

NGU Rapport 2012.037

Logging av grunnvannsbrønner på strekningen
Espa - Minnesund, Stange og Eidsvoll
kommune

Rapport nr.:2012.037		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Logging av grunnvannsbrønner på strekningen Espa – Minnesund, Stange og Eidsvoll kommune			
Forfatter: Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: Jernbaneverket Utbygningssesksjonen, NGU	
Fylke: Hedmark, Akershus		Kommune: Stange, Eidsvoll	
Kartblad (M=1:250.000) Hamar		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1915 I Eidsvoll, 1916 II Tangen	
Forekomstens navn og koordinater: Espa, Ulvin, Korslund		Sidetall: 158 Kartbilag: 0	Pris: kr 700.-
Feltarbeid utført: 28.6 – 18.7. 2011 og 20.9 – 28.9.2011	Rapportdato: 31.05.2012	Prosjektnr.: 337500	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Jernbaneverket skal bygge dobbeltspor mellom Eidsvoll og Hamar. Langs Mjøsa i parsellen Minnesund – Kleverud/Labbdalen, ca 17 km, er det planlagt flere tunneler. Denne delen omfatter Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Loggingen er gjort på oppdrag av Jernbaneverket. I alt ble det sommer/høst 2011 logget 27 brønner. I tillegg var det logget 8 brønner høsten 2010. Brønnene var i daglig bruk så pumpe og slanger måtte trekkes opp før logging kunne utføres. Hensikten med loggingen var å kartlegge fjellkvaliteten langs deler av tunneltraseene med hensyn på stabilitet og vannproblematikk.</p> <p>Det er logget med optisk televiwer (filming av borehullsvegg), akustisk televiwer, målt temperatur og elektrisk ledningsevne i vannet, naturlig gammastråling, fjellresistivitet, tilsynelatende porøsitet, lydshastighet i fjell og vannstrømning. Det er også logget pH og Eh.</p> <p>Data for temperatur og ledningsevne i vann kan være usikre da vannet ble omrørt under fjerning av pumper og slanger fra hullene. Bortsett fra i et par brønner var vannet klart og ga gode opptak med optisk televiwer. I noen brønner var det mye utfelling (mangan?) som førte til svært mørk borehullsvegg. I disse brønnene er data fra akustisk televiwer benyttet til å tolke sprekker.</p> <p>Resultatene viser generelt godt fjell. Loggene viser høy resistivitet og høy seismisk P-bølgehastighet i de aller fleste brønnene. I en brønn, Fb05, ved Ulvin, ble det registrert lave resistivitetsverdier i hele brønnen og stedvis lav P-bølgehastighet. De lave verdiene kan bety ustabil fjell og mulige vannproblemer. En brønn i samme område, Fb04, var artesisisk og det ble påvist strømning i brønnen. I Fb03, langs vegen opp til Ulvinmyra, ble det observert en åpen sprekk på 39.5 m dyp. Endring i vannets ledningsevne kan tyde på vanninnstrømning og mulige vannproblemer ved kommene tunnelarbeider. En 6 m bred sone med lav resistivitet i Pb21 like sør for Espa kan også gi problemer.</p>			
Emneord: Geofysikk	Borehullslogging	Optisk televiwer	
Elektrisk måling	Temperaturmåling	Naturlig radioaktivitet	
Lydshastighet	Vannstrømning	Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	13
2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL	13
3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	17
3.1 Målte parametre.....	17
4. RESULTATER	19
4.1 Resultater Espa nord og Espa sør	21
4.1.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet, pH og Eh, Espa nord og Espa sør.	22
4.1.2 Optisk televiwer, sprekkestereogram, sprekkfrekvens og rosedigram, Espa nord og Espa sør.	54
4.2 Resultater Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra	86
4.2.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet, pH og Eh, Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.	88
4.2.2 Optisk televiwer, sprekkestereogram, sprekkfrekvens og rosedigram, Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.	106
4.3 Resultater Korslund, Ørbekk og Holtet.....	122
4.3.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S- bølgehastighet, pH og Eh, Korslund, Ørbekk og Holtet	124
4.3.2 Optisk televiwer, sprekkestereogram, sprekkfrekvens og rosedigram, Korslund, Ørbekk og Holtet.	134
4.4 Strømningsmåling	142
4.5 Borehullsforløp.....	149
5. DISKUSJON	154
6. KONKLUSJON	157
7. REFERANSER	158

FIGURER

Figur 1a. Oversiktskart som viser undersøkte områder ved Espa	14
Figur 1b. Oversiktskart som viser undersøkte områder ved Ulvin, Brøhaug, Ulvinmyra, Korslund, Ørbekk og Holtet.	15
Figur 2. Undersøkte brønner på Espa nord.	21
Figur 3. Undersøkte brønner på Espa sør.	22
Figur 4. 25 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	24
Figur 5. 25 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	25
Figur 6. 27 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	26
Figur 7. 27 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	27
Figur 8. 28 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	28
Figur 9. 28 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	29
Figur 10. 29 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	30
Figur 11. 29 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	31
Figur 12. 30 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	32
Figur 13. 30 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	33
Figur 14. Pb05 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	34
Figur 15. Pb05 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	35
Figur 16. Pb06 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	36
Figur 17. Pb06 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	37
Figur 18. Pb07 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	38
Figur 19. Pb07 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	39
Figur 20. Pb08 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	41
Figur 21. Pb09 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	42
Figur 22. Pb09 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	43
Figur 23. Pb10 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	44
Figur 24. Pb10 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	45
Figur 25. Pb11 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	46
Figur 26. Pb11 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	47
Figur 27. Pb20 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	48
Figur 28. Pb20 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	49
Figur 29. Pb21 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	50
Figur 30. Pb21 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	51
Figur 31. Fb07Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.	52
Figur 32. Fb07Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.	53
Figur 33. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 25 Espa.	54
Figur 34. Brønnlokalisering 25 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkkretning av indikerte sprekker (høyre).	54
Figur 35. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 25 Espa.	55

Figur36. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn 27 Espa.....	56
Figur 37. Brønnlokalitet 27 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	56
Figur 38. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 27 Espa.....	57
Figur39. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn 28 Espa.....	58
Figur 40. Brønnlokalitet 28 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	58
Figur 41. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 28 Espa.....	59
Figur 42. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn 29 Espa.....	60
Figur 43. Brønnlokalitet 29 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	60
Figur 44. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 29 Espa.....	61
Figur 45. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn 30 Espa.....	62
Figur 46. Brønnlokalitet 30 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	62
Figur 47. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 30 Espa.....	63
Figur 48. OPTV-bilde av åpen sprekk (hulrom) ved 45.3 m, brønn 30 Espa.....	65
Figur 49. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb05.....	66
Figur 50. Brønnlokalitet Pb05 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	66
Figur 51. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb05.....	67
Figur 52. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb06.....	68
Figur 53. Brønnlokalitet Pb06 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	68
Figur 54. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb06.....	69
Figur 55. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb07.....	70
Figur 56. Brønnlokalitet Pb07 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	70
Figur 57. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb07.....	71
Figur 58. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb08.....	72
Figur 59. Brønnlokalitet Pb08(venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	72
Figur 60. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb08.....	73
Figur 61. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb09.....	74
Figur 62. Brønnlokalitet Pb09(venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	74
Figur 63. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb09.....	75
Figur 64. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb10.....	76
Figur 65. Brønnlokalitet Pb10 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	76
Figur 66. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb10.....	77
Figur 67. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb11.....	78
Figur 68. Brønnlokalitet Pb11 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	78
Figur 69. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb11.....	79
Figur 70. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb20.....	80
Figur 71. Brønnlokalitet Pb20 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	80
Figur 72. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb20.....	81
Figur 73. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb21.....	82
Figur 74. Brønnlokalitet Pb21 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	82
Figur 75. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb21.....	83
Figur 76. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Fb07.....	84

Figur 77. Brønnlokalitet Fb07 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	84
Figur 78 Fb07, OPTV-bilde som viser rustutfelling ved 19 – 21 m. Mulig sulfidmineralisering	85
Figur 79. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb07.....	85
Figur 80. Undersøkte brønner, Fb03, Fb04, Fb05 og Pb25, ved Ulvin.....	86
Figur 81. Undersøkte brønner, Fb02, Pb03 og Pb04, ved Brøhaug.	87
Figur 82. Undersøkt brønn ved Ulvinmyra.	88
Figur 83. Fb03 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	90
Figur 84. Fb03 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	91
Figur 85. Fb04. Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	93
Figur 86. Fb05 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	94
Figur 87. Fb05 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	95
Figur 88. Pb25. Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	97
Figur 89. Pb03 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	98
Figur 90. Pb03 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	99
Figur 91. Pb04 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	100
Figur 92. Pb04 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	101
Figur 93. Fb02 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	102
Figur 94. Fb02 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	103
Figur 95. Ulvinmyra. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	104
Figur 96. Ulvinmyra. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	105
Figur 97. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb03.	106
Figur 98. Brønnlokalitet Fb03 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	106
Figur 99. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb03.....	107
Figur 100. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb04.	108
Figur 101. Brønnlokalitet Fb04 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	108
Figur 102. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb04.....	109
Figur 103. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb05.	110
Figur 104. Brønnlokalitet Fb05 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	110
Figur 105. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb05.....	111
Figur 106. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb25.	112
Figur 107. Brønnlokalitet Pb25 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	112
Figur 108. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb25.....	113
Figur 109. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb03.	114
Figur 110. Brønnlokalitet Pb03 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	114
Figur 111. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb03.....	115
Figur 112. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb04.	116
Figur 113. Brønnlokalitet Pb04 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).	116
Figur 114. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb04.....	117
Figur 115. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb02.	118

Figur 116. Brønnlokalitet Fb02 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	118
Figur 117. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb02.....	119
Figur 118. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Ulvinmyra.....	120
Figur 119. Brønnlokalitet Ulvinmyra (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	120
Figur 120. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Ulvinmyra.....	121
Figur 121. Undersøkte brønner ved Korslund hytteområde.....	122
Figur 122. Undersøkt brønn Pb01, ved Ørbekk.....	123
Figur 123. Undersøkt brønn Fb06, ved Holtet.....	124
Figur 124. Fb01 Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	126
Figur 125. Fb01 Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	127
Figur 126. Brønn Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	128
Figur 127. Brønn Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	129
Figur 128. Pb01 Ørbekk. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	130
Figur 129. Pb01 Ørbekk. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	131
Figur 130. Fb06 Holtet. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.....	132
Figur 131. Fb06 Holtet. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.....	133
Figur 132. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb01.....	134
Figur 133. Brønnlokalitet Fb01 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	134
Figur 134. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb01.....	135
Figur 135. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Korslund.....	136
Figur 136. Brønnlokalitet Korslund (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	136
Figur 137. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Korslund.....	137
Figur 138. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i Pb01Ørbekk.....	138
Figur 139. Rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker i Pb01Ørbekk.....	138
Figur 140. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb01 Ørbekk.....	139
Figur 141. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i Fb06, Holtet.....	140
Figur 142. Fb06, Holtet (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).....	140
Figur 143. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb06, Holtet.....	141
Figur 144. Netto strømming i brønnene, 25,27, 28 29 og 30 på Espa.....	143
Figur 145. Netto strømming i brønnene, Pb05, Pb07 og Pb08 på Espa.....	144
Figur 146. Netto strømming i brønnene, Pb06, Pb09, Pb10, Pb11, Pb20 og Pb21. Espa.....	145
Figur 147. Netto strømming i brønnene, Fb03, Pb04, Ulvin og Fb06 Holtet.....	146
Figur 148. Netto strømming i brønnene, Fb02, Fb04, Ulvinmyra, Fb05, Pb03 og Pb25 på Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.....	147
Figur 149. Netto strømming i brønnene, Pb01, Korslund og Fb01, Ørbekk - Korslund.....	148
Figur 150. Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene 25,27,28,29,30 og Pb06, Espa nord.....	149
Figur 151. Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Pb05, Pb07, Pb08, Fb07, Pb09 og Pb10, Espa nord.....	150
Figur 152. Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Pb11, Pb20 og Pb21, Espa nord og Espa sør.....	151
Figur 153. Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Fb04, Fb05, Fb03, Pb25, Fb02, Pb03 og Pb04, Ulvin og Brøhaug.....	152
Figur 154. Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Ulvinmyra, Pb01(Ørbekk), Fb01, Korslund, og Fb06 (Holtet).....	153
Figur 155. Fb03, OPTV-bilde fra 39 – 40 m med tolket åpen sprekk ved 39.5 m.....	155
Figur 156. Pb21, Espa sør. OPTV bilde med tolket logg fra 46 – 50 m.....	156

TABELLER

Tabell 1. Data og koordinater (UTM Wgs-84) for undersøkte brønner, Espa - Minnesund.....	16
Tabell 2. Målte parametre, loggehastighet og samplingstetthet	17
Tabell 3. Gjennomsnittsverdier for gamma, P-bølgehastighet og resistivitet i gabbro, granittisk gneis og øyegneis	19
Tabell 4. Kriterier for fjellkvalitet basert på Q-verdi og seismisk P-bølgehastighet	20
Tabell 5. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Espa nord og Esp sør	23
Tabell 6. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.....	89
Tabell 7. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Korslund, Ørbekk og Holtet	125

1. INNLEDNING

Jernbaneverket skal bygge nytt dobbeltspor mellom Eidsvoll og Hamar. Langs Mjøsa, Minnesund – Kleverud/Labbdalen, vil store deler av traseen vil gå i tunneler. I den forbindelse har NGU gjort borehullslogging i 27 brønner mellom Espa og Minnesund. 7 av brønnene var boret i 2010 som overvåkningsbrønner, 3 var boret som fremtidige grunnvannsbrønner mens resten var eksisterende private brønner. De private brønnene var i daglig bruk så pumpe og slanger måtte trekkes opp før logging kunne utføres. Det er logget med optisk televiwer (filming av borehullsvegg), målt temperatur og elektrisk ledningsevne i vannet, naturlig gammastråling, fjellresistivitet, lydshastighet i fjell og vannstrømning. Alle brønnene er også logget med akustisk televiwer. NGU har tidligere logget 8 brønner i det samme området (Elvebakk 2011).

Målingene ble utført i tiden 28.6 – 18.7. 2011 og 20.9 – 28.9.2011 av Harald Elvebakk med god assistanse av Sigvartsen Elektro A/S fra Minnesund som sørget for klargjøring av brønnene og varsling av grunneierne. Grunneierne hadde gitt tillatelse til logging, men tid for logging måtte avtales for hver enkelt brønn. Opptak av pumper og slanger gikk greit bortsett fra i en brønn der pumpa satt fast og logging måtte avlyses. Vanskelig adkomst hindret logging i Pb23.

2. MÅLEOMRÅDE OG BOREHULL

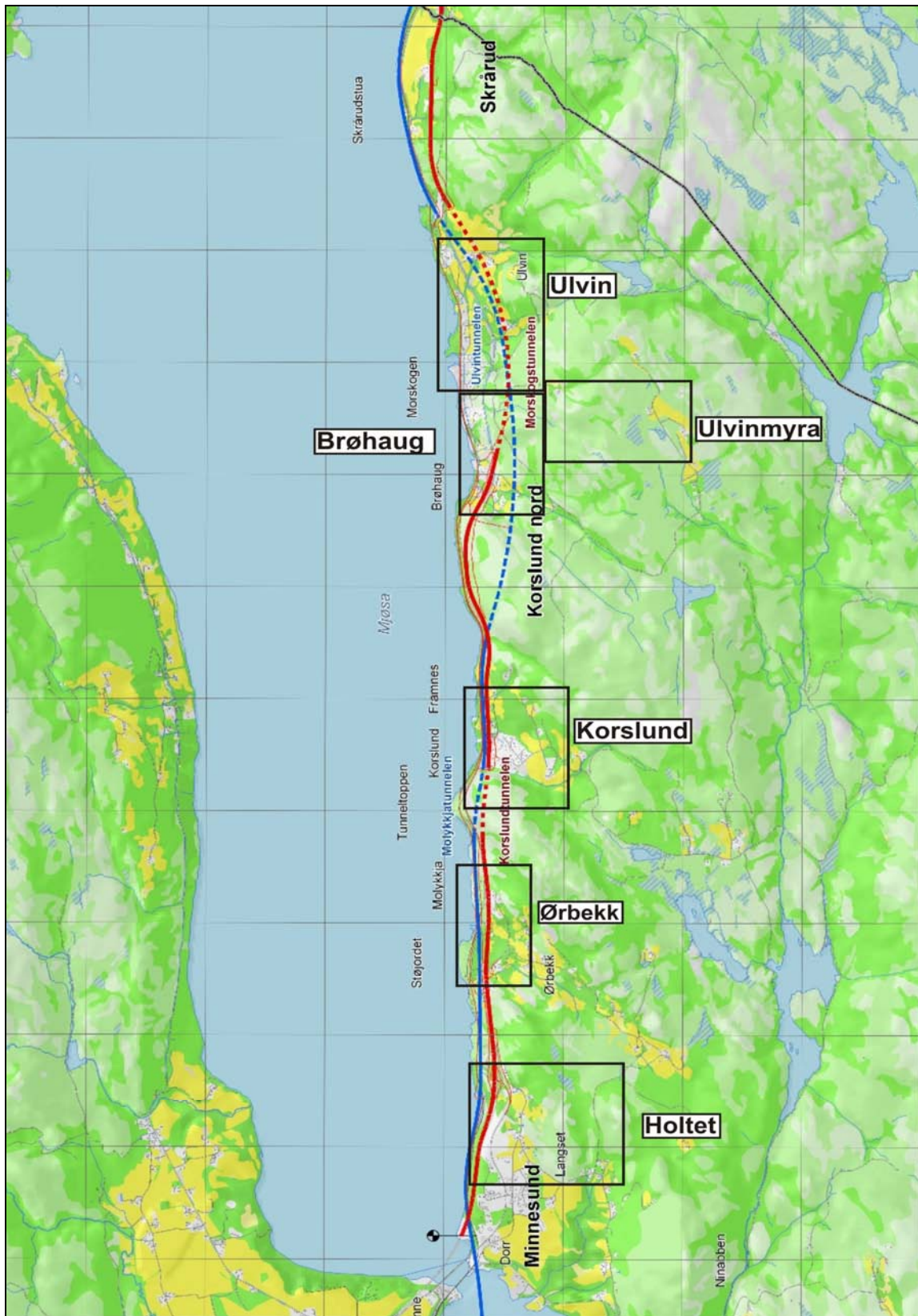
De undersøkte brønnene ligger mellom Espa og Minnesund langs traseen til de nye vei- og jernbanetunnelene. De fleste brønnene lå på Espa. Figur 1a viser et oversiktskart med måleområdet ved Espa tegnet inn. På kartet er også tunneltraseene for Espatunnelen og Hestnestunnelen tegnet inn. Rød trase er E6, mens blå er jernbane. Figur 1b viser undersøkte områder ved Ulvin, Brøhaug, Ulvinmyra, Korslund, Ørbekk og Holtet. Disse dekker deler av Ulvintunnelen, Morskogtunnelen og Korslundtunnelen. Kartutsnitt over hvert måleområde vises senere under måleresultater.

Tabell 1 viser data over undersøkte brønner. Alle brønner var vertikale bortsett fra Fb03 (45°) og Fb07 (70°). Angitt logget dyp i tabell 1 angir dyp logget med OPTV. De andre sondene logges av tekniske årsaker vanligvis 1 – 2 m kortere.

Bortsett fra to av brønnene var alle tilgjengelig med bil og selve loggingen gikk uten store problemer. I flere av brønnene var det mye rustutfelling fra foringsrør. Det ble også observert manganutfelling (svart belegg) på borehullsveggen noe som gjorde opptakene fra optisk televiwer vanskelig å tolke. Data fra akustisk televiwer ble da benyttet til sprekketolkning.



Figur 1a. Oversiktskart som viser undersøkte områder ved Espaa



Figur 1b. Oversiktskart som viser undersøkte områder ved Ulvin, Brøhaug, Ulvinmyra, Korslund, Ørbekk og Holtet.

Tabell 1. Data og koordinater (UTM Wgs-84) for undersøkte brønner, Espa - Minnesund.

Brønn	Diameter (mm)	Logget dyp (m)	UTM32 Ø	UTM32 N	m.o.h (m)	Loggedato
25	140	58.0	624611	6717945	211	30.06.2011
27	100	37.0	624589	6717900	210	01.07.2011
28	100	22.8	624573	6717833	215	08.07.2011
29	100	61.0	624560	6717874	208	04.07.2011
30	145	45.7	624674	6717974	218	29.06.2011
Fb01	130	50.0	623463	6702442	159	16.07.2011
Fb02	145	68.0	623507	6704769	188	02.07.2011
Fb03	160	97.0	623452	6705754	208	17.07.2011
Fb04	145	43.0	623118	6706937	160	11.07.2011
Fb05	145	59.0	623293	6707109	190	12.07.2011
Fb06	130	59.0	624304	6699525	255	03.07.2011
Fb07	145	100.0	624979	6717281	305	29.06.2011
Pb01	100	45.0	623411	6701250	175	13.07.2011
Pb03	100	59.0	623459	6704924	175	20.09.2011
Pb04	100	100.5	623332	6705255	150	26.09.2011
Pb05	150	150.7	624454	6717517	214	12.07.2011
Pb06	100	33.2	624549	6717668	222	21.09.2011
Pb07	115	137.0	624436	6717761	184	28.06.2011
Pb08	115	148.0	624517	6717885	199	04.07.2011
Pb09	145	30.0	624702	6717918	229	23.09.2011
Pb10	100	40.5	624733	6717938	224	22.09.2011
Pb11	145	51.5	624742	6717897	228	05.07.2011
Pb20	100	46.0	624302	6717085	248	06.07.2011
Pb21	145	62.5	624309	6717113	244	07.07.2011
Pb25	100	61.0	623354	6706492	171	14.07.2011
Ulvinmyra	145	35.0	624716	6705572	405	15.07.2011
Korslund	180	101.0	623504	6702448	175	24.09.2011

3. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

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

Tabell 2 viser målte parametre.

Tabell 2. Målte parametre, 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 (televiwer)	1 m/min	1 m
Optisk televiwer	1 m/min	1 mm
Akustisk televiwer	3 m/min	1 mm
Strømningsmåling	5 m/min	1 cm

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

Resistivitet og lydhastighet kan bare måles i vannfylte hull. Foringsrør vil gi feil i målingene for resistivitet og lydhastighet. Av måletekniske årsaker registreres ikke resistivitetsdata før sonden er kommet ca 10 m under vannspeilet. Vaieren som sonden senkes ned i hullet med fungerer som returelektrode for strømmen og denne er isolert de nederste 10 m. Da samme sonde måler naturlig gamma vil også gammalogg mangle de første 10 m under vannspeilet. Om ønskelig kan gamma måles med annen sonde, tcn-sonde. Dette er gjort i alle hull.

3.1 Målte parametre

Rapporten presenterer sammenstilte data som kurveplott for de målte parametre, temperatur, vannets ledningsevne, naturlig gammastråling, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og lydhastighet (P- og S-bølge). Endringer i temperatur og ledningsevne kan indikere sprekker med vanninnstrømning. I noen tilfeller er ankomsttiden til S-bølgen vanskelig å avlese, og S-bølgehastigheten kan da ikke beregnes.

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

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

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 = overflateledningsevne

Faktorene a og m (kornform, sementeringsfaktor) er avhengig av bergartstype og bestemmes ved laboratoriemålinger. Ved beregningen av porøsiteten brukes $a=1.928$ etter Thunehed og Olsson som fant dette for krystalline bergarter (Thunehed & Olsson 2004). Verdien på m er satt lik 2.0 (personlig meddelelse Hans Thunehed). 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).

Lydhastigheten beregnes både for P-bølger og S-bølger. Det er gjort full "wave form" prosessering med programvaren WellCad fra ALT (Advanced Logic Tecnology). En nedgang i lydhastighet kan bety oppsprukket fjell. Manglende S-bølgehastighet i noen brønner skyldes at data ikke var gode nok for tolkning.

Strømningsmåling er gjort for å kartlegge naturlig 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, sprekkefrekvenshistogram og rosedigram.

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

4. RESULTATER

Alle logger er presentert sammen for hvert hull slik at en kan sammenligne de ulike loggene. Det er viktig å se alle logger (parametre) i sammenheng for å få en best mulig enhetlig tolkning. Loggene er presentert i A4 format og er inndelt etter måleområdene vist i oversiktskartet på figur 1a og 1b.

Måling av temperatur og ledningsevne i vann ga usikre data da pumper og slanger ble dratt opp av brønnene like før måling slik at det skjedde en omrøring og blanding av vannet. Det er spesielt endringer i nevnte parametre som er usikre, gjennomsnittlig temperatur og ledningsevne i hullene vil nok stemme. Men det er slike endringer som kan indikere sprekker med vanninnstrømning. Temperaturen ligger mellom 6 og 7 °C i de fleste brønnene

Bergartene i området er, granittisk gneis, øyegneis, gabbro, meta-rhyolitt og grønnstein. Tabell 3 viser gjennomsnittsverdier for gammastråling, P-bølge hastighet og resistivitet for de tre hovedbergartene gabbro, granittisk gneis og øyegneis målt i borehull der en entydig kan definere disse bergarter (Elvebakk 2011). Dette er typiske verdier i ikke oppsprukket bergart hvor resistivitetsverdiene er beregnet for Long Normal. Resistivitetsdata er korrigert for ledningsevnen i vannet, borehullets diameter, sondens størrelse og temperatur. I noen tilfeller er resistiviteten svært høy, og utenfor instrumentets måleområde. Her er det plottet en SPR-verdi (Single Point Resistivity). Den viser resistiviteten ved strømelektroden (overgangsmotstand). Den er noe lavere en SN og LN men varierer på samme måten. Denne er målbar ved høye SN og LN verdier og viser at det er variasjon i resistiviteten.

Tabell 3. Gjennomsnittsverdier for gamma, P-bølge hastighet og resistivitet i gabbro, granittisk gneis og øyegneis.

