

NGU Rapport 2011.032

Geofysisk logging av borehull på Alstein,
Randaberg kommune, Rogaland.

Rapport nr.: 2011.032		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysisk logging av borehull på Alstein, Randaberg kommune, Rogaland.				
Forfatter: Harald Elvebakk og Aline Saintot		Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Region vest		
Fylke: Rogaland		Kommune: Randaberg		
Kartblad (M=1:250.000) Haugesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1213-III Rennesøy		
Forekomstens navn og koordinater: Alstein, 300588Ø 6549227N WGS84 sone 32V		Sidetall: 43	Pris: kr 130.-	
Feltarbeid utført: 7.3.11 – 8.3.11	Rapportdato: 11.4.2011	Prosjektnr.: 341500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU har utført geofysisk logging i et 300 m dypt borehull på øya Alstein som ligger midt mellom Randaberg og Kvitsøy nordvest for Stavanger. I prosjektet E-39 Rogfast planlegges undersjøisk tunnel under Boknafjorden/Kvitsøyfjorden og målingene var en del av forundersøkelsene.</p> <p>Hensikten med borehullet og loggingen var å lokalisere et tidligere indikert skyveplan samt kartlegge geologi og fjellkvalitet ned til tunnelnivå. Hullet ble filmet med optisk televiewer. Det ble også målt temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet i fjell, seismisk hastighet og naturlig total gammastråling.</p> <p>Målingene med optisk televiewer viser at hullet for det meste går i gabbro. Antatt skyveplan ligger dypere enn 300 m og dermed dypere enn tunnelnivå. Det er ikke påvist åpne sprekker eller sprekkesoner som kan se ut til å ha betydning for fjellets stabilitet ved tunneldriving. Det er høy ledningsevne i vannet (saltvann) og dette påvirker resistiviteten i fjell. Seismisk P-bølgehastighet i gabbro ligger på litt i overkant av 6000 m/s. Ingen tydelig lavhastighetssoner er påvist. Det er indikert en mulig vannstrøm oppover fra bunnen av hullet med utstrømning ved sprekk på 273 m dyp. Denne sprekken gir svak nedgang i både resistivitet og P-bølgehastighet.</p> <p>Beregnet foliasjon i borehullet med OPTV viser hovedstrøkretninger Ø-V og NV-SØ og fall mot N og NØ.</p>				
Emneord: Geofysikk		Borehullslogging	Elektrisk måling	
Temperaturmåling		Naturlig radioaktivitet	Lydhastighet	
Optisk televiewer		Fagrapport		

INNHOOLD

1. INNLEDNING	9
2. LOKALITET	9
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	11
4. RESULTATER	12
4.1 Målte parametre	12
4.2 Resultater Alstein borehull	13
4.2.1 Temperatur og temperaturgradient, Alstein borehull	14
4.2.2 Ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og lydshastighet, Alstein borehull	15
4.2.3 Optisk televiewer	17
4.2.4 Strømningsmåling	26
4.2.5 Borehullsavvik	27
5. KONKLUSJON	28
6. REFERANSER	28

FIGURER

<i>Figur 1. Kart som viser utsnitt av E-39 med planlagt tunneltrase for Rogfast under Boknafjorden.</i>	<i>9</i>
<i>Figur 2. Oversiktskart som viser beliggenheten av Alstein.</i>	<i>10</i>
<i>Figur 3. Bilde av Alstein med plassering av borehull.</i>	<i>10</i>
<i>Figur 4. Logging på Alstein nordvest for Randaberg.</i>	<i>13</i>
<i>Figur 5. Borehullet på Alstein er sikret med jernplate boltet til fjell.</i>	<i>13</i>
<i>Figur 6. Temperatur og temperaturgradient i Alstein borehull.</i>	<i>14</i>
<i>Figur 7. Alstein. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet. Til høyre, forenklet geologisk logg.</i>	<i>16</i>
<i>Figur 8. Rosediagram for beregnet strøk og fall til observert foliasjon i Alstein borehull.</i>	<i>17</i>
<i>Figur 9. Sprekkestereogram av observerte sprekker i Alstein borehull.</i>	<i>19</i>
<i>Figur 10. Rosediagram av strøkretning til observerte sprekker i Alstein borehull.</i>	<i>20</i>
<i>Figur 11. Sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull, 0 -100 m.</i>	<i>21</i>
<i>Figur 12. Sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull, 100 -200 m.</i>	<i>22</i>
<i>Figur 13. Sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull, 200 -300 m.</i>	<i>23</i>
<i>Figur 14. Sprekker ved 272 - 273 som gir nedgang i resistivitet og seismisk hastighet.</i>	<i>24</i>
<i>Figur 15. OPTV bilde fra 61 – 63 m som viser sprekker med mulig innstrømning av salt grunnvann.</i>	<i>24</i>
<i>Figur 16. OPTV-bilder fra utvalgte nivåer i Alstein borehull. Venstre: 9 – 14 m, gabbro med granittisk bånd, 10 – 11 m. Midten: 195 - 200 m, gabbro med tynne sprekker. Høyre: 275 – 280 m, foliert granittisk gneis hvor fallretning snur 180 ° ved 277.5 m dyp.</i>	<i>25</i>
<i>Figur 17. Strømningsmåling i Alstein borehull med mulig netto strøm oppover fra bunn til 272 m.</i>	<i>26</i>
<i>Figur 18. Borehullsforløp Alstein borehull. Vertikalsnitt i borehullsretning</i>	<i>27</i>
<i>Figur 19. Borehullsforløp Alstein borehull. Horisontalprojeksjon.</i>	<i>27</i>

TABELLER

Tabell 1. Borehullsdata for Alstein borehull.....	11
Tabell 2. Målte parametre, loggehastighet og samplingstetthet.....	11
Tabell 3. Beregnet foliasjon, fallretning (asimuth), strøkretning og fallvinkel.....	18

DATABILAG

Databilag 0: Forklaring til databilag 1, 2 og 3.....	29
Databilag 1: Data over alle digitaliserte sprekker.....	31
Databilag 2: Data for definerte soner, strøkretning, fall og sprekkefrekvens.....	36
Databilag 3: Data for borehullsforløp.....	37

APPENDIKS

Appendiks 1: Geologisk logg av Alstein borehull.....	41
--	----

1. INNLEDNING

I prosjektet E-39 Rogfast planlegges undersjøisk tunnel under Boknafjorden/Kvitsøyfjorden nord for Stavanger. Tunnelen vil bli verdens lengste undersjøiske tunnel (25 km) og vil også den dypeste som er bygd (maks 360 m). Figur 1 viser hvor den planlagte tunnelen vil komme.

Som en del av forundersøkelsene har NGU logget et 300 m dypt borehull på øya Alstein som ligger midt mellom Randaberg og Kvitsøy, se kart figur 2. Tidligere undersøkelser (Rønning et al. 2006) indikerte at det kunne være et skyveplan i tunnelnivå (grunnere enn 300 m). Hensikten med borehullet var å lokalisere dette mulige skyveplanet og vurdere fjellkvaliteten ned til og i skyveplanet. Hullet ble filmet med optisk televiewer. Det ble også målt temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet i fjell, seismisk hastighet og naturlig total gammastråling. NGU har tidligere gjort geologisk og geofysisk kartlegging og modellering i området (Rønning et al. 2006).

Målingene ble utført i tiden 7.3.2011 - 8.3.2011 av Harald Elvebakk med assistanse av Ragnhild Øvrevik fra Statens vegvesen, Region vest. Personell og utstyr måtte fraktes ut til Alstein med helikopter. Dette ble utført av Pegasus Helicopter AS.



Figur 1. Kart som viser utsnitt av E-39 med planlagt tunneltrase for Rogfast under Boknafjorden.

2. LOKALITET

Figur 2 viser et oversiktskart som viser beliggenheten av øya Alstein nordvest for Randaberg. Figur 3 viser detaljbilde av Alstein med plassering av borehull. Hullet var boret rett på fjell, og vannspeilet var på 6 m dyp. Det var brukt sjøvann under boringen. Dette vil påvirke vannets ledningsevne i borehullet, men det er grunn til å tro at det er naturlig salt grunnvann i

dette hullet. Det salte vannet vil også påvirke resistiviteten i fjell. Det var brukt noe olje under boringen som fløt på vannet hullet. Dette reduserte kvaliteten på de optiske optakene.



Figur 2. Oversiktskart som viser beliggenheten av Alstein.



Figur 3. Bilde av Alstein med plassering av borehull.

Tabell 1 viser data for borehullet på Alstein. Koordinatene er målt inn av Entreprenørservice AS som også sto for boringen.

Tabell 1. Borehullsdata for Alstein borehull.

Lokalitet	Øst wgs 84	Nord wgs 84	Sone	høyde m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (mm)	Dyp (m)	Boring avsluttet
Alstein	300588	6549227	32 V	7.8	7- 8.3.11	Loddrett	76	300	23.11.10

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

Alle planlagte logger ble utført på to dager. Hullet var noe tilsølt med olje fra boringen, og dette bidro til redusert kvalitet på opptakene fra optisk televiewer ved at det la seg olje på kameraglasset. En så også olje/subb som et belegg på borehullsveggen, men opptakene var fullt mulig å tolke. Enkelte steder kan det være noe vanskelig å se bergartstype, men det var for det meste gabbro, se appendiks 1, i hele hullet, og gammalogen viser endringene.

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

Tabell 2 viser målte parametre, loggehastighet og samplingstetthet for de ulike sondene.

Tabell 2. Målte parametre, loggehastighet og samplingstetthet.

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 (med televiewer)	1 m/min	1 m
Optisk televiewer	1 m/min	1 mm
Strømningsmåling	5 m/min	1 cm

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 i fjell, tilsynelatende porøsitet og lydshastighet. 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) (Thunhed & Olsson 2004). Ledningsevnen i porevannet vil påvirke resistiviteten, spesielt ved høye verdier som i sjøvann. Lav resistivitet kan bety oppsprukket fjell (økt porøsitet og vanninnhold). Leire og ledende mineraler gir også lav resistivitet. Av måletekniske årsaker får en ikke korrekte måleverdier før sonden er 10 m under vannspeilet. Vaieren på vinsjen brukes som returstrømelektrode, og de nederste 10 m er isolerte.

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

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

σ = bergartens ledningsevne

σ_w = ledningsevne i porevannet

σ_s = overflatekonduktivitet

Faktorene a og m (kornform, sementeringsfaktor) er avhengig av bergartstype og bestemmes ved laboratoriemålinger. Ved beregningen av porøsiteten brukes $a=1.928$ etter Thunhed og Olsson som fant dette for krystalline bergarter (Thunhed & Olsson 2004). Verdien på m er satt lik 2.0 (personlig meddelelse Hans Thunhed). σ_s er satt lik 10^{-5} og er så godt som neglisjerbar.

Archie's lov er egentlig tilpasset homogene sedimentære bergarter (sandstein) men ved å tilpasse (måle) faktorene kan en tilsynelatende porøsitet også beregnes for andre bergarter. En stor feilkilde ved denne tilpassningen vil være tilstedeværelsen av elektronisk ledende mineraler (grafitt, sulfider, oksider, leire).

Lydshastigheten beregnes både for P-bølger og S-bølger. Det er gjort full "wave form" prosessering med programvaren WellCad fra ALT (Advanced Logic Technology 2006). En nedgang i lydshastighet kan bety oppsprukket fjell.

Strømningsmåling er gjort for å kartlegge vertikal strømming 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.

4.2 Resultater Alstein borehull

Figur 4 viser bilde fra logging i Alstein borehull. Hullet var boret til 300 m dyp, og vannspeilet sto på 6.0 m. Hulldimensjon var 76 mm. Figur 5 viser hvordan borehullet er sikret med en jernplate boltet til fjell.



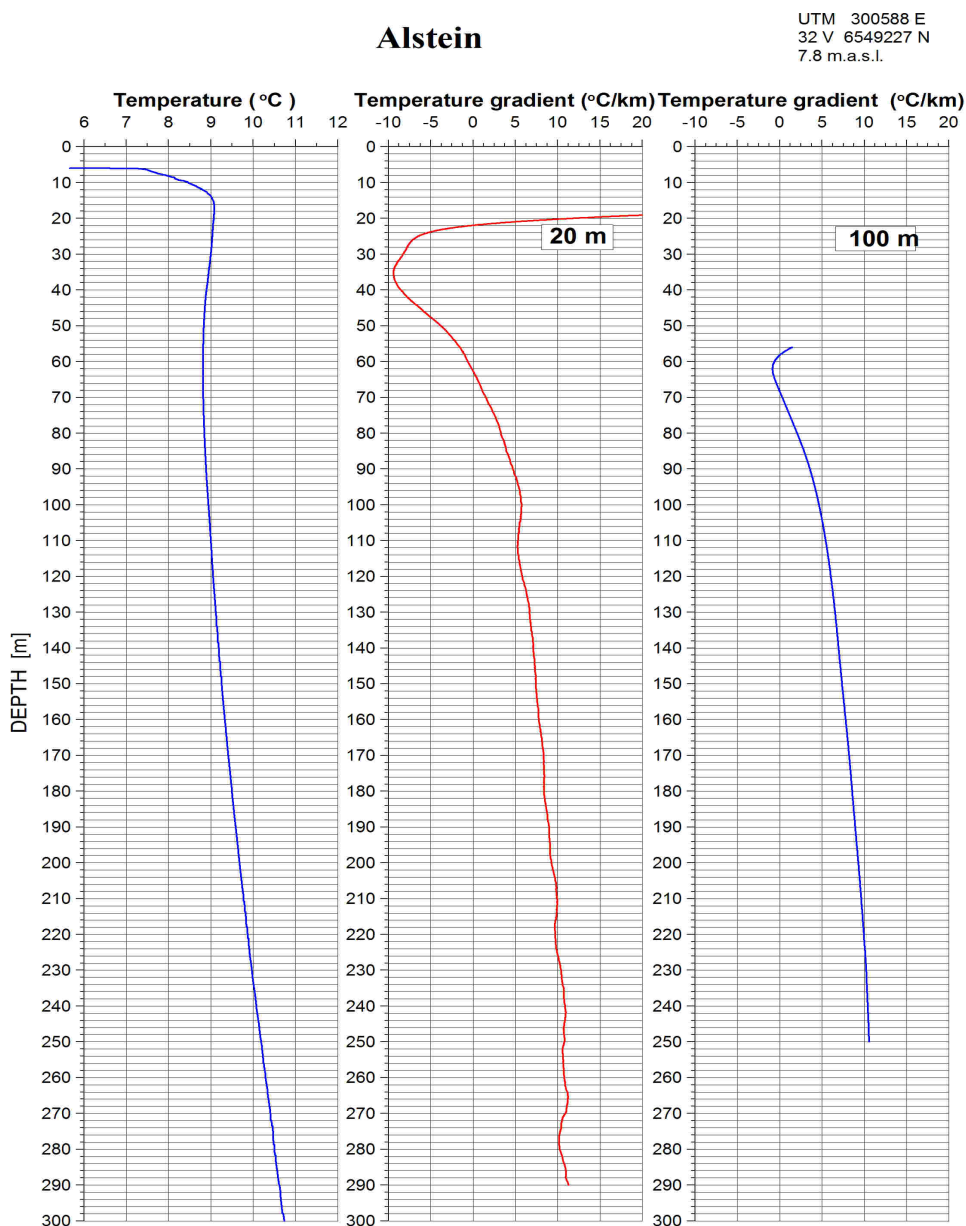
Figur 4. Logging på Alstein nordvest for Randaberg.



