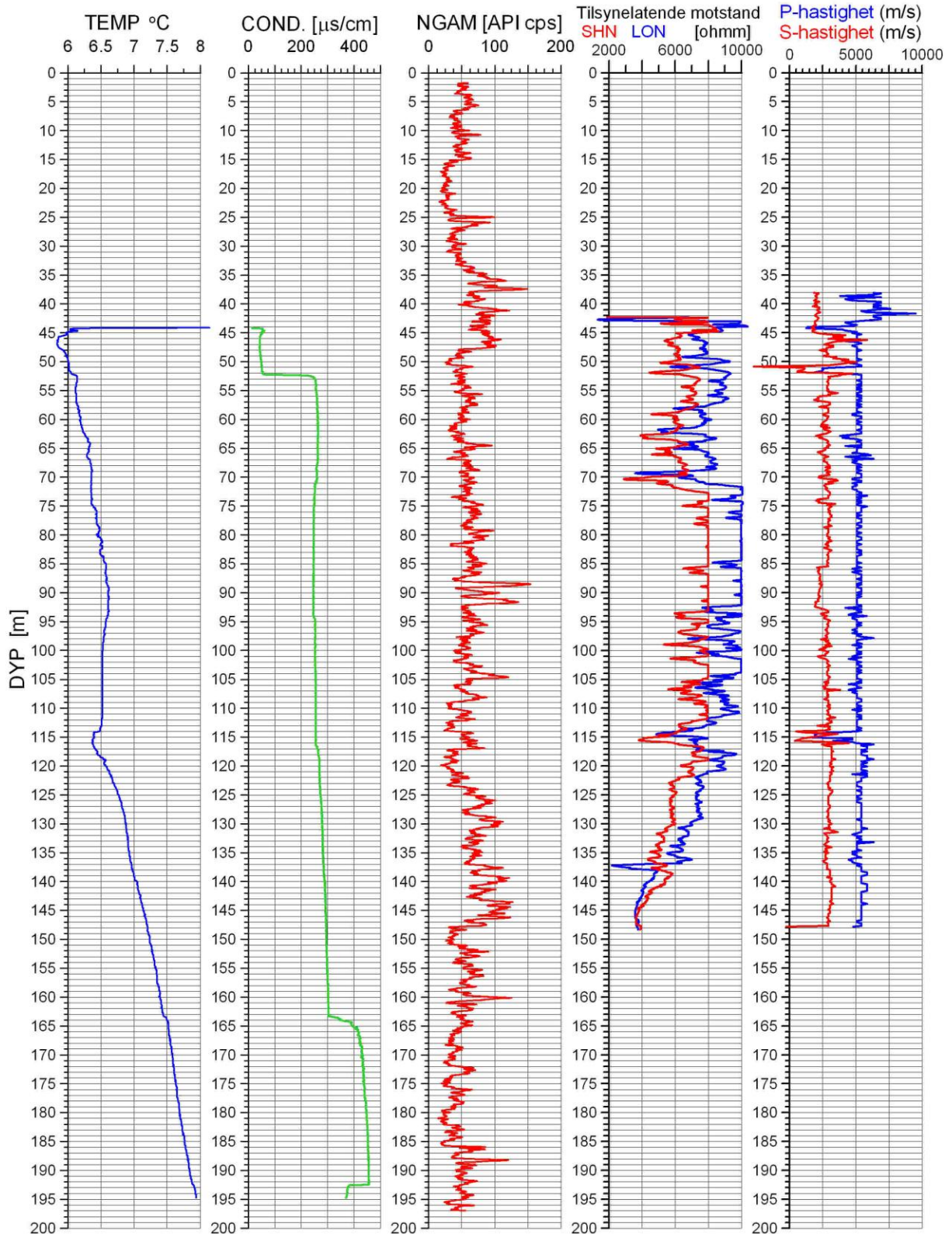
Resistivitet er som nevnt bare målt i 58 mm kjerne hull mellom 45 og 148 m. Resistiviteten er generelt høy, figur 12, men viser flere relative lavmotstandssoner. Slike soner indikeres både ved 72 og 95 m hvor det er indikert vanninnstrømning. Ellers er det tydelige lavmotstandssoner ved 115 m og 137 m uten at det er indikert vanninnstrømning her. Ved 115 m endrer både temperatur og ledningsevne seg. Det er gjennomsnittlig lavere resistivitet over 70 m enn under, men fra 120 m faller resistiviteten tydelig ned mot 148 m av ukjent årsak.

Lydhastighet, figur 12, er også bare målt i 58 mm hull. P-hastigheten ligger rundt 5000 m/s (gneis). Meget tydelige lavhastighetssoner (sprekkesoner) indikeres ved 51 m og 115 m. Begge disse sonene er indikert med alle metoder. Ellers indikeres mindre tydelige soner ved 62, 65, 71, 92-96, og 135 m. S-bølgehastigheten ligger på ca 2500 m/s og sprekkene ved 51 og 115 m indikeres meget tydelig. Figur 16 viser et utdrag av seismisk opptak som viser sonen ved 115 m. Signalene blir borte over sonen og tyder på åpen, vannfylt sprekk.

Figur 17 viser data fra TCN sonden målt i 2006 og 2007. Endringene i temperatur og ledningsevne er de samme som omtalt foran målt med vannkvalitetssonden.

Åknes, Lower Bh
 Temperature, Conductivity, Gamma, Resistivity, Sonic

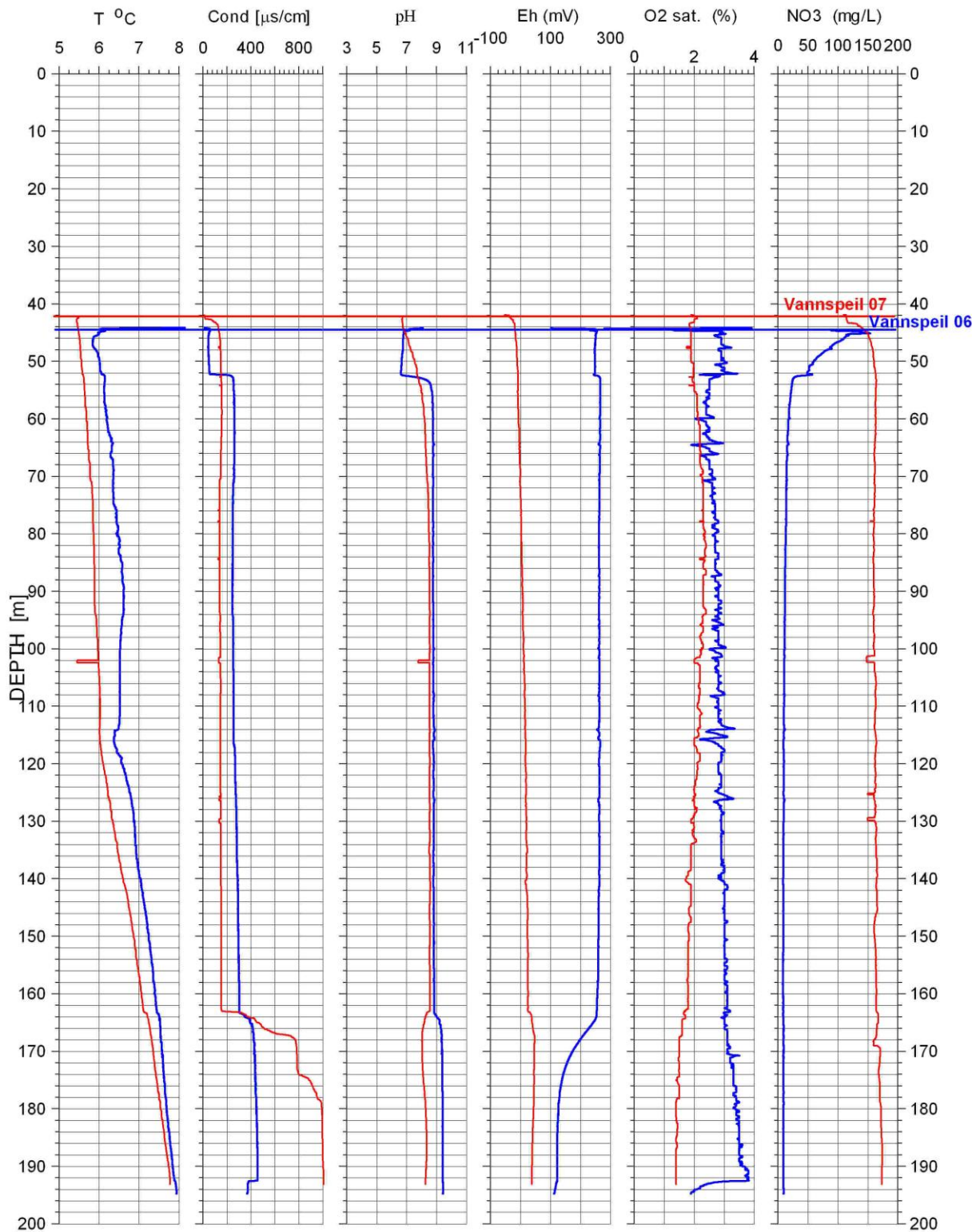
UTM 395836E
 32V 6895313N
 236 moh.



