

NGU Rapport 2011.013

Geofysisk logging av borehull
ved Rødsmyra skole, Fredrikstad

Rapport nr.: 2011.013		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysisk logging av borehull ved Rødsmyra skole, Fredrikstad			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Østfold		Kommune: Fredrikstad	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1913 III Fredrikstad	
Forekomstens navn og koordinater: Rødsmyra skole, 6563857N 610104Ø 32V		Sidetall: 23 Kartbilag:	Pris: kr 95.-
Feltarbeid utført: 04.10.06 20-21.03.07	Rapportdato: 01.02.2011	Prosjektnr.: 329500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag: <p>NGU har gjort borehullslogging i en 800 m dyp brønn ved Rødsmyra skole, Fredrikstad. Hovedhensikten var å måle temperaturgradienten i Iddefjordgranitten. I tillegg ble det utført geofysisk logging i hullet for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lyd hastighet, naturlig gammastråling, ledningsevne i vann, pH, Eh, O₂ og NO₃. Deler av hullet ble filmet med optisk televiewer.</p> <p>Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, lyd hastighet og naturlig gammastråling i bergarten Iddefjordgranitt. Data er tatt fra massiv bergart. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lyd hastighet kan tyde på oppsprukket fjell.</p> <p>Målingene viser at det trolig er granitt i hele hullets lengde. Gjennomsnittlig temperaturgradient er 17.9 °C/km. Typiske verdier for resistivitet er 5500 ohmm, seismisk P-bølgehastighet 5500 m/s og total gammastråling 450 cps (API-standard).</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Elektrisk måling	
Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	Lyd hastighet	
Optisk televiewer		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	7
2. LOKALITET	7
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	8
4. RESULTATER	9
4.1 Temperatur og vannkvalitet	9
4.2 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lydshastighet	9
4.3 Data, fysiske parametere	16
4.3.1 Naturlig gammastråling	16
4.3.2 Resistivitet	16
4.3.3 Lydshastighet	17
4.4 Optisk televiwer	17
4.4.1 Sprekkestereogram	18
4.4.2 Frekvenshistogram	19
4.5 Borehullsavvik	22
5. KONLUSJON	23
6. REFERANSER	23

FIGURER

<i>Figur 1. Oversiktskart over lokalitet, Rødsmyra skole, Fredrikstad.</i>	7
<i>Figur 2. Borehullslogging ved Rødsmyra skole, Fredrikstad.</i>	8
<i>Figur 3. Temperatur og temperaturgradient, Rødsmyra skole, Fredrikstad. Vertikalt dyp.</i>	11
<i>Figur 4. Temperatur, vannets ledningsevne, pH, Eh, O₂ og NO₃, Rødsmyra skole, Fredrikstad.</i>	12
<i>Figur 5. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet</i>	13
<i>Figur 6. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, sprekkefrekvens og P- og S-bølgehastighet, 0 – 160 m.</i>	14
<i>Figur 7. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, sprekkefrekvens og P- og S-bølgehastighet, 180 - 390 m.</i>	15
<i>Figur 8. Massiv granitt, 62 – 63 m (venstre) og oppsprukket granitt 131 – 132 m dyp (høyre).</i>	18
<i>Figur 9. Rødsmyra skole. Sprekkestereogram av indikerte sprekker, 0 – 155 m.</i>	18
<i>Figur 10. Rødsmyra skole. Sprekkestereogram av indikerte sprekker, 180 – 390 m.</i>	19
<i>Figur 11. Sprekkefrekvenshistogram for 0 -155 m dyp, Rødsmyra skole, Fredrikstad.</i>	20
<i>Figur 12. Sprekkefrekvenshistogram for 180 -390 m dyp, Rødsmyra skole, Fredrikstad.</i>	21
<i>Figur 13. Borehullsavvik Rødsmyra skole. Avvik i borehullsretning (venstre) og horisontalavvik (høyre).</i>	22

TABELLER

Tabell 1. Borehullsdata for borehull ved Rødsmyra skole, Fredrikstad.	8
Tabell 2. Målte parametre.	8
Tabell 3. Målte gammaverdier i Iddefjordsgranitt, Rødsmyra skole, Fredrikstad.	16
Tabell 4. Målte resistivitetsverdier i Iddefjordsgranitt, Rødsmyra skole, Fredrikstad.	16
Tabell 5. P- og S-bølgehastighet i Iddefjordgranitt, Rødsmyra skole, Fredrikstad.	17
Tabell 6. Gjennomsnittlig lydshastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Iddefjordgranitt	17

1. INNLEDNING

I forbindelse med et varmestrømsprosjekt i samarbeid mellom NGU og Statoil (Olesen et.al. 2007) har NGU gjort borehullslogging i en 800 m dyp brønn ved Rødsmyra skole, Fredrikstad. I prosjektets regi var man først og fremst interessert i temperaturen, men NGU logget en rekke parametre i tillegg. Denne rapporten viser resultatene fra alle geofysiske logger.

Som en del av data presenteres typiske verdier for total gammastråling, resistivitet og seismisk hastighet i uoppsprukket, massiv bergart.

Målingene ble utført i tiden 04.10.2006 og 20.03-21.03. 2007 av Harald Elvebakk.

2. LOKALITET

Borehullet er like ved Rødsmyra skole i Fredrikstad, se oversiktskart figur 1. Data for borehullet er vist i tabell 1. Berggrunnen består av Iddefjordgranitt i dagen, og gammamålingene tyder på samme bergart i hele hullet. Bilder fra lokaliteten er vist i figur 2. Boring og logging ble gjort i to etapper. Hullet ble boret til 800 m i 2005. Ved logging i 2006 var hullet tett ved 155 m, pga. en problematisk leirsone. I 2006 ble hullet gjenåpnet og foringsrør satt ned til 180 m. Hullet ble så logget ned til 800 m.



Figur 1. Oversiktskart over lokalitet, Rødsmyra skole, Fredrikstad.

Tabell 1. Borehullsdata for borehull ved Rødsmyra skole, Fredrikstad.

Lokalitet	Nord wgs 84	Øst wgs 84	Sone	m.o.h.	Dato logging	Fall	Diam (cm)	Dyp (m)	Boring avsluttet
Rødsmyra, Fredrikstad	6563857	610104	32V	32	04.10.06 20.03.07 21.03.07	vertikal	14.5	800	2005 Nov,2006



Figur 2. Borehullslogging ved Rødsmyra skole, Fredrikstad.

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

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

Tabell 1 viser målte parametre.

Tabell 2. Målte parametre.