Figur 5. Borehullet på Alstein er sikret med jernplate boltet til fjell.

4.2.1 Temperatur og temperaturgradient, Alstein borehull

Figur 6 viser temperatur og temperaturgradient i Alstein borehull. Gradienten er beregnet løpende med 20 m og 100 m intervallengde. 20 m vil gi mest detaljert kurve. Temperaturøkningen ned til ca 15 m skyldes sesongvariasjon med lavest temperatur nærmest dagen (vinter). Den videre nedgang ned til 65 – 70 m dyp er noe uvanlig og kan skyldes paleoklimatiske forhold som betyr at lav temperatur ”henger igjen” fra tidligere istider. Fra 70 m dyp øker temperaturen i henhold til den termiske gradient. Denne gradienten er imidlertid svært liten, maksimum 10 °C/km noe som er ca halvparten av normal gradient i Norge. Noenlunde samme lave gradient og forløp er målt ned til 1050 m i en brønn på Ullandhaug i Stavanger. Temperaturkurven viser imidlertid ingen endringer som kan tyde på vannførende sprekker.



Figur 6. Temperatur og temperaturgradient i Alstein borehull.

4.2.2 Ledningsevne i vann, naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og lydshastighet, Alstein borehull

Bergarten i dagen på Alstein er en gabbro (Rønning et al. 2006). Et av formålene med hullet var å kartlegge geologien ned til 300 m dyp. Kjerner fra hullet ble senere logget av NGU (Saintot 2011). Beskrevet geologisk logg er vist i Appendix 1 (Saintot & Solli 2011). En forenklet geologisk logg er vist på figur 7, og hele hullet går for det meste i gabbro.

Figur 7 viser sammenstilte logger av ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet (P- og S-bølge). Resistivitet og seismisk hastighet kan bare logges i vann, og grunnvannsspeilet sto på 6.0 m.

Ledningsevnen i vann er svært høy, ca 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ned til 65 m dyp hvor den øker brått til ca 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og holder seg på dette nivået til bunnen av hullet. Det ble brukt sjøvann ved boringen og det er grunn til å tro at grunnvannet er salt ute på denne lille øya nær havoverflata. Selv om det er brukt sjøvann under boringen vil overflatevann etter hvert renne inn i hullet og ledningsevnen avta. Ved 61 og 62 m dyp er det sprekker hvor en kan tenke seg at salt grunnvann kommer inn, se figur 14 senere i rapporten. For øvrig er det ingen andre endringer i ledningsevnen noe sted i borehullet som kan indikerer sprekker med vanninnstrømning.

Gammastrålingen er lav i mesteparten av hullet, 25-50 cps. Gabbro har lav gammastråling på grunn av lite innhold av kalifeltspat. Øverst i hullet og flere steder nedover i hullet (105 m, 110 m, 178 m) er det observert høye verdier, opp mot 300 cps. På OPTV-loggen ser en at dette skyldes bånd av en lys bergart med trolig forhøyet innhold av kalifeltspat. Mellom 273 m og 283 m (150 cps) er det et granittisk (gneis?) lag som indikeres, se geologisk logg appendix 1. Lav gamma nederst i hullet indikerer en finkornet, foliert mafisk bergart (gabbro).

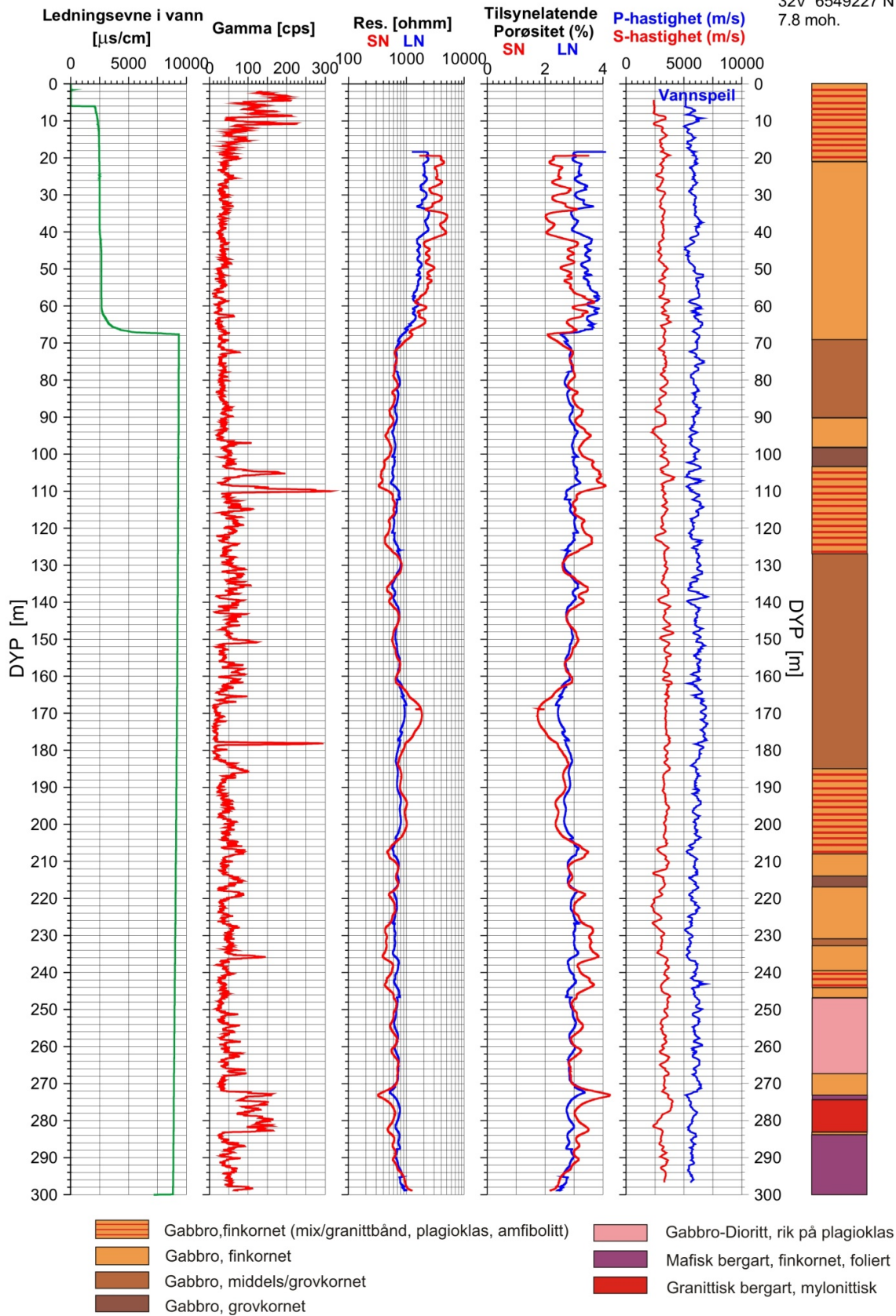
Resistiviteten er tydelig påvirket av den høye ledningsevnen i porevannet. Det er korrigert for vannets ledningsevne i hullet, men ikke for porevannet. Over 65 m er resistiviteten 2000 – 4000 ohmm, størst for SN. Ved ca 65 m dyp går resistiviteten tydelig ned og ligger godt under 1000 ohmm resten av hullet. Normale verdier for gabbro i ferskvann (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) vil være 5000 – 6000 ohmm (massiv, ikke oppsprukket bergart). Det som er viktig med hensyn til oppsprekking er relative endringer av resistiviteten. Det er ingen soner med tydelig nedgang i resistiviteten bortsett fra en liten nedgang ved 273 m dyp, i overgangen til granitten.

Den tilsynelatende porøsiteten er beregnet ved bruk av Archie's lov og er avhengig av ledningsevnen i porevannet og den målte resistiviteten. Generelt vil en bergart med høy porøsitet ha lavere resistivitet enn en bergart med lav porøsitet. Porøsiteten i krystalline bergarter ligger vanligvis under 1 %. Den beregnede tilsynelatende porøsitet i Alstein borehull ligger på ca 3 % som antas å være for høyt, men de relative variasjoner vil være riktige.

Lydshastigheten, P-bølge, varierer rundt 6000 m/s. Gjennomsnittshastigheten i et utvalgt område mellom 50 og 100 m dyp er 6030 m/s. Gjennomsnittlig hastighet i granitten ved 273 – 283 m dyp er 5630 m/s.

Alstein

UTM 300588 E
32V 6549227 N
7.8 moh.



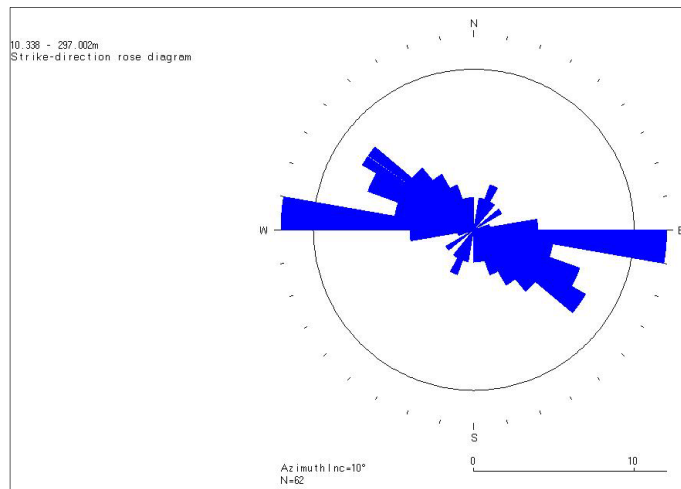
Figur 7. Alstein. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gammastråling, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet. Til høyre, forenklet geologisk logg.

4.2.3 Optisk televiewer

Som nevnt tidligere i rapporten var hullet noe forurenset av olje som ble brukt under boringen. Oljelaget lå på vannoverflaten i hullet og glasset på kameraet ble noe tilsølt. Dette vises som vertikale striper på opptaket. For tolkning av sprekker har dette ikke noe å si. Borehullsveggen var også tilsmusset ganske mye nedover hullet. Det er vanskelig å si om dette er olje eller slam fra boringen. Det er greit å identifisere sprekker, men det kan være noe vanskelig å se geologien i detalj.

Det er gjort to tolkninger av optisk televiewer. En er gjort for beregning av foliasjon (strøk og fall) langs hullet og en er gjort for sprekkekartlegging.

Tabell 3 viser beregnet strøkretning, fallretning (asimuth) og fallvinkel for foliasjonen. Det var ikke mulig å observere foliasjon langs hele hullet, og mellom 96 m og 206 m er det ikke målt foliasjon. Figur 8 viser rosedigram for beregnet foliasjon (strøkretning). Hovedstrøkretninger er Ø-V og SØ-NV. I det granittiske laget på 273 – 283 m dyp endres fallretningen ca 180° på 1.5 m, se rød skrift i tabell 3 og figur 16. Dette kan være en foldeakse hvor foldingen er forårsaket av et underliggende skyveplan (dypere enn 300 m).



Figur 8. Rosediagram for beregnet strøkretning til observert foliasjon i Alstein borehull.