Bergart	Naturlig gamma (cps)	P-bølge hastighet (m/s)	Resistivitet (ohmm)
Gabbro	65 - 85	5000 - 5800	6100 - 6500
Granittisk gneis	280 - 330	4700 - 5400	7500 - 8800
Øyegneis	150 - 180	4600 - 5500	7700 - >10000

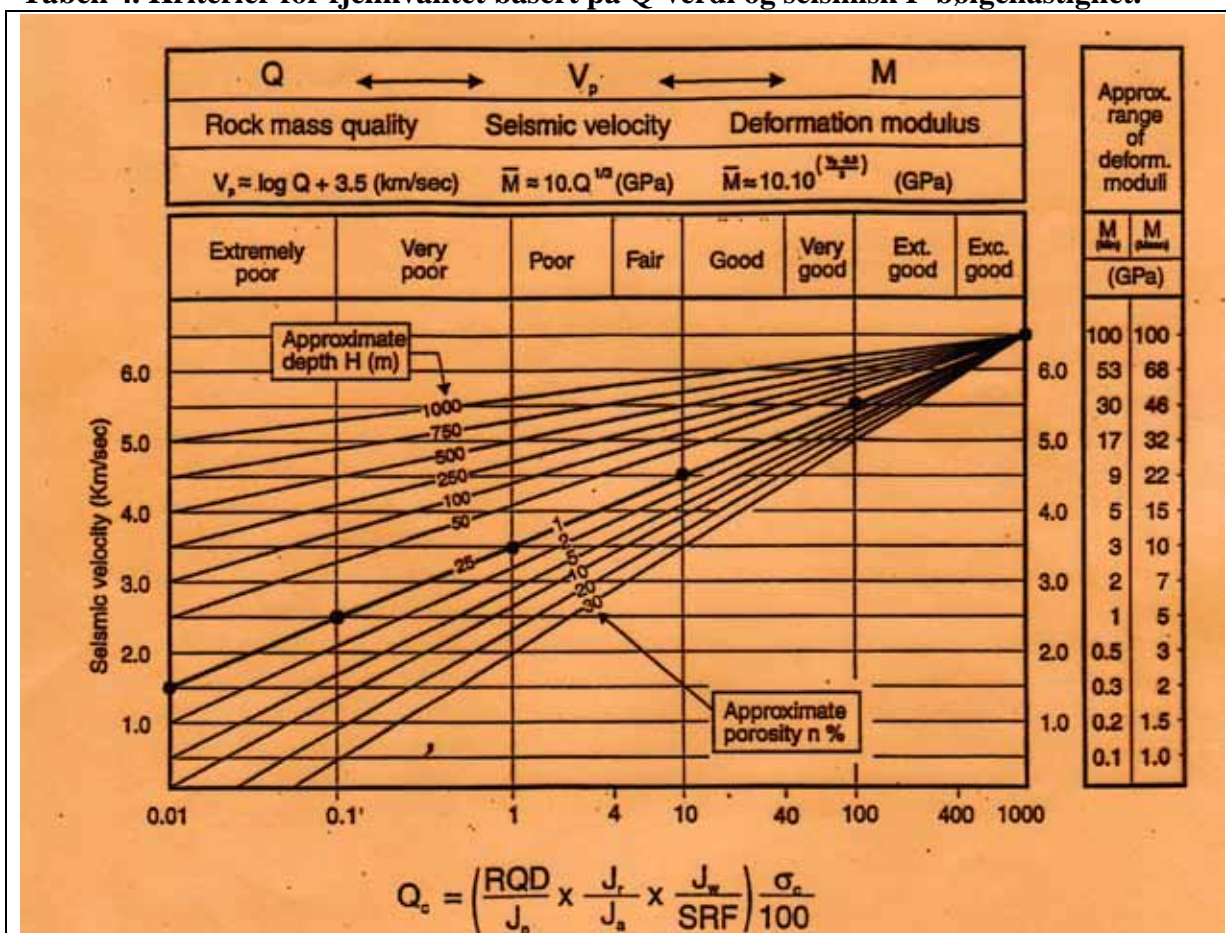
For optisk og akustisk televiwer presenteres sprekkestereogram, rosedigram og sprekkefrekvenshistogram for alle observerte sprekker. Sprekkegrupperinger i stereogrammene er angitt med farger. Gjennomsnittlig strøk, fall og sprekkefrekvens er angitt i tabell for hver gruppe (farge). Sprekkefrekvenshistogrammene (for hver gruppe) viser også pilplott av hver sprekke som viser fallretning og fallvinkel. Videre vises borehullsforløp og RQD-tall. I noen brønner der det var dårlig sikt eller veldig mørk borehullsvegg, (manganutfelling) er akustisk televiwer benyttet. Tolkning og prosessering er den samme som for optisk.

En vurdering av sonene med hensyn til vannproblemer og ustabil fjell er gjort ut fra følgende modell basert på erfaringsdata fra Lunnertunnelen, ρ = resistivitet (Rønning et al. 2009b)

$\rho > 3000$ ohmm	: Stabilt, massivt fjell
$3000 < \rho < 5000$ ohmm	: Vannproblemer kan inntreffe
$\rho < 500$ ohmm	: Risiko for vannproblemer og ustabil fjell.

For seismisk hastighet kan en vurdere fjellkvaliteten ut fra Q-verdi, se tabell 4, (Barton 2007).

Tabell 4. Kriterier for fjellkvalitet basert på Q-verdi og seismisk P-bølgehastighet.



$V_p = \lg Q + 3.5$ (km/s) V_p =seismisk P-bølgehastighet

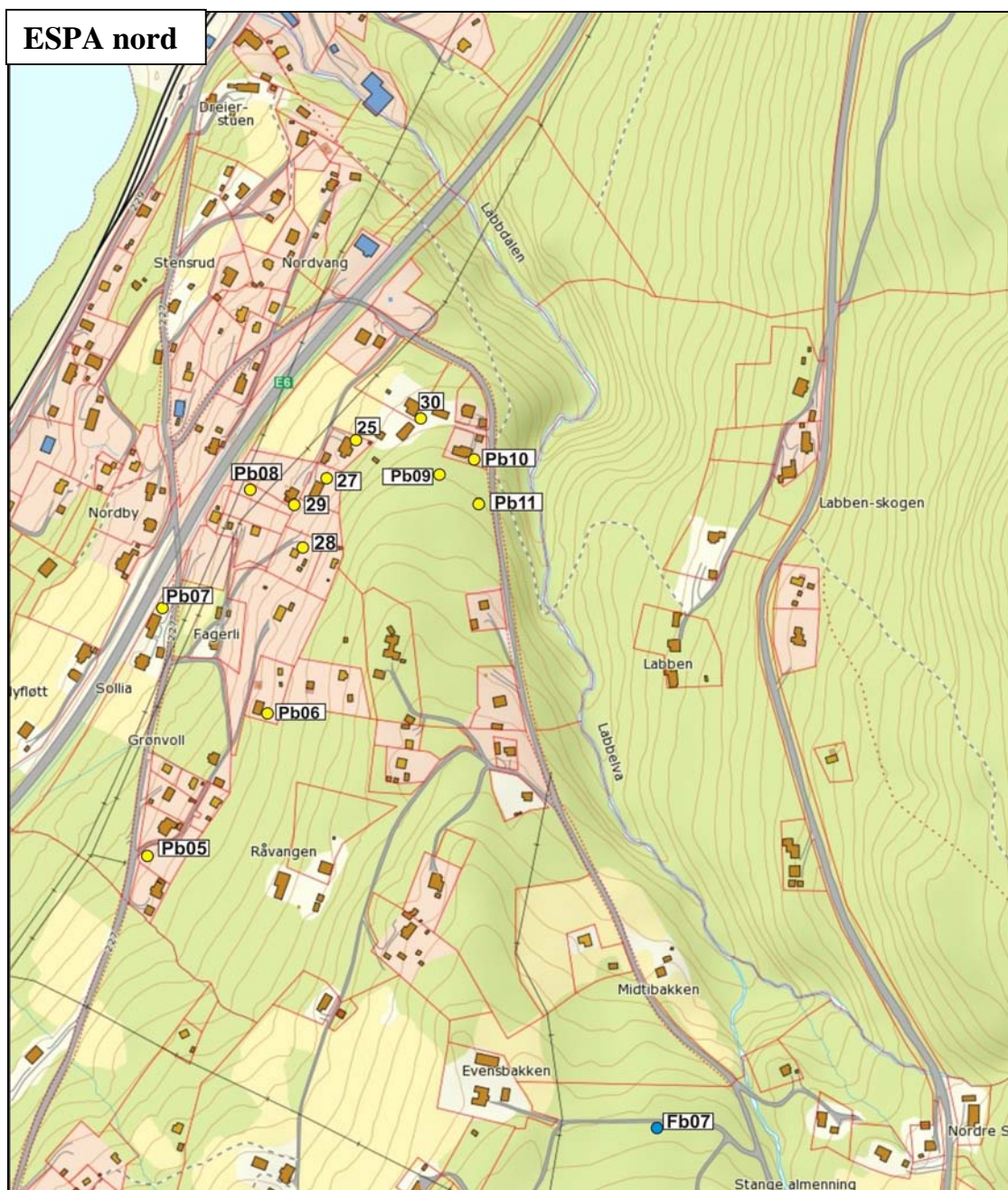
Ut fra formelen over og diagrammet til Barton kan en trekke ut sammenheng mellom Q-verdi og P-bølgehastighet. Som en ser av diagrammet over spiller også porøsitet og dyp inn.

Q-verdi	Fjellkvalitet	P-bølgehastighet (m/s)
0.01– 0.1	ekstremt dårlig	1500 - 2500
0.1 – 1	meget dårlig	2500 - 3500
1 – 4	dårlig	3500 - 4100
4 – 10	bra (fair)	4100 - 4500
10 - 40	godt	4500 – 5100
40 – 100	meget godt	5100 - 5500

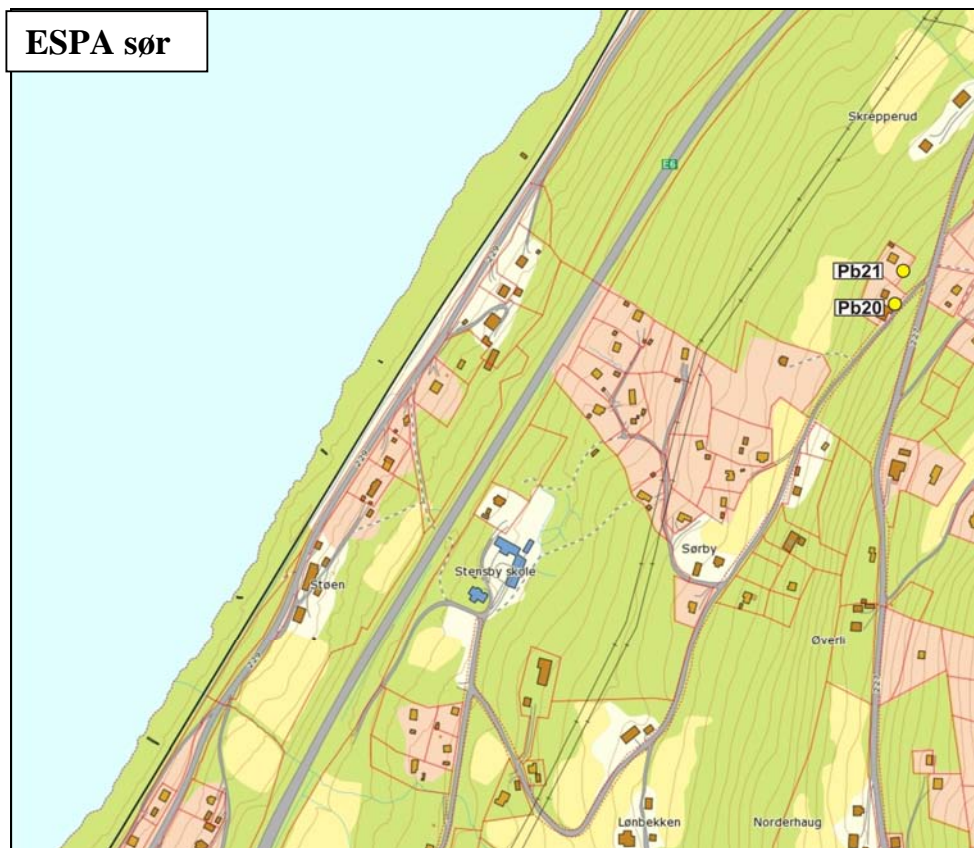
At enkeltsprekker stedvis gir lav P-bølgehastighet over kort avstand trenger ikke bety generelt dårlig fjellkvalitet. Logging av seismisk hastighet i borehull har mye større oppløsning enn f.eks. refraksjonsseismikk på bakken. I tabell 5, 6 og 7 er derfor enkeltsprekker med lav hastighet ikke vurdert som en risiko for ustabil fjell. Enkeltsprekker kan derimot gi vannproblemer.

4.1 Resultater Espa nord og Espa sør

Plasseringen av brønnene på Espa er vist i kartutsnittene i figur 2 og figur 3 (Espa nord og Espa sør). I alt omfatter dette 15 brønner. Noen av disse brønnene vil trolig bli direkte berørt av tunnelene som har nordre påhugg i Labbdalen like nord for de undersøkte brønnene. Det kan også være fare for redusert vanntilgang i brønnene ved eventuell påvirkning av grunnvannsstand og vannstrømming i undergrunnen. Espa nord og sør innbefatter brønnene 25, 27, 28, 29, 30, Pb05, Pb06, Pb07, Pb08, Pb09, Pb10, Pb11, Pb20, Pb21 og Fb07.



Figur 2. Undersøkte brønner på Espa nord.



Figur 3. Undersøkte brønner på Espa sør.

4.1.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet, pH og Eh, Espa nord og Espa sør.

Figur 4 – 32 viser logger for temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet (P- og S-bølge). Vannkvalitetslogg viser i tillegg pH og Eh. Loggene omfatter brønnene 25, 27, 28, 29, 30, Pb05, Pb06, Pb07, Pb08, Pb09, Pb10, Pb11, Pb20, Pb21 og Fb07.

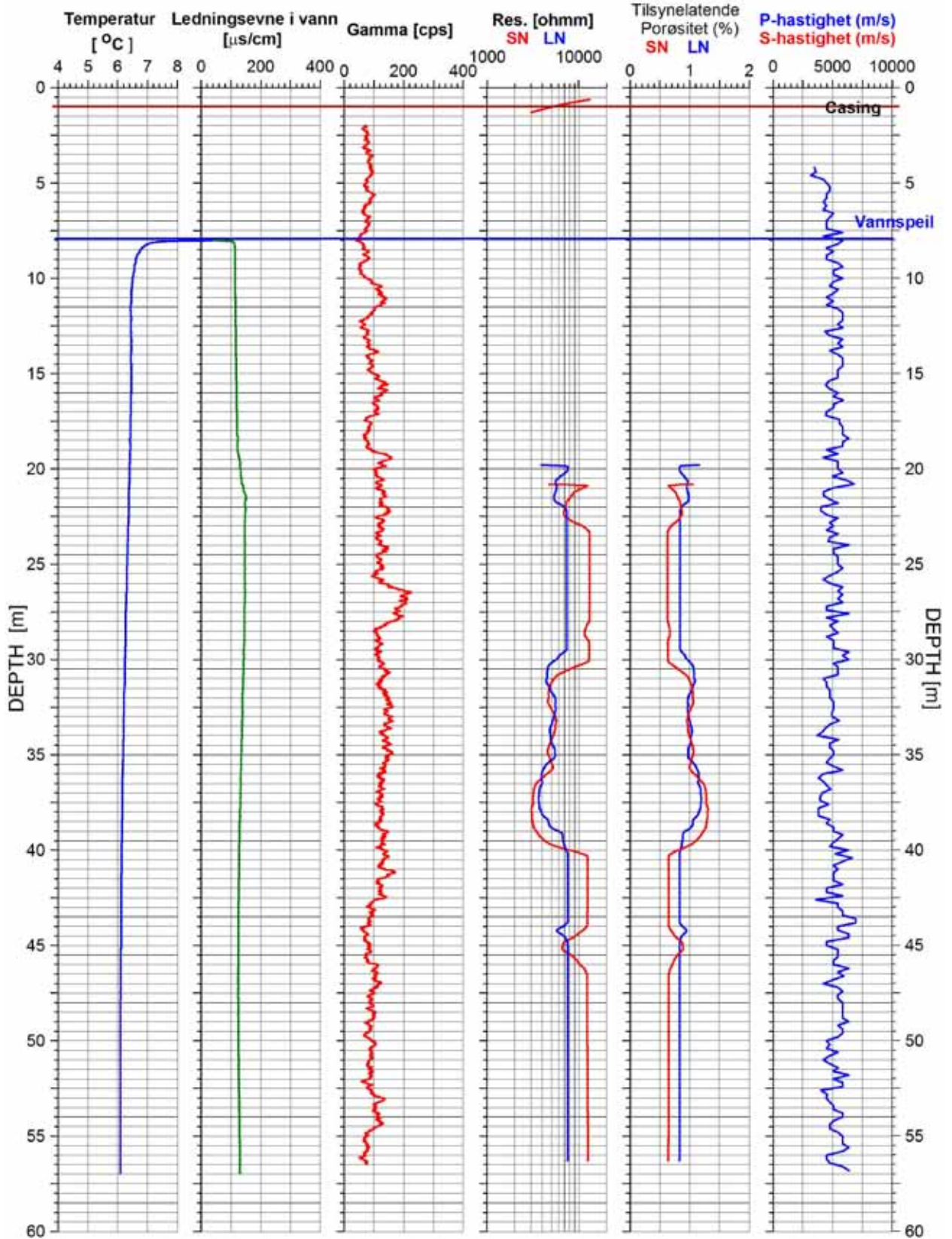
Tabell 5 viser en samlet oversikt over indikerte sprekker/sprekkesoner for områdene Espa nord og Espa sør. Her er det tatt med soner som avviker fra normale verdier for resistivitet og seismisk P-bølgehastighet. Der det har vært nødvendig er også data fra optisk televiwer vurdert. Data fra optisk televiwer er presentert i eget kapittel. Hver brønn er beskrevet med dyp til sonene, tykkelse og målte verdier av naturlig gamma, resistivitet og seismisk hastighet. En vurdering av sonene med hensyn til risiko for ustabil fjell og vannproblem er gjort ut fra kriteriene i tabell 4, se foran.

Tabell 5. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Espa nord og Espa sør.

Brønn	Gamma (cps, API)	Resistivitet Normal (ohmm)	Soner med lav resistivitet (ohmm)	P-bølgehast. Normal (m/s)	Soner med lav P-bølgehastighet (m/s)	Risiko for ustabil fjell/vannproblem	Figur
25 Espa	75 - 150	8000	30.0 – 36.0 m: 4500 – 5000 36.0 – 38.0 m: 4000 - 4500	5200	36.0 – 38.5 m: 4200	Ingen	4, 5, 35
27 Espa	100 - 175	8000	17.0 – 17.5 m: 7000 34.5 – 35.0 m: 6500	5300	10.3 – 10.9 m: 3800	Ingen	6, 7, 38
28 Espa	80 - 140	9400	ingen	5400	13.4 – 13.6 m: 3800	Ingen	8, 9, 41
29 Espa	50 - 290	4100	15.5 – 28.0 m: 2750 48.0 – 55.0 m: 3300	5000	5.7 – 7.9 m: 4300 17.1 – 20.5 m: 4450 25.0 – 27.5 m: 4450	Liten Mulig vannproblem	10, 11, 44
30 Espa	100 - 350	5500	33.0 – 37.3 m: 3600 43.7 – 44.2 m: 2550	5050	6.6 – 6.8 m: 3900 44.0 – 44.2 m: 3900	Mulig vannproblem i bunn av hull. Åpen sprekk.	12, 13, 47
Pb05	50 - 100	3600	80.0 – 81.0 m: 2200 101.5 – 102.5 m: 2150	5500	80.9 – 81.5 m: 4300 102.7 – 102.9 m: 3100	Mulig vannproblem i enkeltsprekker.	14, 15, 51
Pb06	50 - 100	6700	8.7 – 28.9 m: 3800	5700	Ingen	Ingen	16, 17, 54
Pb07	50 - 200	3500	Ingen spesielle soner	5100	Ingen spesielle soner	Generelt noe lav resistivitet, ingen lavhastighetssoner Liten risiko.	18, 19, 57
Pb08	70 - 150	5100	86.3 – 86.7 m: 2450 90.0 – 96.0 m: 3150 116.7 – 119.2 m: 3550 128.0 – 132.2 m: 3150	5450	87.3 m: 3150 94.5 – 95.3 m: 4300 119.6 – 120.3 m: 4700 129.9 – 130.9 m: 4100	Mulig vannproblem ved 87 m dyp, enkeltsprekk.	20, 60
Pb09	Ingen data	Ingen data	Ingen data	4900	7.6 – 8.5 m: 4100 22.6 – 22.8 m: 3600	Mulig vannproblem ved 22.7 m. Enkeltsprekk	21, 22, 63
Pb10	75 – 100	7200	27.5 – 30.0 m: 3700 - 6000	5450	14.6 – 14.8 m: 4000 285.5 – 28.9 m: 4050	Liten risiko. Mulig vann fra enkeltsprekker	23, 24, 66
Pb11	75 – 100 100 – 200	6900	31.0 – 33.0 m: 4200 39.0 – 41.5 m: 4500	5150	5.8 – 6.2 m: 3600 14.3 – 15.3 m: 3750 40.8 m: 2950 41.8 – 42.5 m: 3750	Noen enkeltsprekker har lav hastighet. Ganske mange sprekker. Stedvis høy sprekkefrekvens.	25, 26, 69
Pb20	100 – 120	7200	28.5 – 31.0 m: 3500	5450	31.7 – 31.9 m: 3900 32.3 – 32.7 m: 4400	Liten risiko. Noe lav res. og hastighet ved 30 -31 m	27, 28, 72
Pb21	100 – 150	7000	22.5 – 23.6 m: 3050 45.6 – 50.4 m: 1875 50.4 - 54.0 m: 2500	5350	23.4 – 24.0 m: 4150 45.6 – 45.8 m: 3600 47.6 – 48.6 m: 2700 49.0 – 49.6 m: 3750	Risiko for vannproblemer og ustabil fjell. Lav res. og lav hastighet ved 47 – 48 m	29, 30, 75
Fb07 70°	75- 125	>10000	19.0 – 20.0 m: 7000 52.7 – 53.0 m: 5000-6000	5600	5.4 - 5.7 m: 2600-2800 19.8 – 20.0 m: 3400-3800	Tynn enkeltsprekk Enkeltsprekker Generelt lav risiko	31, 32, 79

25 Espa

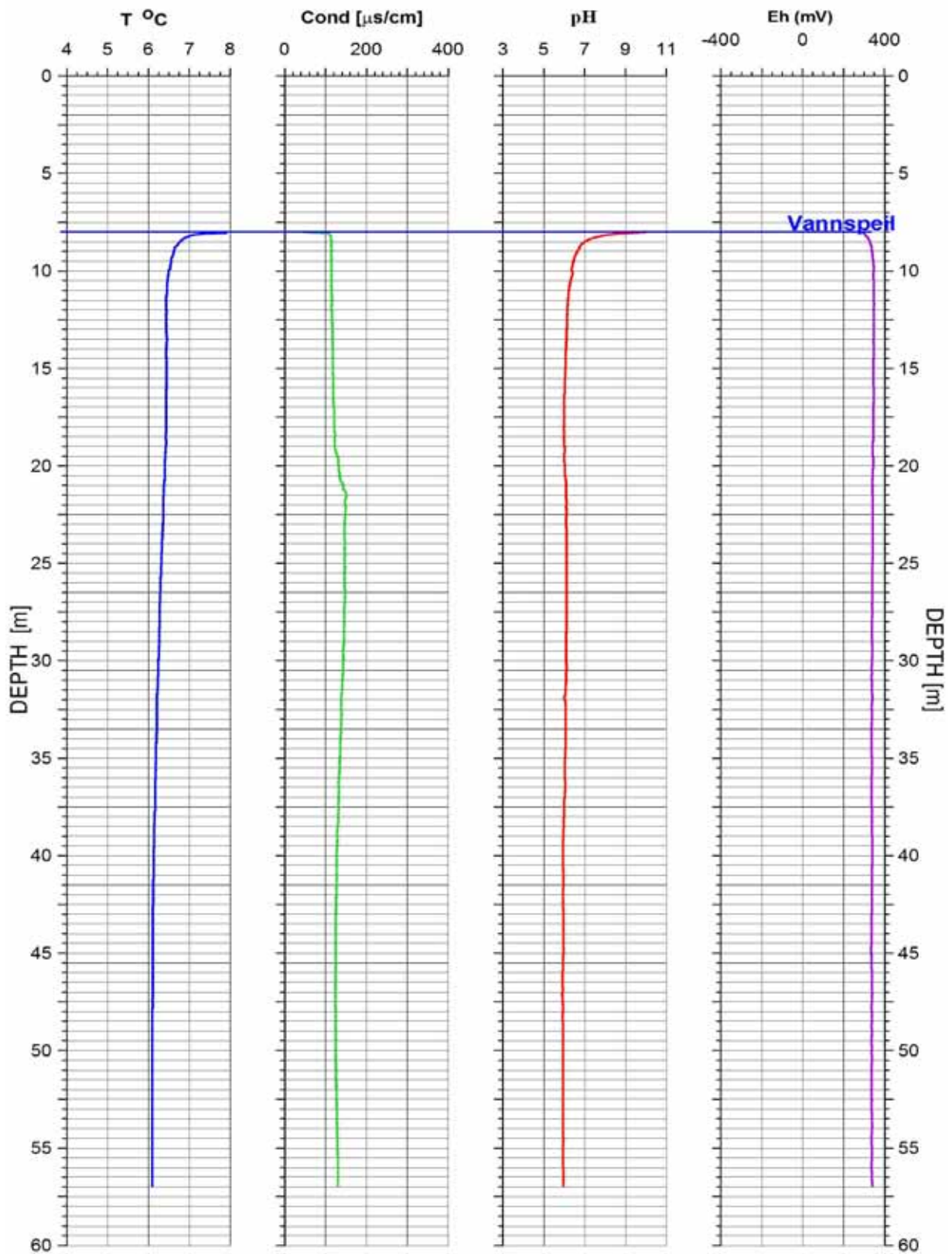
UTM 624611 E
32V 6717945 N
211 moh



Figur 4. 25 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

25 Espa

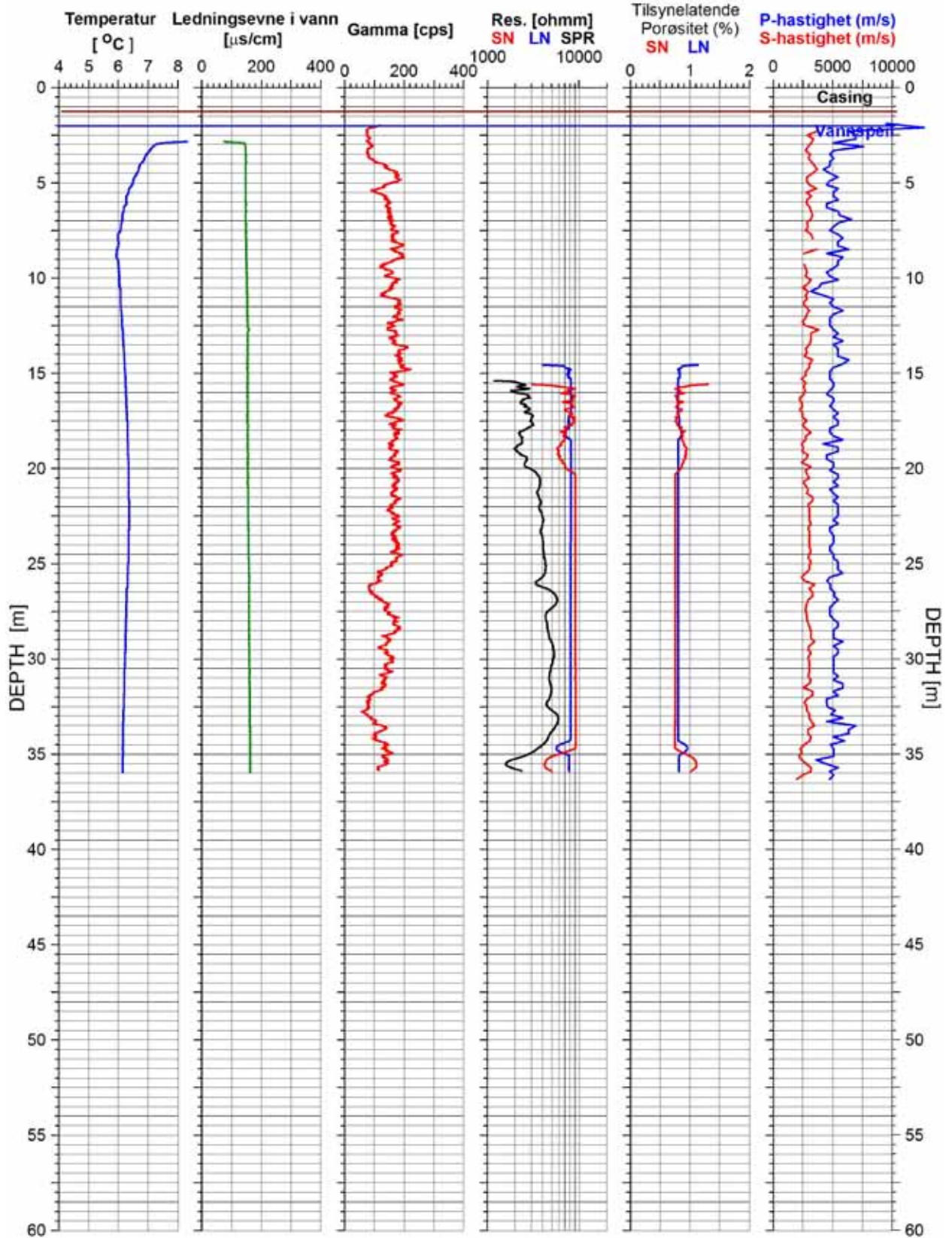
UTM 624611 E
32V 6717945 N
211 moh.