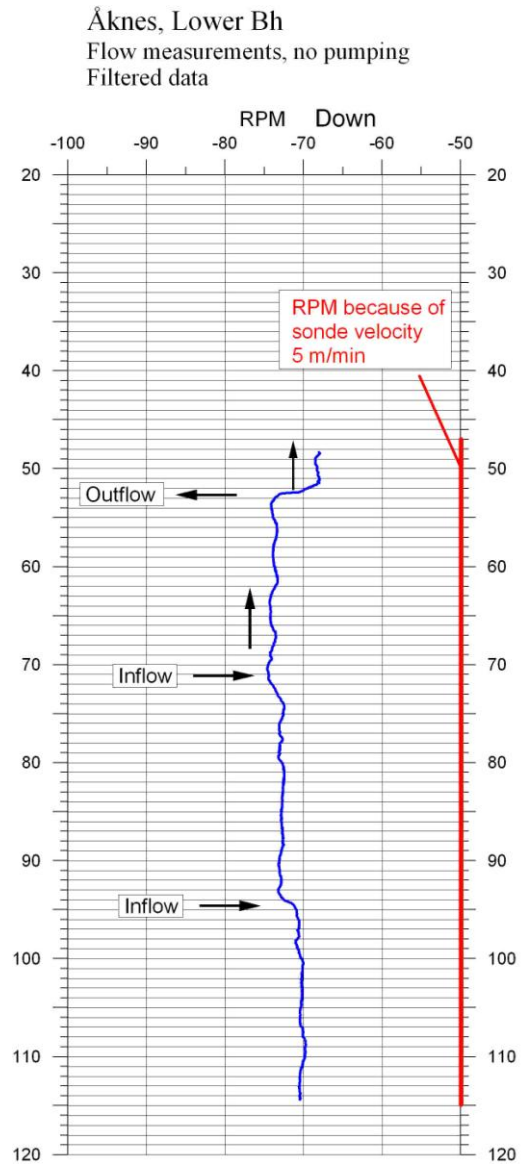
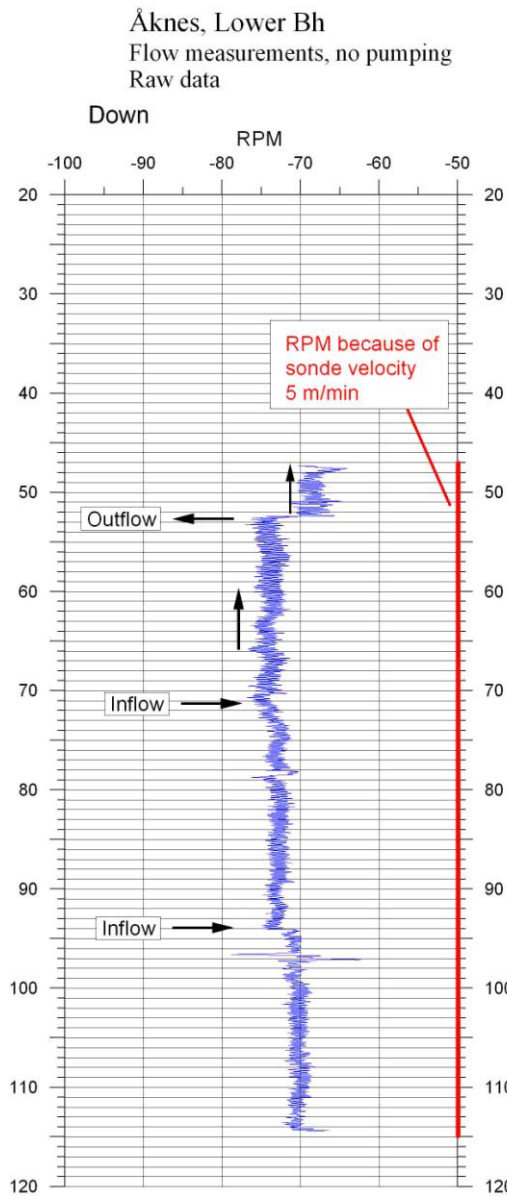
Figur 12. Nedre Bh 2006. TCN, resistivitet og P- og S-bølgehastighet.