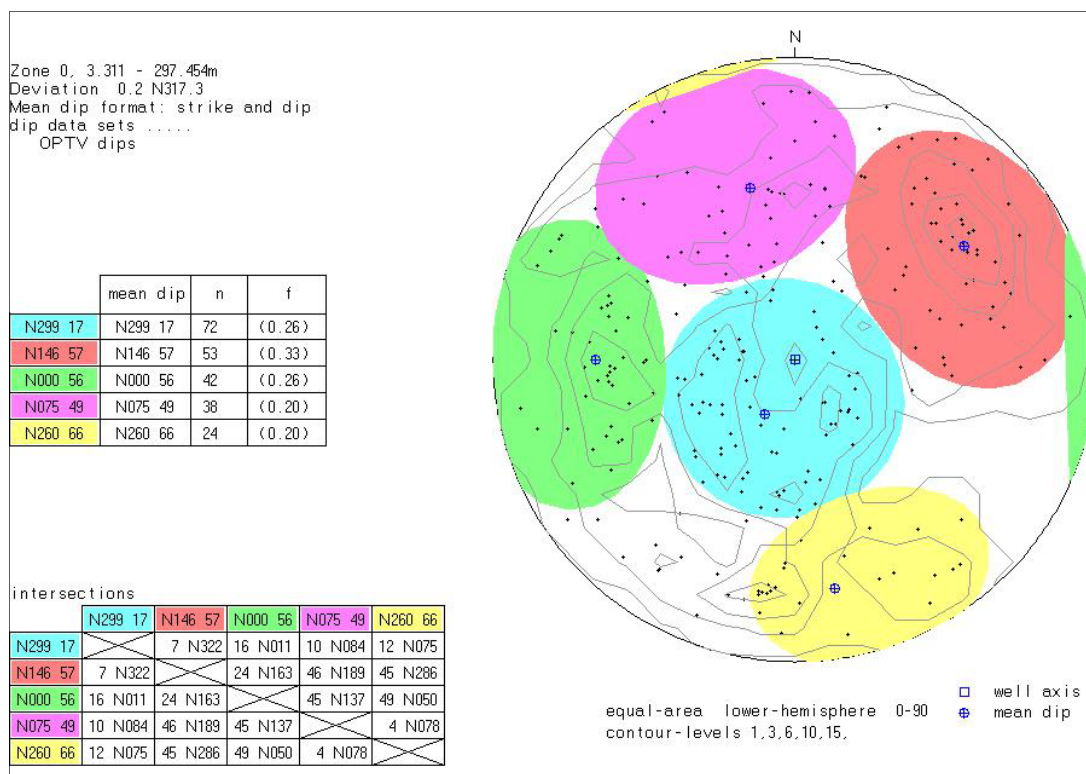
Tabell 3. Foliaasjon, beregnet fallretning (asimuth), strøkretning og fallvinkel

Depth	Azimuth	Strike	Dip	Depth	Azimuth	Strike	Dip
10.838	N269	N179	52.6	273.06	N001	N271	66.4
11.333	N230	N140	61.1	276.327	N047	N317	72.5
13.297	N189	N099	58.6	276.687	N043	N313	71.8
13.843	N207	N117	50.5	278.039	N220	N130	77.8
15.389	N203	N113	58.7	278.495	N218	N128	77.9
15.634	N202	N112	54.7	279.045	N207	N117	75.1
47.684	N359	N269	37.3	280.307	N199	N109	63
47.9	N016	N286	33.5	280.636	N192	N102	58
71.793	N249	N159	55.1	281.419	N204	N114	57.7
71.924	N232	N142	43.6	286.03	N219	N129	33.4
72.262	N222	N132	38	286.495	N232	N142	28.4
85.093	N289	N199	48.5	295.264	N360	N270	49.9
85.51	N328	N238	50.2	295.527	N359	N269	43.2
86.379	N003	N273	62.2	295.739	N357	N267	44.3
90.551	N035	N305	32.2	296.154	N001	N271	45.5
91.078	N030	N300	27.1	296.512	N007	N277	41.9
91.134	N017	N287	28.5				
91.552	N298	N208	27.2				
91.608	N299	N209	28.2				
96.496	N023	N293	18.5				
206.611	N256	N166	48.9				
206.663	N254	N164	46.3				
206.879	N232	N142	52.3				
207.768	N216	N126	62.1				
207.918	N218	N128	60.1				
208.156	N217	N127	51.4				
224.499	N222	N132	43.7				
225.039	N260	N170	43.6				
225.115	N242	N152	44				
226.924	N288	N198	30.3				
232.881	N146	N056	29.2				
233.002	N123	N033	31.9				
233.781	N068	N338	36.3				
235.459	N113	N023	28.4				
235.606	N126	N036	27				
238.326	N161	N071	22.8				
239.819	N174	N084	46.4				
242.505	N190	N100	49.5				
242.681	N188	N098	45.6				
243.033	N187	N097	46.5				
244.899	N185	N095	56.9				
245.138	N183	N093	60.1				
245.386	N184	N094	59.3				
265.643	N202	N112	39.1				
265.96	N211	N121	37.2				
272.831	N007	N277	68				

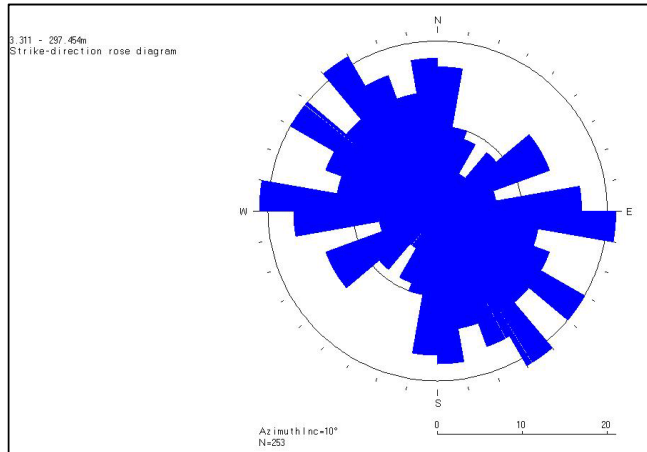
Sprekker

Generelt kan det sies at hullet består av mye massivt fjell uten åpne sprekker eller sprekkesoner som kan påvirke fjellets stabilitet. Det er observert og registrert en god del sprekker, men det er tynne (hairlines) sprekker og flere er mineraliserte. I overgangen til det granittiske laget på ca 273 m dyp er det registrert flere sprekker som faller sammen med svak nedgang i resistivitet og seismisk P-bølggehastighet. Sprekkene er steile og faller sammen med foliasjonen på dette dyp, strøk ØV og fall mot nord, se figur 13 senere.

Figur 9 viser sprekkestereogram av observerte sprekker i Alstein borehull. Det er stor sprik i fall og retning på sprekkene. Sprekkene i diagrammet er delt inn i grupper (sirkler med ulike farger). Tabellen i figur 9 viser gjennomsnittlig strøk og fall, antall sprekker og gjennomsnittlig sprekkefrekvens. Sprekkene i blå (N299) og gul (N260) gruppe har en gjennomsnittlig strøketretning som faller sammen med foliasjonens strøk. Også rosediagrammet på figur 10 viser den store spredningen i sprekkeretninger.



Figur 9. Sprekkestereogram av observerte sprekker i Alstein borehull.



Figur 10. Rosediagram av strøkretning til observerte sprekker i Alstein borehull.

Figurene 11 – 13 viser sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull. Fargene representerer de samme gruppene som i stereogrammet på figur 9. Hullet er delt inn i soner og sprekkefrekvensen i hver sone er vist i databilag 2. På figuren vises pilplott som viser fallretning og fallvinkel. Videre vises VJC (Volume Joint Count) som er summen av frekvensene (alle farger på et dyp) og borehullets forløp (vinkel og retning).

Flere steder i hullet har sprekkefrekvenser i området 4 – 6 sprekker/meter. Størst sprekketetthet finnes ved 195 – 203 m dyp (grønn). Som i de øvrige deler av hullet er dette tynne sprekker uten påvirkning på resistivitet og seismisk hastighet, og antas derfor å være uproblematisk i forhold til å påvirke fjellstabiliteten. Som nevnt foran er det bare sonen ved ca 273 m dyp som gir svak nedgang i resistivitet og seismisk hastighet, se fig 13 (gul). Figur 14 viser bilde og tolket bildelogg fra 271 – 273. Denne sonen kan representere et internt skyveplan i forbindelse med foldingen av den underliggende granittiske gneisen.

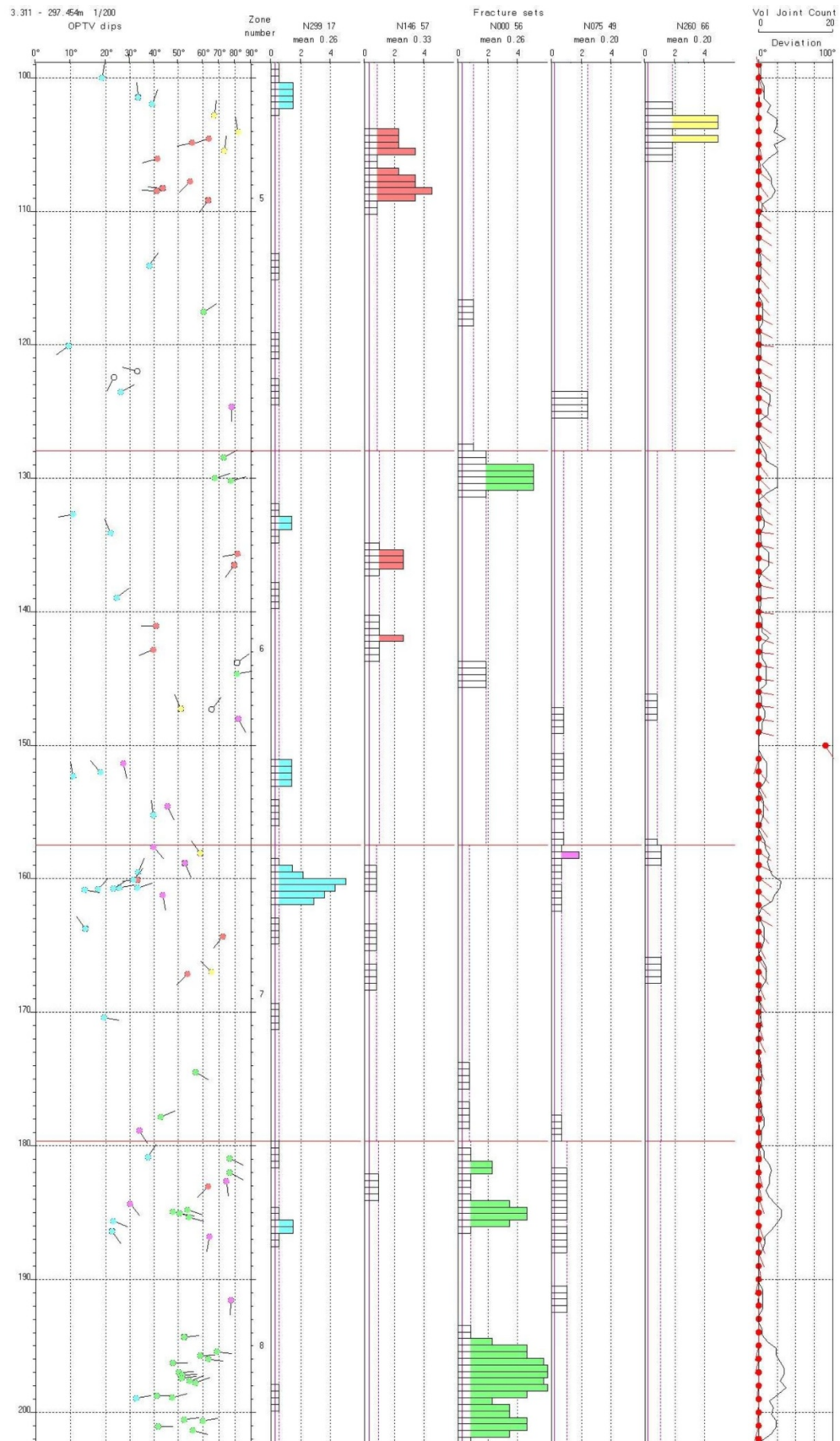
Figur 15 viser OPTV bilde fra 61 – 63 m. Sprekker ved 61.1 m og 62.3 m kan være årsak til innstrømning av salt grunnvann (sjøvann) og forhøyet ledningsevne.

Figur 16 viser OPTV bilder fra tre utsnitt i borehullet:

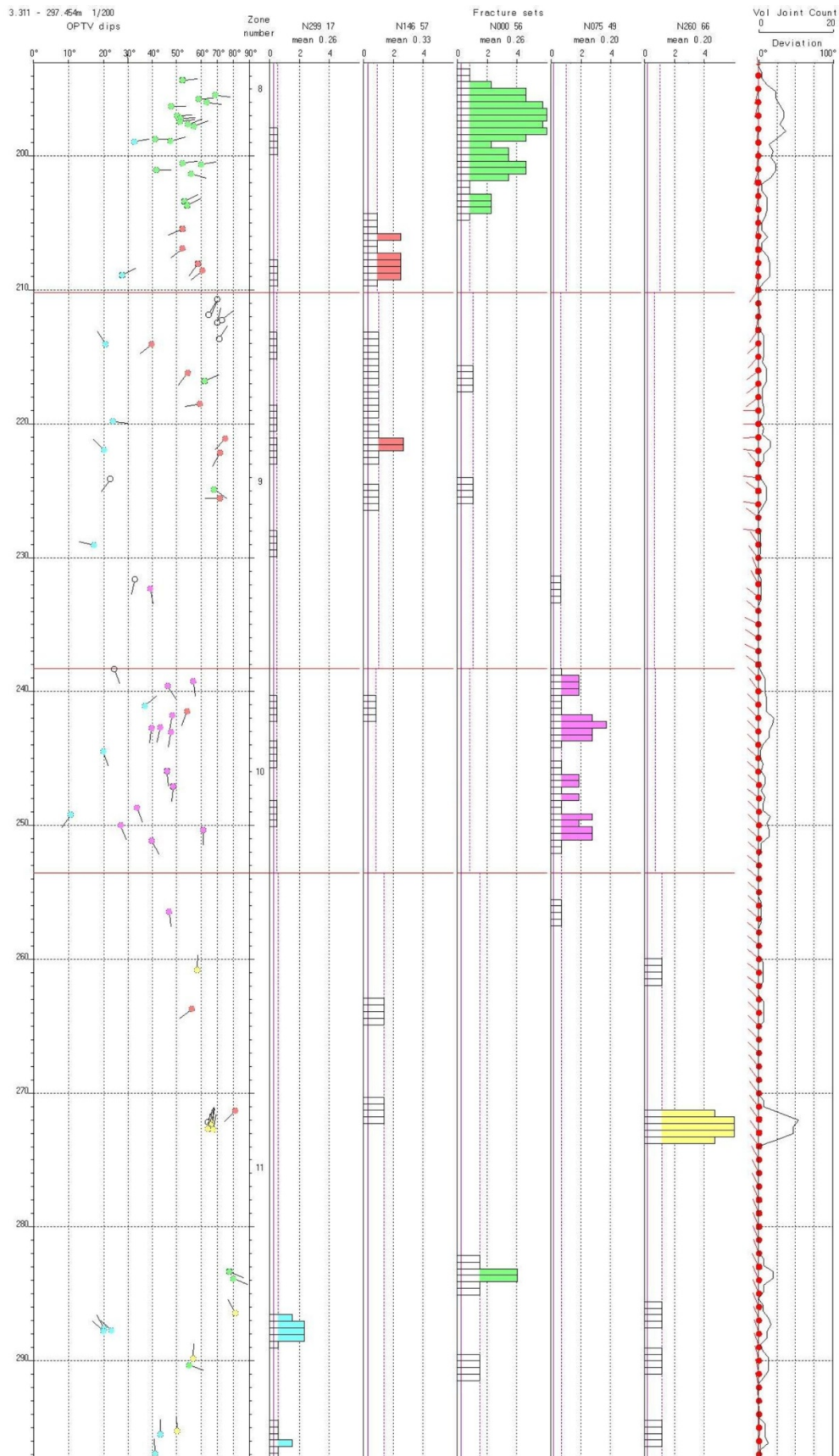
9 – 14 m, gabbro med granittisk bånd (10 – 11 m). Eksempel på tilsølt borehullsvegg.