Målt parameter	Loggehastighet	Samplingstetthet
Temperatur	3 m/min	1 cm
Ledningsevne i vann	3 m/min	1 cm
Resistivitet i fjell, porøsitet	5 m/min	1 cm
Lydhastighet, P- og S-bølge	4 m/min	20 cm
Naturlig gammastråling	5 m/min	1 cm
pH, Eh, O ₂ , NO ₃	3 m/min	1 cm
Borehullsavvik	5 m/min	1 cm
Optisk televiewer	1 m/min	1 mm

Alle logger er gjort ned til 800 m bortsett fra resistivitet, 180 -800 m, og OPTV, 0 – 155 m. Det ble forsøkt logget OPTV etter gjenåpningen av hullet, men sikten i hullet var svært dårlig og opptaket ble dårlig. Det er likevel gjort en tolkning fra 180 m – 390 m. Ved første gangs logging var ikke resistivitetssonden tilgjengelig, og resistivitetmåling er ikke mulig inne i jerncasing.

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

4. RESULTATER

Rapporten presenterer data både i kurveplott og i tabellform. Tabellene viser gjennomsnittsverdier for den lokale bergart og antas å være normale verdier for denne bergarten. Det er valgt ut områder i borehullet der det er liten oppsprekking basert på resultatene fra alle logger.

4.1 Temperatur og vannkvalitet.

Figur 3 viser temperaturlogg med beregnet temperaturgradient. Gradienten er beregnet for vertikalt dyp som på grunn av avviket er noe mindre enn hull lengden. Gjennomsnittlig temperaturgradient er 17.9 °C/km. Jevn gradient tyder på liten variasjon i varmeledningsevnen som igjen kan bety samme bergart i hele hullet, Iddefjordgranitt. Det er ikke gjort varmeledningsevne målinger på prøver fra hullet som kan bekrefte dette. Lokale variasjoner i gradienten (20 m kurve) kan tyde på vanninnstrømming i hullet.

Figur 4 viser data fra vannkvalitetssonde. Foruten temperatur og vannets ledningsevne måles pH, Eh, O₂ og NO₃. Målingene viser til dels store variasjoner i ledningsevne og pH.

4.2 Temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og lyd hastighet

Figur 5 viser temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gammastråling, resistivitet, porøsitet og lyd hastighet. Figur 6 og 7 viser temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gammastråling, sprekkefrekvens og lyd hastighet for 0-155 m og 180 – 390 m. Det er total gammastråling som måles og enheten cps er i API-standard, og data kan sammenlignes med andre data målt med samme standard.

Gammastrålingen er forholdsvis høy, 300 – 600 cps, som er forventet i en granitt. Strålingen er på samme nivå langs hele hullet som tyder på at en har granitt i hele hullets lengde.

P- og S-bølgehastighet er jevn, ca 5200 m/s, men indikerer mest oppsprekking i de øvre 150 m.

Resistiviteten er også jevn, men med noen tydelige lavmotstandssoner (sprekker, ledende mineraler, leirsoner?). Det er uvanlig stor forskjell på Long Normal og Short Normal konfigurasjon. Det kan skyldes den høye ledningsevnen i vannet (og porevannet?). Resistivitetsdata er korrigert for vannets ledningsevne i borehullet, borehulldiameter og sondens størrelse (diameter) (Thunhead 2004 & Olsson).