Åknes Lower Bh

20.10.2006 26.06.2007



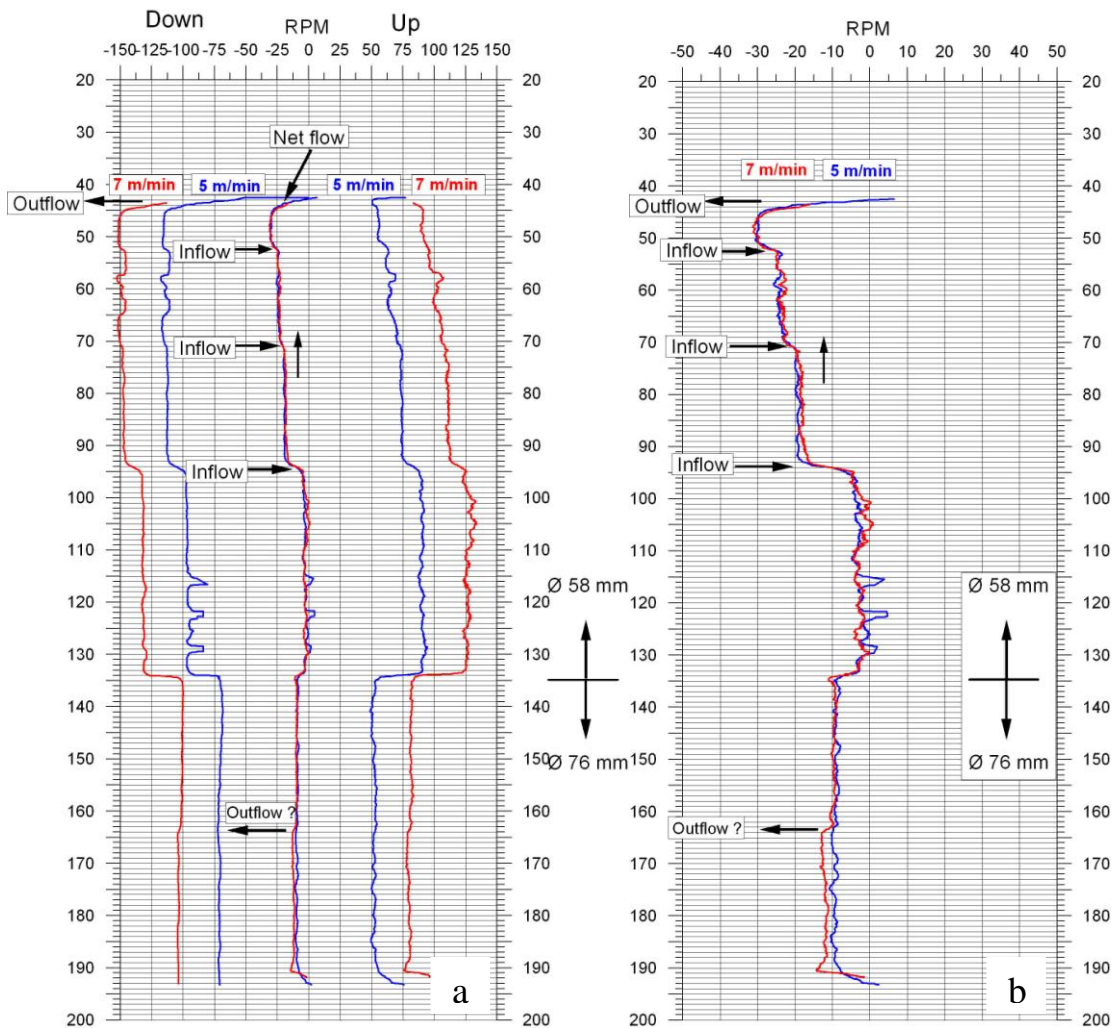
Figur 13. Nedre Bh 2006. Vannkvalitetslogg målt 2006 og 2007.



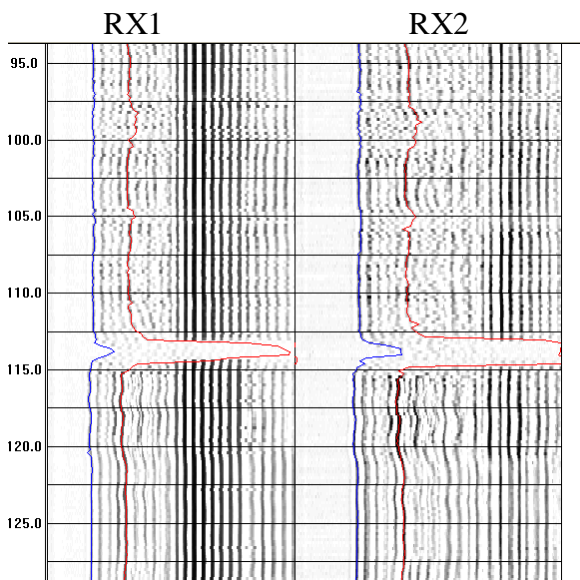
Figur 14. Nedre Bh 2006. Strømningsmåling ned, rådata (venstre) og filtrert (høyre).

Åknes, Lower Bh
Flow measurements, no pumping
RPM UP DOWN

Åknes, Lower Bh
Flow measurements, no pumping
Net flow

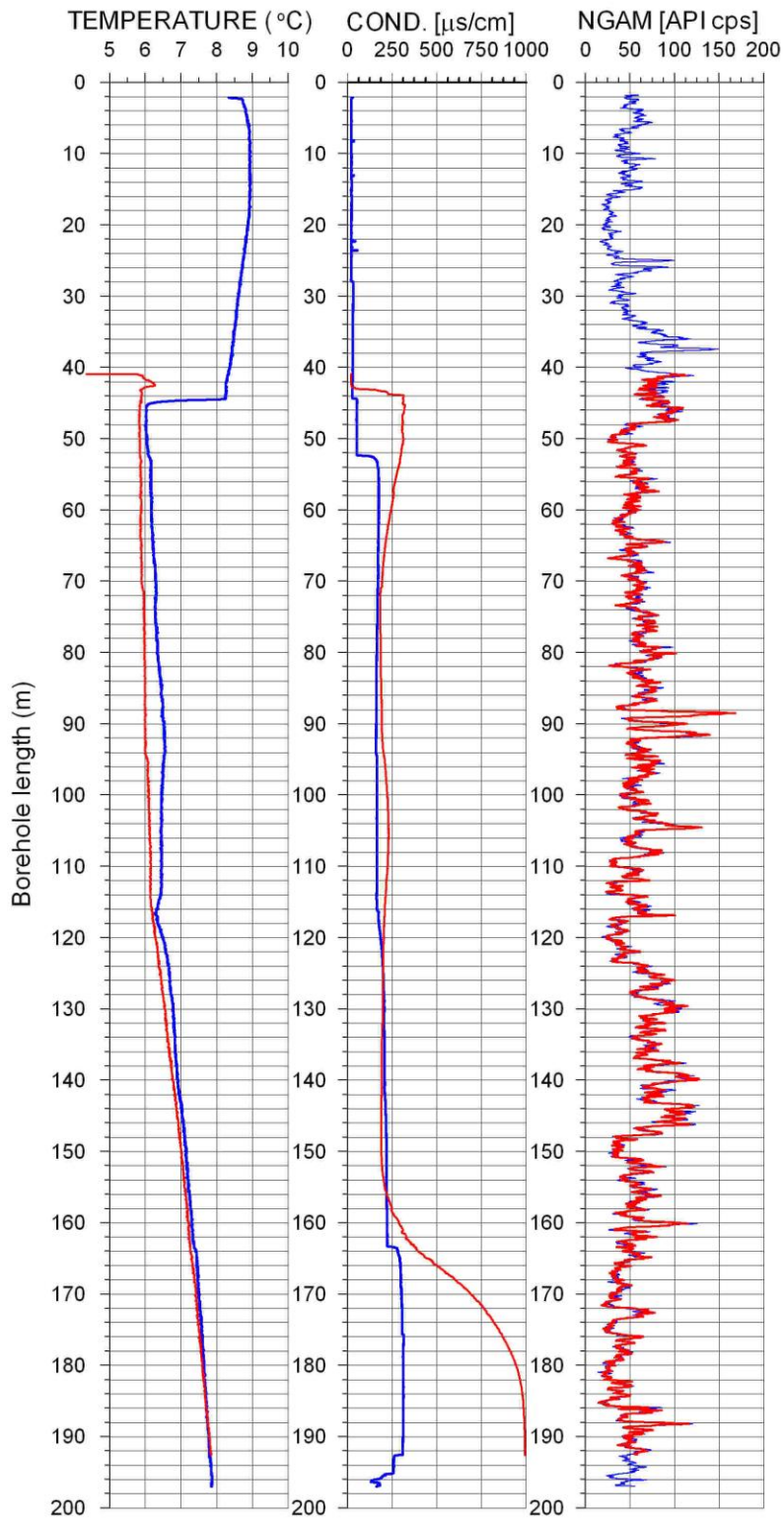


Figur 15. Nedre Bh 2006. Strømningsmåling ned og opp (a), netto strøm (b).



Figur 16. Nedre Bh 2006. Utdrag av seismisk logg, full wave form, 95 -125 m.