Figur 5. 25 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

27 Espa

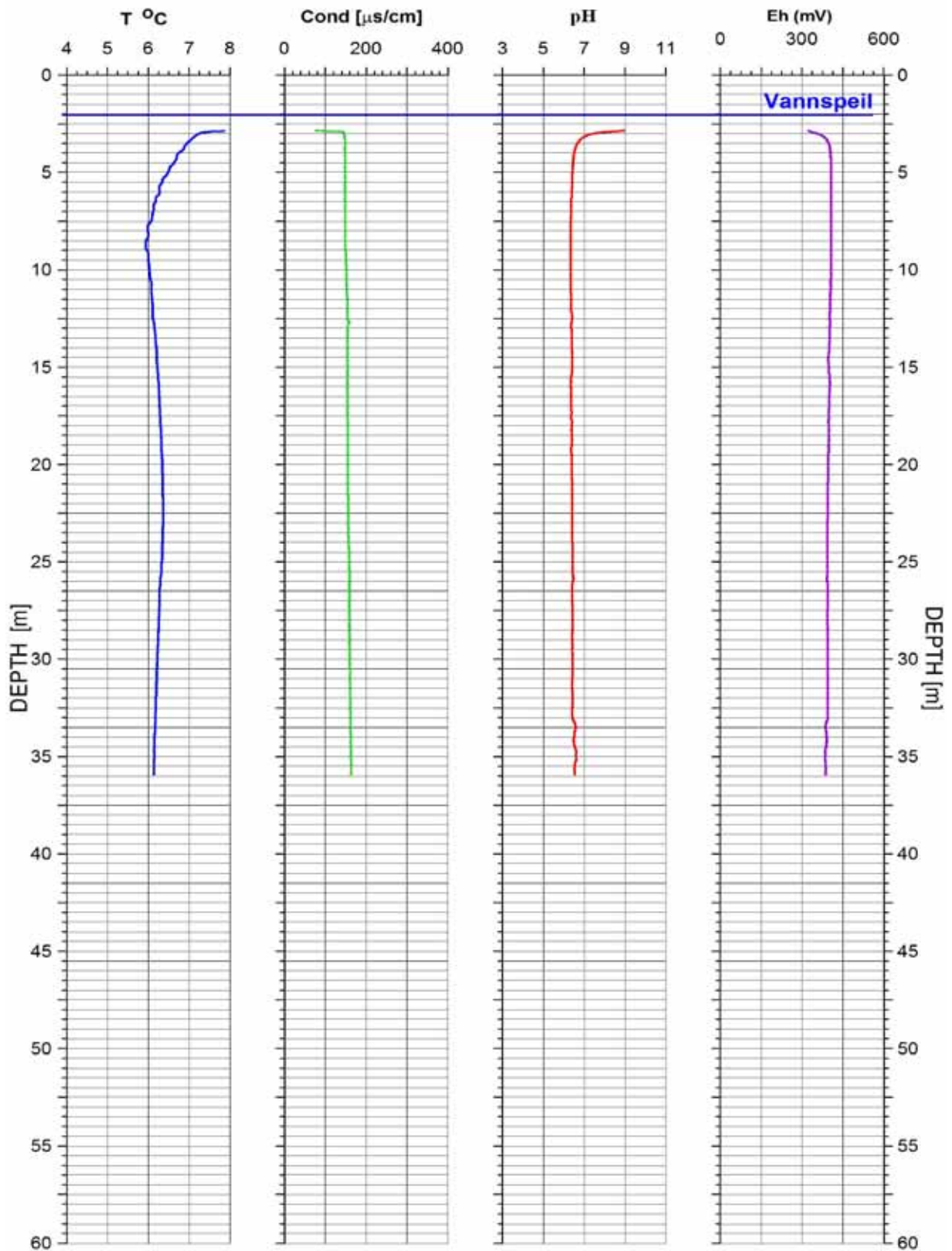
UTM 624589 E
32V 6717900 N
210 moh



Figur 6. 27 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

27 Espa

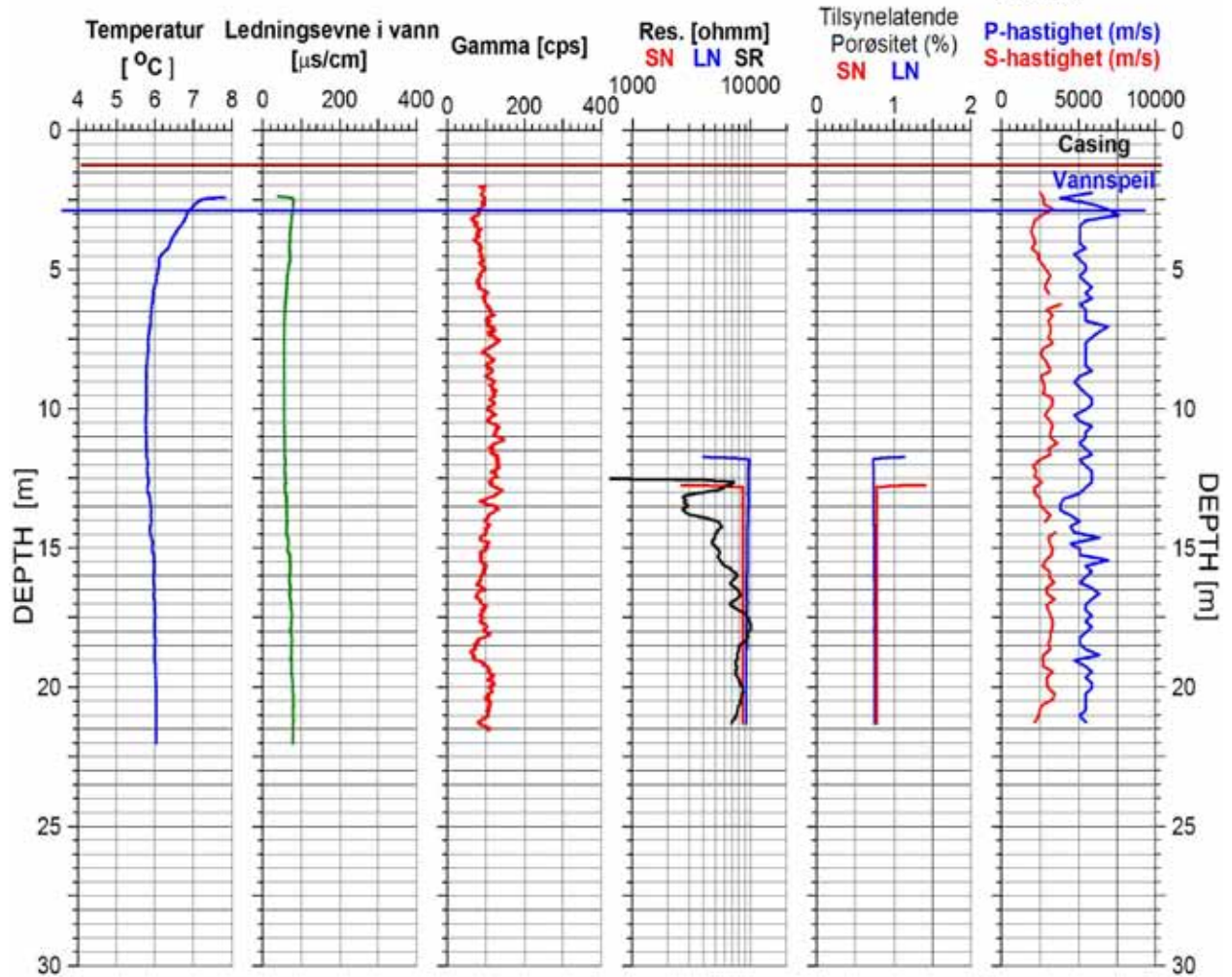
UTM 624589 E
32V 6717900 N
210 moh.



Figur 7. 27 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

28 Espa

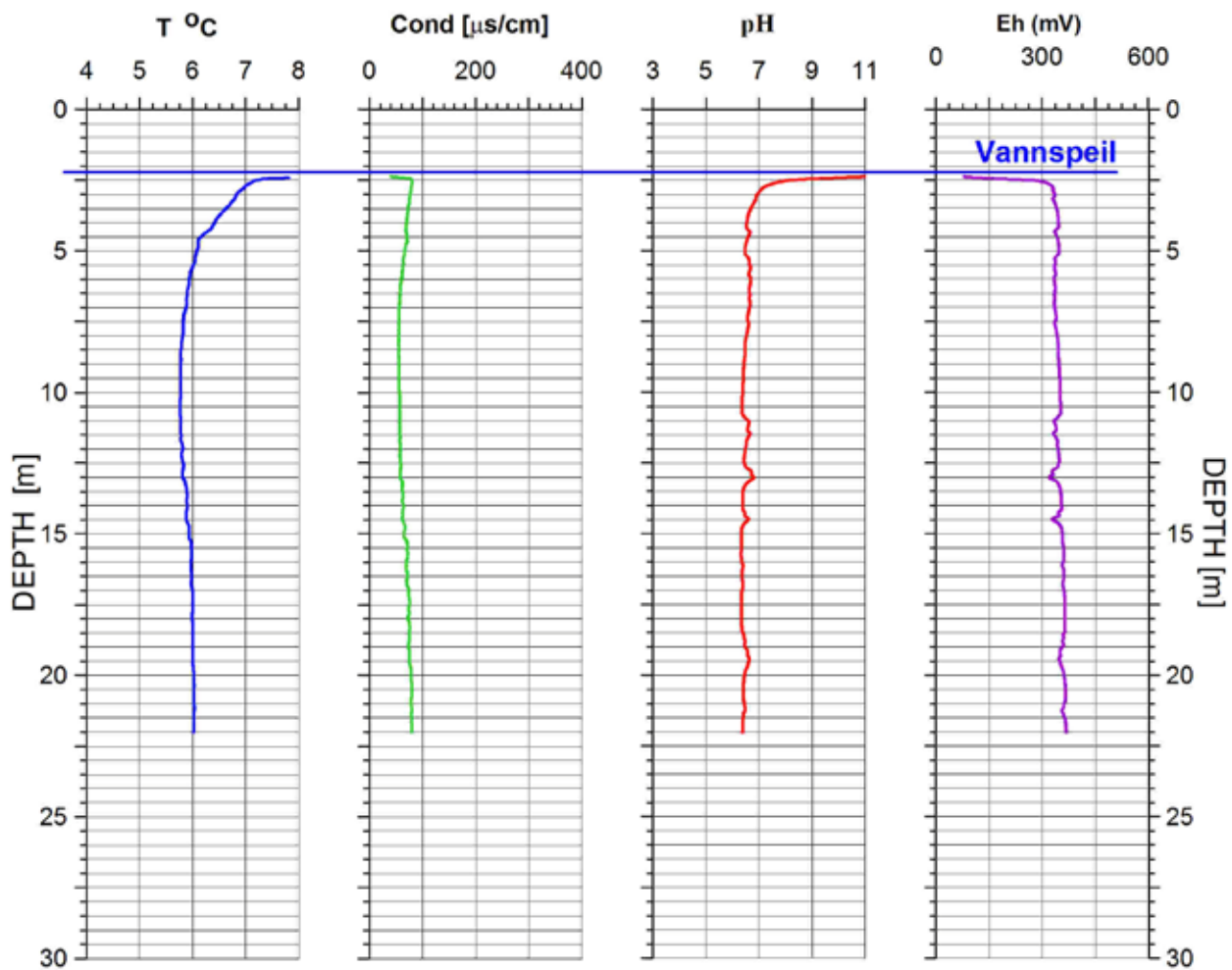
UTM 624573 E
32V 6717833 N
215 moh



Figur 8. 28 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

28 Espa

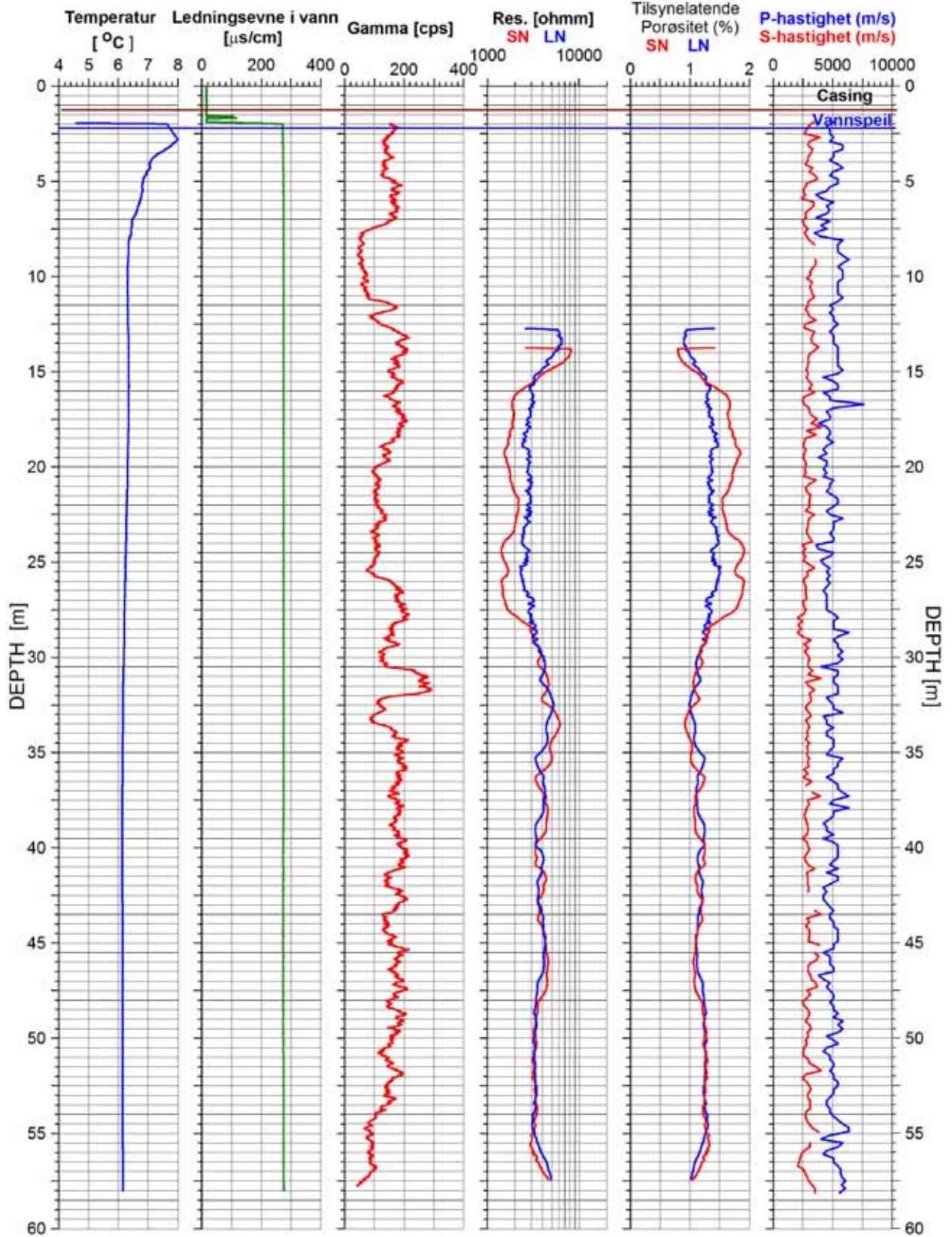
UTM 624573 E
32V 6717833 N
215 moh.



Figur 9. 28 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

29 Espa

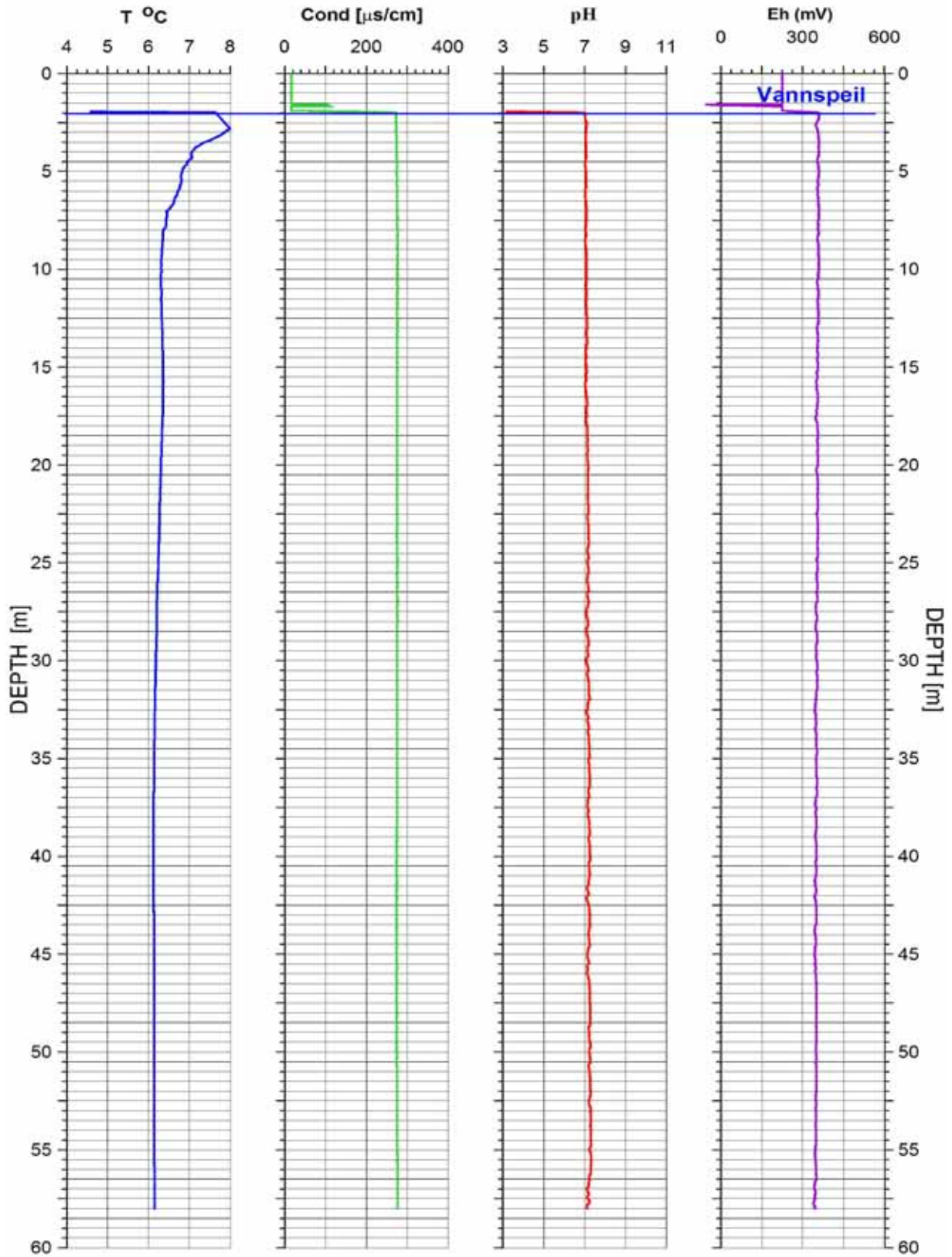
UTM 624560 E
32V 6717874 N
208 moh



Figur 10. 29 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet

29 Espa

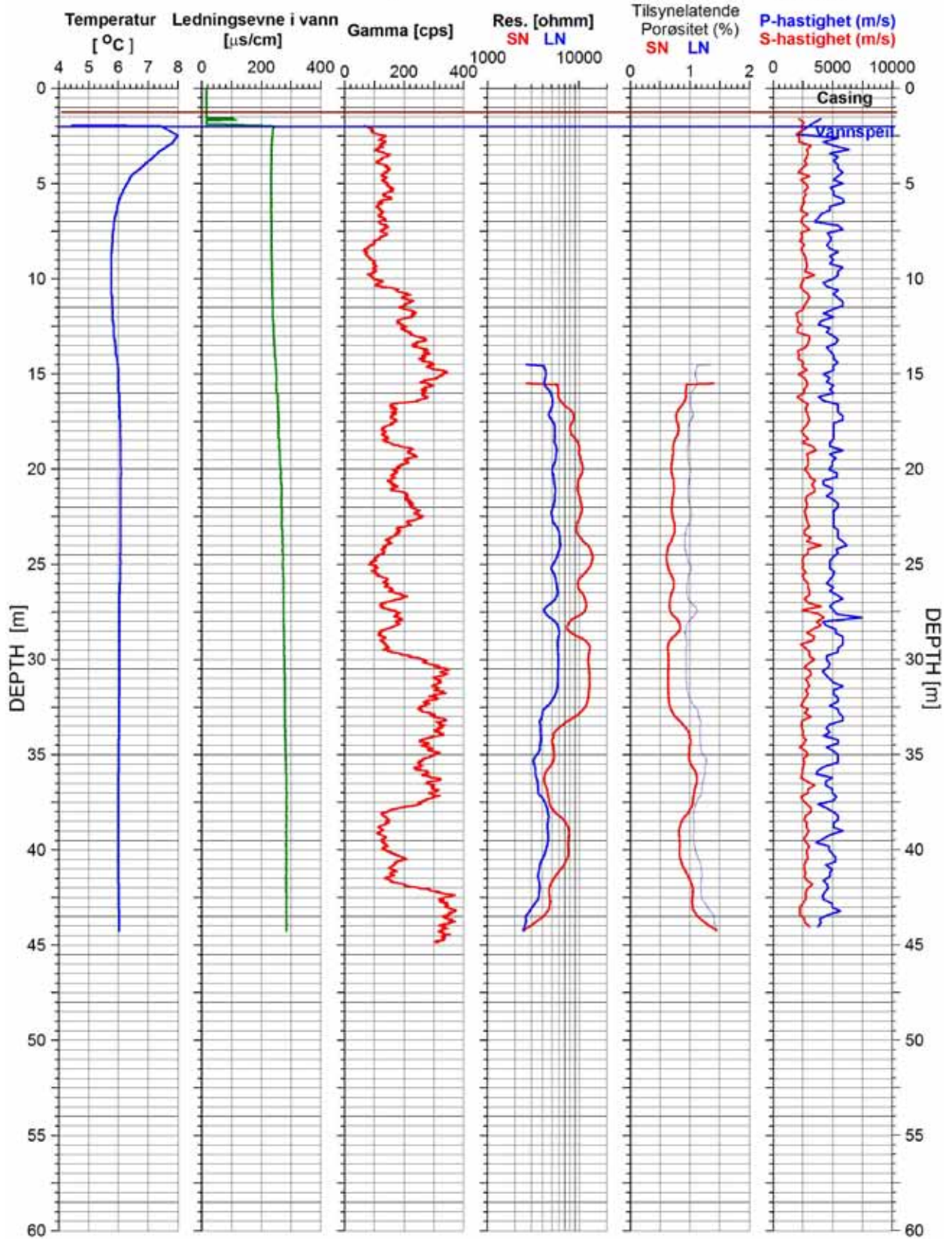
UTM 624560 E
32V 6717874 N
208 moh.