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

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

der

σ = bergartens ledningsevne

σ_w = ledningsevne i porevannet

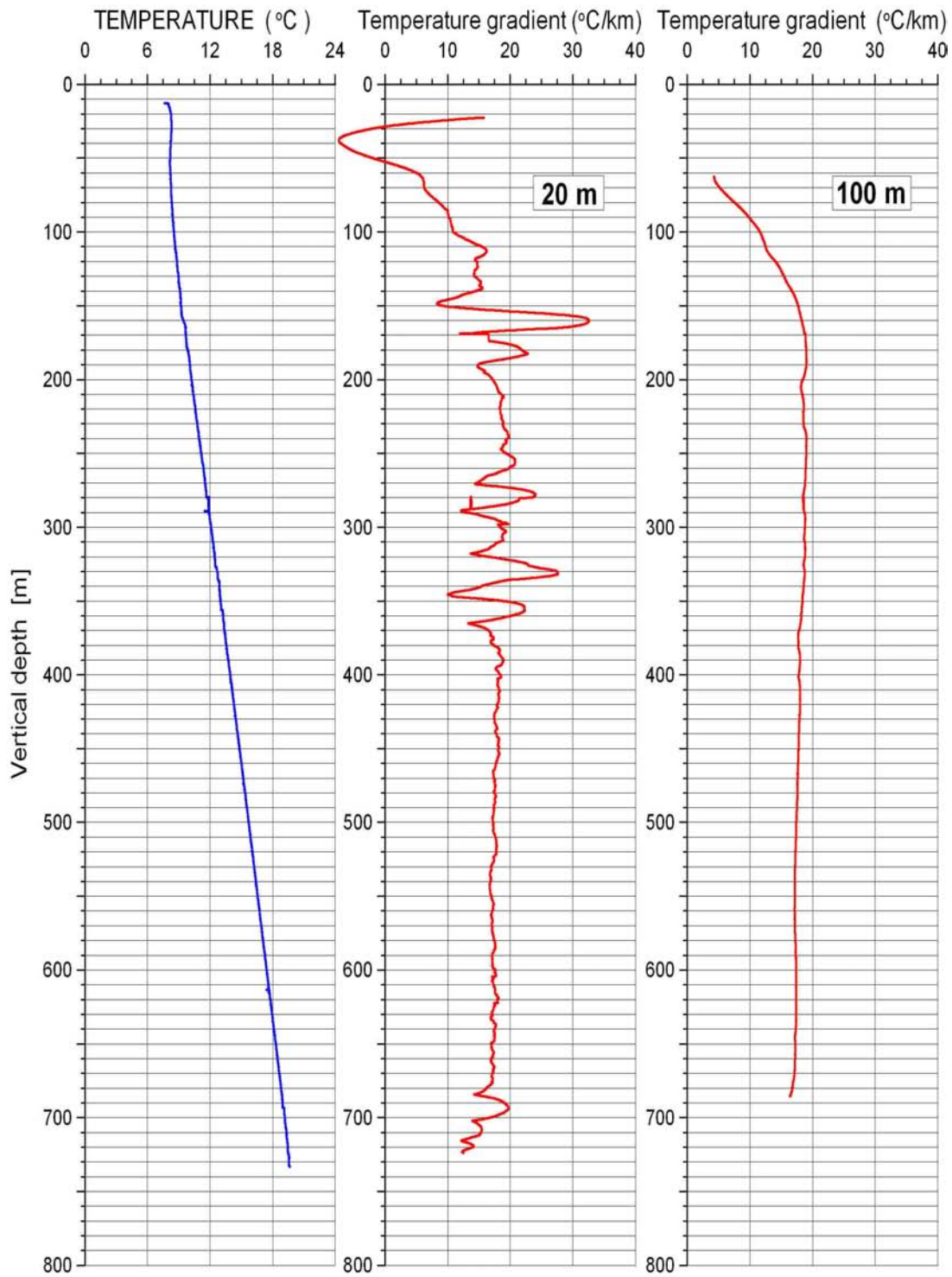
σ_s = overflatekonduktivitet

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

Temperature, Temperature Gradient

Rødsmyra, Fredrikstad 20.03.07

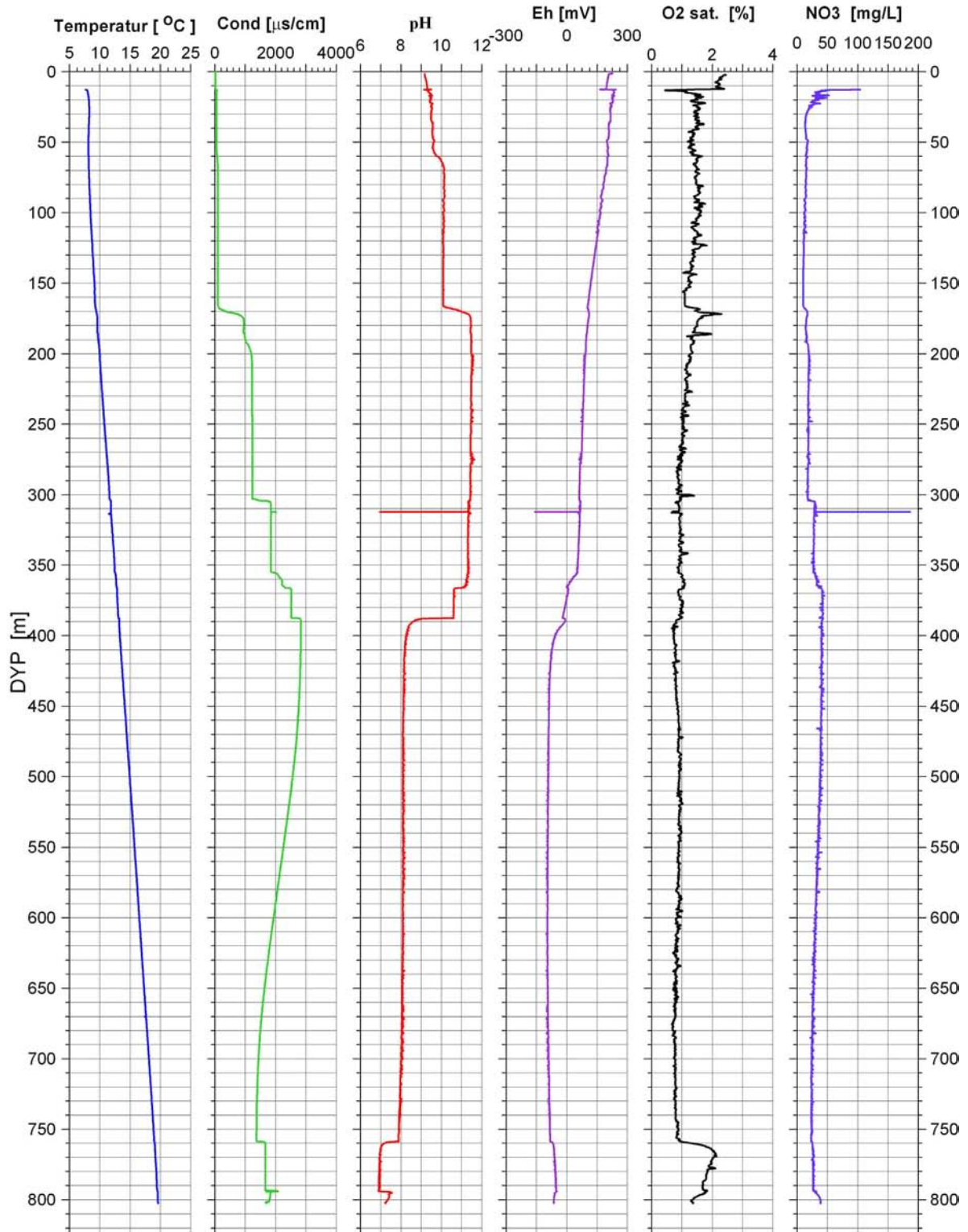
UTM 610104 E
32V 6563857 N
32 moh.



Figur 3. Temperatur og temperaturgradient, Rødsmyra skole, Fredrikstad.. Vertikalt dyp.