195 - 200 m, gabbro med tynne sprekker og beregnet sprekkefrekvens 4 – 6 sprekker/m.

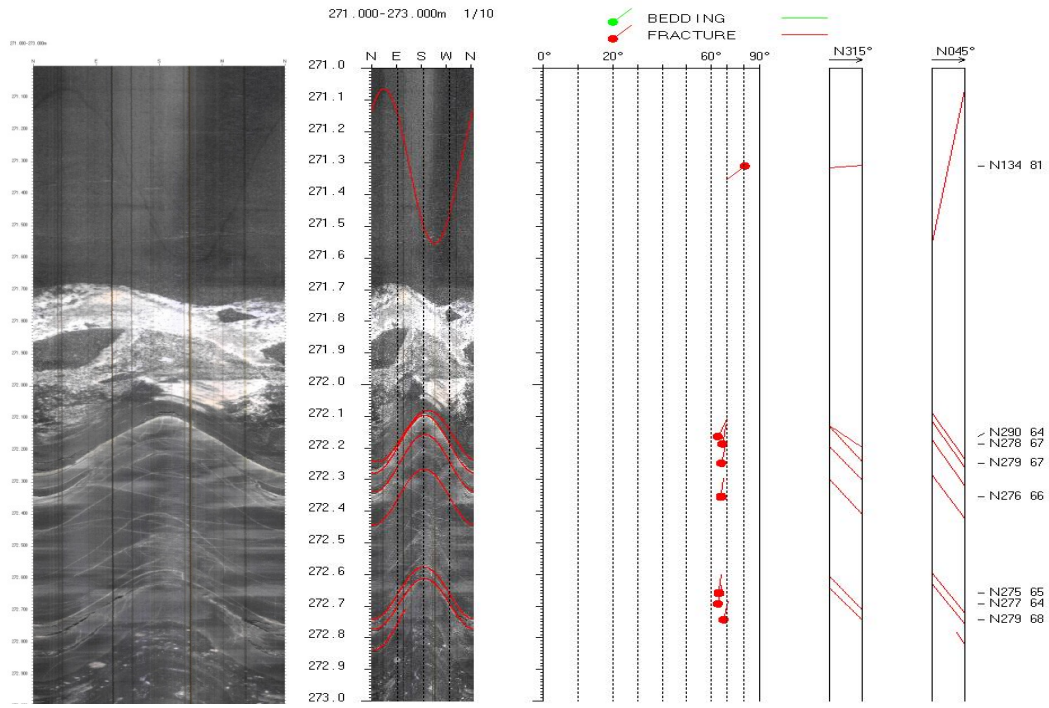
275 – 280 m, foliert granittisk gneis hvor fallretning snur 180° ved 277.5 m dyp. Dette kan være folding grunnet et underliggende skyveplan.



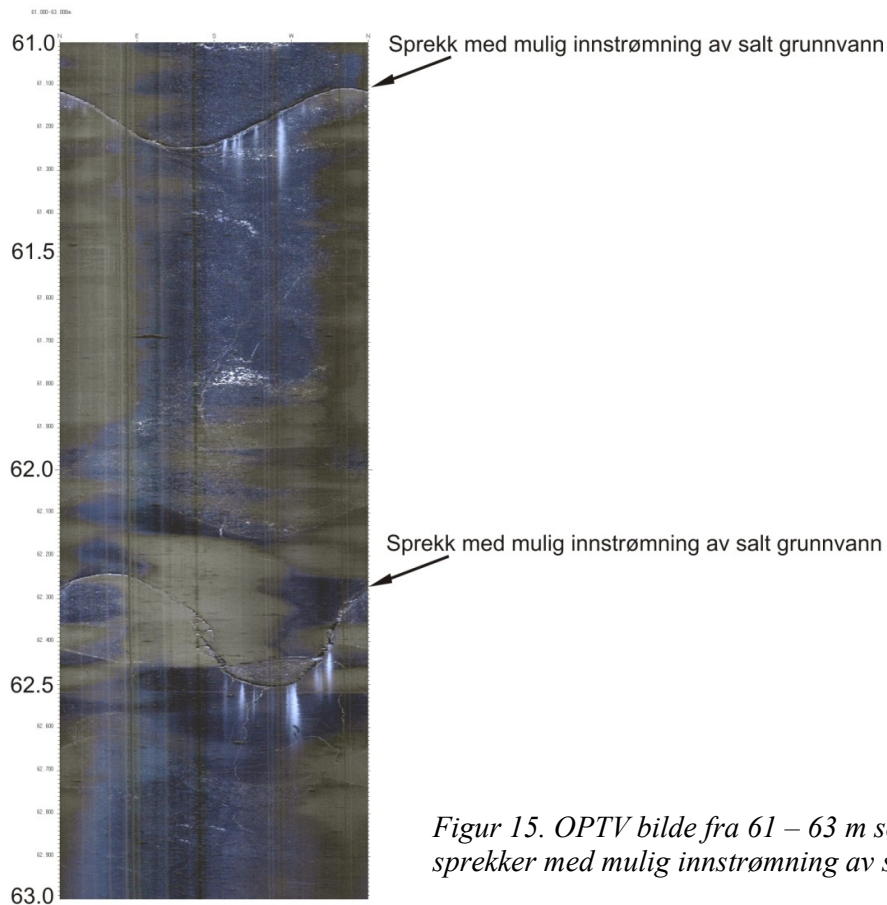
Figur 12. Sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull, 100 -200 m.



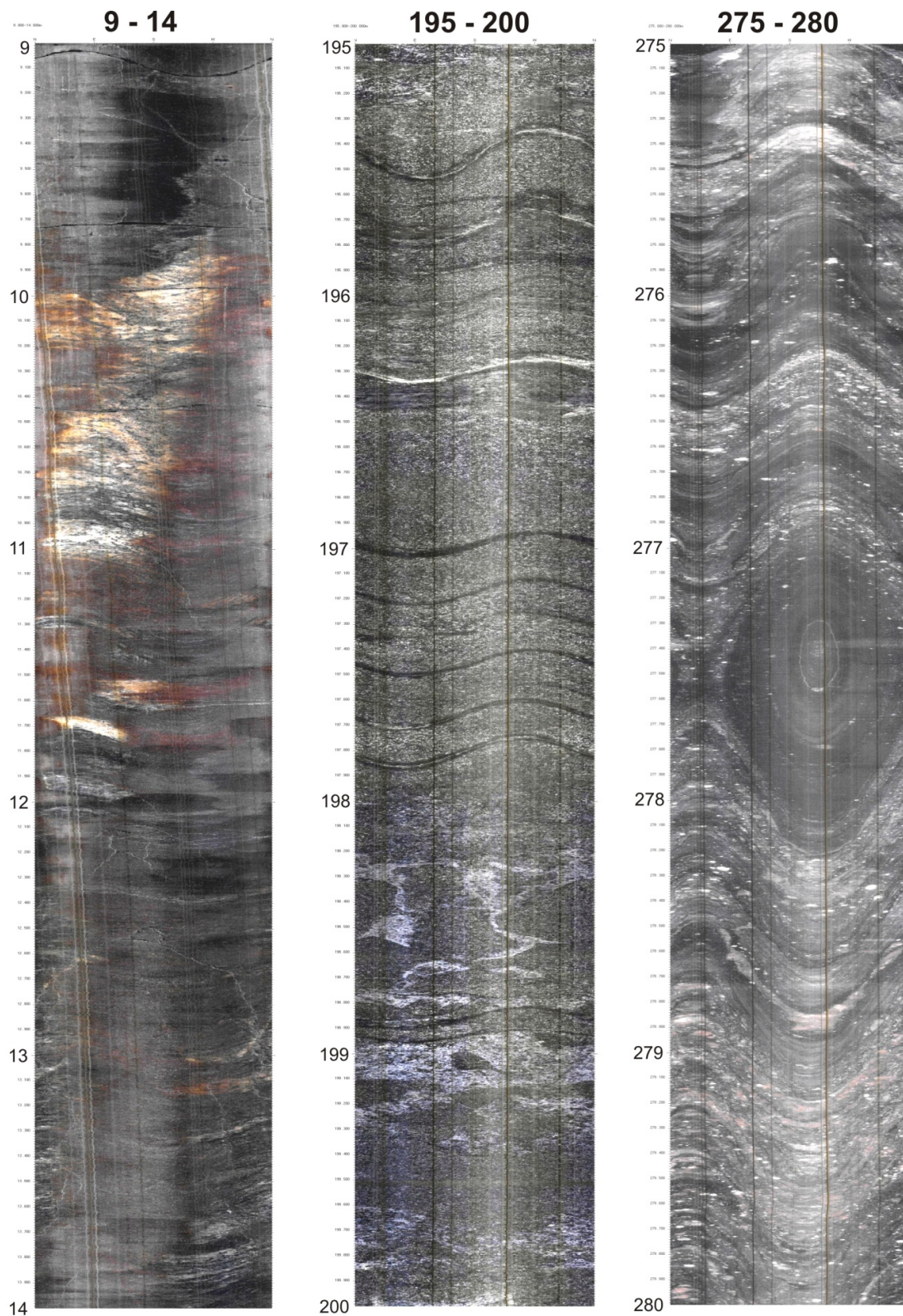
Figur 13. Sprekkefrekvenshistogram for Alstein borehull, 200 -300 m.



Figur 14. Sprekker ved 272 - 273 som gir nedgang i resistivitet og seismisk hastighet.



Figur 15. OPTV bilde fra 61 – 63 m som viser sprekker med mulig innstrømning av salt grunnvann.

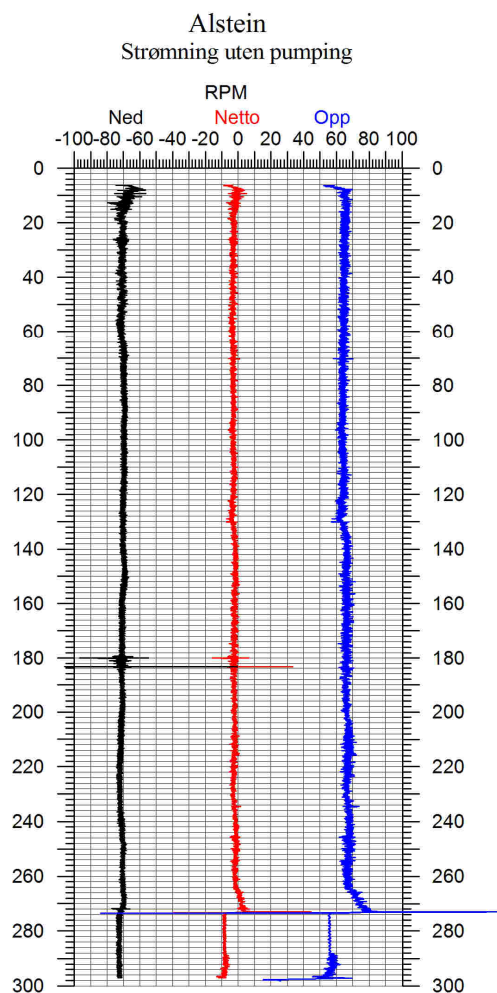


Figur 16. OPTV-bilder fra utvalgte nivåer i Alstein borehull. Venstre: 9 – 14 m, gabbro med granittisk bånd, 10 – 11 m. Midten: 195 - 200 m, gabbro med tynne sprekker. Høyre: 275 – 280 m, foliert granittisk gneis hvor fallretning snur 180° ved 277.5 m dyp.

4.2.4 Strømningsmåling

Strømningsmåling ble gjort for å kartlegge eventuell naturlig vertikal strømning og inn/utstrømning i borehullet. Målesonden kjøres ned og opp med konstant hastighet (5 m/min) og turtall på målepropell registreres. Ved å summere turtall opp og ned får en netto turtall som skyldes strømning i hullet. Figur 17 viser strømningslogg med turtall (rpm) ned, opp og netto. På grunn av hastigheten til sonden registreres rpm med motsatt fortegn ned og opp. Det er korrigert for endringer i loggehastigheten.

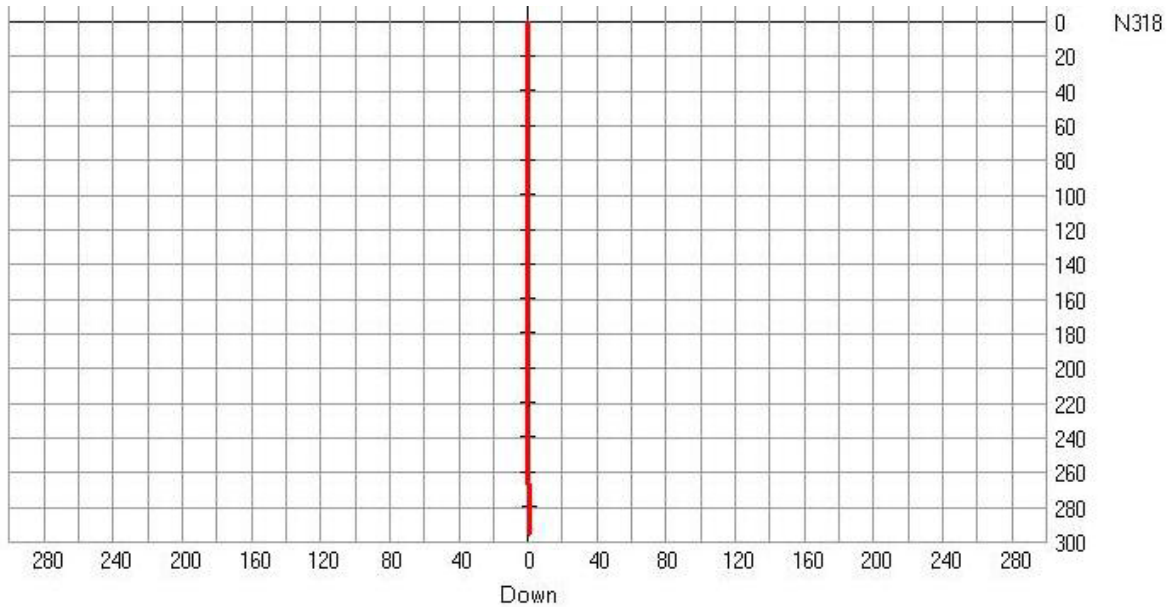
Ved logging oppover stoppet propellen etter ca 10 m (ved 290 m) trolig på grunn av partikler i vannet som kilte seg fast mellom propell og propellhus (ikke uvanlig når sonden har vært i bunnen av et hull der det ofte er slam). Propellen startet igjen ved ca 272 m. (Data viser en konstant verdi når propellen stanser). Ned-kurven (svart) viser svak økning i rpm fra ca 272 m som kan tyde på en ekstra strøm i mot (oppover) under dette dyp. Det må i så fall bety utstrømning ved 272 m. Opp-kurven (blå) fra 300 – 290 m viser en nedgang i rpm i forhold til resten av hullet. Propellen får en ekstra strøm bakfra og turtallet avtar. En ser også dette på netto rpm mellom 300 – 290 som er negativ (-8) og som betyr en svak strøm oppover. Det er dermed en mulighet strømning fra bunnen av hullet og utstrømning ved ca 272 m. Et netto turtall på 8 rpm og borehullsdiameter 76 mm tilsvarer en vannstrøm på ca 2.5 l/min eller 150 l/time.