Temperature, Conductivity, Total Gamma,
Åknes Nedre Bh Okt. 2006
Juni 2007



Figur 17 Nedre Bh 2006. TCN logg i 2006 og 2007.

4.4 Optisk televiever Nedre Bh 2006

Optisk televiever ble målt i nedre borehull fra 30 – 45 m. Det er gjort sprekkeanalyse på de 15 m som ble målt. Figur 18 viser sprekkestereogram over indikerte sprekker.

Hovedsprekkeretning (blå farge) er N63 med et gjennomsnittlig fall på 33 grader.

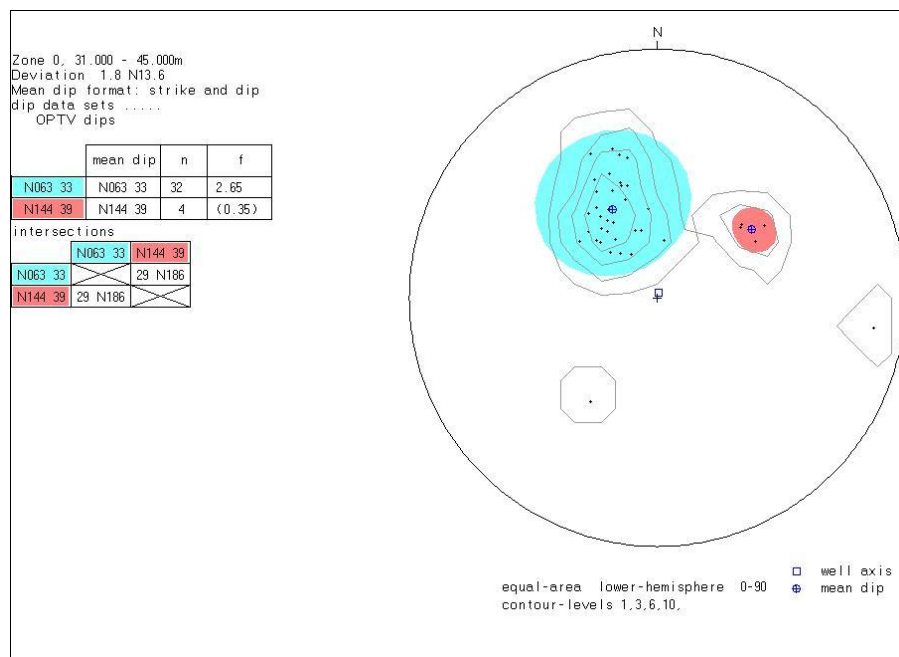
Fallretningen blir N153 (mot SØ) som illustreres med pilplottene i figur 19. Dette tilsvarer omtrent fallet på terrenget og betyr en fallretning ned mot fjorden. Noen få sprekker (rød) faller motsatt veg. Figuren viser i tillegg frekvenshistogram over indikerte sprekker.

Figur 20 viser rosedigram for alle indikerte sprekker.

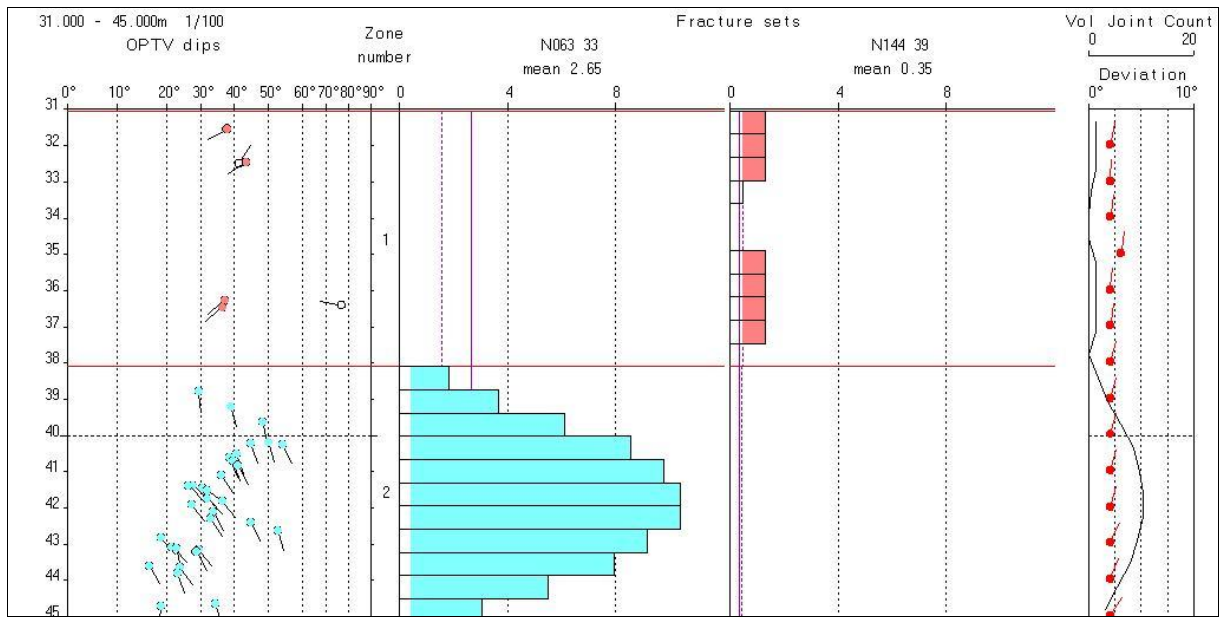
Figur 21 viser et bilde av borehullsveggen 41 – 44 m, og viser to tydelige åpne sprekker.

Figuren viser også utdrag av tolket sprekkelogg med bilde mellom 41 og 44 m. Åpen sprekke ved 42.5 m er beregnet til ca 16 cm åpning.

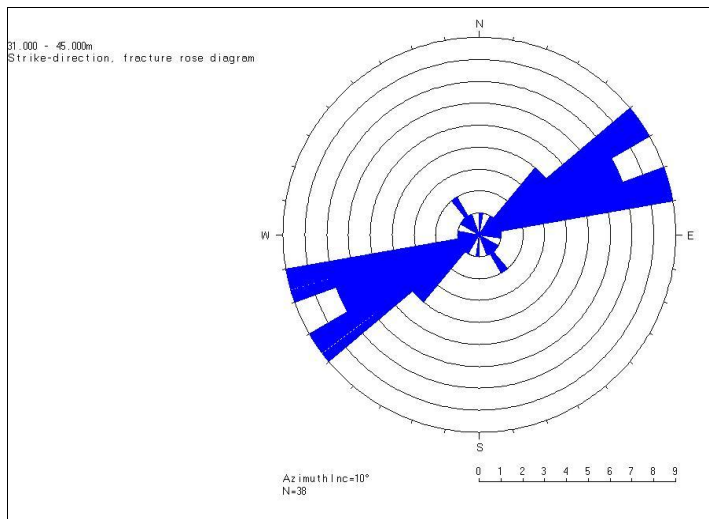
Databilag 1 og 2 viser detaljerte data for alle indikerte sprekker.