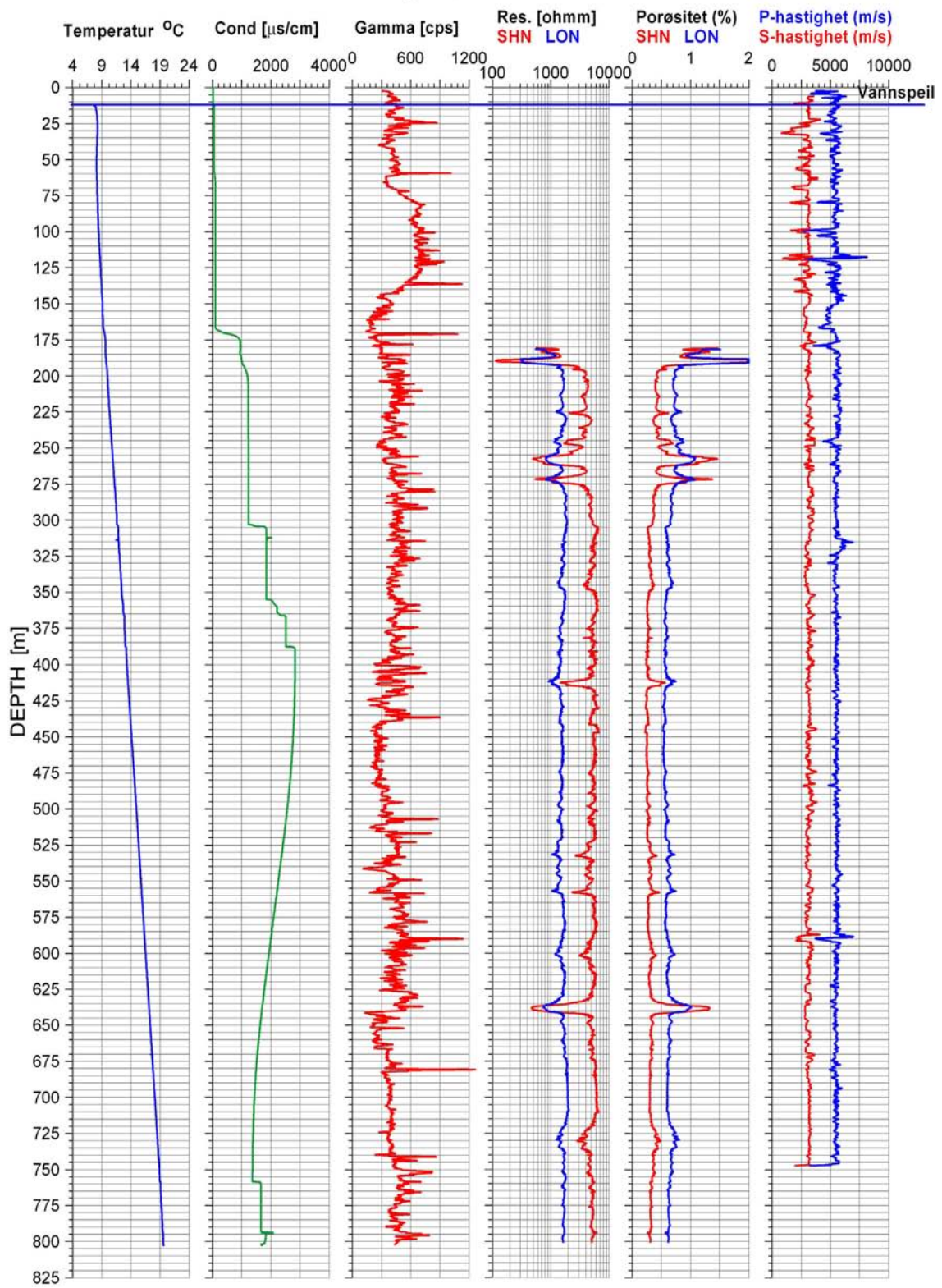
Rødsmyra skole, Fredrikstad

UTM 610104 E
32V 6563857 N
32 moh.



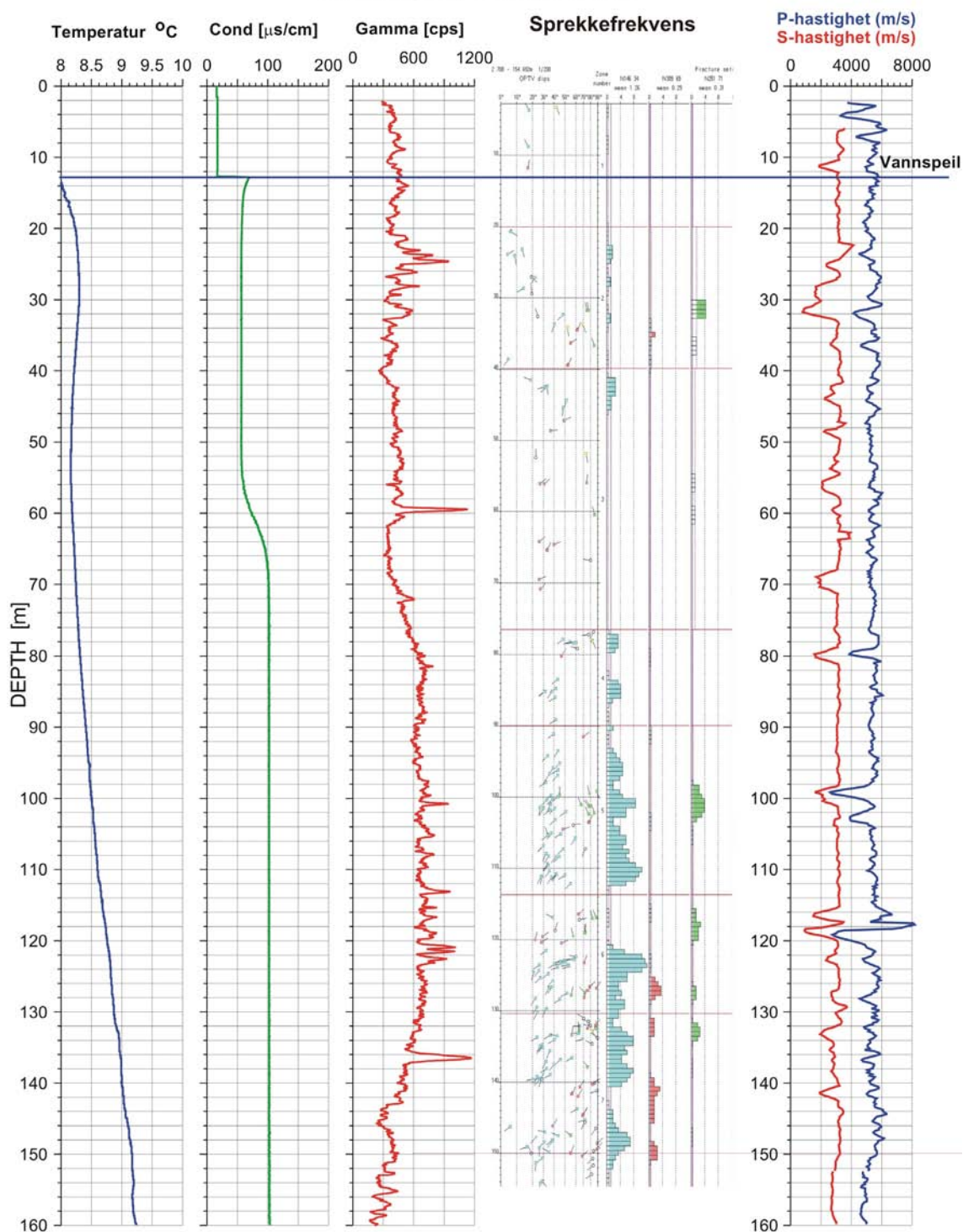
Figur 4. Temperatur, vannets ledningsevne, pH, Eh, O₂ og NO₃, Rødsmyra skole, Fredrikstad.