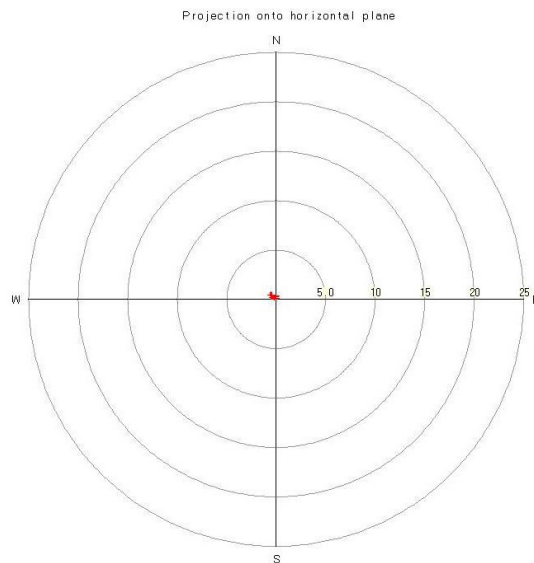
Figur 17. Strømningsmåling i Alstein borehull med mulig netto strøm oppover fra bunn til 272 m.

4.2.5 Borehullsavvik

Borehullsforløpet måles som en integrert del av optisk televiewer. Figur 18 og 19 viser borehullsforløp, vertikalsnitt i borehullsretning og horisontalprojeksjon. Det er nesten ikke avvik på hullet. Tabell over avviksdata er vist i databilag 3 og viser et avvik på 58 cm mot øst og 63 cm mot nord i bunnen av hullet. Det er eksepsjonelt lite på et så langt borehull.



Figur 18. Borehullsforløp Alstein borehull. Vertikalsnitt i borehullsretning



Figur 19. Borehullsforløp Alstein borehull. Horisontalprojeksjon.

5. KONKLUSJON

NGU har gjort geofysisk logging i et 300 m dypt borehull på øya Alstein som ligger midt mellom Randaberg og Kvitsøy nordvest for Stavanger. I prosjektet E-39 Rogfast planlegges undersjøisk tunnel under Boknafjorden/Kvitsøyfjorden og målingene var en del av forundersøkelsene.

Hensikten med borehullet og loggingen var å lokalisere tidligere indikert skyveplan samt kartlegge geologi og fjellkvalitet ned til tunnelnivå. Hullet ble filmet med optisk televiwer. Det ble også målt temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet i fjell, seismisk hastighet og naturlig total gammastråling.

Målingene med optisk televiwer viser at hullet for det meste går i gabbro. Antatt skyveplan ligger dypere enn 300 m og dermed dypere enn tunnelnivå. Det er ikke påvist åpne sprekker eller sprekkesoner som kan se ut til å ha betydning for fjellets stabilitet ved tunneldriving. Det er høy ledningsevne i vannet (saltvann) og dette påvirker resistiviteten i fjell. Seismisk P-bølgéhastighet i gabbro ligger på litt i overkant av 6000 m/s. Ingen tydelig lavhastighetssoner er påvist. Det er indikert en mulig vannstrøm oppover fra bunnen av hullet med utstrømning ved sprekke på 273 m dyp. Denne sprekken gir svak nedgang i både resistivitet og P-bølgéhastighet.

Beregnet foliasjon i borehullet med OPTV viser hovedstrøkretninger Ø-V og NV-SØ og fall mot N og NØ.

6. 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.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Dehls, J.F., Haase, C., Nordgulen, Ø., Olesen, O., Saintot, A. & Solli, A. 2006: Geological and geophysical investigations for the ROGFAST project. *NGU Report 2006.076*.

Saintot, A., Solli, A. 2011: Geological investigations by drill core logging for the Rogfast tunnel project, *NGU Report 2011.034*.

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

Forklaring på tabellene i databilag 1, 2 og 3

Databilag 1. Data for alle digitaliserte sprekker.

Depth	- Dyp langs borehullet
Azimuth	- Sprekkens fallretning
Strike	- Sprekkenes strøkretning
Dip	- Sprekkeplanets fallvinkel
Upper depth	- Dyp til sprekkplanets øvre skjæringspunkt med borehullsveggen
Lower depth	- Dyp til sprekkplanets nedre skjæringspunkt med borehullsveggen
Well diam.	- Borehulldiameter
Thickness	- Beregnet åpning av sprekk
Well deviation	
Well Azimuth	- Borehullets fallretning
Dev	- Borehullets fallvinkel målt fra loddlinjen

Databilag 2 . Data for definerte soner i borehullet for hver sprekkegruppe

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 sprekkfrekvens i hver av de definerte sprekkegruppene (i sonen)

Databilag 3. Data for borehullsforløp (avvik).

Depth	- Dyp langs borehullet
North	- Nordkomponent
East	- Østkomponent
Down	- Vertikalt dyp
Devaz	- Hullets fallretning
Dev	- Hullets fallvinkel målt fra lodd.

RGLDIPv6.2 OPTV results

Borehole **ALSTEIN**

zone from 1.851 to 297.8 m

North ref is magnetic

Dip format: Strike and Dip

Depth	Azimuth	Strike	Dip	Upper Depth	Lower Depth	Well Diam	Well Azimuth	Well deviation Dev	Thickness				
3.811	N353	N263	30.5	3.788	3.834	0.076	349.61	0.64	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
7.052	N041	N311	26.9	7.033	7.072	0.076	10.88	0.58	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
7.247	N157	N067	17.3	7.235	7.258	0.076	10.01	0.59	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
7.944	N003	N273	79.8	7.721	8.167	0.076	18.07	0.51	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
9.083	N246	N156	54.7	9.03	9.136	0.076	39.53	0.36	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
9.474	N287	N197	15.2	9.463	9.484	0.076	42.21	0.32	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
9.72	N327	N237	13.7	9.711	9.73	0.076	47.51	0.28	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
9.773	N296	N206	18.3	9.76	9.785	0.076	48.61	0.26	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
9.974	N067	N337	11.7	9.966	9.982	0.076	52	0.24	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
10.44	N104	N014	20.6	10.425	10.454	0.076	64.51	0.16	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
12.12	N232	N142	37.6	12.091	12.15	0.076	178.78	0.05	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
12.361	N235	N145	33.3	12.336	12.386	0.076	198.09	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
15.008	N080	N350	30.3	14.986	15.03	0.076	277	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
16.248	N220	N130	39.5	16.216	16.279	0.076	278.04	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
17.216	N127	N037	71.7	17.101	17.33	0.076	277.78	0.17	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
18.141	N133	N043	67.1	18.052	18.23	0.076	281	0.21	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
18.744	N086	N356	51.5	18.696	18.791	0.076	283.91	0.17	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
25.127	N093	N003	22.1	25.112	25.143	0.076	300.52	0.03	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
28.173	N234	N144	62.3	28.101	28.246	0.076	281.09	0.02	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
29.015	N234	N144	60.5	28.947	29.082	0.076	30	0.02	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
33.606	N234	N144	60.7	33.539	33.673	0.076	61.31	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
33.759	N129	N039	44.9	33.721	33.797	0.076	53.44	0.13	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
33.915	N238	N148	57	33.857	33.973	0.076	54.46	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
41.458	N258	N168	47.1	41.418	41.499	0.076	48.75	0.25	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
42.014	N321	N231	76.2	42.017	42.168	0.076	49.57	0.28	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
42.068	N149	N059	81.3	41.821	42.314	0.076	49.17	0.29	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
42.441	N017	N287	46.5	42.4	42.481	0.076	48.31	0.29	0	Fracture	Planar	Mineralized	
43.602	N359	N269	69.4	43.5	43.703	0.076	46.11	0.29	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
43.668	N323	N233	75.7	43.532	43.817	0.076	46.13	0.32	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
44.075	N110	N020	16	44.064	44.086	0.076	47.5	0.31	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
44.802	N077	N347	39.7	44.77	44.834	0.076	45.23	0.29	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
45.556	N326	N236	28	45.535	45.576	0.076	43.81	0.29	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
50.5	N099	N009	14.5	50.49	50.51	0.076	61.85	0.24	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
52.051	N244	N154	62.8	51.977	52.124	0.076	59.39	0.17	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
52.672	N206	N116	67.2	52.583	52.762	0.076	62.52	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
54.11	N224	N134	59.1	54.046	54.173	0.076	72.64	0.11	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture

54.73	N335	N245	66.8	54.642	54.819	0.076	84.11	0.12	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
54.807	N339	N249	66.6	54.719	54.894	0.076	86.4	0.1	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
57.83	N084	N354	55.4	57.775	57.885	0.076	117.51	0.06	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
58.472	N095	N005	58	58.411	58.532	0.076	139.07	0.04	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
58.888	N067	N337	14.2	58.879	58.898	0.076	144.29	0.07	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
59.064	N231	N141	60.7	58.996	59.131	0.076	150.5	0.07	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
60.68	N235	N145	57.4	60.621	60.74	0.076	190.26	0.05	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
61.177	N150	N060	61	61.108	61.245	0.076	182.9	0.06	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
62.362	N241	N151	74	62.228	62.495	0.076	201.29	0.09	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
65.155	N035	N305	28.5	65.134	65.175	0.076	231.83	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
65.191	N037	N307	42.3	65.157	65.226	0.076	231.09	0.13	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
68.927	N171	N081	47.7	68.885	68.969	0.076	253.64	0.2	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
69.633	N176	N086	45.6	69.594	69.672	0.076	256.24	0.2	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
70.115	N171	N081	31.9	70.091	70.138	0.076	251.5	0.21	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
72.727	N327	N237	74.1	72.594	72.861	0.076	251.97	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
72.891	N046	N316	38	72.861	72.92	0.076	246.43	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
73.154	N193	N103	43.1	73.12	73.182	0.076	260.83	0.16	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
73.196	N220	N130	61.5	73.145	73.254	0.076	269.98	0.15	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
73.371	N201	N111	14.1	73.361	73.38	0.076	264.02	0.17	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
73.664	N235	N145	53.1	73.613	73.715	0.076	277.25	0.19	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
73.683	N240	N150	59.1	73.619	73.747	0.076	269.87	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
74.318	N028	N298	20.1	74.304	74.332	0.076	269.41	0.2	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
74.38	N090	N000	15	74.37	74.39	0.076	270.87	0.21	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
75.124	N111	N021	34.9	75.098	75.151	0.076	266.55	0.19	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
75.93	N103	N013	53.2	75.879	75.98	0.076	256.05	0.19	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
76.152	N118	N028	46	76.113	76.192	0.076	259.13	0.2	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
76.611	N031	N301	37.4	76.582	76.64	0.076	257.36	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
76.727	N346	N256	56.7	76.669	76.785	0.076	256	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
77.144	N005	N275	36	77.116	77.171	0.076	261.13	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
77.157	N008	N278	36.4	77.129	77.185	0.076	262.06	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
77.579	N037	N307	53.6	77.528	77.631	0.076	257.66	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
77.761	N016	N286	70	77.657	77.864	0.076	257	0.17	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
77.874	N007	N277	41.6	77.841	77.908	0.076	258.52	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
77.911	N013	N283	41.5	77.878	77.945	0.076	262	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
80.391	N136	N046	61.2	80.322	80.46	0.076	263.43	0.19	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
81.819	N124	N034	36.3	81.791	81.847	0.076	258.09	0.21	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
82.08	N133	N043	43.1	82.045	82.116	0.076	263	0.2	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
82.284	N185	N095	67.9	82.19	82.378	0.076	264	0.19	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
82.91	N234	N144	76.5	82.749	83.07	0.076	264.73	0.2	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
83.13	N200	N110	54.6	83.076	83.184	0.076	263.09	0.21	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
83.701	N091	N001	20.9	83.687	83.715	0.076	256.69	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
83.755	N066	N336	30.6	83.733	83.777	0.076	263.73	0.19	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
83.821	N061	N331	29.9	83.799	83.842	0.076	269.47	0.2	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
84.373	N007	N277	37.4	84.344	84.402	0.076	269.54	0.2	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
84.478	N024	N294	35.4	84.451	84.505	0.076	267.36	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
86.026	N021	N291	79.9	85.815	86.238	0.076	268.79	0.18	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
86.95	N033	N303	72.1	86.833	87.067	0.076	270.75	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
86.996	N041	N311	75.8	86.847	87.144	0.076	268.02	0.16	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
87.129	N037	N307	65.8	87.045	87.214	0.076	271	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
87.463	N038	N308	32.8	87.438	87.487	0.076	262.34	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture

87.767	N348	N258	33.5	87.742	87.792	0.076	265.58	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
87.793	N239	N149	59.9	87.769	87.859	0.076	265.06	0.16	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
88.641	N143	N053	65.2	88.559	88.723	0.076	271.14	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
88.908	N213	N123	75.9	88.756	89.06	0.076	267	0.16	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
92.885	N255	N165	57.6	92.824	92.945	0.076	234	0.13	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
92.938	N272	N182	64	92.859	93.016	0.076	239.84	0.1	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
94.388	N250	N160	63.4	94.312	94.464	0.076	210.76	0.09	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
94.715	N200	N110	78	94.535	94.895	0.076	205.49	0.1	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
95.356	N011	N281	26	95.337	95.374	0.076	203.85	0.09	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
95.484	N014	N284	25.8	95.465	95.502	0.076	199.49	0.09	0	Fracture	Planar	Mineralized	
100.005	N009	N279	19	99.992	100.018	0.076	162.52	0.11	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
101.466	N355	N265	33.5	101.441	101.491	0.076	177.44	0.09	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
101.973	N022	N292	39.1	101.942	102.004	0.076	184.82	0.09	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
102.808	N007	N277	67.1	102.718	102.897	0.076	179.06	0.06	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
104.048	N349	N259	81.9	103.782	104.041	0.076	198.13	0.05	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	
104.56	N253	N163	63.8	104.483	104.637	0.076	192.39	0.11	0	Fracture	Planar	Mineralized	
104.857	N258	N168	55.7	104.801	104.913	0.076	179.3	0.08	0	Fracture	Planar	Mineralized	
105.468	N008	N278	73.4	105.341	105.595	0.076	138.93	0.05	0	Fracture	Irregular	Mineralized	
106.088	N254	N164	41.5	106.054	106.122	0.076	173.44	0.09	0	Fracture	Planar	Mineralized	
107.763	N226	N136	54.8	107.709	107.817	0.076	140.66	0.08	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
108.248	N276	N186	43.5	108.212	108.284	0.076	125.6	0.07	0	Fracture	Irregular	Mineralized	
108.475	N272	N182	41.2	108.442	108.508	0.076	124.27	0.07	0	Fracture	Planar	Mineralized	
109.184	N216	N126	63.2	109.109	109.26	0.076	122.87	0.08	0	Fracture	Planar	Mineralized	
114.075	N034	N304	38	114.045	114.105	0.076	121.36	0.1	0	Fracture	Planar	Mineralized	
117.531	N059	N329	60.6	117.464	117.598	0.076	131.19	0.07	0	Fracture	Planar	Mineralized	
120.06	N234	N144	9.3	120.054	120.066	0.076	99.54	0.11	0	Fracture	Planar	Mineralized	
121.972	N285	N195	33	121.947	121.996	0.076	120.97	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
122.416	N206	N116	23.5	122.399	122.432	0.076	121.99	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	
123.554	N062	N332	26	123.536	123.573	0.076	121.67	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
124.626	N179	N089	77.9	124.447	124.805	0.076	125.13	0.15	0	Fracture	Irregular	Mineralized	
128.448	N061	N331	73.1	128.324	128.573	0.076	148.07	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
130.003	N073	N343	67.6	129.91	130.096	0.076	134.72	0.17	0	Fracture	Irregular	Mineralized	
130.199	N075	N345	77.4	130.028	130.202	0.076	149.72	0.15	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	
132.702	N259	N169	10.6	132.695	132.709	0.076	123.75	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	
134.086	N337	N247	22	134.07	134.101	0.076	97.04	0.16	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
135.652	N261	N171	81.7	135.396	135.909	0.076	100.49	0.15	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
136.512	N216	N126	79.5	136.308	136.717	0.076	133.03	0.09	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
138.937	N053	N323	24.5	138.919	138.954	0.076	90.81	0.08	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
141.048	N269	N179	40.6	141.016	141.081	0.076	130.65	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
142.881	N250	N160	39.6	142.85	142.913	0.076	97.12	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
143.789	N055	N325	81.4	143.535	144.043	0.076	97.3	0.13	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
144.665	N080	N350	81.4	144.41	144.92	0.076	97.75	0.13	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
147.283	N336	N246	51	147.236	147.325	0.076	97.74	0.11	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
147.3	N037	N307	65.7	147.251	147.385	0.076	98.36	0.12	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
148.013	N152	N062	82	147.74	148.285	0.076	97.67	0.11	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
151.367	N168	N078	27.1	151.347	151.386	0.076	177.47	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
152.036	N318	N228	18.6	152.024	152.049	0.076	142.84	0.09	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
152.316	N351	N261	10.7	152.309	152.323	0.076	157.73	0.08	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
154.585	N154	N064	45.6	154.546	154.624	0.076	148.51	0.11	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
155.213	N352	N262	39.8	155.181	155.245	0.076	145.68	0.11	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture

157.613	N138	N048	39.6	157.582	157.645	0.076	131.34	0.1	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
158.103	N324	N234	58.8	158.041	158.166	0.076	127.11	0.11	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
158.811	N156	N066	52.7	158.761	158.86	0.076	127.36	0.12	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
159.519	N023	N293	33.4	159.494	159.544	0.076	112.86	0.08	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.07	N264	N174	32.9	160.046	160.095	0.076	126.61	0.05	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.075	N040	N310	31.4	160.052	160.098	0.076	125.91	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.676	N073	N343	33	160.652	160.701	0.076	134.21	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.706	N081	N351	25.6	160.688	160.724	0.076	136.84	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.733	N058	N328	23.3	160.717	160.75	0.076	141.75	0.05	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.788	N043	N313	17.7	160.776	160.8	0.076	142.32	0.05	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
160.857	N099	N009	13.9	160.848	160.866	0.076	134.22	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
161.223	N169	N079	43.4	161.187	161.259	0.076	141.18	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
163.734	N325	N235	14.2	163.724	163.743	0.076	133.74	0.07	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
164.324	N219	N129	72.5	164.203	164.444	0.076	146.59	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
166.998	N314	N224	65.5	166.915	167.081	0.076	144.04	0.07	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
167.128	N225	N135	53.8	167.076	167.18	0.076	162.19	0.08	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
170.389	N099	N009	19.5	170.375	170.402	0.076	158.15	0.07	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
174.511	N120	N030	57.1	174.452	174.569	0.076	167.66	0.12	0	Fracture	Planar	Mineralized	
177.861	N067	N337	42.8	177.826	177.896	0.076	170.09	0.13	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
178.835	N147	N057	33.9	178.809	178.861	0.076	162.87	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
180.843	N031	N301	37.6	180.814	180.872	0.076	174.77	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
180.958	N117	N027	76.8	180.843	181.121	0.076	170.41	0.15	0	Fracture	Discontinuous	Mineralized	Hairline-fracture
181.998	N118	N028	76.6	181.837	182.159	0.076	165.55	0.14	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
182.658	N173	N083	74.5	182.52	182.796	0.076	176.21	0.13	0	Fracture	Irregular	Mineralized	Hairline-fracture
183.047	N226	N136	63.5	182.97	183.049	0.076	160.94	0.14	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Open-fracture
184.37	N141	N051	30	184.348	184.392	0.076	160.95	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
184.809	N107	N017	53.7	184.797	184.861	0.076	167.85	0.15	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
184.98	N104	N014	47.8	184.938	185.022	0.076	182.89	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
185.058	N099	N009	50.3	185.012	185.104	0.076	169.79	0.13	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
185.359	N106	N016	54.3	185.347	185.412	0.076	165.79	0.13	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
185.68	N110	N020	23.2	185.664	185.697	0.076	172.74	0.13	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
186.398	N144	N054	22.6	186.382	186.414	0.076	172.2	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
186.823	N190	N100	64.4	186.744	186.903	0.076	164.81	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	
191.58	N183	N093	77.5	191.406	191.754	0.076	184.95	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	
194.349	N085	N355	52.3	194.3	194.398	0.076	192.88	0.16	0	Fracture	Planar	Mineralized	
195.428	N097	N007	68.9	195.329	195.526	0.076	187.19	0.14	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
195.723	N088	N358	59	195.66	195.786	0.076	193.82	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
195.999	N097	N007	63.6	195.922	196.038	0.076	192.16	0.16	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
196.289	N091	N001	47.6	196.248	196.331	0.076	197.73	0.13	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
196.981	N087	N357	50.2	196.935	197.026	0.076	183.67	0.15	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
197.171	N088	N358	51.5	197.123	197.218	0.076	186.99	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
197.449	N082	N352	51.3	197.402	197.496	0.076	188.12	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
197.653	N070	N340	54.5	197.6	197.706	0.076	191	0.17	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
197.802	N068	N338	56.9	197.744	197.861	0.076	187.52	0.15	0	Fracture	Planar	Mineralized	
198.734	N090	N000	41	198.701	198.767	0.076	195	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
198.857	N075	N345	47.5	198.816	198.898	0.076	186.11	0.17	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
198.925	N081	N351	32.5	198.901	198.949	0.076	185.96	0.17	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
200.522	N083	N353	52.3	200.473	200.571	0.076	181.93	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
200.635	N080	N350	59.9	200.569	200.642	0.076	183.23	0.18	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
201.011	N089	N359	41.6	200.978	201.045	0.076	192.22	0.16	0	Fracture	Planar	Mineralized	

201.314	N105	N015	56	201.257	201.37	0.076	195	0.16	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
203.405	N065	N335	53.1	203.355	203.413	0.076	189.75	0.17	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
203.676	N065	N335	54.4	203.624	203.729	0.076	189.22	0.18	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
205.429	N246	N156	52.3	205.379	205.478	0.076	189.74	0.17	0	Fracture	Planar	Mineralized	
206.882	N231	N141	52.2	206.832	206.931	0.076	190.28	0.17	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
208.057	N215	N125	58.6	207.995	208.12	0.076	182.55	0.14	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
208.546	N230	N140	61.1	208.477	208.615	0.076	186.98	0.12	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
208.875	N065	N335	27.5	208.855	208.895	0.076	190.55	0.1	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
210.682	N200	N110	70.2	210.576	210.788	0.076	204.66	0.06	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
211.87	N030	N300	64.6	211.79	211.95	0.076	234.66	0.04	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
212.256	N051	N321	73	212.132	212.379	0.076	208.38	0.06	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
212.453	N012	N282	70	212.349	212.557	0.076	204.4	0.06	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
213.658	N033	N303	71.4	213.545	213.771	0.076	246.83	0.05	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
214.033	N328	N238	20.7	214.019	214.047	0.076	252.89	0.04	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
214.07	N230	N140	39.8	214.038	214.101	0.076	245.5	0.03	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
216.203	N217	N127	54.5	216.15	216.257	0.076	228.61	0.07	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
216.801	N066	N336	62.3	216.728	216.873	0.076	234.89	0.05	0	Fracture	Planar	Mineralized	
218.498	N261	N171	59.5	218.433	218.563	0.076	234.84	0.06	0	Fracture	Planar	Mineralized	
219.815	N098	N008	23.7	219.799	219.832	0.076	274.28	0.03	0	Fracture	Planar	Mineralized	
221.107	N233	N133	75	220.965	221.249	0.076	273.91	0.05	0	Fracture	Planar	Mineralized	
221.947	N315	N225	20.1	221.933	221.961	0.076	274.98	0.02	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
222.168	N208	N118	71.9	222.052	222.284	0.076	275	0.04	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
224.092	N214	N124	22.6	224.076	224.108	0.076	300.83	0.05	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
224.916	N124	N034	67.9	224.822	225.009	0.076	288	0.05	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
225.547	N270	N180	71.8	225.431	225.662	0.076	290.3	0.04	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
229.069	N282	N192	17.3	229.057	229.081	0.076	315.17	0.01	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
231.619	N193	N103	32.9	231.595	231.644	0.076	327.38	0.04	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
232.342	N170	N080	39.2	232.311	232.373	0.076	350.55	0.03	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
238.327	N159	N069	24.2	238.31	238.344	0.076	302.21	0.21	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
239.252	N173	N083	56.8	239.195	239.31	0.076	314.49	0.21	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
239.602	N149	N059	46.3	239.562	239.641	0.076	315.68	0.24	0	Fracture	Planar	Weathered	Hairline-fracture
241.064	N048	N318	37	241.036	241.093	0.076	317.63	0.31	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
241.46	N201	N111	54.3	241.408	241.513	0.076	315.71	0.34	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
241.798	N190	N100	48.2	241.756	241.84	0.076	314.96	0.34	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
242.662	N193	N103	43.3	242.627	242.698	0.076	311.32	0.35	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
242.733	N188	N098	39.6	242.702	242.764	0.076	312.74	0.37	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
243.033	N190	N100	47.8	242.992	243.075	0.076	314.74	0.36	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
244.512	N162	N072	20	244.498	244.525	0.076	315.31	0.41	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
245.934	N175	N085	46	245.895	245.973	0.076	313.24	0.42	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
247.083	N185	N095	48.5	247.04	247.125	0.076	313.73	0.47	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
248.706	N158	N068	33.7	248.681	248.731	0.076	313.6	0.5	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
249.169	N214	N124	10.4	249.162	249.176	0.076	313	0.52	0	Fracture	Planar	Mineralized	
249.989	N160	N070	26.9	249.97	250.008	0.076	314.87	0.56	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
250.356	N180	N090	61.5	250.287	250.425	0.076	311.39	0.55	0	Fracture	Planar	Mineralized	Hairline-fracture
251.155	N151	N061	39.6	251.124	251.186	0.076	313.81	0.58	0	Fracture	Planar	Mineralized	
256.437	N172	N082	46.9	256.397	256.477	0.076	312	0.71	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
260.805	N003	N273	58.4	260.742	260.868	0.076	310.81	0.79	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
263.724	N232	N142	56.1	263.667	263.781	0.076	313.13	0.81	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
271.31	N224	N134	81.3	271.066	271.554	0.076	322.73	0.91	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
272.163	N020	N290	64.4	272.082	272.244	0.076	323.66	0.91	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture