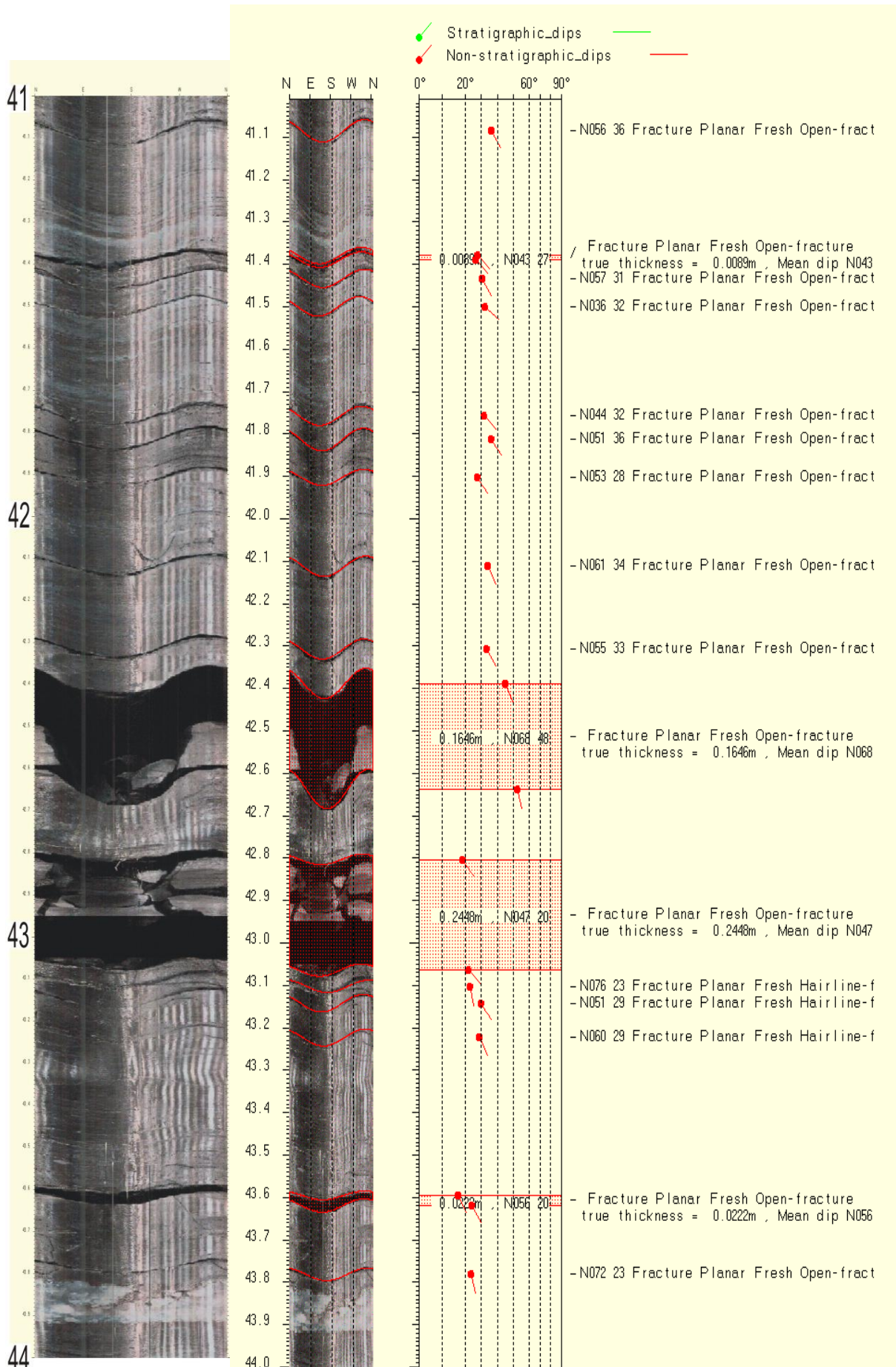
Figur 18. Nedre bh 2006. Sprekkestereogram for indikerte sprekker, 30 – 45m.



Figur 19. Nedre Bh 2006. Sprekkefrekvens 30 – 45 m.



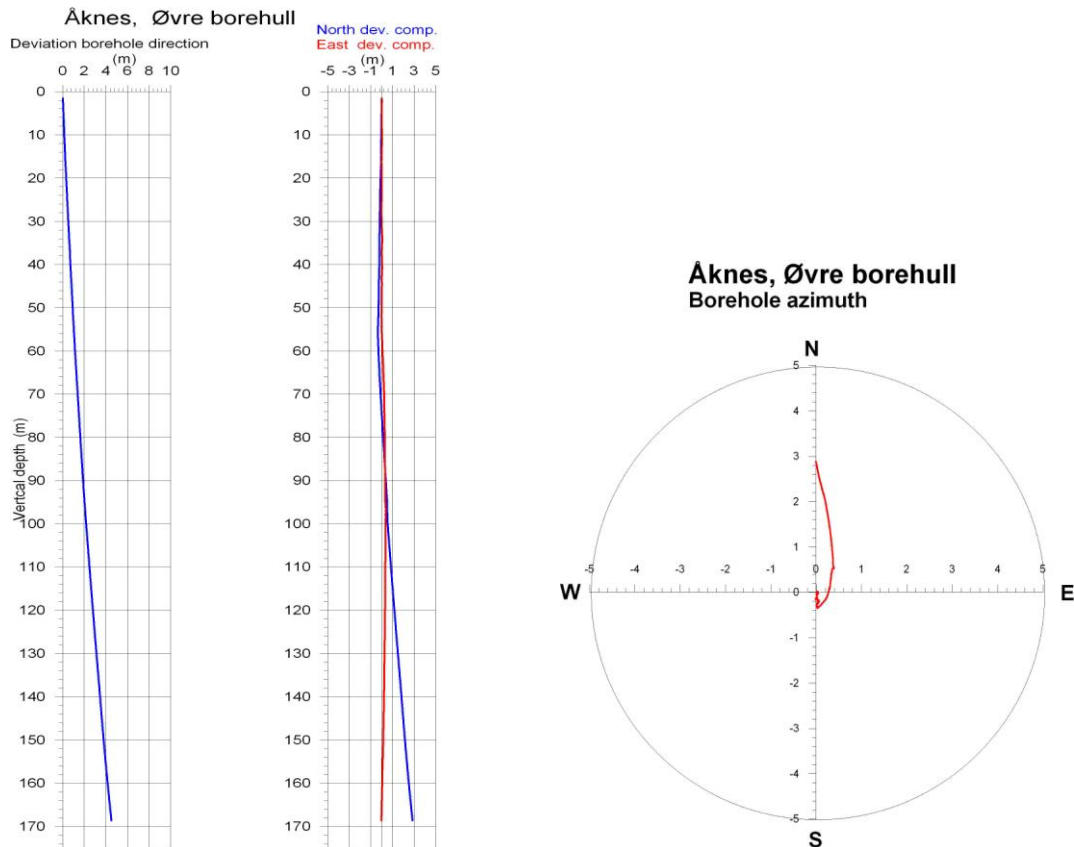
Figur 20. Nedre Bh 2006. Rosediagram over indikerte sprekker, 30 – 45 m.