Rødsmyra, Fredrikstad



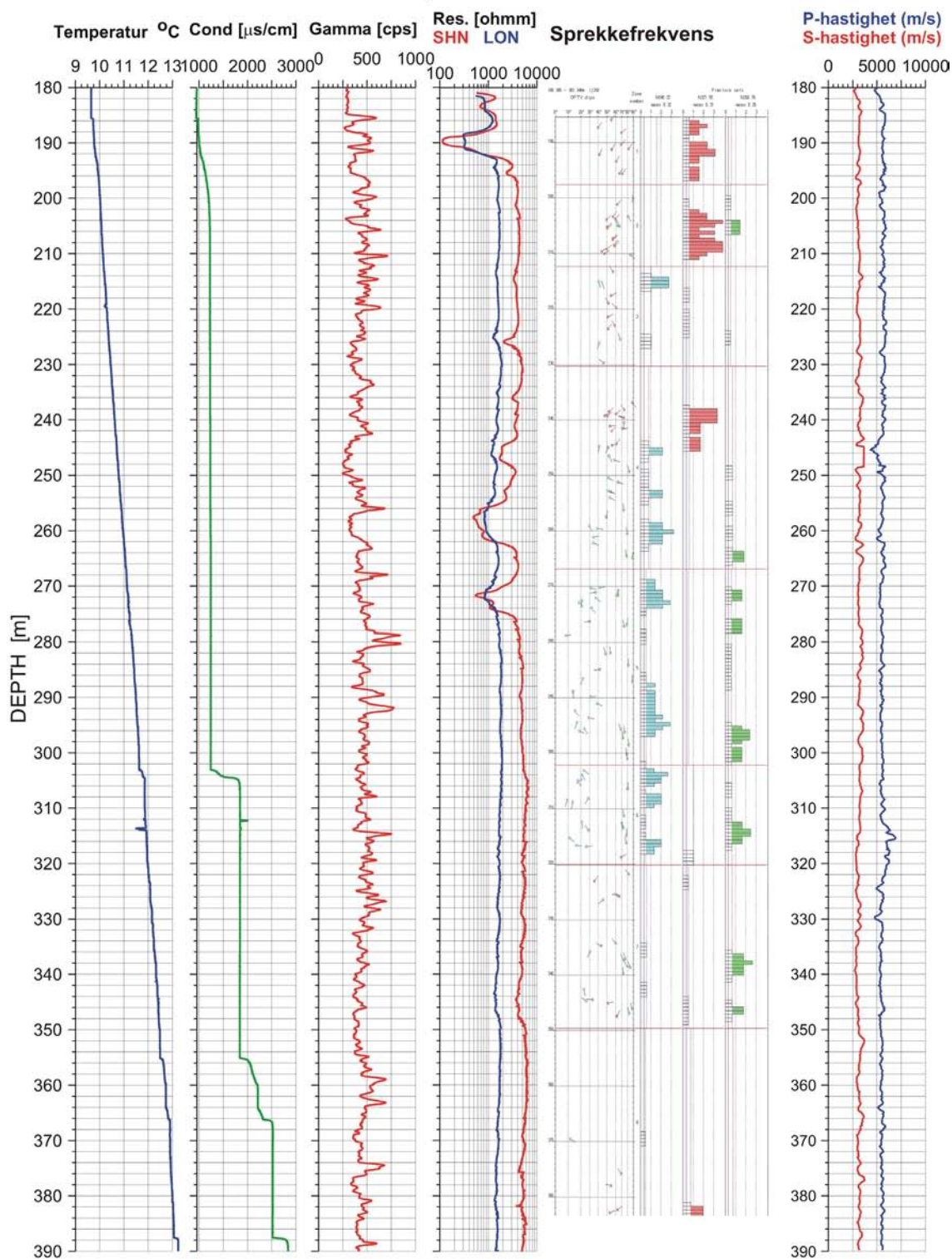
Figur 5. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne, naturlig gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet

Rødsmyra, Fredrikstad



Figur 6. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, sprekkfrekvens og P- og S-bølgehastighet, 0 – 160 m.

Rødsmyra, Fredrikstad



Figur 7. Rødsmyra skole. Temperatur, ledningsevne i vann, naturlig gamma, spreskefrekvens og P- og S-bølgehastighet, 180 - 390 m.

4.3 Data, fysiske parametere

I det følgende presenteres typiske data for total gammastråling, resistivitet og seismisk hastighet i ikke oppsprukket bergart. Dette er data fra antatt massiv bergart som er lite oppsprukket bedømt ut fra nevnte parametere og optisk televiwer. Data er fra 350 – 400 m dyp. Avvik fra disse verdiene kan bety endringer i bergartens oppsprekningsgrad. Bergarten i dagen er Iddefjordgranitt, og det antas at hele hullet går i denne granitten. Det er ingen markerte nivåendringer verken i gammastråling, resistivitet eller P-bølgehastighet langs hullet..

4.3.1 Naturlig gammastråling

Tabell 2 viser data fra målt naturlig gammastråling i et typisk parti av Iddefjordgranitt. Det er angitt maksimum, minimum, gjennomsnittsverdier og standardavvik.

Tabell 3. Målte gammaverdier Rødsmyra skole , Fredrikstad.

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	450	200	750	84

4.3.2 Resistivitet

Tabell 2 viser målt resistivitet i Iddefjordgranitt. Det er målt med ShortNormal og Long Normal elektrodekonfigurasjon. ShortNormal er resistiviteten i borehullsveggen umiddelbare nærhet, mens LongNormal måler et større volum noen desimeter ut fra borehullsveggen. Målt resistivitet er korrigert for vannets ledningsevne, borehulldiameter og sondens diameter (Thunhead & Olsson 2004).

Tabell 4. Målte resistivitetsverdier i Iddefjordsgranitt, Rødsmyra skole, Fredrikstad.

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [Mean Ohmm]	Resistivitet [Min. Ohmm]	Resistivitet [Max. Ohmm]	St.avvik	LN/SN
Iddefjordgranitt	350 - 400	5500	3600	6500	486	SN
Iddefjordgranitt	350 - 400	1550	1300	1800	121	LN

4.3.3 Lydhastighet

Lydhastigheten viser P- og S-bølgehastighet. Det er gjort full waveform prosessering ved programvare fra ALT (ALT 2006). Tabell 4 viser målt P- og S-bølgehastighet i et typisk parti (ikke oppsprukket) av Iddefjordgranitten ved Rødsmyra skole.

Tabell 5. P- og S-bølgehastighet i Iddefjordgranitt, Rødsmyra skole, Fredrikstad.