Figur 11. 29 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

30 Espa

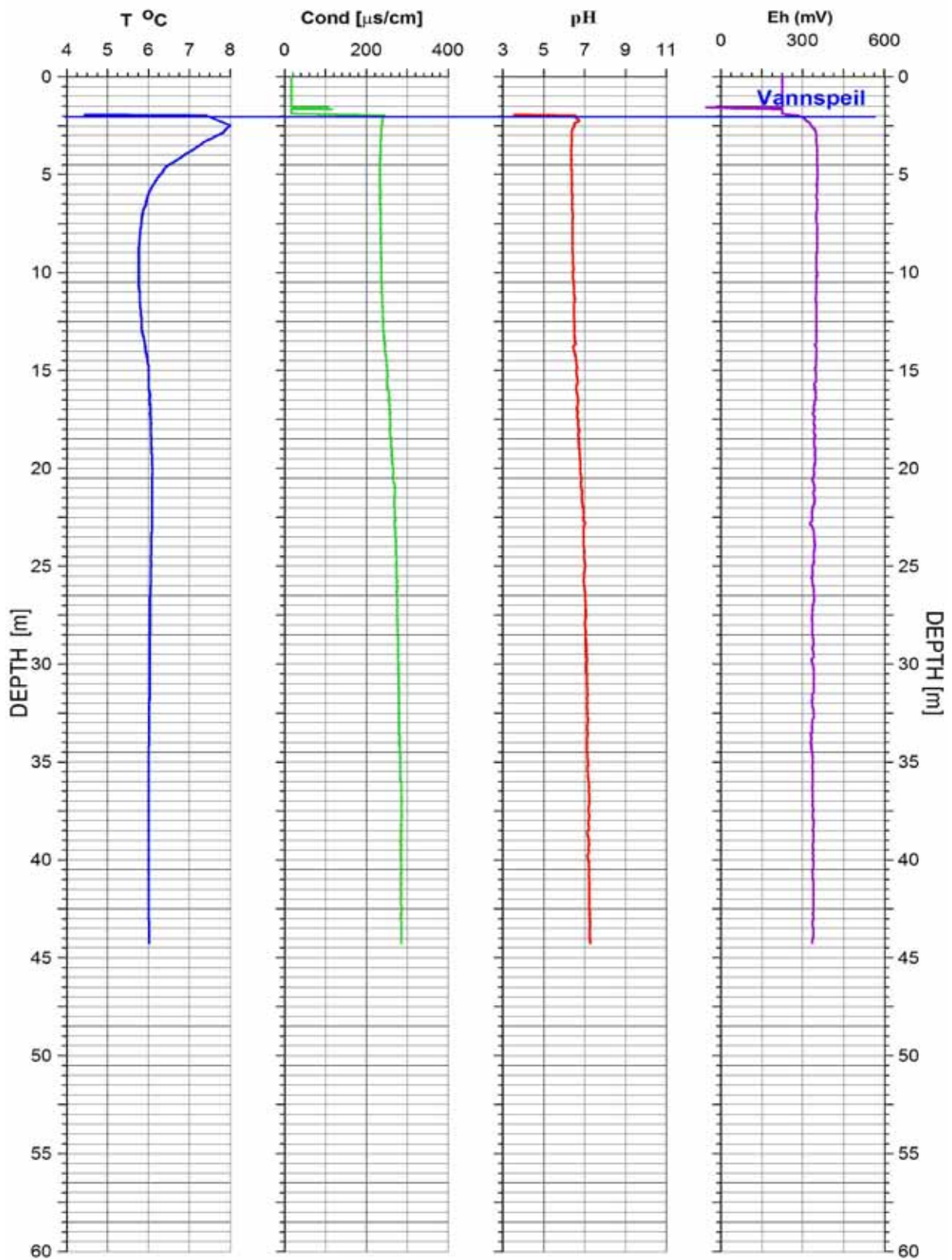
UTM 624674 E
32V 6717974 N
218 moh



Figur 12. 30 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet

30 Espa

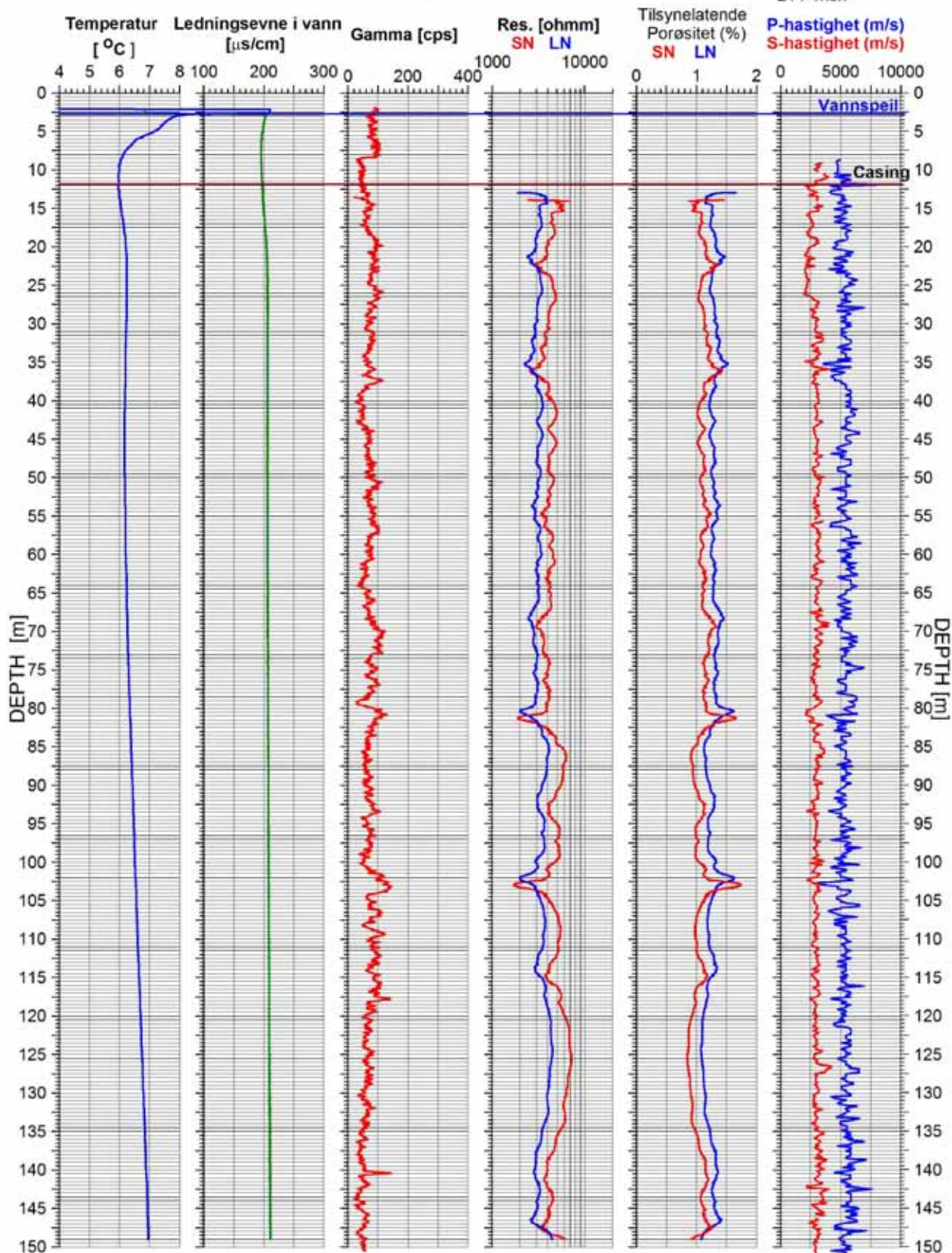
UTM 624674 E
32V 6717974 N
218 moh.



Figur 13. 30 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb05 Espa

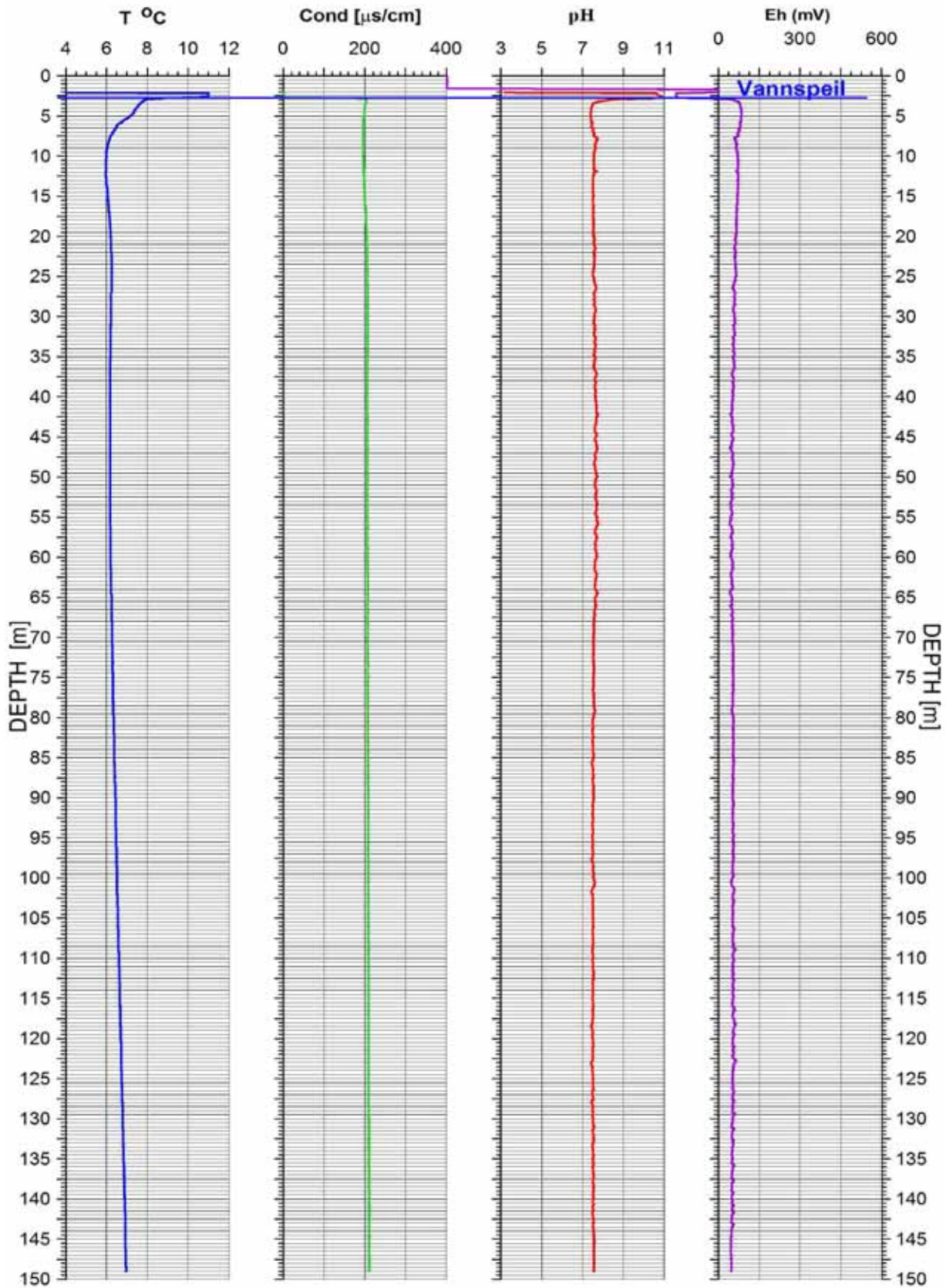
UTM 624454 E
32V 6717517 N
214 moh



Figur 14. Pb05 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 05 Espa

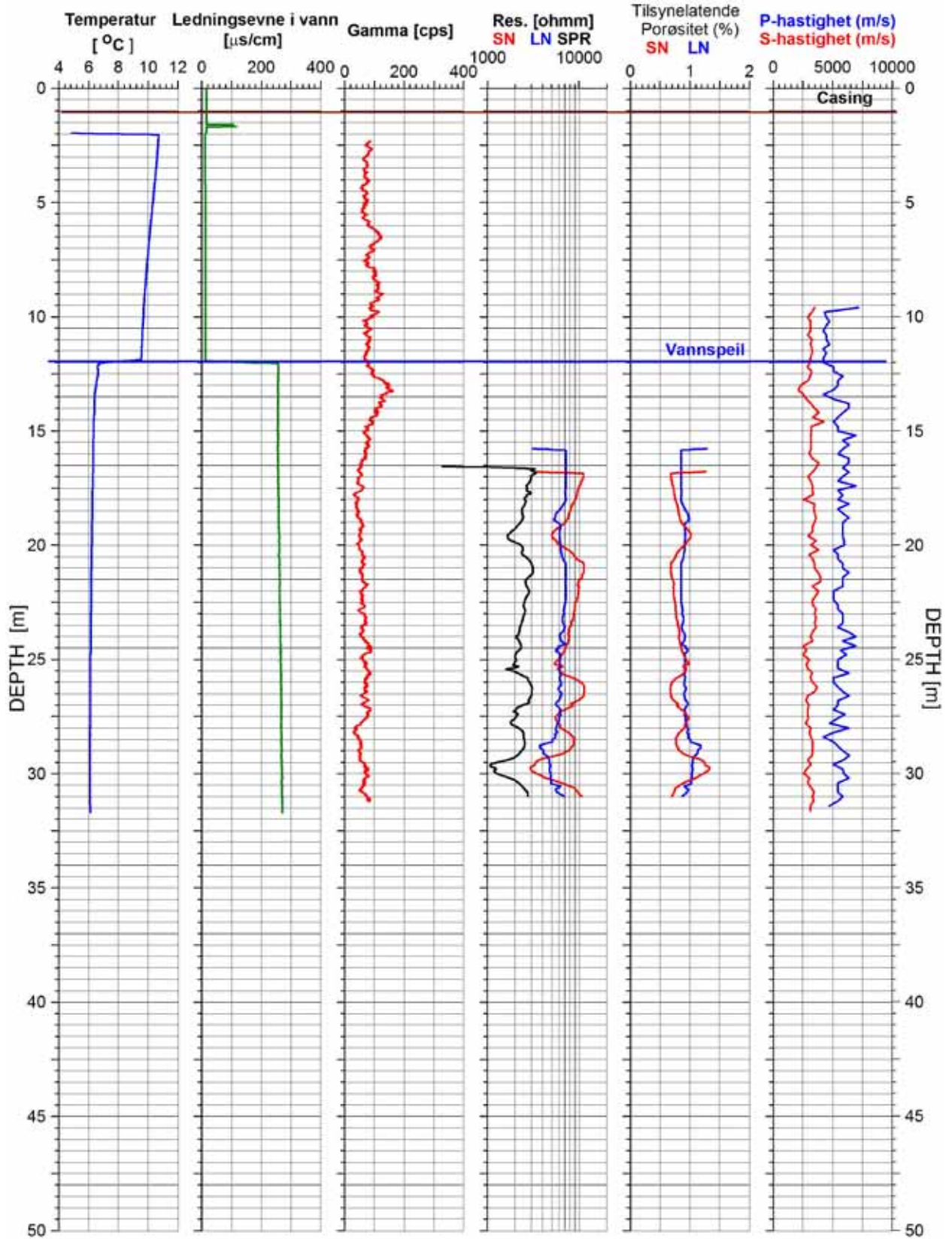
UTM 624454 E
32V 6717517 N
214 moh



Figur 15. Pb05 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb06 Espa

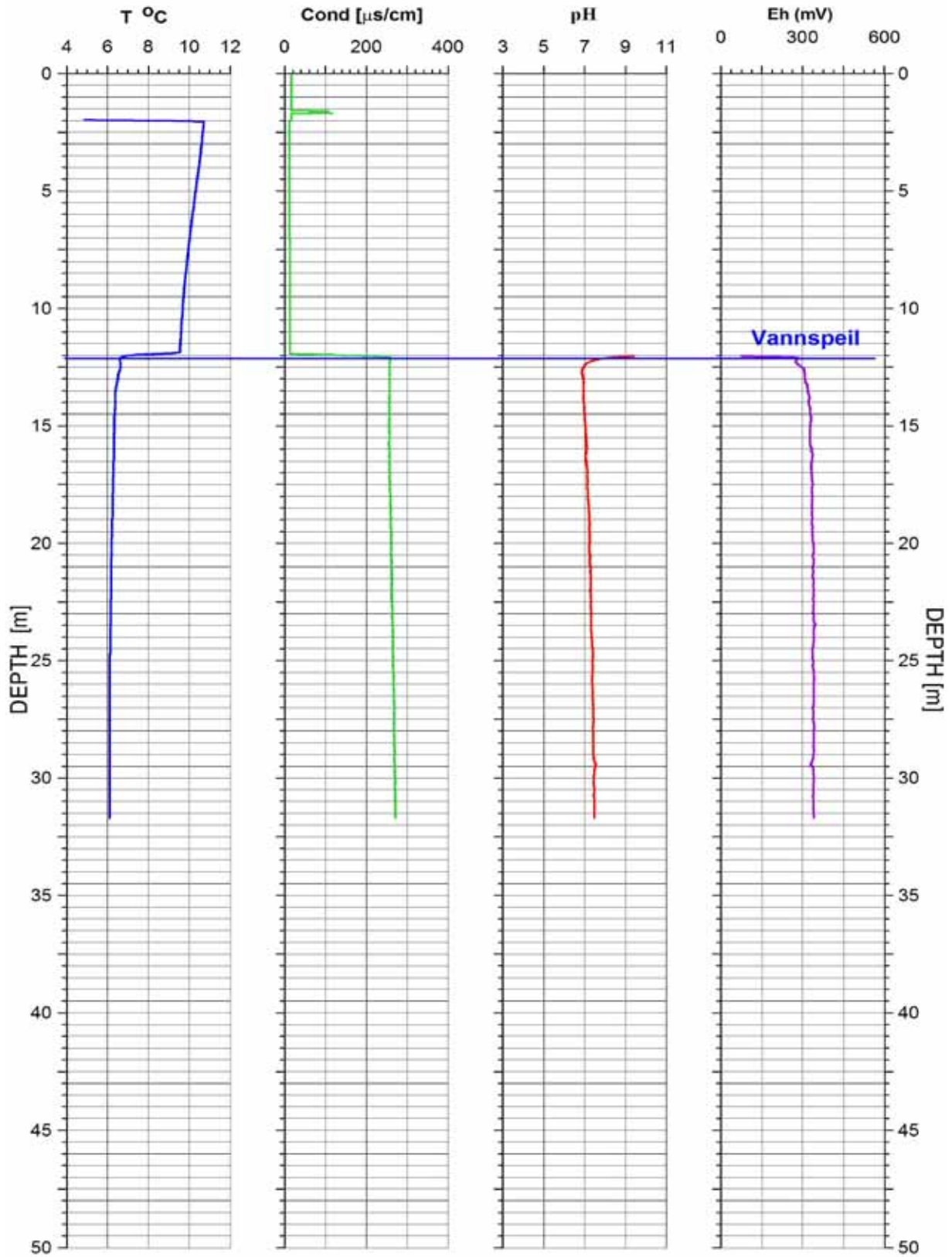
UTM 624549 E
32V 6717668 N
222 moh



Figur 16. Pb06 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 06 Espa

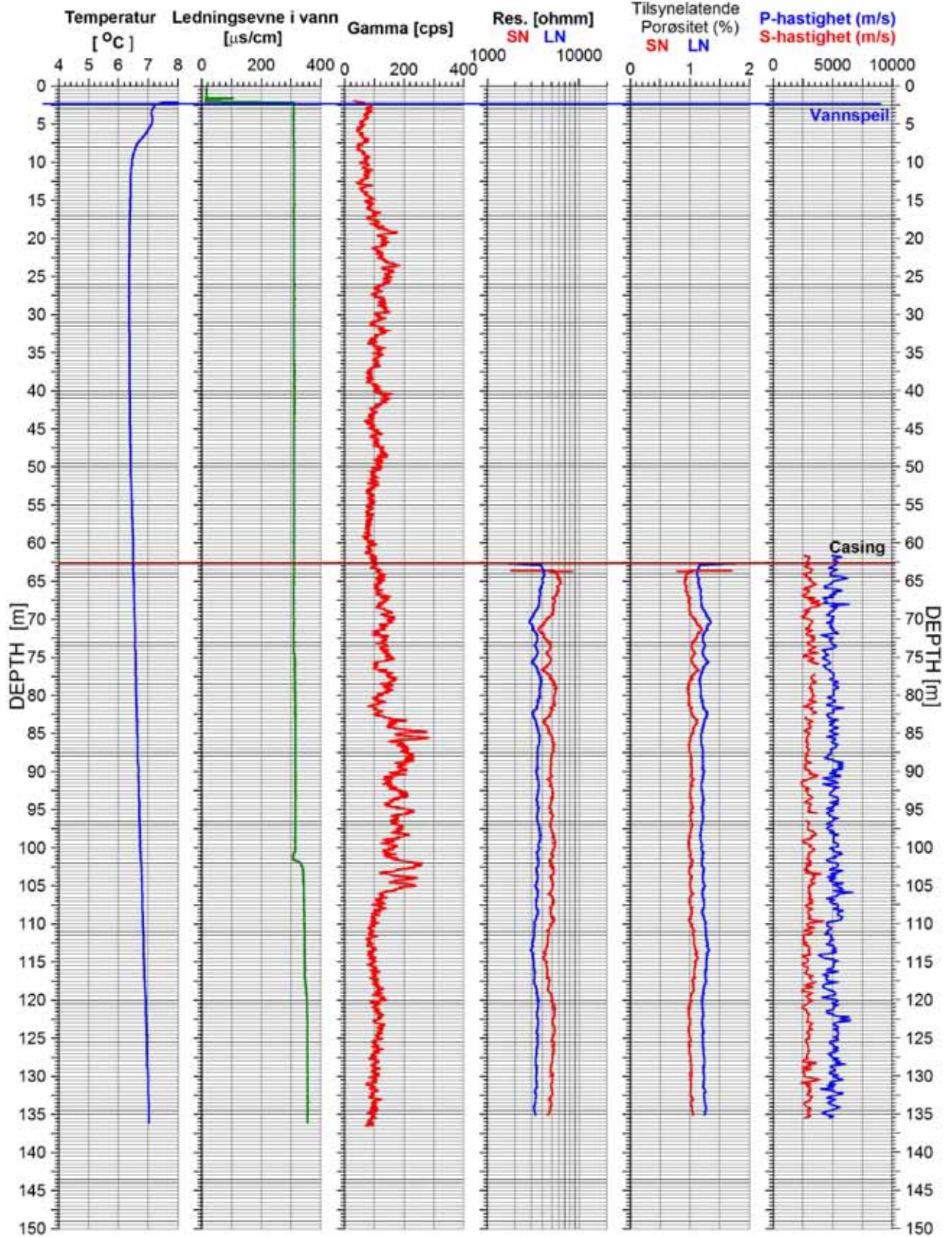
UTM 624549 E
32V 6717668 N
222 moh.