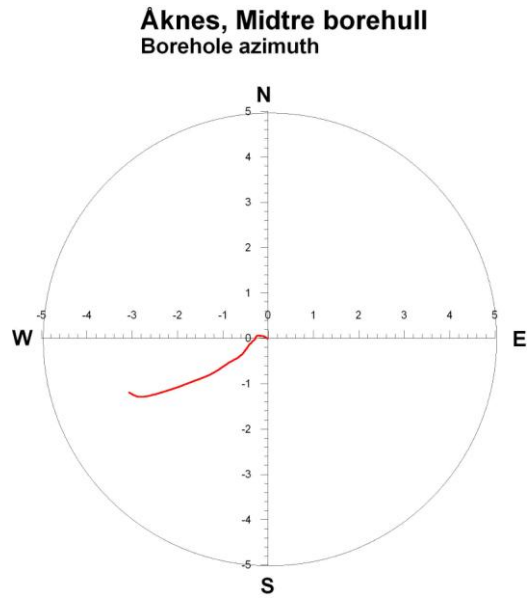
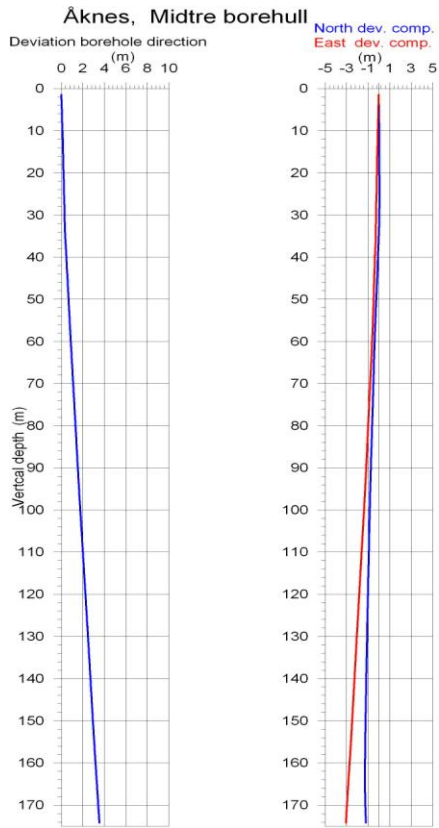
Figur 21. Nedre Bh 2006. Tolket bilde fra optisk televiewer, 30 – 45 m.

4.5 Avviksmåling

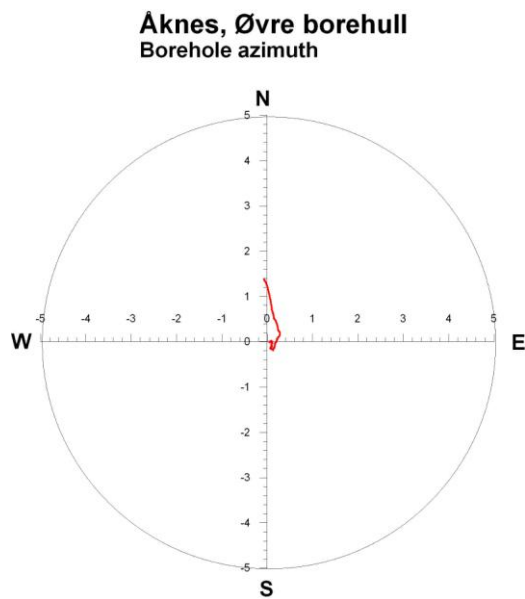
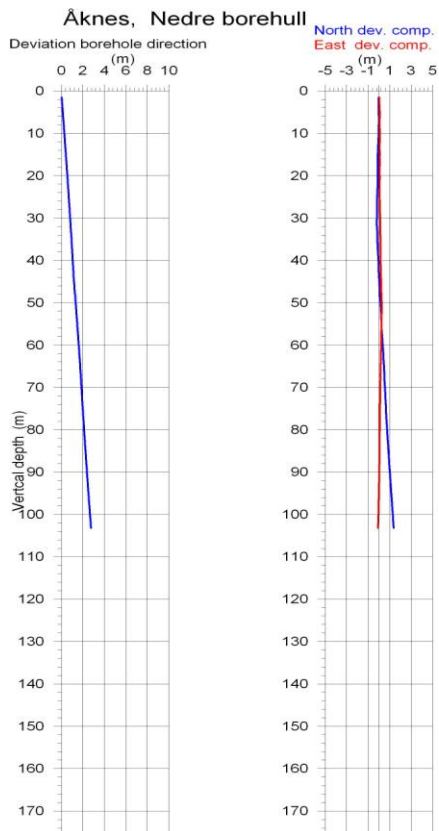
Alle borehull ble avviksmålt. Det er små avvik i forhold til planlagt vertikalt fall. Figurene 22, 23 og 24 viser resultatene fra avviksmålingene og viser vertikalkomponent i borehullsretningen, nord- og østkomponent (obs ! ikke lik målestokk på begge akser) og horisontalkomponent (viser retningen).



Figur 22. Øvre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.



Figur 22. Midtre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.



Figur 23. Nedre Bh 2006. Borehullsavvik, vertikal- og horisontalsnitt.

5. DISKUSJON

Et av hovedspørsmålene i kartleggingen av det ustabile fjellpartiet er hvor dypt det går. Vannspeilet i alle hull ligger mellom 45 og 55 m og det er antatt at over dette dyp er fjellet sterkt oppsprukket. Dette viser også borekjerner og inspeksjon med videokamera. Det er ikke mulig å gjøre borehullslogging i tørre hull slik at en ikke har logger fra denne del av hullene.

Borehullslogging under dette dyp gir indikasjoner på at oppsprekningen trolig går betydelig dypere. En viktig indikator i så måte er endringer vannets temperatur og ledningsevne.

I øvre borehull er temperaturen tilnærmet konstant ned til 120 m der den øker tydelig. Under dette dyp øker så temperaturen gradvis som er normalt. Strømningsmåling viser at det strømmer vann inn ved 86 m og ut av hullet ved 120 m og at det er strømming nedover hullet. Det indikeres en sprekkeseone ved 120 m både med resistivitets- og lyd hastighetsmålingene. Alle vannkvalitetsparametere endres også ved 120 m. En mulighet er at det ustabile partiet går ned til dette dyp.

I midtre borehull skjer det en endring i temperatur og ledningsevne ved 78 m. Temperaturen begynner her å øke. Det strømmer vann inn i borehullet ved dette dyp og strømmingen går oppover. Lyd hastighetsloggen indikerer en sprekkeseone ved 78 m samt ved 88 m og 94 m. Under 94 m er lyd hastigheten stabil på ca 5000 m/s og det er lite oppsprekking. Målingene ble gjort inne i perforert plastrør og resistivitet kunne ikke måles.

I nedre borehull skjer det en meget tydelig endring i temperaturen ved 115 m. Den er tilnærmet konstant ned til dette dyp, mens den øker tydelig under. Dette kan ha sammenheng med vannstrømming. Resistivitet og lyd hastighet indikerer en meget tydelig sprekkeseone ved 115 m, og lite oppsprekking under. Strømningsmålingene indikerer innstrømming ved 94 m og strømming oppover. Strømningsmålingene som ble gjort før plastrør var satt ned stoppet ved 115 m. Sonden stoppet på grunn av innsnevring i hullet. Vannkvalitetsparametrene viser tydelig endring ved 165 m. Det er ikke logget resistivitet og lyd hastighet ned til dette dyp, men det indikeres en svak utstrømming her ved måling inne i plastrøret.

Filming med optisk televiewer i Nedre Bh 2006, mellom 30 og 45 m, viser sterkt oppsprukket fjell med store åpne sprekker. Digitalisering av sprekke viser en gjennomsnittlig fallvinkel på 33 grader og fallretning mot SSØ, dvs. ned mot fjorden. Fallvinkelen tilsvarer omtrent terrengets helning og sprekke opptrer parallelt foliasjonen.

Det blir i denne rapporten ikke gjort noen tolkning av de hydrogeologiske forhold ut fra observerte strømningsdata og andre parametre målt i borehull. Som det er beskrevet ovenfor kan det være en sammenheng mellom oppsprekking og observert strømming, temperatur og ledningsevne i vannet. I så fall kan fjellpartiet være mer eller mindre oppsprukket ned til 115 – 120 m. Under dette dyp tyder alle data på massivt fjell.