272.188	N008	N278	66.7	272.097	272.279	0.076	323.16	0.9	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
272.248	N009	N279	66.6	272.158	272.339	0.076	323.05	0.92	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
272.355	N006	N276	66	272.267	272.443	0.076	323.83	0.93	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
272.659	N005	N275	64.7	272.576	272.742	0.076	324.74	0.91	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
272.694	N007	N277	64.1	272.613	272.774	0.076	324.05	0.9	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
272.743	N009	N279	67.6	272.708	272.838	0.076	323.07	0.88	0	Fracture	Discontinuous	Fresh	Hairline-fracture
283.318	N114	N024	77.7	283.154	283.483	0.076	334	0.87	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
283.877	N110	N020	79.9	283.675	284.079	0.076	335.61	0.86	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
286.425	N331	N241	81.4	286.144	286.705	0.076	338.43	0.88	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
287.607	N331	N241	20.1	287.593	287.622	0.076	340	0.88	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
287.762	N313	N223	23.2	287.746	287.779	0.076	341.34	0.88	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
287.807	N313	N223	19.8	287.792	287.821	0.076	340.21	0.88	0	Fracture	Irregular	Fresh	Hairline-fracture
289.857	N003	N273	56.9	289.797	289.918	0.076	344.23	0.86	0	Fracture	Planar	Fresh	Open-fracture
290.353	N109	N019	55.2	290.3	290.407	0.076	344.29	0.83	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
295.263	N358	N268	50.2	295.216	295.309	0.076	1	0.72	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
295.502	N359	N269	43.2	295.466	295.539	0.076	2	0.72	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture
296.954	N358	N268	41.1	296.92	296.988	0.076	7	0.67	0	Fracture	Planar	Fresh	Hairline-fracture

RGLDIPv6.2 DIP DATA INTERPRETATION: FRACTURE ANALYSIS

borehole **ALSTEIN**

zone from 3.000 to 297.000 m

North ref is magnetic

22 Mar 2011

Data is classed into 1 types

5 OPTV_dips

Quality cut-off level: *

Mean well deviation: 0.2°deg to N317.3°

5 small-circles defined

	SEARCH AREA			MEAN DIP		n	f
	azim	pl	cone	strike	dip		
1	197.4°	78.7°	32.9°	299°	17°	72	0.26
2	58.7°	33.2°	32.8°	146°	57°	53	0.33
3	268.8°	21.9°	32.8°	0°	56°	42	0.26
4	339.1°	32.7°	32.1°	75°	49°	38	0.20
5	160.8°	22.5°	27.8°	260°	66°	24	0.20

Total number of data = 229

Number of data unaccounted for = 24

ZONE No.	DEVIATION Dev	AZIM Azim	DEPTHS m		No. DATA	MEAN DIPS and FREQUENCIES																			
			TOP	BASE		Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f	Str	Dip	n	f				
1	0.2	353.5	3.31	20.06	17	304	9	9	0.54	144	41	4	0.32	356	51	1	0.10	43	67	1	0.15	273	80	1	0.34
2	0.7	331.8	20.06	40.26	6	3	22	1	0.05	145	60	4	0.40	0	0	0	0.00	39	45	1	0.07	0	0	0	0.00
3	0.1	61.2	40.26	68.34	24	312	18	6	0.22	144	60	7	0.50	356	51	3	0.17	59	71	2	0.22	245	70	5	0.53
4	0.2	262.0	68.34	90.01	43	298	27	16	0.83	136	62	7	0.70	20	49	2	0.14	73	49	8	0.56	246	65	2	0.22
5	0.1	150.7	90.01	127.94	26	289	24	8	0.23	163	53	10	0.44	329	61	1	0.05	89	78	1	0.13	271	74	3	0.28
6	0.4	199.2	127.94	157.50	20	259	17	6	0.21	157	59	4	0.26	342	75	4	0.51	66	51	3	0.16	246	51	1	0.05
7	0.1	153.9	157.50	179.67	20	326	20	9	0.43	141	52	3	0.22	7	47	2	0.13	63	42	4	0.24	229	62	2	0.19
8	0.1	183.0	179.67	210.21	38	349	23	5	0.18	139	57	5	0.30	0	54	24	1.34	86	61	4	0.27	0	0	0	0.00
9	0.1	340.2	210.21	238.29	20	240	10	4	0.14	145	60	6	0.43	6	62	2	0.15	80	39	1	0.05	0	0	0	0.00
10	0.4	314.0	238.29	253.56	17	9	10	3	0.20	111	54	1	0.11	0	0	0	0.00	85	44	12	1.08	0	0	0	0.00
11	0.8	330.1	253.56	297.45	22	251	28	5	0.13	138	69	2	0.12	21	71	3	0.20	82	47	1	0.03	272	64	10	0.53

Borehole: Alstein
 Depth range: 0.000 - 297.796m
 North ref is magnetic
 Mean deviation: 0.17 to N318.72
 End deviation components

North: 0.660
 East : -0.579
 Down : 296.890

Azimuth of end: N318.73
 Distance start-end: 0.878m
 Data extrapolated to the surface from 1.896m

Deviation components					
Depth	North	East	Down	Devaz	Dev
0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	0.51
1.000	0.009	0.000	0.996	2.00	0.51
2.000	0.018	0.001	1.996	12.00	0.54
3.000	0.028	-0.002	2.996	342.00	0.63
4.000	0.039	-0.004	3.996	350.00	0.64
5.000	0.050	-0.005	4.996	358.00	0.61
6.000	0.060	-0.005	5.996	8.00	0.59
7.000	0.070	-0.003	6.996	8.00	0.60
8.000	0.079	-0.001	7.996	20.00	0.49
9.000	0.085	0.003	8.996	40.00	0.34
10.000	0.089	0.006	9.996	52.00	0.23
11.000	0.090	0.009	10.996	84.00	0.11
12.000	0.090	0.010	11.996	172.00	0.06
13.000	0.089	0.009	12.996	226.00	0.07
14.000	0.088	0.008	13.996	260.00	0.12
15.000	0.088	0.005	14.996	277.00	0.16
16.000	0.088	0.002	15.996	278.00	0.17
17.000	0.088	-0.001	16.996	274.00	0.19
18.000	0.089	-0.004	17.996	275.00	0.21
19.000	0.090	-0.007	18.996	280.00	0.16
20.000	0.090	-0.009	19.996	278.00	0.14
21.000	0.091	-0.012	20.996	288.00	0.14
22.000	0.091	-0.014	21.996	279.00	0.14
23.000	0.091	-0.016	22.996	272.00	0.10
24.000	0.091	-0.017	23.996	278.00	0.08
25.000	0.092	-0.018	24.996	313.00	0.03
26.000	0.144	-0.104	25.896	301.00	0.02
27.000	0.246	-0.132	26.696	25.00	0.01
28.000	0.267	-0.178	27.646	316.00	0.03
29.000	0.294	-0.151	28.546	30.00	0.02
30.000	0.294	-0.151	29.546	19.00	0.05
31.000	0.295	-0.150	30.546	44.00	0.05
32.000	0.295	-0.150	31.546	40.00	0.07
33.000	0.296	-0.148	32.546	44.00	0.09
34.000	0.298	-0.147	33.546	50.00	0.14
35.000	0.300	-0.145	34.546	53.00	0.16
36.000	0.301	-0.142	35.545	48.00	0.19
37.000	0.304	-0.139	36.545	49.00	0.22
38.000	0.306	-0.136	37.545	54.00	0.24
39.000	0.309	-0.133	38.545	48.00	0.22
40.000	0.312	-0.130	39.545	50.00	0.27
41.000	0.314	-0.126	40.545	50.00	0.26
42.000	0.318	-0.123	41.545	51.00	0.28
43.000	0.321	-0.119	42.545	50.00	0.29
44.000	0.325	-0.115	43.545	47.00	0.32
45.000	0.328	-0.111	44.545	43.00	0.30
46.000	0.332	-0.108	45.545	44.00	0.30
47.000	0.335	-0.104	46.545	40.00	0.26
48.000	0.338	-0.101	47.545	50.00	0.24
49.000	0.341	-0.098	48.545	60.00	0.19
50.000	0.343	-0.094	49.545	62.00	0.24
51.000	0.345	-0.091	50.545	60.00	0.20
52.000	0.346	-0.088	51.545	61.00	0.16
53.000	0.348	-0.085	52.545	65.00	0.17
54.000	0.348	-0.083	53.545	62.00	0.13
55.000	0.349	-0.081	54.545	85.00	0.11
56.000	0.349	-0.079	55.545	83.00	0.10
57.000	0.349	-0.077	56.545	102.00	0.05
58.000	0.348	-0.076	57.545	123.00	0.06
59.000	0.348	-0.076	58.545	145.00	0.06
60.000	0.347	-0.075	59.545	175.00	0.07

61.000	0.345	-0.075	60.545	196.00	0.05
62.000	0.344	-0.076	61.545	225.00	0.08
63.000	0.343	-0.077	62.545	210.00	0.10
64.000	0.341	-0.078	63.545	225.00	0.13
65.000	0.340	-0.079	64.545	230.00	0.14
66.000	0.338	-0.081	65.545	233.00	0.15
67.000	0.337	-0.084	66.545	239.00	0.18
68.000	0.335	-0.086	67.545	260.00	0.19
69.000	0.334	-0.090	68.545	249.00	0.20
70.000	0.333	-0.093	69.545	252.00	0.22
71.000	0.332	-0.096	70.545	257.00	0.19
72.000	0.331	-0.100	71.545	261.00	0.20
73.000	0.331	-0.103	72.545	261.00	0.14
74.000	0.330	-0.105	73.545	268.00	0.19
75.000	0.330	-0.109	74.545	263.00	0.18
76.000	0.330	-0.112	75.545	249.00	0.18
77.000	0.329	-0.115	76.545	255.00	0.18
78.000	0.328	-0.118	77.545	272.00	0.17
79.000	0.328	-0.121	78.545	270.00	0.16
80.000	0.328	-0.124	79.545	264.00	0.17
81.000	0.328	-0.127	80.545	261.00	0.18
82.000	0.327	-0.131	81.545	261.00	0.20
83.000	0.327	-0.134	82.545	260.00	0.19
84.000	0.326	-0.137	83.545	266.00	0.21
85.000	0.326	-0.141	84.545	268.00	0.20
86.000	0.326	-0.144	85.545	270.00	0.19
87.000	0.326	-0.147	86.545	268.00	0.16
88.000	0.326	-0.150	87.545	265.00	0.17
89.000	0.326	-0.153	88.545	269.00	0.16
90.000	0.325	-0.155	89.545	264.00	0.15
91.000	0.325	-0.158	90.545	258.00	0.14
92.000	0.324	-0.160	91.545	246.00	0.11
93.000	0.323	-0.161	92.545	256.00	0.08
94.000	0.323	-0.163	93.545	222.00	0.09
95.000	0.321	-0.164	94.545	211.00	0.07
96.000	0.320	-0.164	95.545	198.00	0.10
97.000	0.318	-0.164	96.545	191.00	0.06
98.000	0.317	-0.165	97.545	189.00	0.11
99.000	0.315	-0.165	98.545	178.00	0.12
100.000	0.313	-0.165	99.545	162.00	0.11
101.000	0.311	-0.164	100.545	175.00	0.08
102.000	0.310	-0.164	101.545	183.00	0.09
103.000	0.308	-0.164	102.545	178.00	0.07
104.000	0.307	-0.164	103.545	179.00	0.06
105.000	0.306	-0.165	104.545	167.00	0.05
106.000	0.305	-0.164	105.545	169.00	0.07
107.000	0.304	-0.163	106.545	130.00	0.09
108.000	0.303	-0.162	107.545	143.00	0.08
109.000	0.302	-0.161	108.545	148.00	0.11
110.000	0.301	-0.160	109.545	129.00	0.11
111.000	0.300	-0.158	110.545	126.00	0.10
112.000	0.299	-0.157	111.545	123.00	0.11
113.000	0.297	-0.155	112.545	132.00	0.11
114.000	0.296	-0.154	113.545	135.00	0.08
115.000	0.295	-0.153	114.545	137.00	0.10
116.000	0.294	-0.152	115.545	138.00	0.04
117.000	0.293	-0.151	116.545	135.00	0.08
118.000	0.292	-0.150	117.545	115.00	0.07
119.000	0.292	-0.148	118.545	117.00	0.09
120.000	0.291	-0.147	119.545	97.00	0.08
121.000	0.290	-0.145	120.545	119.00	0.12
122.000	0.289	-0.143	121.545	120.00	0.15
123.000	0.288	-0.141	122.545	115.00	0.16
124.000	0.287	-0.139	123.545	122.00	0.15
125.000	0.285	-0.136	124.545	126.00	0.18
126.000	0.283	-0.134	125.545	121.00	0.18
127.000	0.282	-0.131	126.545	132.00	0.14
128.000	0.280	-0.130	127.545	137.00	0.14
129.000	0.278	-0.128	128.545	140.00	0.14
130.000	0.276	-0.126	129.545	135.00	0.17
131.000	0.274	-0.124	130.545	136.00	0.14
132.000	0.272	-0.122	131.545	130.00	0.15
133.000	0.271	-0.120	132.545	116.00	0.13
134.000	0.270	-0.118	133.545	98.00	0.16
135.000	0.269	-0.115	134.545	102.00	0.12
136.000	0.269	-0.113	135.545	108.00	0.14
137.000	0.268	-0.111	136.545	127.00	0.10
138.000	0.267	-0.110	137.545	103.00	0.08
139.000	0.267	-0.108	138.545	87.00	0.08