Bergart	Dyp [m]	P-bølgehast. [mean m/s]	P-bølgehast. [min. m/s]	P-bølgehast. [max.m/s]	St.avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	5500	5100	5870	111

Bergart	Dyp [m]	S-bølgehast. [mean m/s]	S-bølgehast. [min. m/s]	S-bølgehast. [max.m/s]	St.avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	3220	2900	3720	185

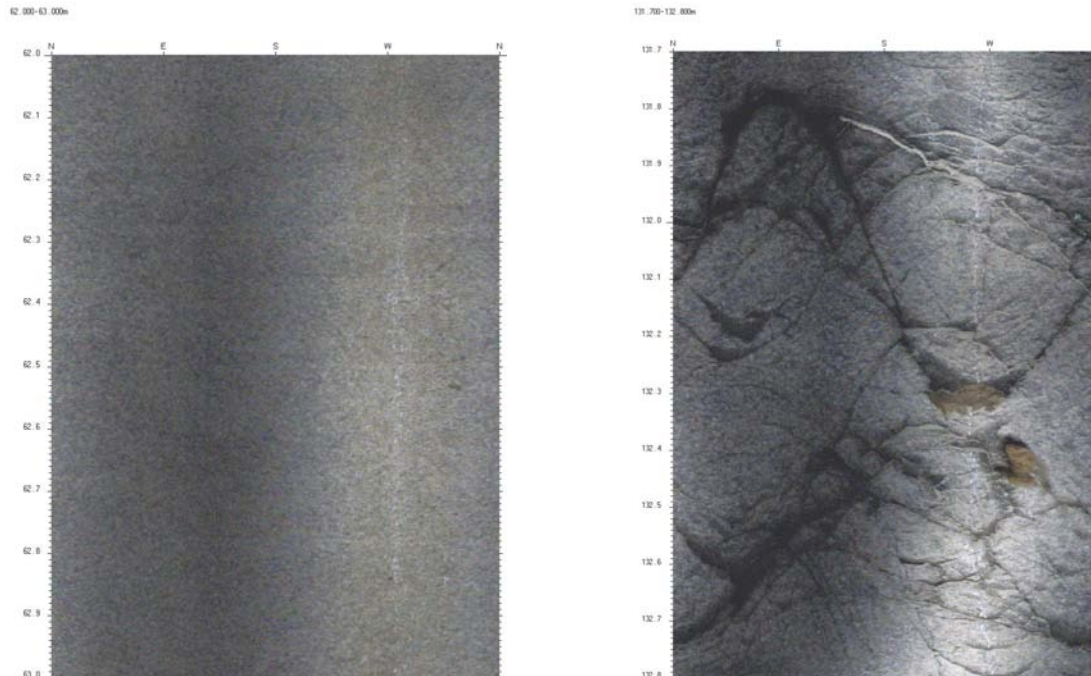
Tabell 5 viser en sammenstilling av gjennomsnittlige verdier for lydhastighet, naturlig gamma og resistivitet Iddefjordgranitten ved Rødsmyra skole.

Tabell 6. Gjennomsnittlig lydhastighet, naturlig gammastråling og resistivitet i Iddefjordgranitt.

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [ohmm]	Resistivitet SN [ohmm]
Iddefjordgranitt	350-400	5500	3220	450	1550	5500

4.4 Optisk televiewer

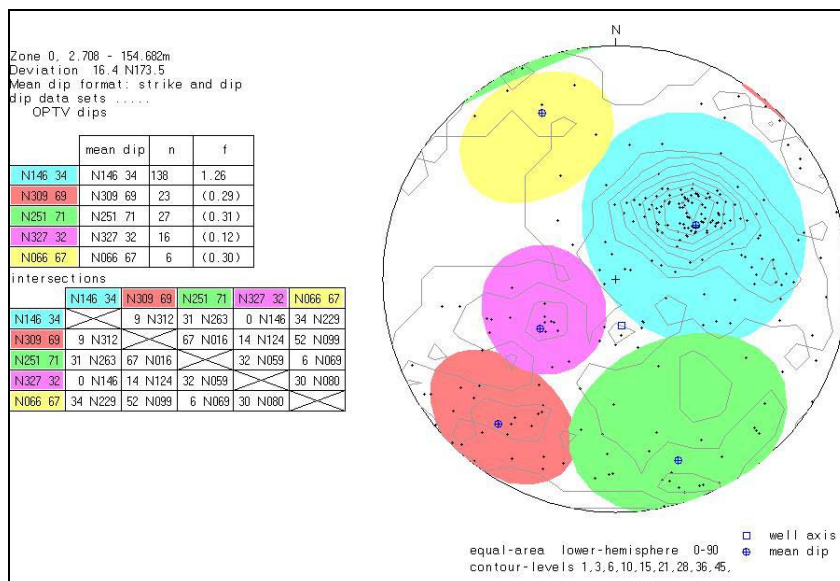
Optisk televiewer er utført i deler av borehullet, 0 – 155 m og 180 – 390 m. I det øverste området var opptaket meget godt, mens det mellom 180 og 390 m var meget dårlig sikt og vanskelig å tolke bildene. Prosesseringen av data viser at granitten er sterkt oppsprukket mellom 8 og 150 m. Eksempel på massiv og oppsprukket bergart er vist i figur 8.



Figur 8. Massiv granitt, 62 – 63 m (venstre) og oppsprukket granitt 131 – 132 m dyp (høyre).

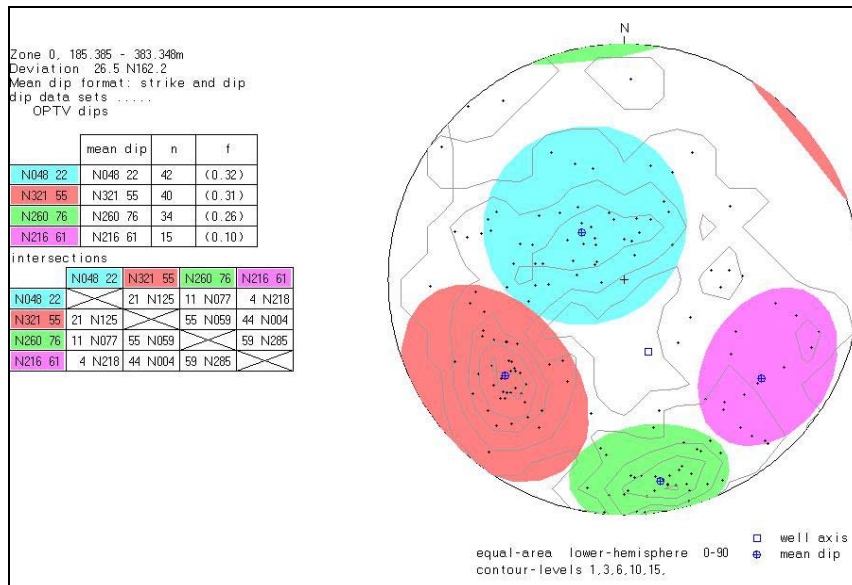
4.4.1 Sprekkestereogram

Figur 9 viser sprekkestereogram av observerte sprekker 0 – 155 m dyp. Hovedsprekkeretning er den blå gruppen, N146 34.