6. KONKLUSJON

På tross av problemer med ras og forskyvninger i borehullene har en fått logget alle hull. Ikke alle er logget i full lengde, men data er gode og vil gi et viktig bidrag for tolkning av hvordan det rasfarlige partiet opptrer. Vanntemperaturen som er målt i hullene ser ut til å være en viktig indikator for oppsprekningen da denne ser ut til å ha sammenheng med vanngjennomstrømningen i fjellpartiet. Strømningsmålingene og indikasjoner av inn- og utstrømning ser ut til å samsvare med endringer i temperatur og ledningsevne på vannet. I områder med sterkt oppsprukket fjell er temperaturgradienten liten på grunn av vanngjennomstrømning. I massivt fjell øker temperaturen mot dypet som er det normale.

Sprekkesoner med indikert ut- eller innstrømning av vann blir også indikert med redusert resistivitet og lav seismisk hastighet. Tydelige sprekkesoner er indikert i bunnen av det som kan være det oppsprukne fjellpartiet. Dette partiet kan gå ned til 115 – 120 m. Under dette dyp er det ikke registrert oppsprekking av betydning.

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.

Ganerød, G.V., Grøneng, G., Aardal, I.B. & Kveldsvik, V. 2007: Logging of drill cores from seven boreholes at Åknes, Stranda municipality, Møre and Romsdal County. *NGU Rapport 2007.020*.

Robertson Geologging Ltd. 2004: Interpretation manual. RGLDIP Version 6.2.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Ganerød, G. & Tønnesen, J.F. 2006: Geofysiske målinger Åknes og Tafjord, Stranda og Nordal kommuner, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 2006.02*.

Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217 – 224.

RGLDIPv6.2 OPTV results

K = 0: Stratigraphic dips

K = 2: Non-stratigraphic dips

borehole **Nedre Bh 2006**

zone from 30.662 to 45.594 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	44.703	N187	18.9	0.812	4	D	2	44.691	44.714	0.076	12.65	2.00	0.0618	Fracture	Irregular	Fresh	Open-fracture
2	44.634	N162	34.2	1.000	3	A	2	44.610	44.658	0.076	17.52	2.00	0.0000	Fracture	Irregular	Fresh	Open-fracture
3	43.781	N162	23.4	0.998	4	A	2	43.766	43.796	0.076	8.60	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
4	43.619	N144	23.8	0.989	4	A	2	43.603	43.635	0.076	10.44	2.00	0.0222	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
5	43.595	N149	16.6	0.980	4	A	2	43.585	43.606	0.076	9.75	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
6	43.223	N150	28.9	0.936	4	C	2	43.203	43.242	0.076	17.58	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
7	43.142	N141	29.5	0.997	4	A	2	43.122	43.163	0.076	19.69	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
8	43.102	N166	22.8	0.986	4	A	2	43.087	43.116	0.076	18.61	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
9	43.064	N134	21.7	0.989	4	A	2	43.049	43.078	0.076	16.35	2.00	0.2448	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
10	42.803	N140	19.0	0.999	4	A	2	42.791	42.815	0.076	16.31	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
11	42.637	N163	52.5	0.978	4	A	2	42.590	42.684	0.076	20.97	2.00	0.1646	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
12	42.388	N152	44.7	0.979	5	A	2	42.353	42.424	0.076	15.11	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
13	42.307	N145	33.0	0.963	5	B	2	42.283	42.331	0.076	17.96	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
14	42.112	N151	33.6	0.995	4	A	2	42.088	42.136	0.076	23.07	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
15	41.902	N143	27.5	0.978	4	A	2	41.884	41.921	0.076	14.00	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
16	41.813	N141	36.3	0.985	4	A	2	41.786	41.840	0.076	9.51	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
17	41.757	N134	31.7	1.000	3	A	2	41.734	41.779	0.076	16.05	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
18	41.499	N126	31.8	0.991	4	A	2	41.476	41.522	0.076	21.00	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
19	41.433	N147	30.6	0.986	4	A	2	41.411	41.454	0.076	19.49	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
20	41.389	N134	26.2	0.974	5	A	2	41.371	41.407	0.076	19.87	2.00	0.0089	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
21	41.379	N133	27.7	0.975	4	A	2	41.360	41.399	0.076	20.87	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
22	41.085	N146	36.0	0.994	4	A	2	41.059	41.112	0.076	17.00	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
23	40.836	N150	40.9	0.983	4	A	2	40.805	40.867	0.076	13.00	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
24	40.709	N162	39.4	0.979	4	A	2	40.680	40.738	0.076	18.08	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
25	40.597	N157	38.6	1.000	3	A	2	40.569	40.626	0.076	15.42	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
26	40.486	N162	40.5	0.997	4	A	2	40.456	40.517	0.076	15.35	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
27	40.241	N155	53.9	0.948	4	B	2	40.192	40.290	0.076	17.30	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
28	40.221	N159	44.7	0.998	4	A	2	40.186	40.257	0.076	15.32	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
29	40.163	N165	49.8	0.975	4	A	2	40.120	40.206	0.076	26.59	2.00	0.3557	Vein	Planar	Weathered	Chlorite-vein
30	39.620	N168	48.3	0.993	4	A	2	39.580	39.661	0.076	19.25	2.00	0.0000	Vein	Planar	Weathered	Chlorite-vein
31	39.183	N165	38.8	1.000	3	A	2	39.154	39.212	0.076	20.50	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
32	38.787	N174	29.6	1.000	3	A	2	38.767	38.807	0.076	15.25	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
33	36.449	N230	36.4	0.964	4	B	2	36.423	36.476	0.076	9.52	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
34	36.387	N278	76.9	0.969	6	B	2	36.224	36.549	0.076	9.03	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
35	36.275	N229	37.2	0.942	4	C	2	36.248	36.303	0.076	6.31	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
36	32.495	N033	41.3	1.000	3	A	2	32.460	32.531	0.076	6.49	2.00	0.0000	Fracture	Irregular	Fresh	Open-fracture
37	32.440	N236	43.4	0.980	4	A	2	32.405	32.474	0.076	5.00	2.00	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
38	31.532	N240	37.8	0.962	4	B	2	31.503	31.562	0.076	150.13	2.49	0.0000	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **NEDRE BH 2006**
 zone from 31.000 to 45.000 m
 North ref is magnetic
 05 Feb 2008

Data is classed into 1 types
 5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