Figur 17. Pb06 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb07 Espa

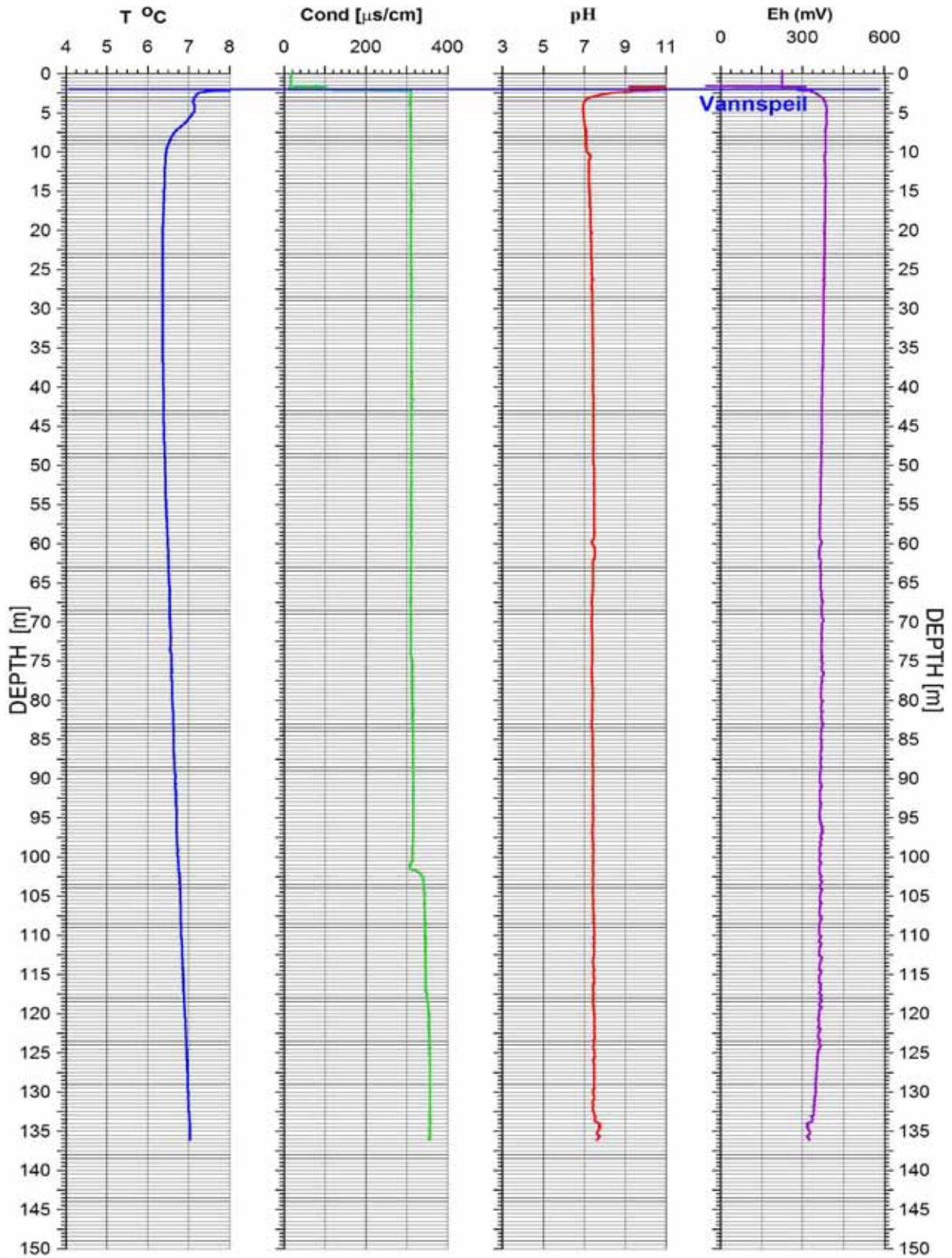
UTM 624436 E
32V 6717761 N
184 moh



Figur 18. Pb07 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet

Pb 07 Espa

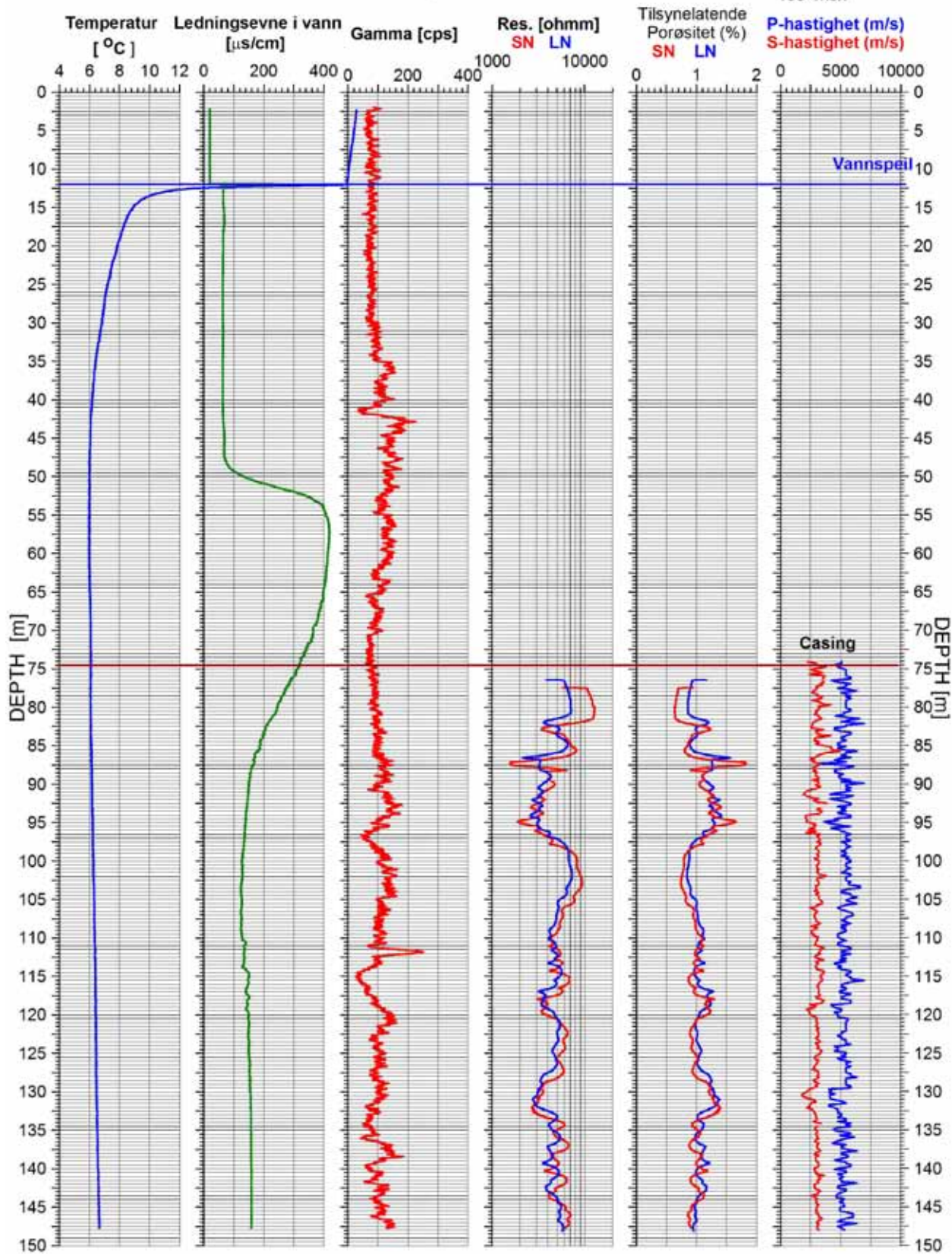
UTM 624436 E
32V 6717761 N
184 moh



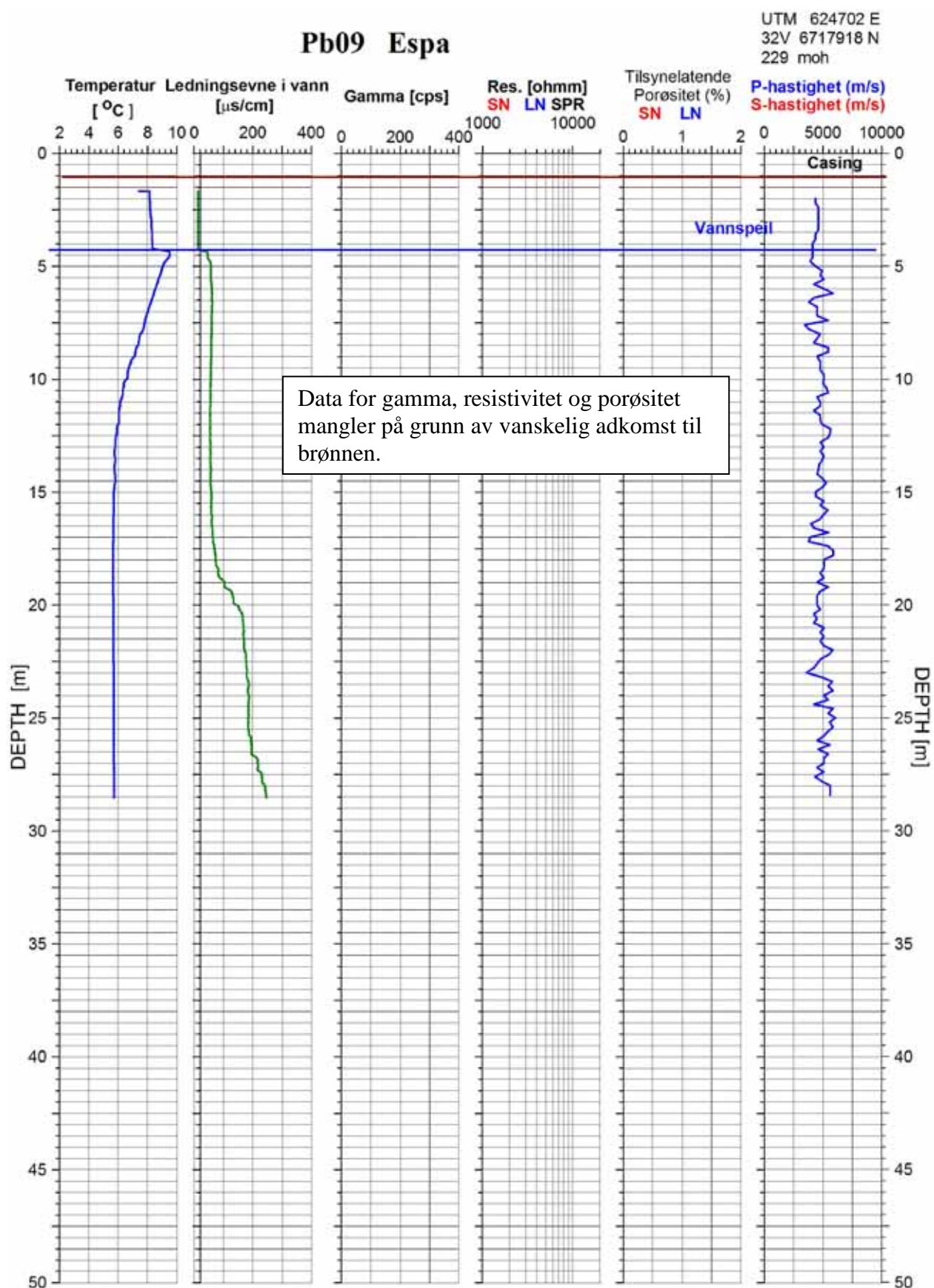
Figur 19. Pb07 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb08 Espa

UTM 624517 E
32V 6717885 N
199 moh



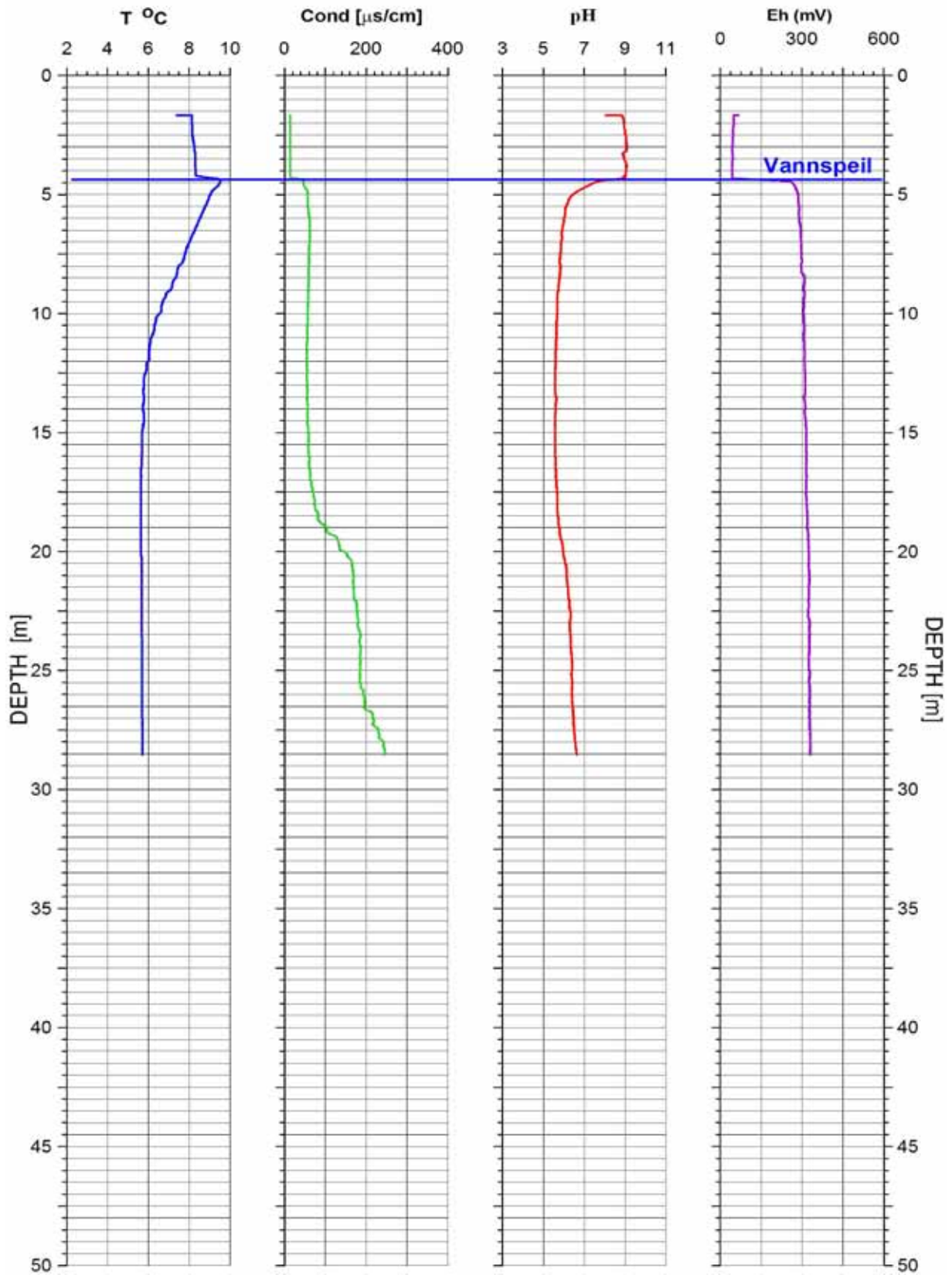
Figur 20. Pb08 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.