Figur 9. Rødsmyra skole. Sprekkestereogram av indikerte sprekker, 0 – 155 m.

Figur 10 viser sprekkestereogram av observerte sprekker fra 180 – 390 m dyp. Det er ingen utpreget hovedsprekkeretning i denne delen av hullet.

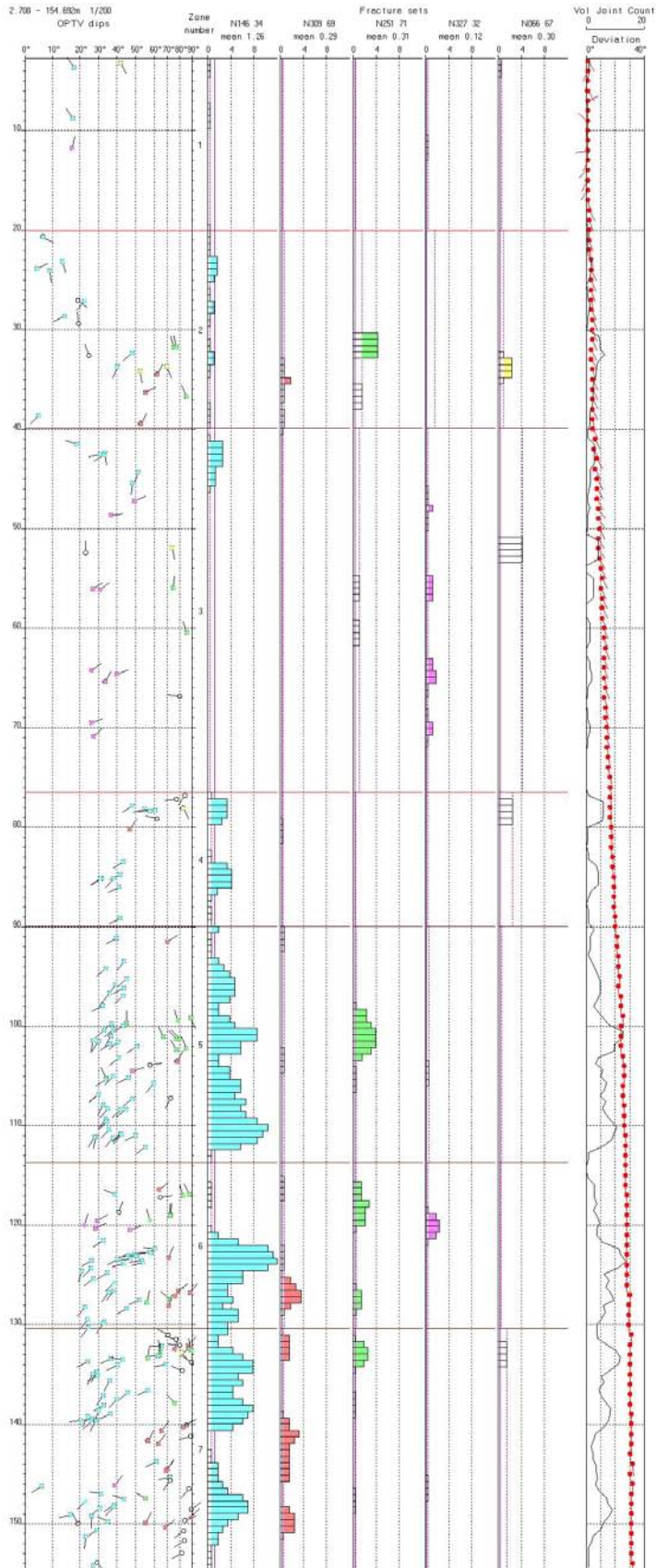


Figur 10. Rødsmyra skole. Sprekkestereogram av indikerte sprekker, 180 – 390 m.

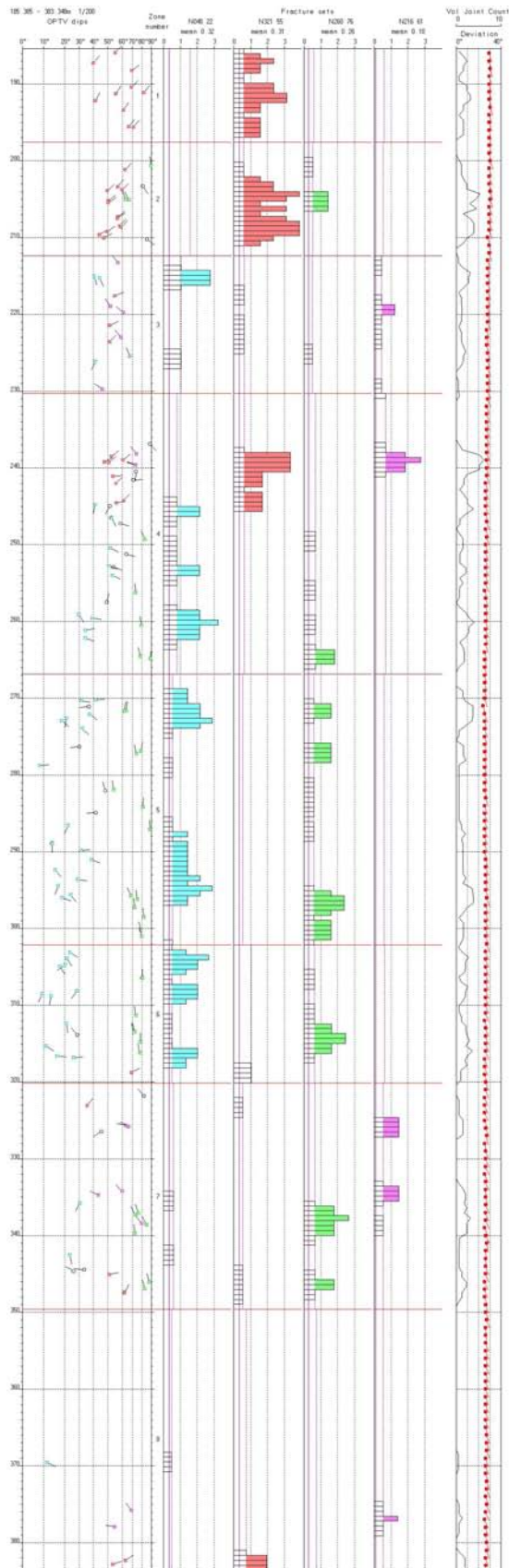
4.4.2 Frekvenshistogram

Frekvenshistogram viser individuelle sprekker, sprekkefrekvenshistogram, vol joint count (summen av frekvensen i alle grupper) og borehullsforløp.