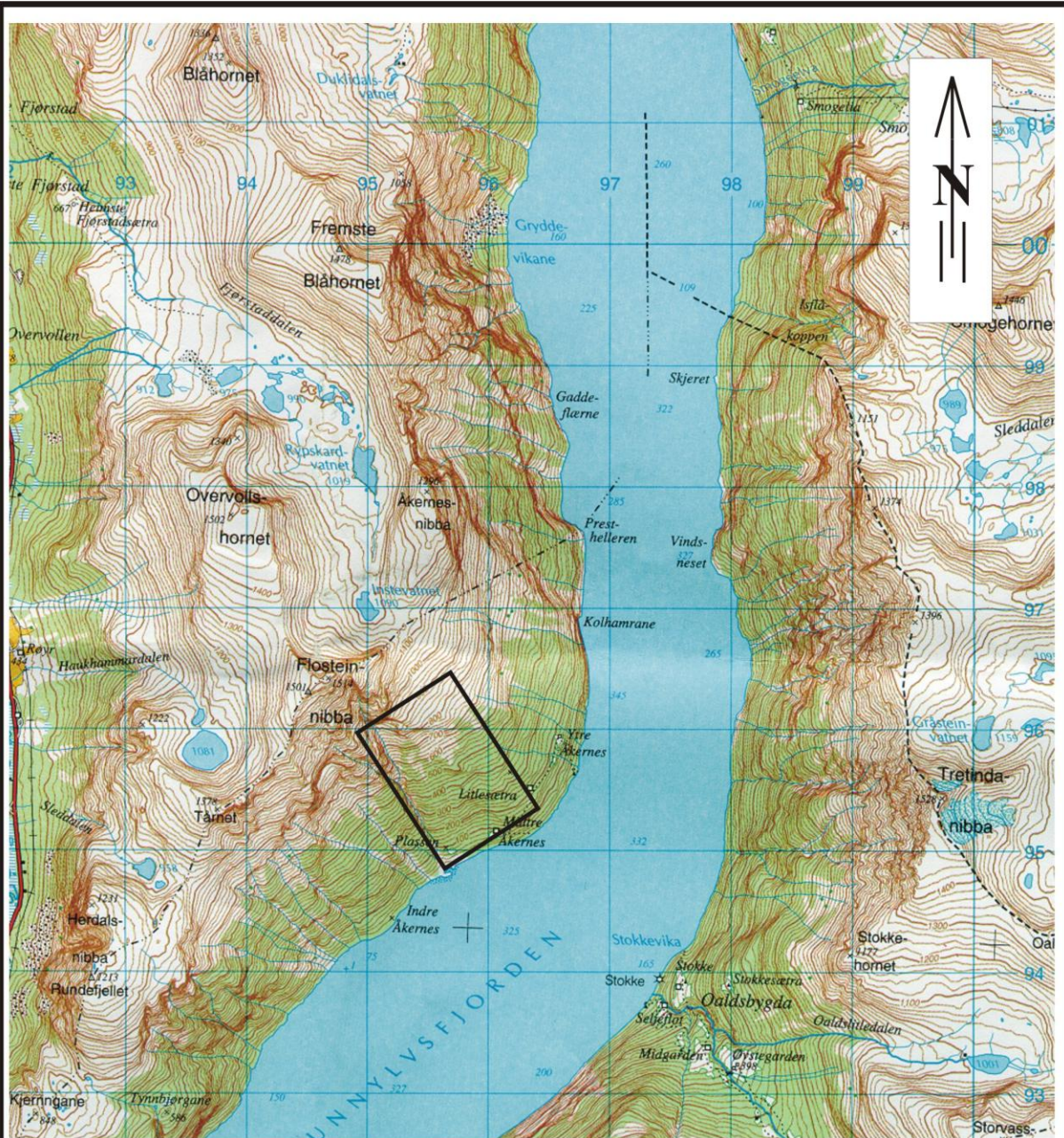
Mean well deviation: 1.8°deg to N 13.6°

2 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	334.9°	54.4°	24.8°	63°	33°	32	2.65
2	54.9°	50.4°	7.3°	144°	39°	4	0.35

Total number of data = 36
 Number of data unaccounted for = 2

ZONE No.	DEVIATION		DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES							
	Dev	Azim	TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f
1	1.7	8.9	31.04	38.10	6	0	0	0	0.00	144	39	4	0.71
2	2.0	17.5	38.10	45.00	32	63	33	32	5.44	0	0	0	0.00



UNDERSØKT OMRÅDE

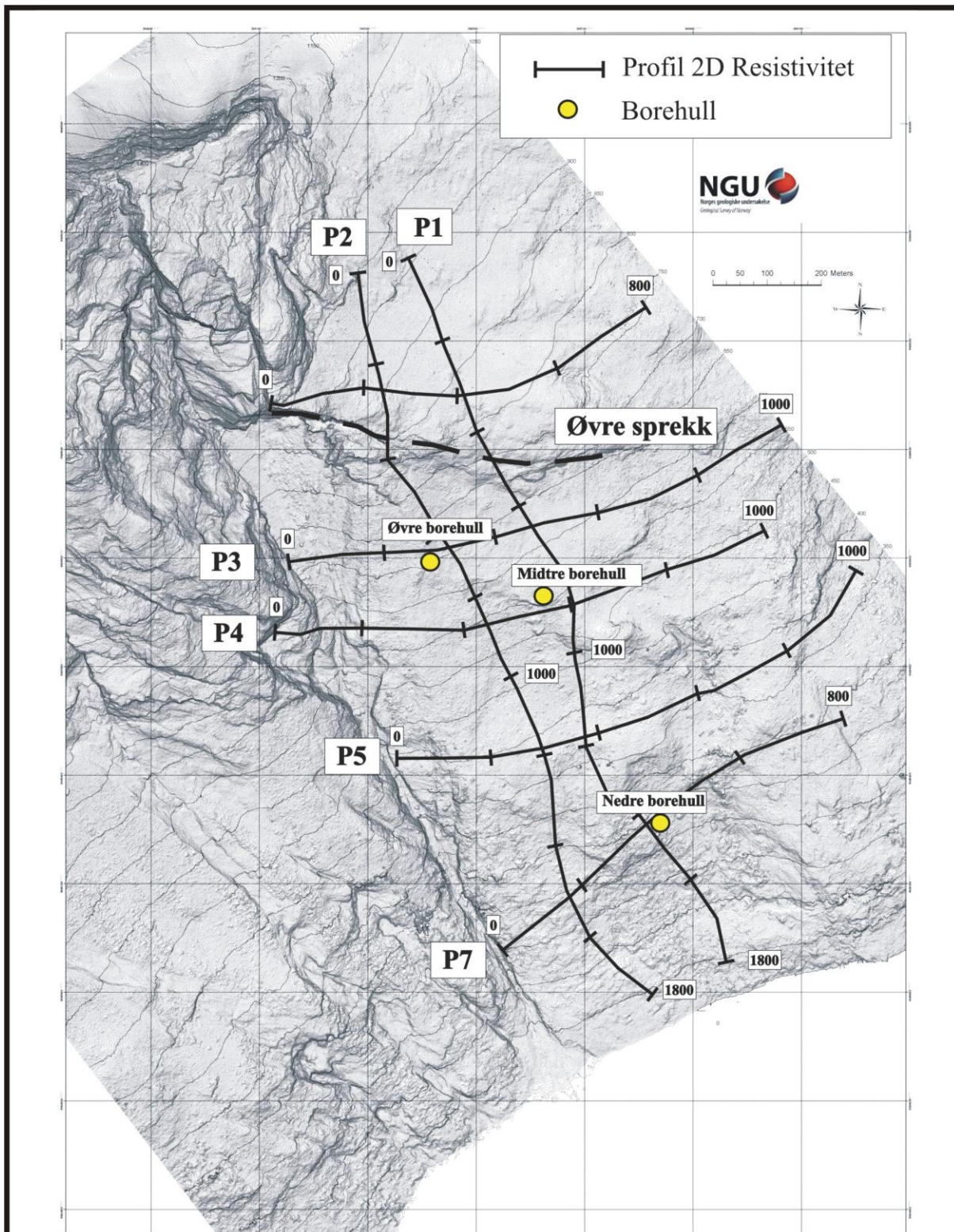
ÅKNES/TAFJORD PROSJEKTET
 OVERSIKTSKART
ÅKNES
 STRANDA, MØRE OG RØMSDAL

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT HE	2006/2007
	TEGN H.E.	Februar 2008
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR
2008.030-01

KARTBLAD NR
1219 II



ÅKNES/TAFJORD PROSJEKTET OVERSIKTSKART ÅKNES STRANDA, MØRE OG ROMSDAL	MÅLESTOKK 1 : 10 000	MÅLT HE	2006/2007
		TEGN E.D.	Februar 2008
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2008.030-02	KARTBLAD NR 1219 II	