140.000	0.267	-0.107	139.545	97.00	0.06
141.000	0.266	-0.106	140.545	126.00	0.15
142.000	0.265	-0.104	141.545	107.00	0.11
143.000	0.264	-0.101	142.545	97.00	0.15
144.000	0.264	-0.099	143.545	99.00	0.13
145.000	0.264	-0.097	144.545	97.00	0.13
146.000	0.263	-0.095	145.545	99.00	0.12
147.000	0.263	-0.092	146.545	97.00	0.11
148.000	0.263	-0.090	147.545	101.00	0.10
149.000	0.263	-0.089	148.545	102.00	0.08
150.000	0.129	-0.196	149.245	149.00	90.00
151.000	0.118	-0.197	150.145	197.00	0.15
152.000	0.116	-0.196	151.145	138.00	0.09
153.000	0.115	-0.196	152.145	150.00	0.11
154.000	0.114	-0.194	153.145	142.00	0.14
155.000	0.112	-0.193	154.145	138.00	0.10
156.000	0.110	-0.192	155.145	144.00	0.13
157.000	0.109	-0.190	156.145	131.00	0.11
158.000	0.108	-0.189	157.145	125.00	0.12
159.000	0.106	-0.187	158.145	116.00	0.11
160.000	0.106	-0.186	159.145	124.00	0.06
161.000	0.105	-0.185	160.145	131.00	0.06
162.000	0.104	-0.185	161.145	132.00	0.08
163.000	0.103	-0.184	162.145	118.00	0.08
164.000	0.103	-0.183	163.145	138.00	0.06
165.000	0.102	-0.182	164.145	155.00	0.07
166.000	0.101	-0.182	165.145	148.00	0.08
167.000	0.100	-0.181	166.145	142.00	0.07
168.000	0.098	-0.180	167.145	157.00	0.07
169.000	0.097	-0.180	168.145	155.00	0.08
170.000	0.096	-0.179	169.145	164.00	0.09
171.000	0.095	-0.179	170.145	163.00	0.10
172.000	0.093	-0.178	171.145	153.00	0.10
173.000	0.091	-0.178	172.145	169.00	0.12
174.000	0.089	-0.177	173.145	160.00	0.10
175.000	0.087	-0.176	174.145	169.00	0.13
176.000	0.085	-0.176	175.145	166.00	0.12
177.000	0.083	-0.176	176.145	164.00	0.13
178.000	0.081	-0.175	177.145	174.00	0.14
179.000	0.079	-0.175	178.145	178.00	0.14
180.000	0.076	-0.174	179.145	171.00	0.15
181.000	0.074	-0.174	180.145	175.00	0.15
182.000	0.071	-0.174	181.145	165.00	0.14
183.000	0.069	-0.173	182.145	166.00	0.12
184.000	0.067	-0.173	183.145	158.00	0.15
185.000	0.064	-0.172	184.145	181.00	0.14
186.000	0.062	-0.172	185.145	158.00	0.12
187.000	0.060	-0.171	186.145	157.00	0.14
188.000	0.057	-0.170	187.145	160.00	0.13
189.000	0.055	-0.170	188.145	170.00	0.14
190.000	0.053	-0.170	189.145	192.00	0.14
191.000	0.050	-0.170	190.145	184.00	0.15
192.000	0.048	-0.171	191.145	179.00	0.14
193.000	0.045	-0.171	192.145	179.00	0.15
194.000	0.043	-0.171	193.145	179.00	0.15
195.000	0.040	-0.172	194.145	192.00	0.16
196.000	0.038	-0.172	195.145	192.00	0.16
197.000	0.035	-0.173	196.145	180.00	0.15
198.000	0.032	-0.173	197.145	187.00	0.15
199.000	0.029	-0.173	198.145	183.00	0.17
200.000	0.026	-0.174	199.145	187.00	0.15
201.000	0.024	-0.174	200.145	195.00	0.15
202.000	0.021	-0.175	201.145	185.00	0.18
203.000	0.018	-0.175	202.145	190.00	0.18
204.000	0.015	-0.176	203.145	184.00	0.17
205.000	0.012	-0.176	204.145	190.00	0.16
206.000	0.009	-0.177	205.145	188.00	0.17
207.000	0.006	-0.177	206.145	186.00	0.12
208.000	0.004	-0.178	207.145	189.00	0.13
209.000	0.002	-0.178	208.145	190.00	0.07
210.000	0.001	-0.178	209.145	216.00	0.04
211.000	0.000	-0.179	210.145	173.00	0.04
212.000	-0.001	-0.179	211.145	191.00	0.03
213.000	-0.001	-0.179	212.145	216.00	0.06
214.000	-0.002	-0.180	213.145	227.00	0.05
215.000	-0.002	-0.180	214.145	223.00	0.06
216.000	-0.003	-0.181	215.145	231.00	0.06
217.000	-0.003	-0.182	216.145	231.00	0.06
218.000	-0.004	-0.183	217.145	233.00	0.06

219.000	-0.005	-0.184	218.145	269.00	0.05
220.000	-0.005	-0.184	219.145	271.00	0.04
221.000	-0.005	-0.185	220.145	268.00	0.05
222.000	-0.004	-0.186	221.145	274.00	0.04
223.000	-0.004	-0.186	222.145	319.00	0.03
224.000	-0.004	-0.187	223.145	276.00	0.03
225.000	-0.004	-0.188	224.145	305.00	0.04
226.000	-0.004	-0.188	225.145	281.00	0.06
227.000	-0.003	-0.189	226.145	307.00	0.05
228.000	-0.003	-0.190	227.145	277.00	0.04
229.000	-0.002	-0.190	228.145	329.00	0.02
230.000	0.048	-0.185	229.095	323.00	0.01
231.000	0.048	-0.185	230.095	336.00	0.02
232.000	0.048	-0.185	231.095	331.00	0.02
233.000	0.049	-0.186	232.095	309.00	0.12
234.000	0.051	-0.188	233.095	311.00	0.17
235.000	0.053	-0.190	234.095	297.00	0.16
236.000	0.054	-0.193	235.095	301.00	0.22
237.000	0.056	-0.195	236.095	296.00	0.20
238.000	0.057	-0.198	237.095	306.00	0.17
239.000	0.059	-0.201	238.095	315.00	0.19
240.000	0.062	-0.203	239.095	326.00	0.27
241.000	0.066	-0.207	240.095	316.00	0.30
242.000	0.071	-0.211	241.095	315.00	0.35
243.000	0.075	-0.215	242.095	314.00	0.36
244.000	0.080	-0.220	243.095	316.00	0.38
245.000	0.085	-0.225	244.095	313.00	0.42
246.000	0.090	-0.230	245.095	313.00	0.43
247.000	0.095	-0.236	246.095	313.00	0.46
248.000	0.101	-0.242	247.095	310.00	0.49
249.000	0.107	-0.248	248.095	315.00	0.53
250.000	0.113	-0.255	249.095	315.00	0.56
251.000	0.120	-0.262	250.095	313.00	0.57
252.000	0.127	-0.270	251.095	313.00	0.59
253.000	0.134	-0.277	252.094	312.00	0.61
254.000	0.141	-0.285	253.094	311.00	0.63
255.000	0.149	-0.294	254.094	313.00	0.68
256.000	0.156	-0.303	255.094	313.00	0.69
257.000	0.164	-0.312	256.094	312.00	0.71
258.000	0.173	-0.321	257.094	312.00	0.74
259.000	0.181	-0.331	258.094	311.00	0.74
260.000	0.190	-0.341	259.094	311.00	0.78
261.000	0.199	-0.351	260.094	310.00	0.78
262.000	0.208	-0.362	261.094	309.00	0.79
263.000	0.217	-0.372	262.094	315.00	0.80
264.000	0.227	-0.382	263.094	314.00	0.83
265.000	0.237	-0.393	264.093	316.00	0.83
266.000	0.248	-0.403	265.093	316.00	0.84
267.000	0.258	-0.413	266.093	315.00	0.84
268.000	0.269	-0.423	267.093	318.00	0.86
269.000	0.281	-0.432	268.093	322.00	0.86
270.000	0.293	-0.442	269.093	322.00	0.88
271.000	0.305	-0.451	270.093	321.00	0.88
272.000	0.318	-0.461	271.093	324.00	0.92
273.000	0.331	-0.470	272.093	325.00	0.89
274.000	0.343	-0.479	273.092	324.00	0.87
275.000	0.355	-0.487	274.092	332.00	0.80
276.000	0.368	-0.493	275.092	334.00	0.83
277.000	0.381	-0.499	276.092	334.00	0.84
278.000	0.394	-0.506	277.092	336.00	0.83
279.000	0.408	-0.511	278.092	336.00	0.84
280.000	0.421	-0.517	279.092	336.00	0.84
281.000	0.435	-0.523	280.092	337.00	0.85
282.000	0.448	-0.529	281.092	339.00	0.86
283.000	0.462	-0.534	282.091	335.00	0.88
284.000	0.476	-0.541	283.091	337.00	0.85
285.000	0.489	-0.547	284.091	337.00	0.84
286.000	0.503	-0.553	285.091	337.00	0.86
287.000	0.517	-0.558	286.091	340.00	0.88
288.000	0.532	-0.563	287.091	341.00	0.85
289.000	0.546	-0.568	288.091	341.00	0.86
290.000	0.560	-0.573	289.091	345.00	0.85
291.000	0.574	-0.576	290.091	347.00	0.82
292.000	0.588	-0.579	291.090	348.00	0.79
293.000	0.601	-0.581	292.090	353.00	0.76
294.000	0.614	-0.582	293.090	358.00	0.73
295.000	0.627	-0.583	294.090	0.00	0.71
296.000	0.639	-0.582	295.090	4.00	0.70
297.000	0.651	-0.581	296.090	7.00	0.66

Geologisk log av Alstein borehull,
Aline Saintot

General remark. Did not see well olivine- pyroxen(augite) in gabbro– if not olivine ferrogabbro.

0 – 21 m mixed unit: inter-layered mafic- plagio-rich gabbro (anorthosite ?) -fine-grained mafic, feldspar rich granitic unit (migmatitic texture), and amphibolite, not so foliated. It looks all differentiated rocks during magmatic processes (inter-fingered rocks) - ph 5527

21 – 42 m fine-grained gabbro

42 – 47 m more visible plagioclase in gabbro

47.5 – 50 m fine-grained gabbro with veining (epidote, calcite, zeolites?)

50 – 69 m fine-grained gabbro, quite homogeneous, biotite-rich

69 – 79 m medium to coarse grained gabbro with few fine-grained inter-layered gabbros.

79 – 87 m. foliated medium to coarse grained gabbro, 10 cm thick very coarse gabbro with pink garnet rims around biotites (?)

General remarks from this first depth interval (0 – 87 m):

Assumption of sulphides (white minerals) less than 1 mm size. Chloritization

87 – 90 m transition to fine-grained foliated gabbro
Sulphides (?) until 98 m

90 – 98 m Fine grained foliated gabbro.

98 – 103.5 m plagioclase rich coarse gabbro (toward anorthosite?), not foliated (sericitization of plagioclases or sulphides- the white minerals are elongated), still (very pink) garnet-rich, blue feldspar (labradorite? Inclusion?)

103.5 – 118 m. mixed unit, granitic, fine to coarse grained gabbro – plagioclase-rich muscovite in 1 cm thick interval
blue feldspar (secondary?)
pegmatitic granite
no real foliation in this interval
the alternation of rocks in this mixed unit occurs every 0.5 to 1.5 m

118 – 127 m. plagioclase rich gabbro – with cm scale feldspar rich veining, not foliated, Chloritization, still white minerals (sulphides?, sericite?) and blue feldspar

127- 151 m medium-grained gabbro, still veining, not foliated, little pink garnet (accessory), Chloritization, zeolites and calcite on fractures
in interval 134-137m more feldspars and coarse veining.
At 143.8 m 10 cm thick K-feldspar pegmatite (clearly post-magmatism)

151-156 m plagioclase-rich medium-grained gabbro, still feldspar rich veining and calcite veins, not foliated.

156-168 m medium-grained gabbro, not foliated, still felsic magmatic pockets, heterogeneous magmatic intervals, 10 cm large foliated plagioclase and mica-rich interval

168-185 m medium-grained gabbro, homogeneous, not foliated, not so chloritized
at 178.8 m, 50 cm thick granitic pocket

186-187 m granitic interval

187-200 m feldspar, plagioclase-rich gabbro, no foliation, more feldspar rich (white) parts or more dark (amphibole, biotite) parts, blue feldspar, fibrous and elongated white minerals (sulphides?, sericite?), garnet
at 197.5 m, epidote vein
Chloritization of 196-200 m interval

200-201 m ‘typical’ medium-grained gabbro

201-208 m plagioclase-rich gabbro
205.5-208 m: 4 cm-scale sheared zones, shallow to gentle dip from the axis of the drill core.
Sheared from 207.8 to the next fine-grained unit

208-214 m gabbro, very dark, very fine-grained, foliated, calcite vein network
at 211-214 m: very thin plagioclase but still visible

214-217 m interval with more feldspar rich (white) coarse bodies, still gabbro

217-225 m fine-grained massive plagioclase-rich gabbro,
219-220 m a slight foliation, shallow dipping relatively to the axis of the drill core

225-225.8 m very thin foliation in the gabbro, folded vein (recumbent fold relatively to the axis of the core)

225.8- 231.5 m massive, fine grained gabbro,

228.3-228.7: coarse felsic granitic interval

231.5- 232.8 m medium to coarse grained gabbro, epidote, feldspar-rich
232.6-232.8 m: foliated

232.8-237.8 m fine-grained gabbroic, more feldspar rich at bottom of the interval
236.3-236.8 m lens of sheared K-feldspar with epidote
The fine-grained gabbro is foliated above and below the K-feldspar shear zone until the end of the interval at 237.8 m

237.8- 239.5 m fine-grained gabbro

239.5-244 m fine-grained gabbro, plagioclase rich interval, sheared 20cm interval, very foliated fine-grained unit until 242.5 m. from the 242.5 m point, gradually so thin grained that we cannot see any mineral until 243.6m
at 243.6 and 243.8 (to check if not 248.8), two cm scale epidote rich sheared bands

244-246.8 m thin foliated, fine-grained gabbro

246.8-264.7 m porphyritic plagioclase-rich diorite, some foliated intervals, pyrite-rich
at 256.6 m, 10 cm shear zone
at 262.8 m, white cm thick patch

264.7-268.8 m alternating feldspar rich –dark mineral rich, fine-grained and medium grained gabbro/diorite

268.8-273 m fine-grained gabbro

273-273.4 m feldspar rich interval

273.4-274.3 m very fine grained massive garnet rich (very small garnets) mafic rock

274.3- 283 m sheared granitic layer, mylonitic texture, porphyroblasts of K-feldspars. Internal thrust plan in Karmøy ophiolite complex

283-284 m chlorite-rich altered-biotite gabbro

284.20 – 301 m fine grained foliated mafic rocks banded with felsic (quartz), 20 cm feldspar rich at 287.2 m