Figurene 11 og 12 viser frekvenshistogram for hhv. 0 – 155 m og 180 – 390 m dyp. Sprekkefrekvensen er størst mellom 90 og 150 m (blå farge).



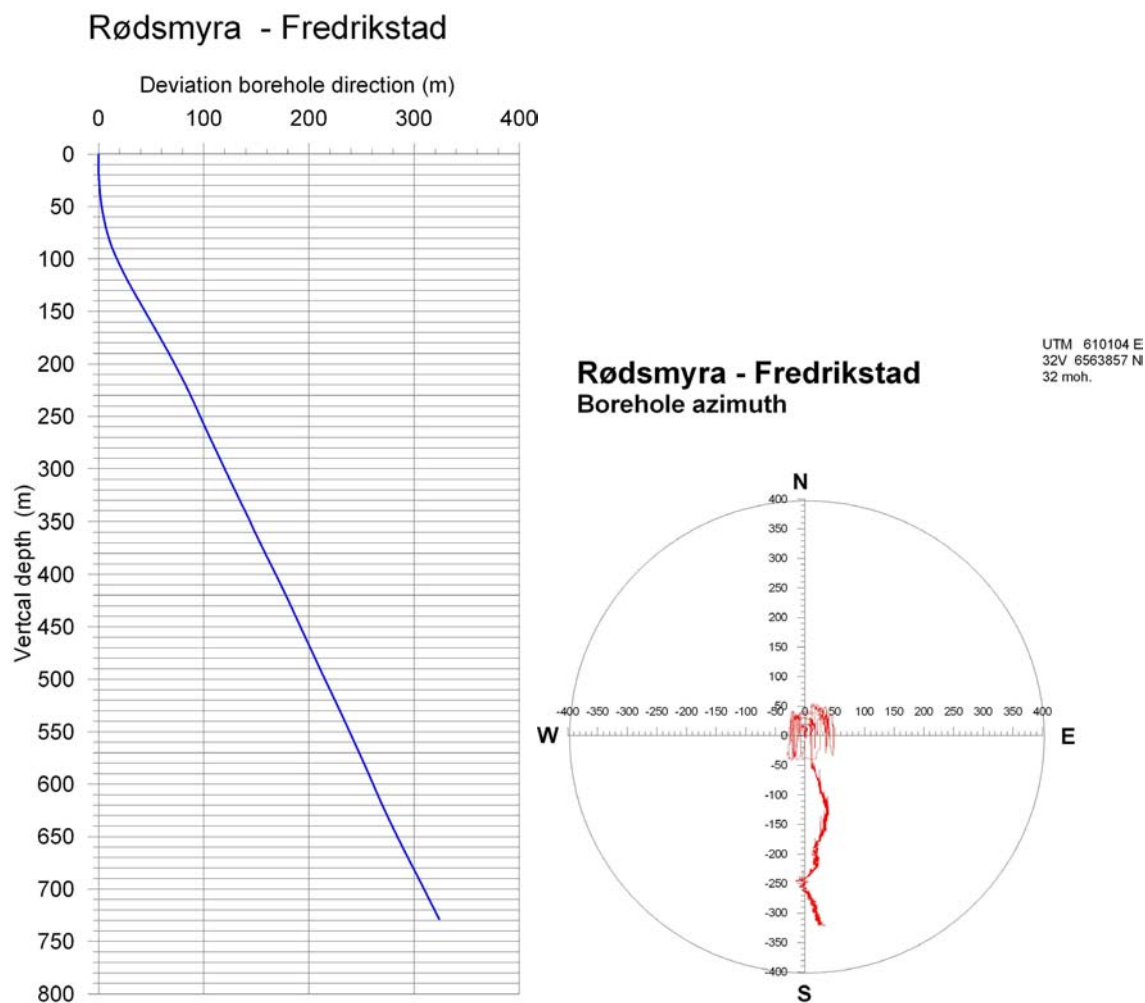
Figur 11. Sprekkefrekvenshistogram for 0 -155 m dyp, Rødsmyra skole, Fredrikstad.



Figur 12. Sprekkefrekvenshistogram for 180 -390 m dyp, Rødsmyra skole, Fredrikstad.

4.5 Borehullsavvik

Borehullsavvik er vist i figur 13. Hullet går mot sør og har et avvik fra vertikalen i bunn på ca 320 m. Vertikalt dyp blir 728 m. Ved ca 50 m dyp begynner avviket å øke, og fra 100 m er gjennomsnittlig fall på hullet 65 grader fra horisontalen. Uregelmessighetene i retningsplottet skyldes 180 m med foringsrør (jern) og retningsvinkelen måles med magnetometer.



Figur 13. Borehullsavvik Rødsmyra skole. Avvik i borehullsretning (venstre) og horisontalavvik (høyre).

5. KONLUSJON

NGU har gjort borehullslogging i en 800 m dyp brønn ved Rødsmyra skole, Fredrikstad. Hovedhensikten var å måle temperaturgradienten i Iddefjordgranitten. I tillegg ble det utført geofysisk logging i hullet for å kartlegge berggrunnens fysiske egenskaper. Det ble målt resistivitet, lydshastighet, naturlig gammastråling, ledningsevne i vann, pH, Eh, O₂ og NO₃. Deler av hullet ble filmet med optisk televiewer.

Det er målt og beregnet typiske verdier av resistivitet, lydshastighet og naturlig gammastråling i bergarten Iddefjordgranitt. Data er tatt fra massiv bergart. Avvik fra de oppgitte verdier (mindre) av resistivitet og lydshastighet kan tyde på oppsprukket fjell.

Målingene viser at det trolig er granitt i hele hullets lengde. Gjennomsnittlig temperaturgradient er 17.9 °C/km. Typiske verdier for resistivitet er 5500 ohmm, seismisk P-bølgehastighet 5500 m/s og total gammastråling 450 cps.

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.

Olesen, O., Balling, N., Barrère, C., Breiner, N., Davidsen, B., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gernigon, L., Koziel, J., Lutro, O., Midttømme, K., Nordgulen, Ø., Olsen, L., Osmundsen, P. T., Pascal, C., Ramstad, R. K., Rønning, J. S., Skilbrei, J. R., Slagstad, T., & Wissing, B. 2007: KONTIKI Final Report, Continental Crust and Heat Generation in 3D. *NGU Report 2007.042*.

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