Figur 21. Pb09 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 09 Espa

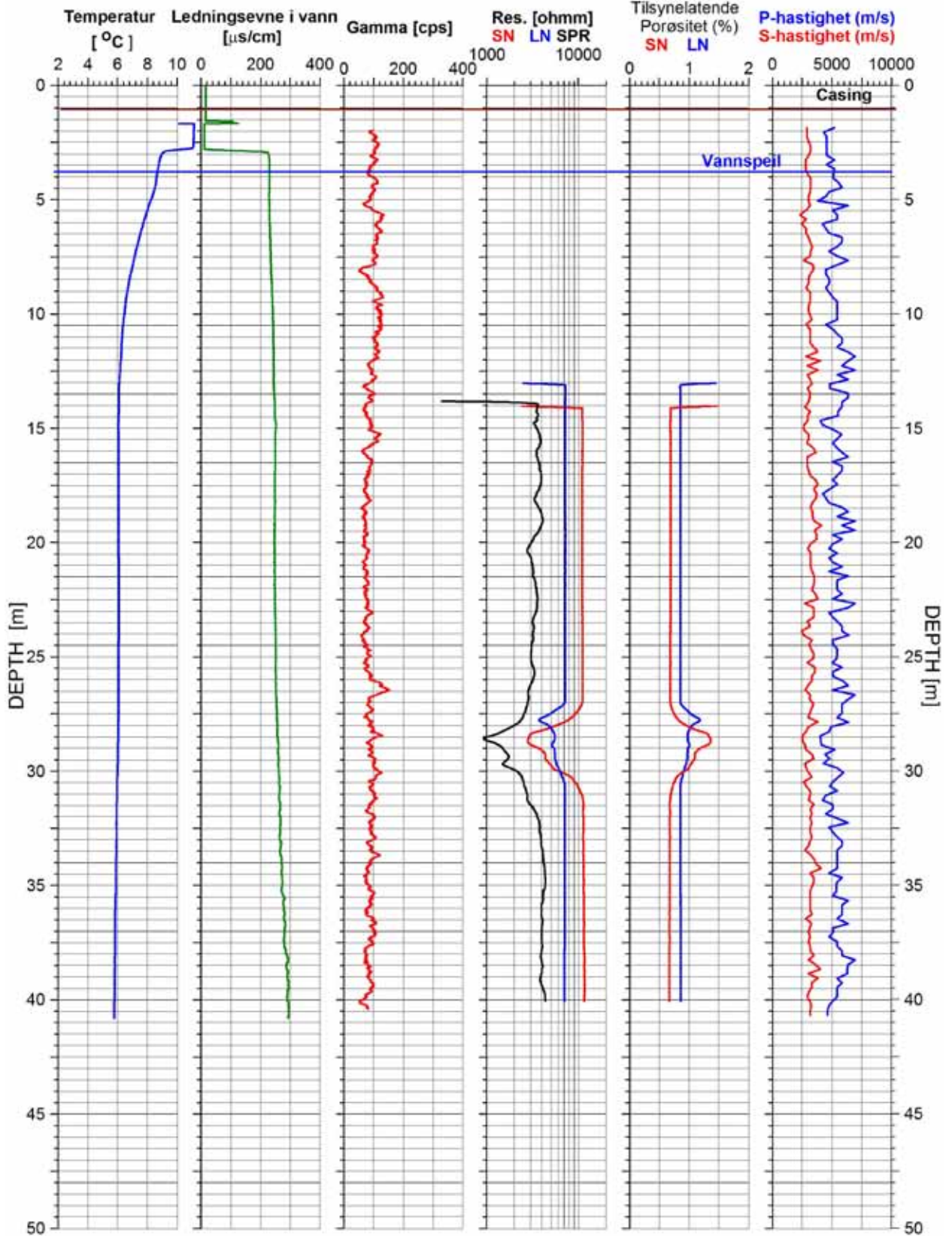
UTM 624702E
32V 6717918 N
229 moh



Figur 22. Pb09 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb10 Espa

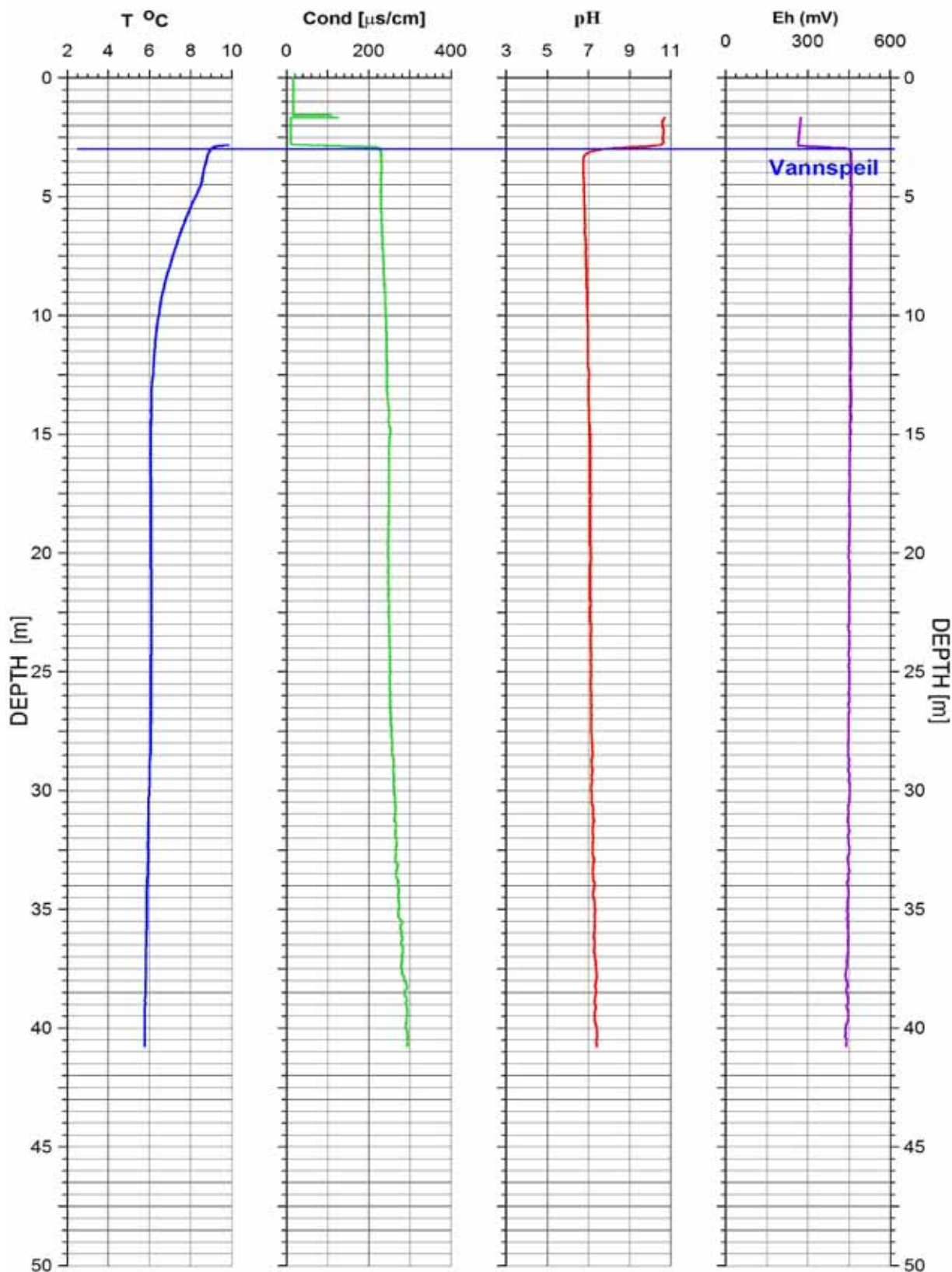
UTM 624733 E
32V 6717938 N
224 moh



Figur 23. Pb10 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb10 Espa

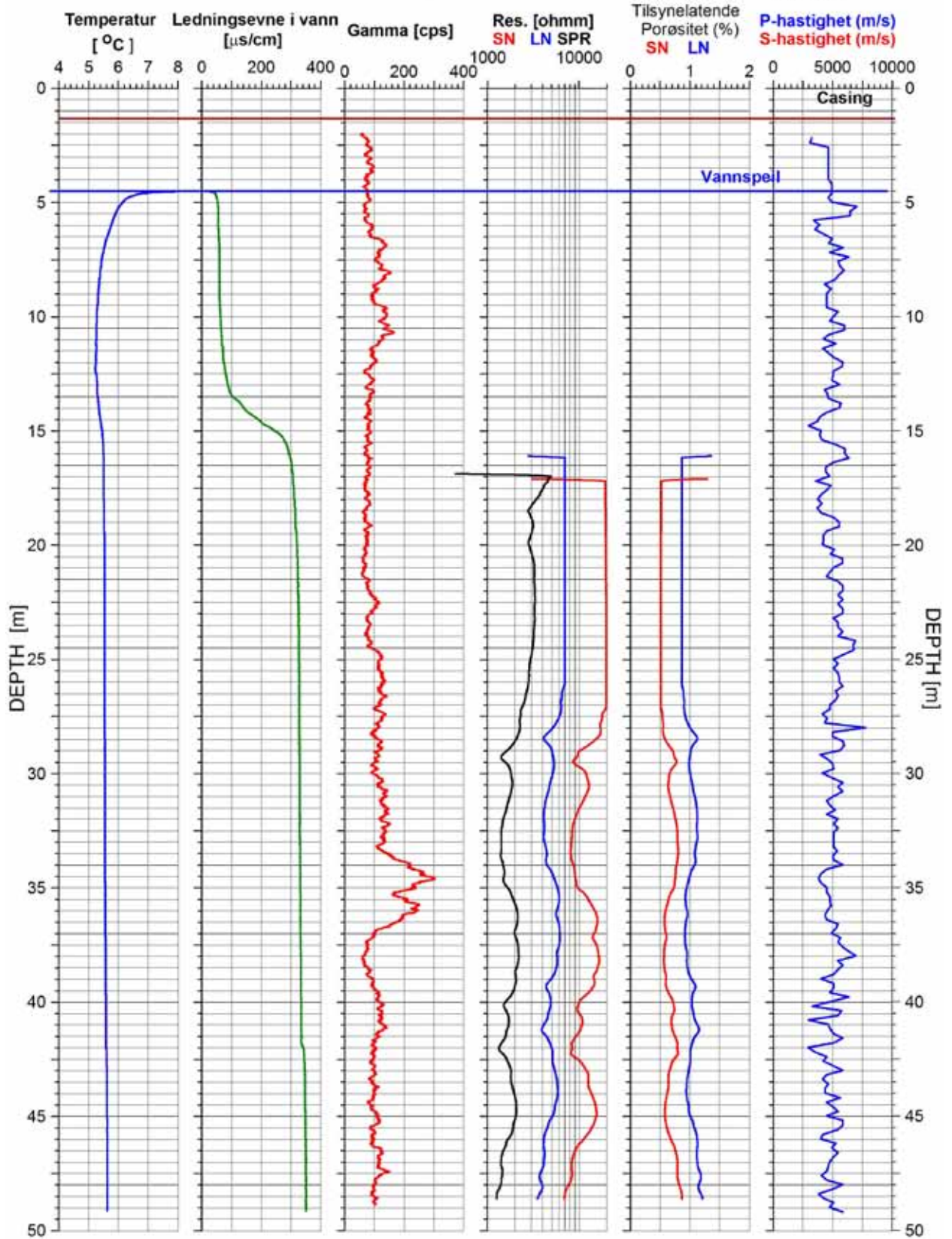
UTM 624733E
32V 6717938 N
224 moh



Figur 24. Pb10 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb11 Espa

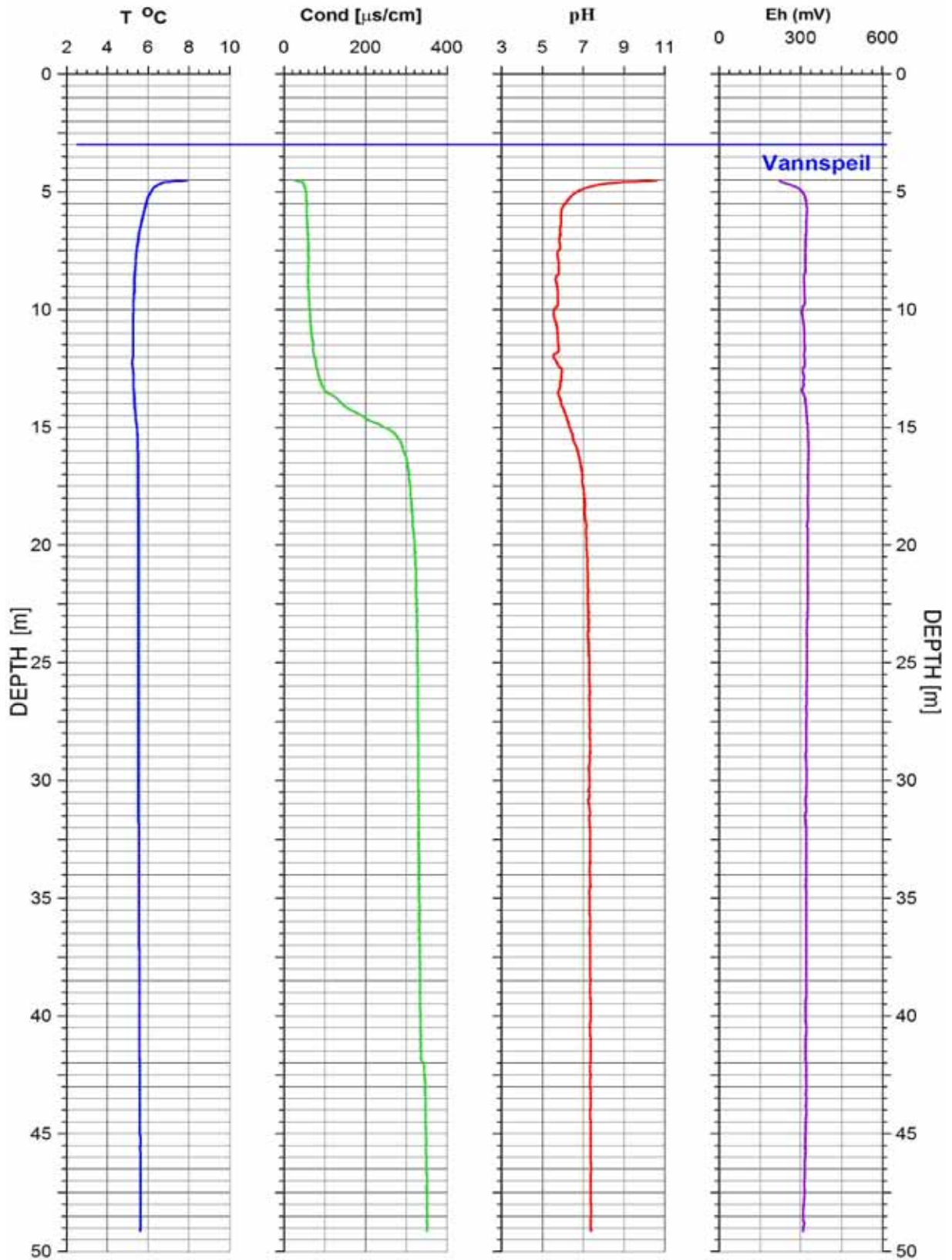
UTM 624742 E
32V 6717897 N
228 moh



Figur 25. Pb11 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb11 Espa

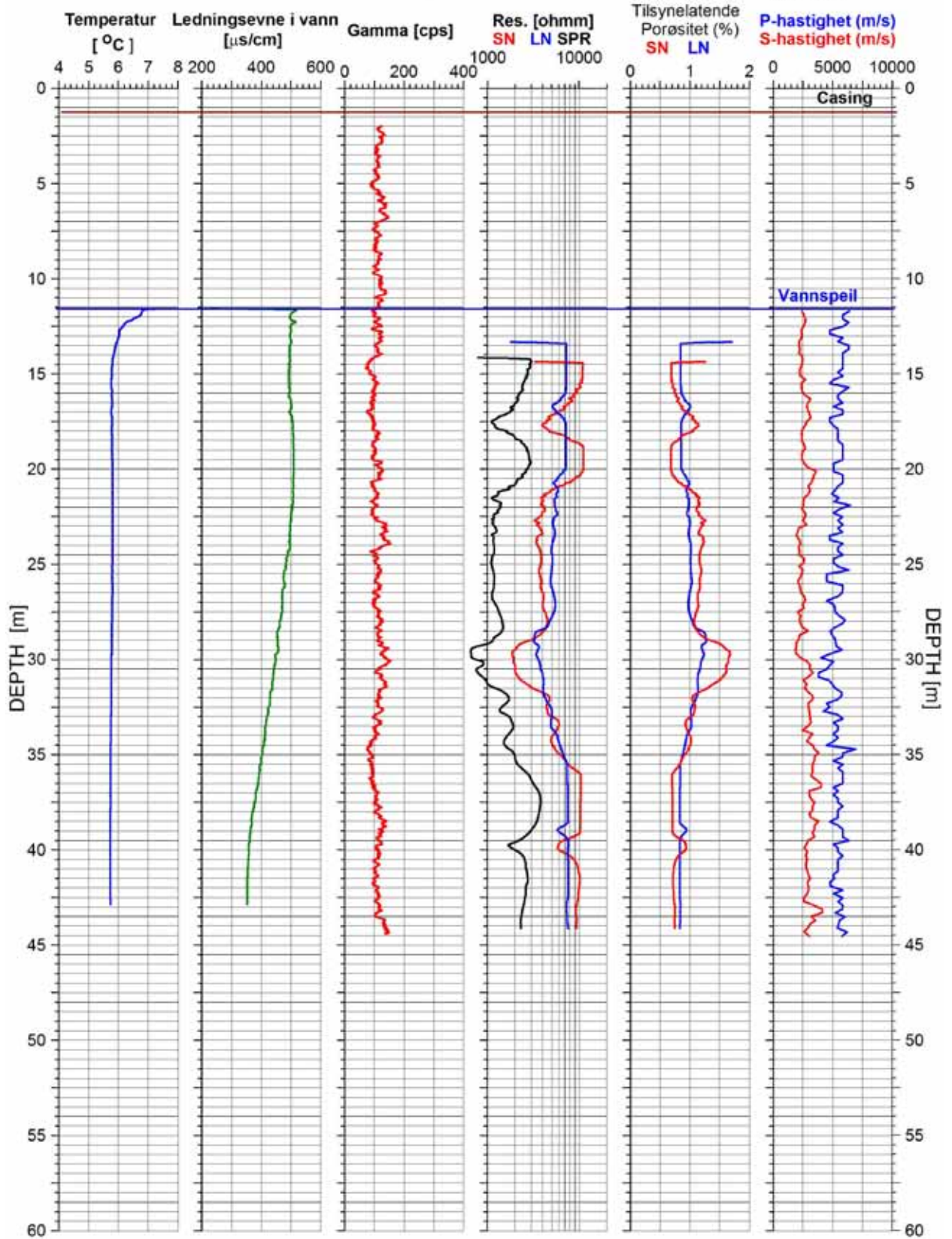
UTM 624742E
32V 6717897 N
228 moh



Figur 26. Pb11 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb20 Espa

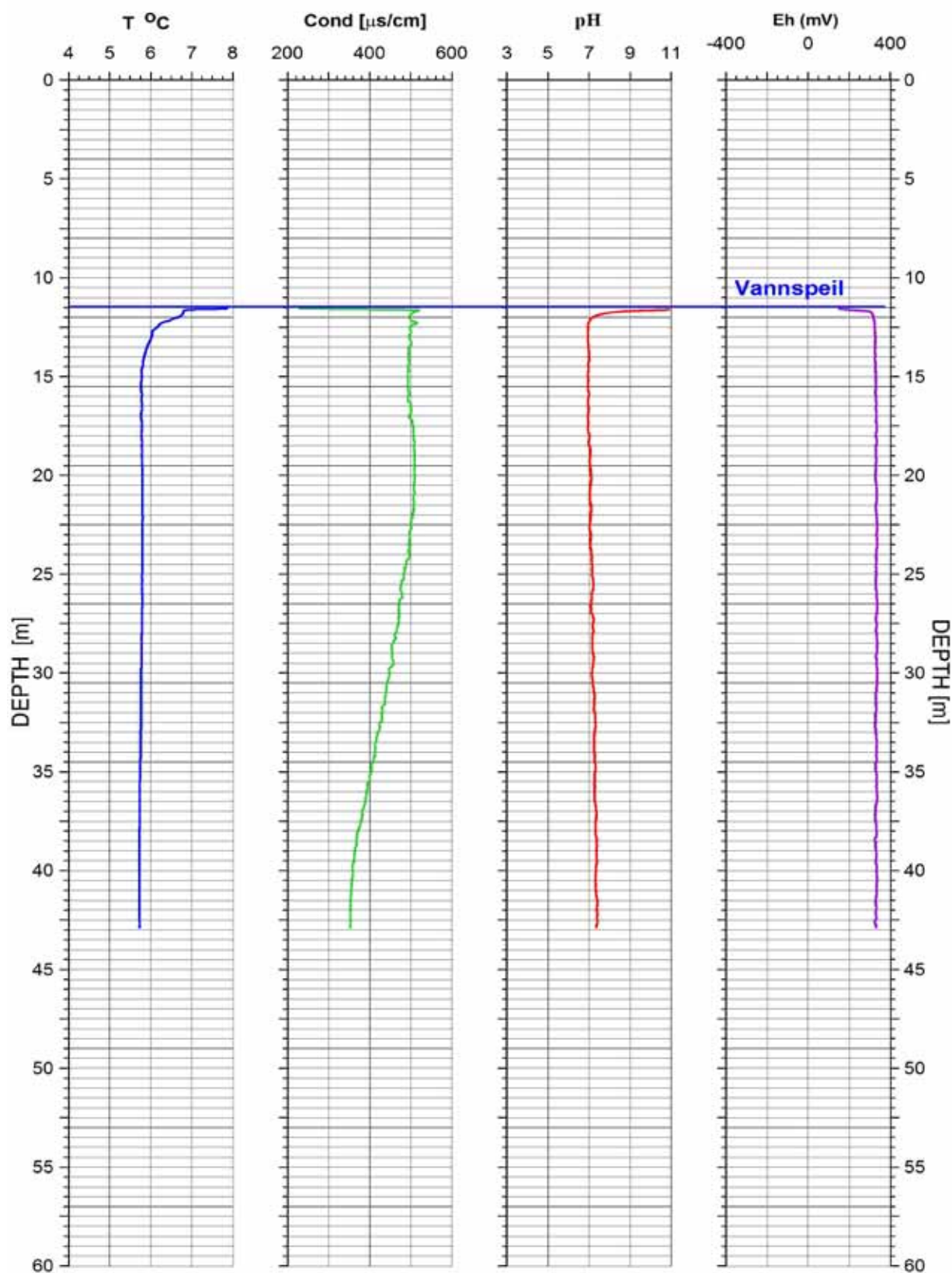
UTM 624302 E
32V 6717085 N
248 moh



Figur 27. Pb20 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 20 Espa

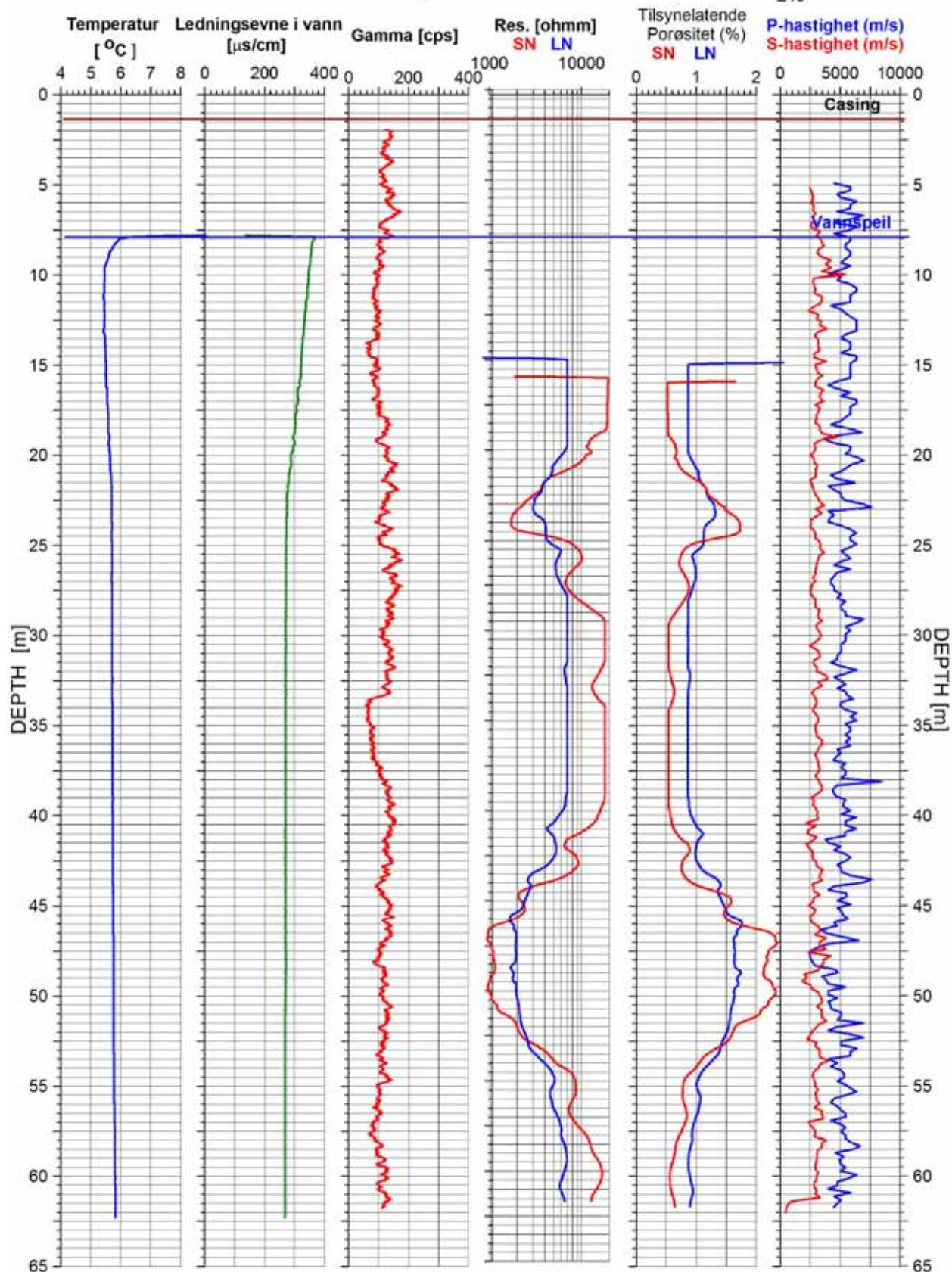
UTM 624302 E
32V 6717085 N
248 moh



Figur 28. Pb20 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb21 Espa

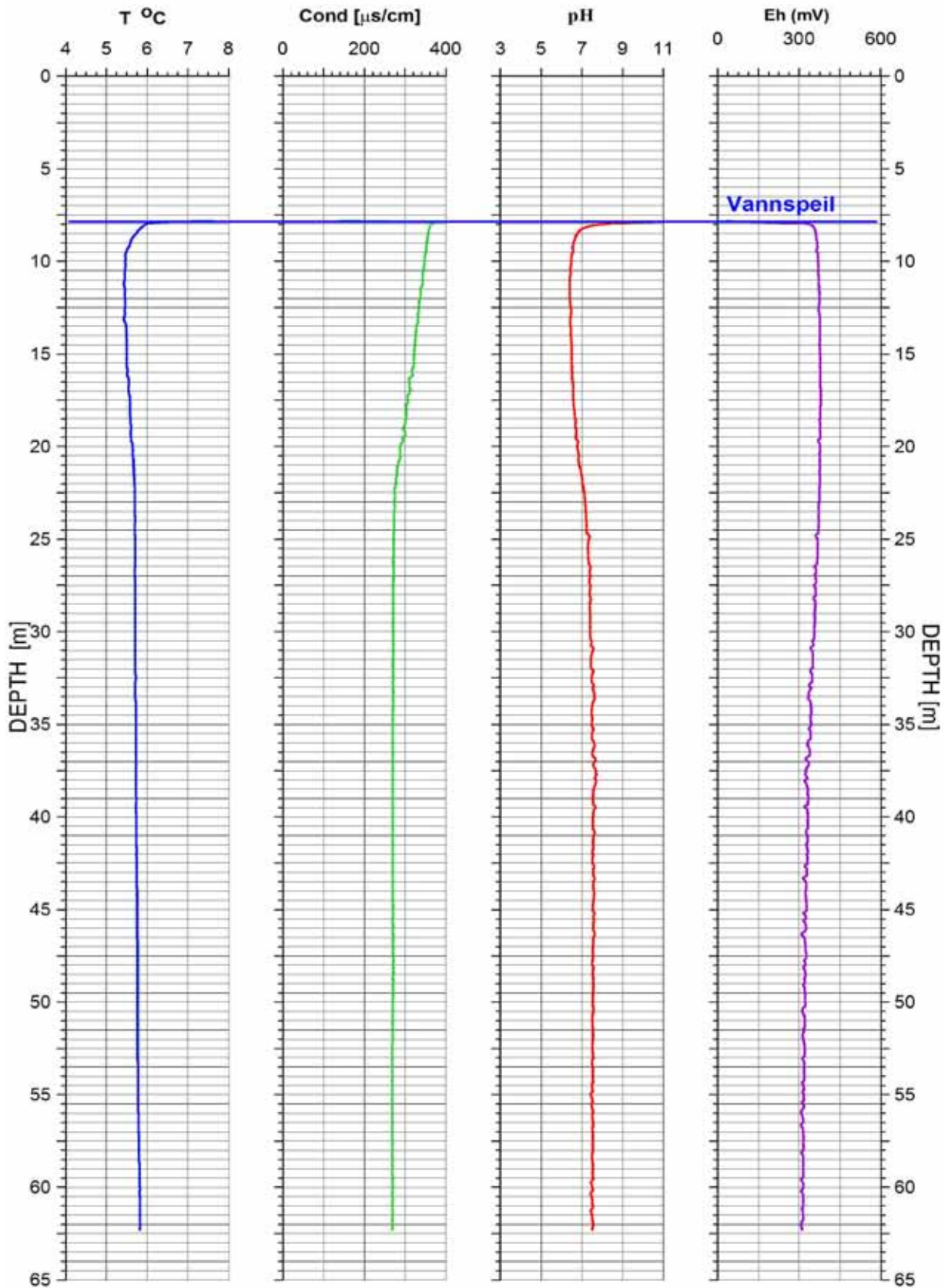
UTM 624308 E
32V 6717113 N
245



Figur 29. Pb21 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb21 Espa

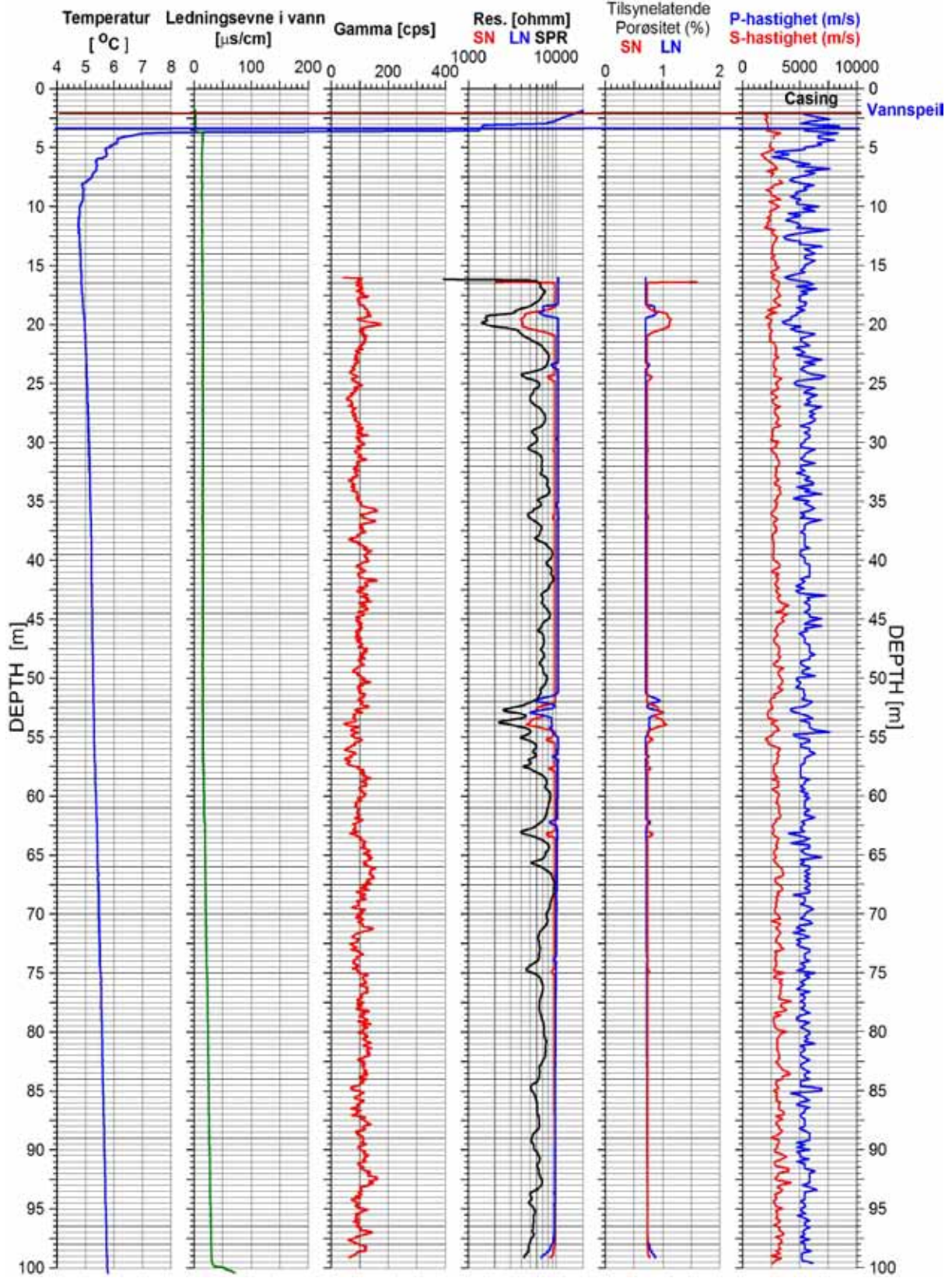
UTM 624308 E
32V 6717113 N
245 moh



Figur 30. Pb21 Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Fb07 Espa

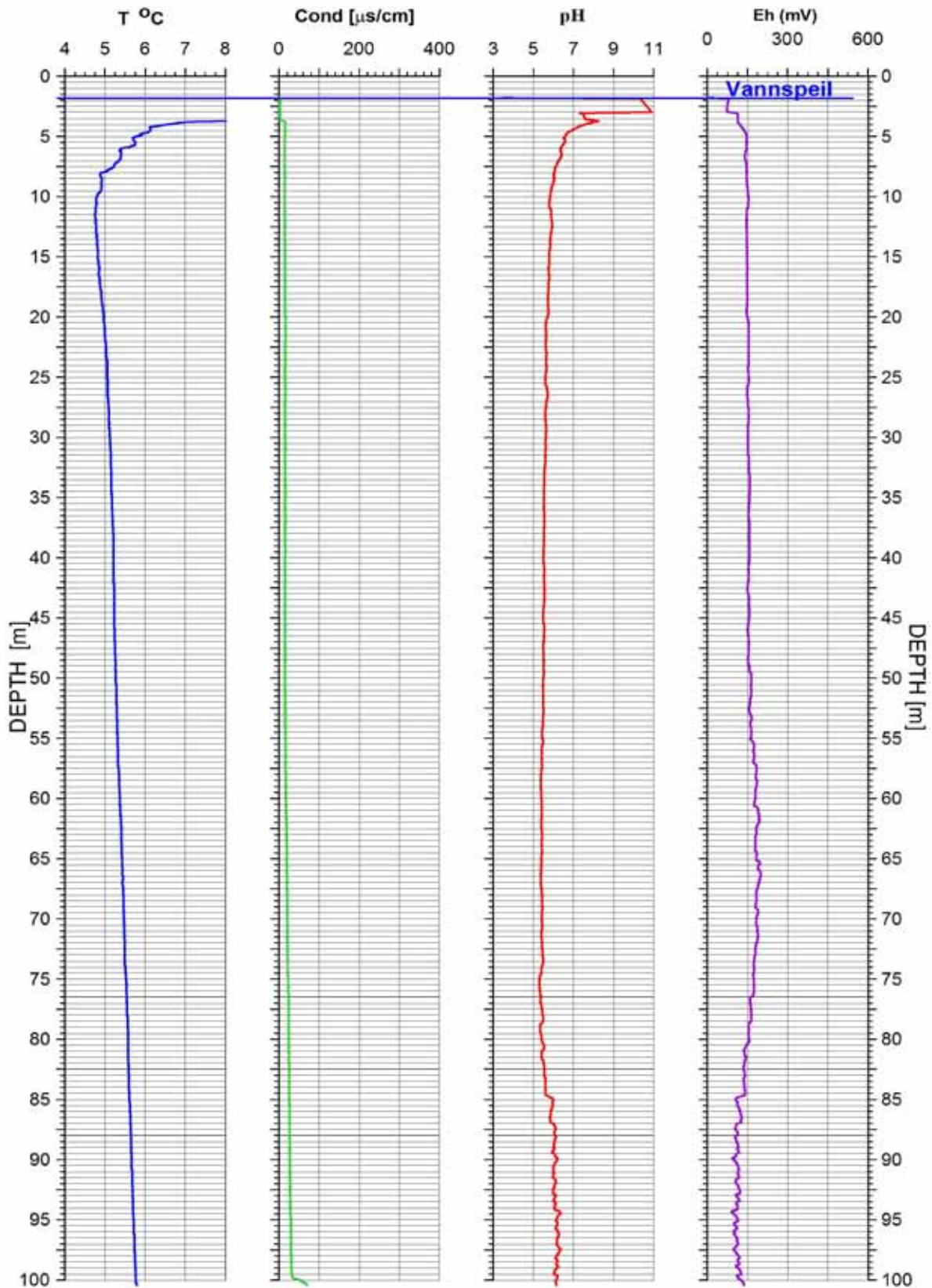
UTM 624979 E
32V 6717281 N
184 moh



Figur 31. Fb07Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 07 Espa

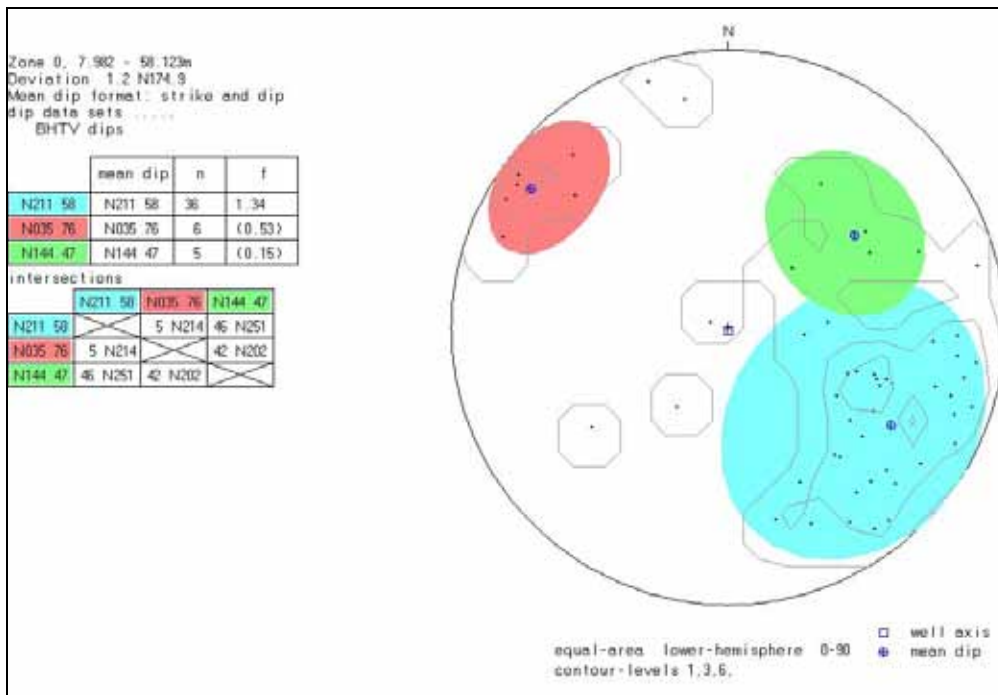
UTM 624979 E
32V 6717281 N
184 moh



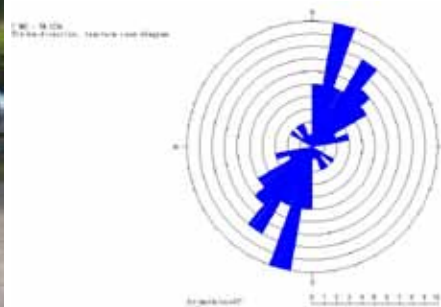
Figur 32. Fb07Espa. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh

4.1.2 Optisk televiewer, sprekkestereogram, sprekkefrekvens og rosedigram, Espa nord og Espa sør.

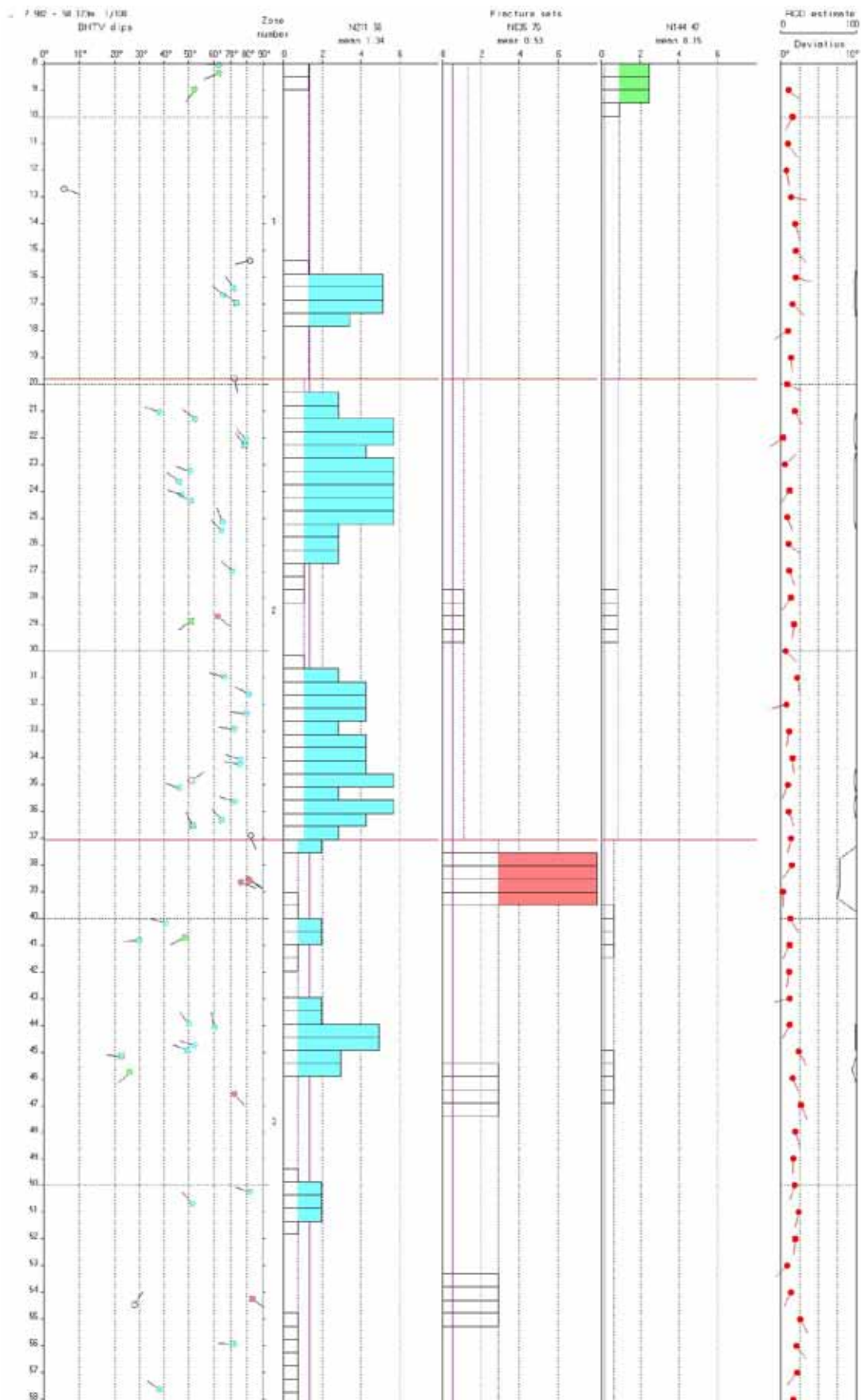
Figur 33 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 25 Espa. Sprekkenes hovedstrøkretning og fall er N211 58, SSV, med fall mot NNV (fallretning = strøk + 90°). Tabellen i figur 33 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet 25 Espa er vist i figur 34 som også viser rosedigram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 35 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur33. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 25 Espa.

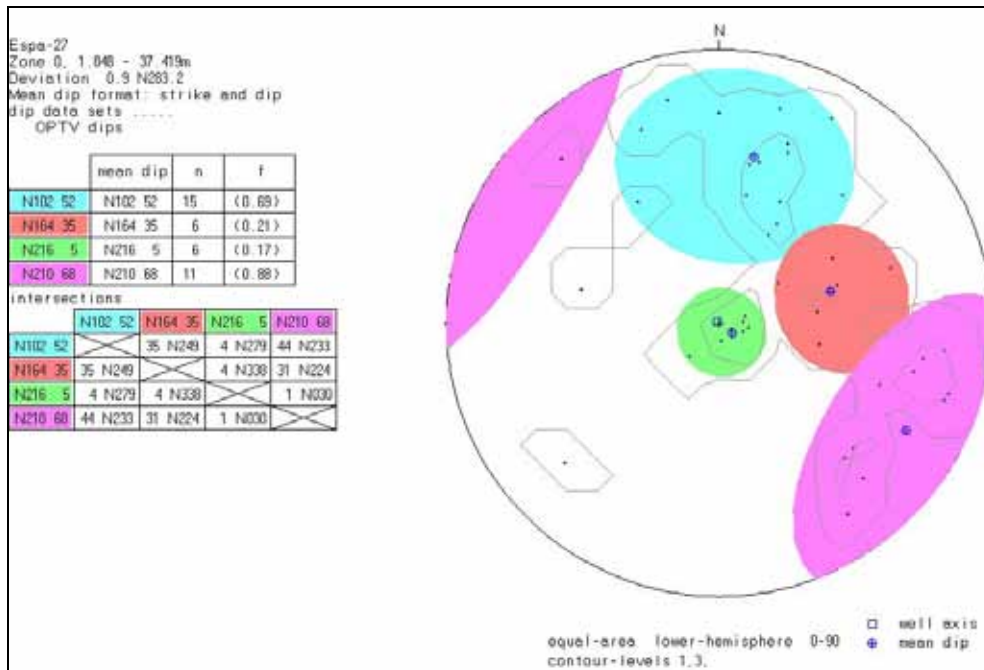


Figur 34. Brønnlokaltet 25 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

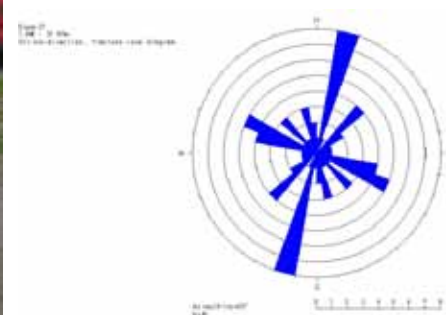


Figur 35. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 25 Espa.

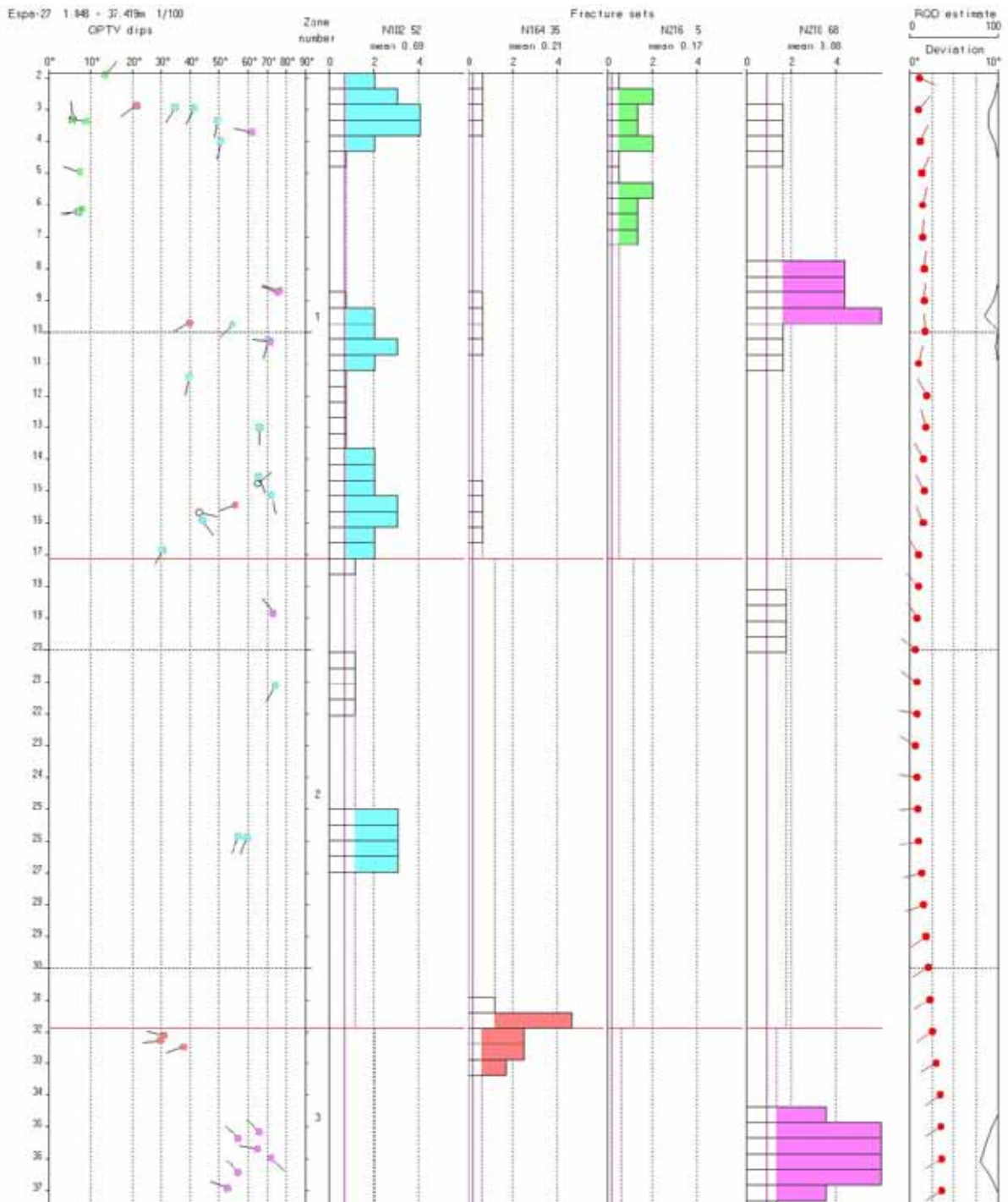
Figur 36 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 27 Espa. Sprekkenes hovedstrøkretning er SSV og ØSØ, med fall mot NNV og VSV. Tabellen i figur 36 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet 27 Espa er vist i figur 37 som også viser rosedigram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 38 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur36. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 27 Espa.

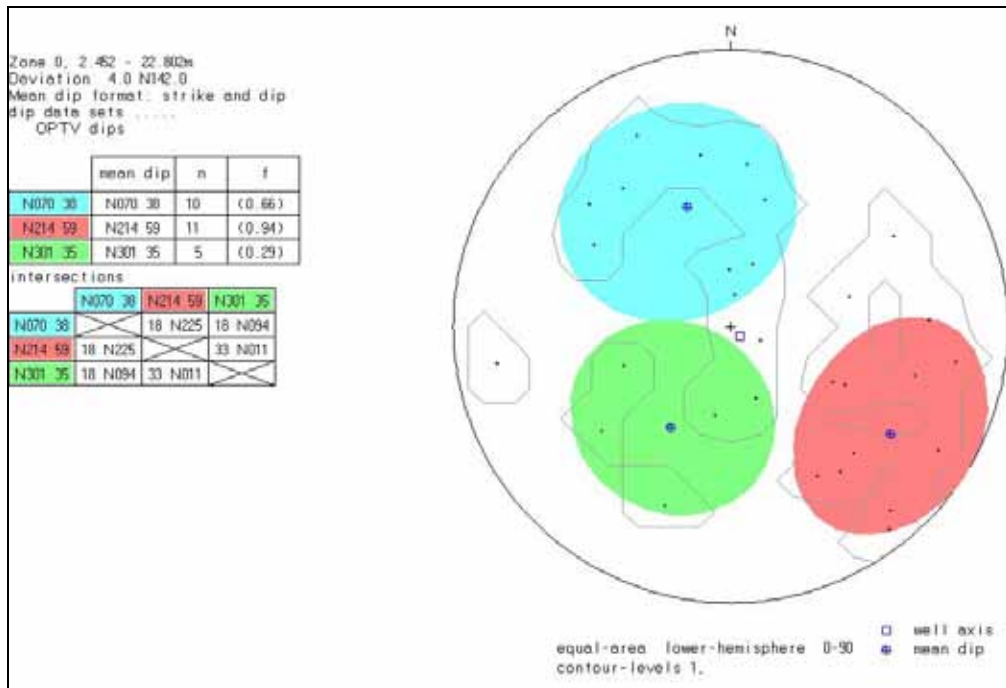


Figur 37. Brønnlokaltet 27 Espa (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

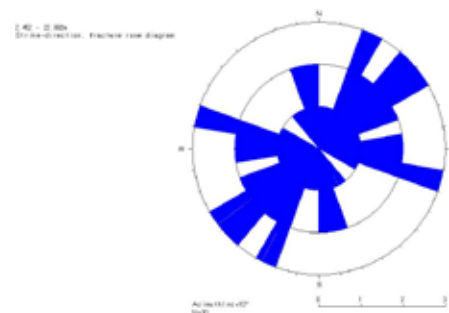


Figur 38. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 27 Espa.

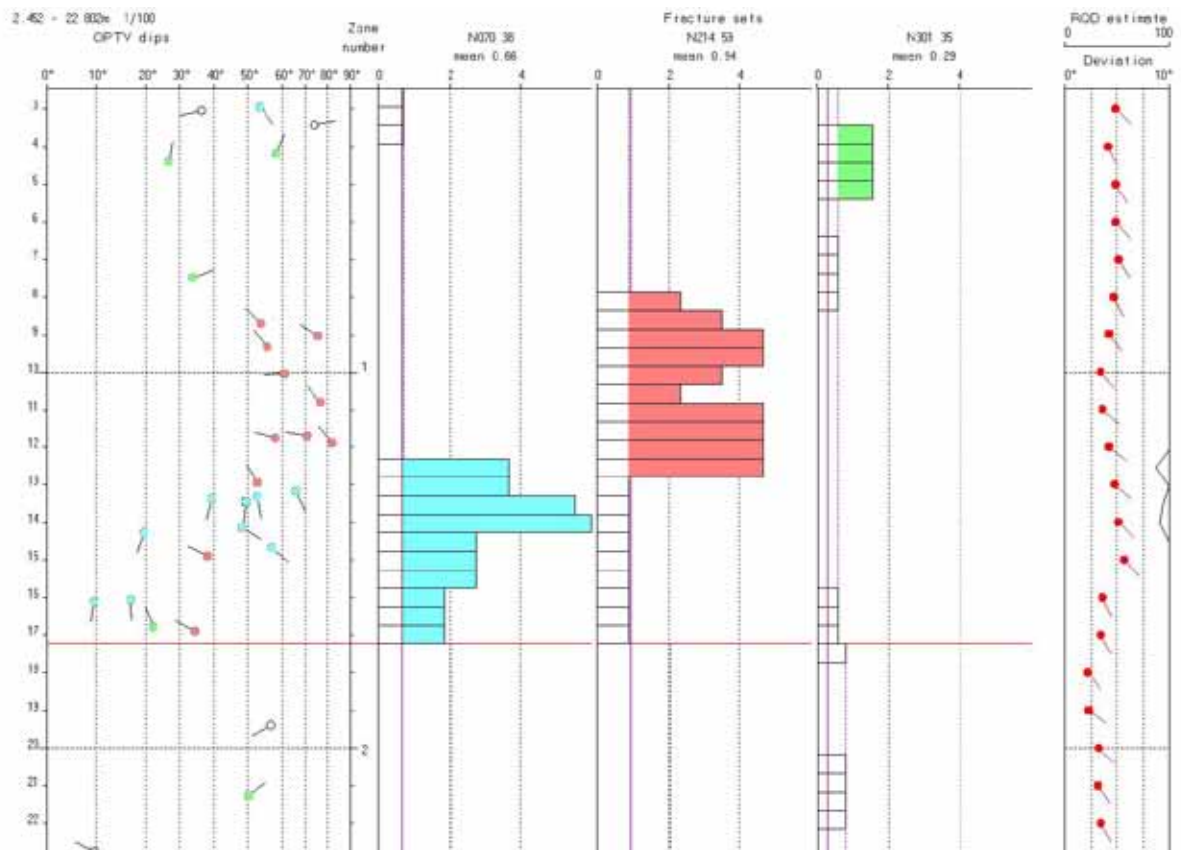
Figur 39 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 28 Espa. Sprekkenes hovedstrøkretning er N070 (ØNØ) og N214 (SSV), Tabellen i figur 39 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet 28 Espa er vist i figur 40 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 40 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur39. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 28 Espa.

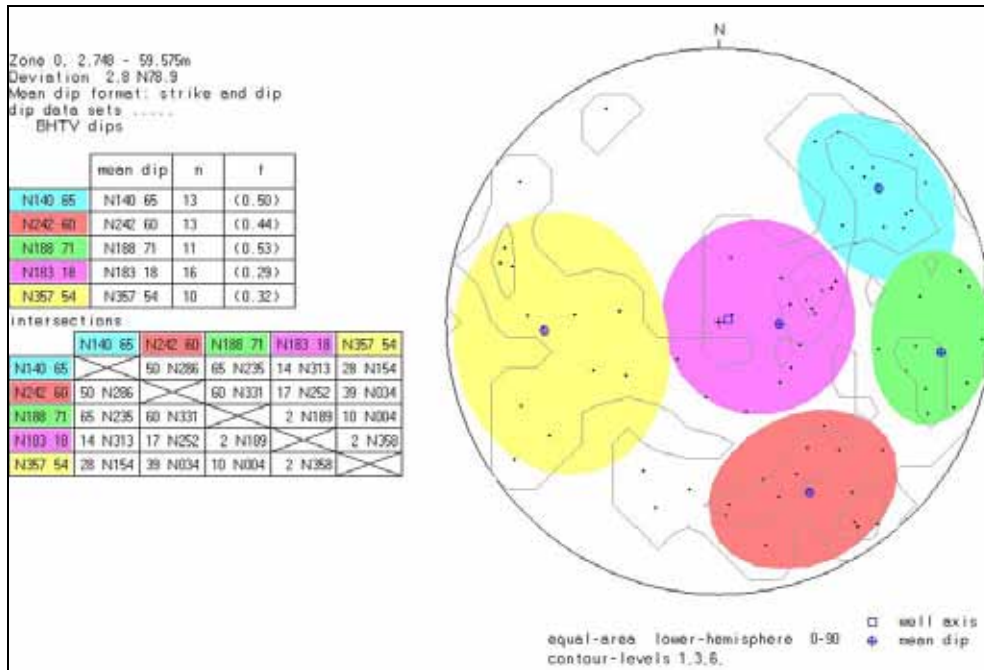


Figur 40. Brønnlokalitet 28 Espa (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 41. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 28 Espa.

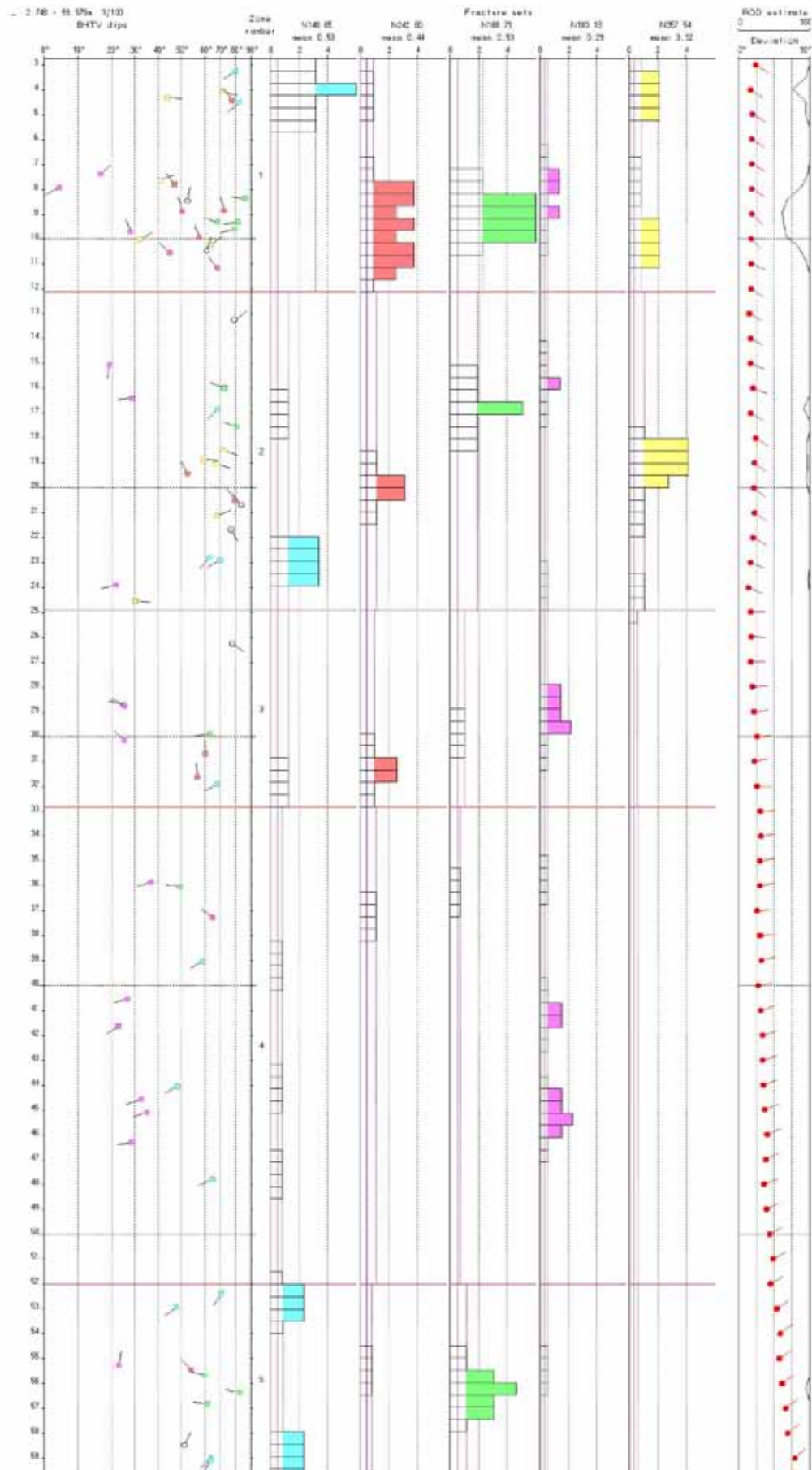
Figur 42 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 29 Espa. Strøkretningen varierer mye, se tabell figur 42. Tabellen i figur 42 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet 29 Espa er vist i figur 43 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 44 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 42. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 29 Espa.

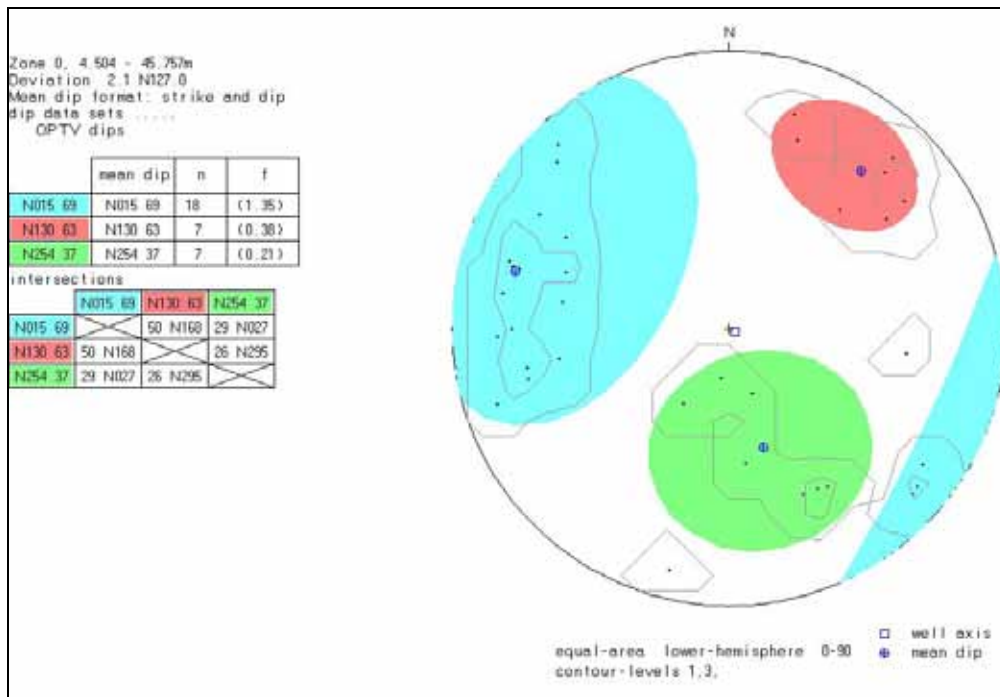


Figur 43. Brønnlokalisitet 29 Espa (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre)



Figur 44. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 29 Espa.

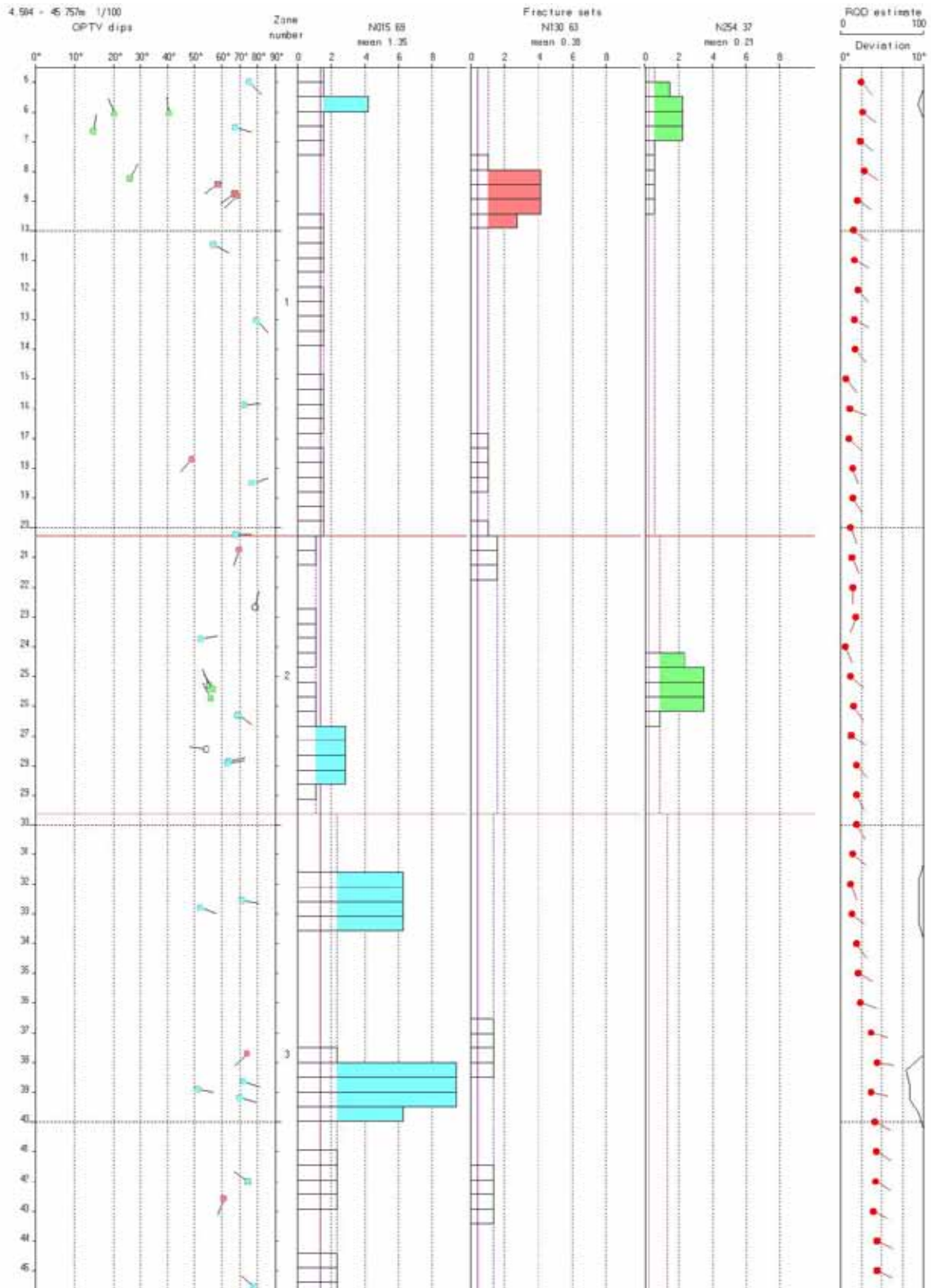
Figur 45 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 30 Espa. Sprekkenes hovedstrøkretning er N015 (NNØ) med steilt fall mot ØSØ, se tabell i figur 45. Tabellen i figur 45 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet 30 Espa er vist i figur 46 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 50 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 45. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn 30 Espa.

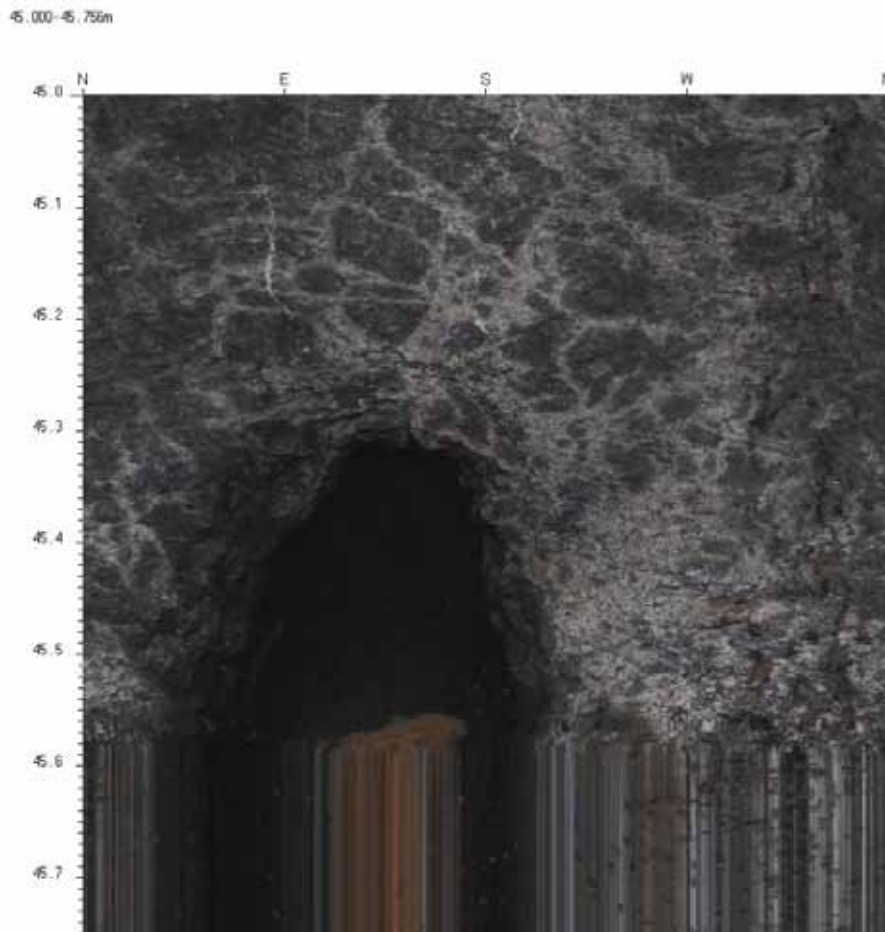


Figur 46. Brønnlokalitet 30 Espa (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre)



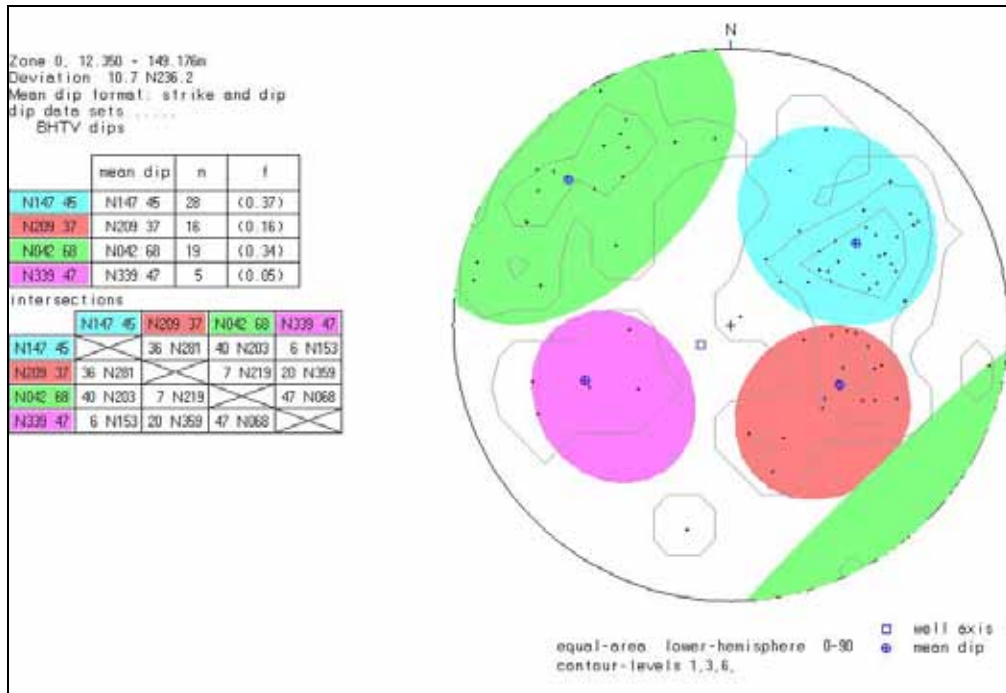
Figur 47. Sprekkfrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn 30 Espa.

OPTV sonden stoppet på 45.6 m dyp. I følge brønneier var det boret dypere. Figur 48 viser bilde fra 46 m. En steil åpen sprekk observeres fra 45.3 m. En ser ikke hele sprekken så digitaliseringen er noe usikker. Sprekken faller mot NV. At sonden stoppet ved sprekken kan tyde på at det har gått ras i hullet i forbindelse med sprekken. Dette underbygges ved at det var boret dypere.

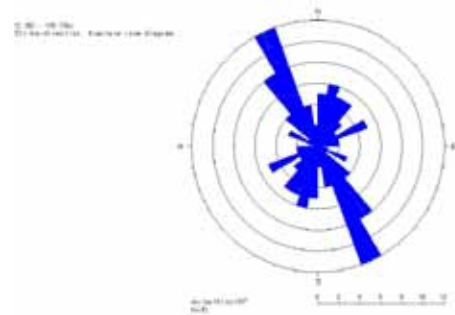


Figur 48. OPTV-bilde av åpen sprekk (hulrom) ved 45.3 m, brønn 30 Espa.

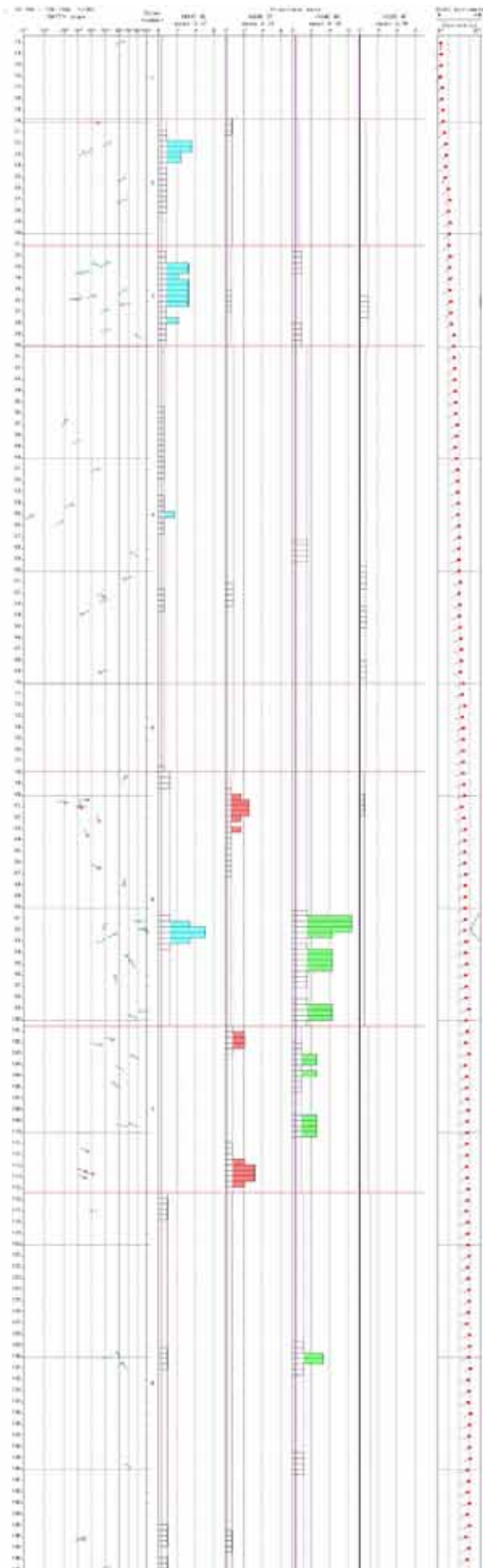
Figur 49 viser sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb05. Sprekkenes hovedstrøkretning er N147 (SØ) med steilt fall mot SV, se tabell i figur 49. Tabellen i figur 49 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb05 er vist i Figur 50 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 51 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen var foret ned til 12 m.



Figur 49. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb05.

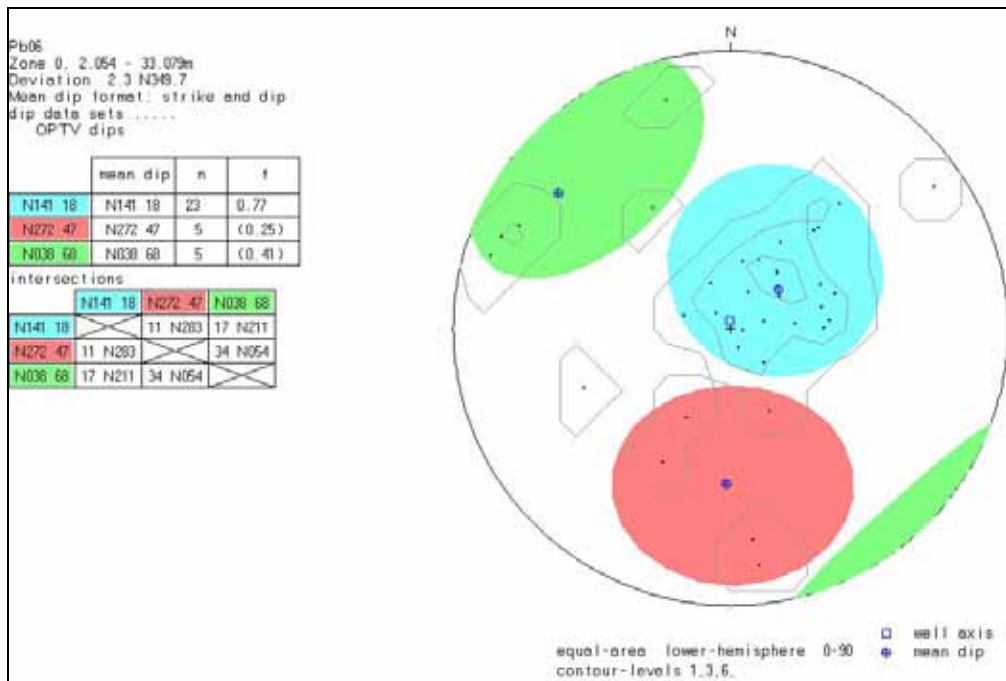


Figur 50. Brønnlokalitet Pb05 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre)

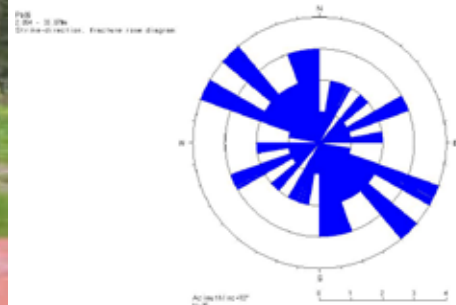


Figur 51. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb05.

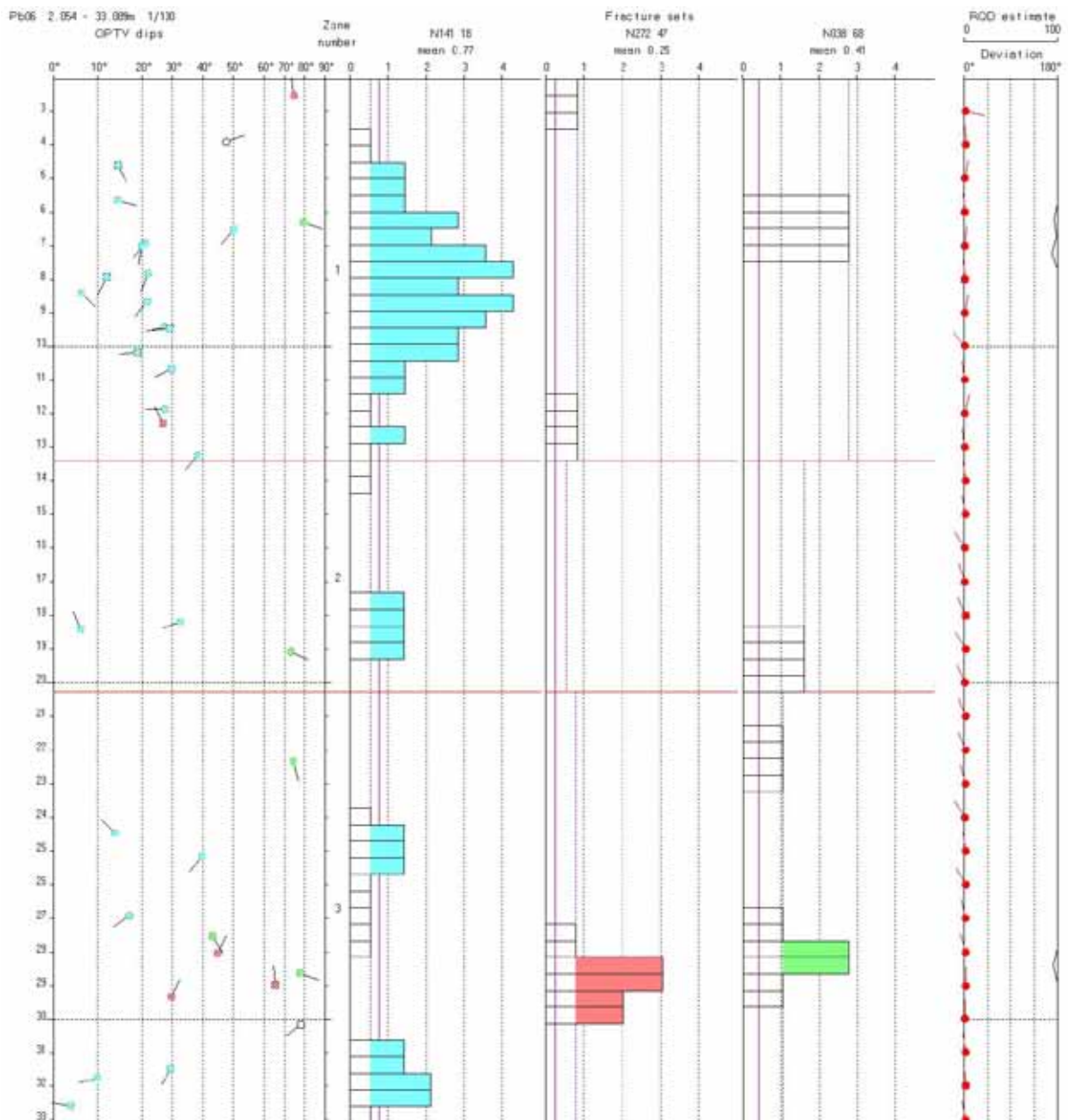
Figur 52 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb06. Sprekkenes hovedstrøkretning er N141 (SØ) med slakt fall mot SV, se tabell i figur 52. Tabellen i figur 52 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb06 er vist i figur 53 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 54 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre



Figur 52. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb06.

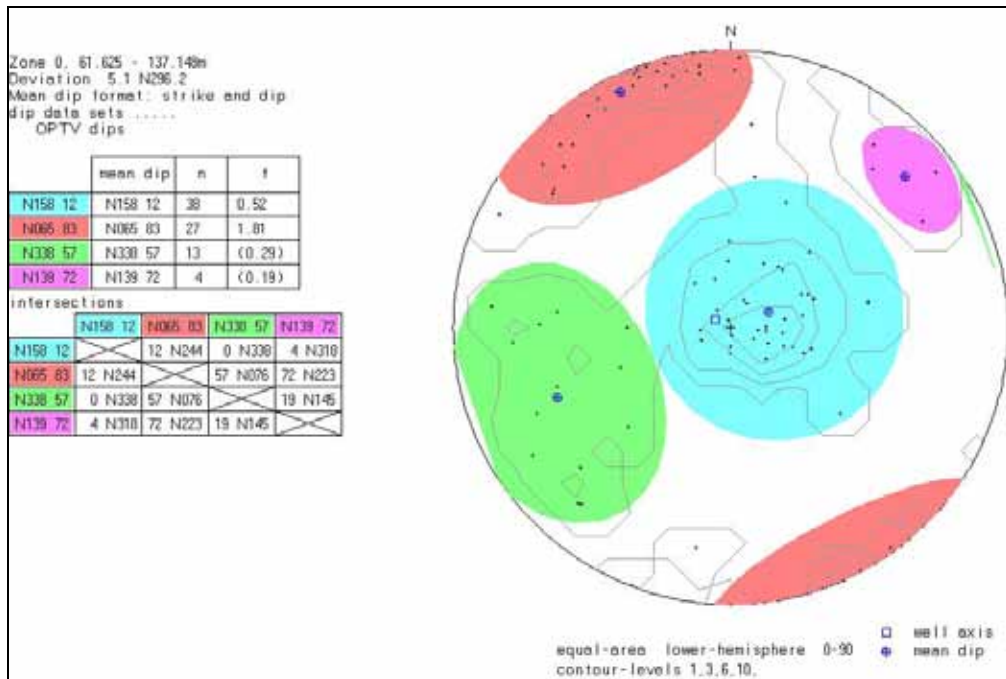


Figur 53. Brønnlokalitet Pb06 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

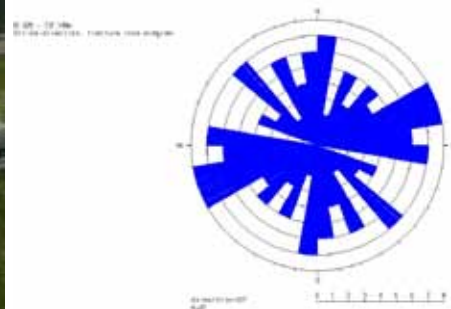


Figur 54. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb06.

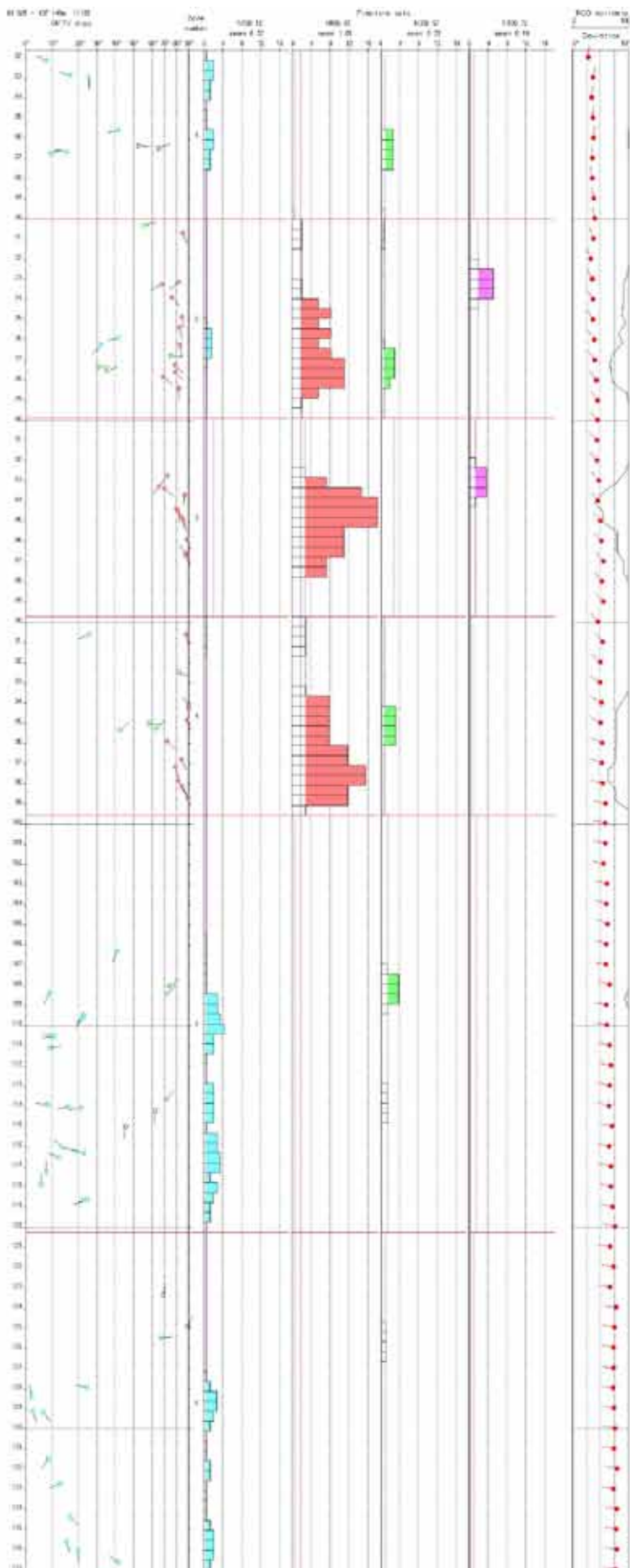
Figur 55 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb07. Sprekkenes hovedstrøkretning er N158 (SSØ) med slakt fall mot VSV, se tabell i figur 55. Tabellen i figur 55 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb07 er vist i figur 56 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 57 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Denne brønnen var foret ned til 62 m, og OPTV ble målt fra dette dyp.



Figur 55. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb07.

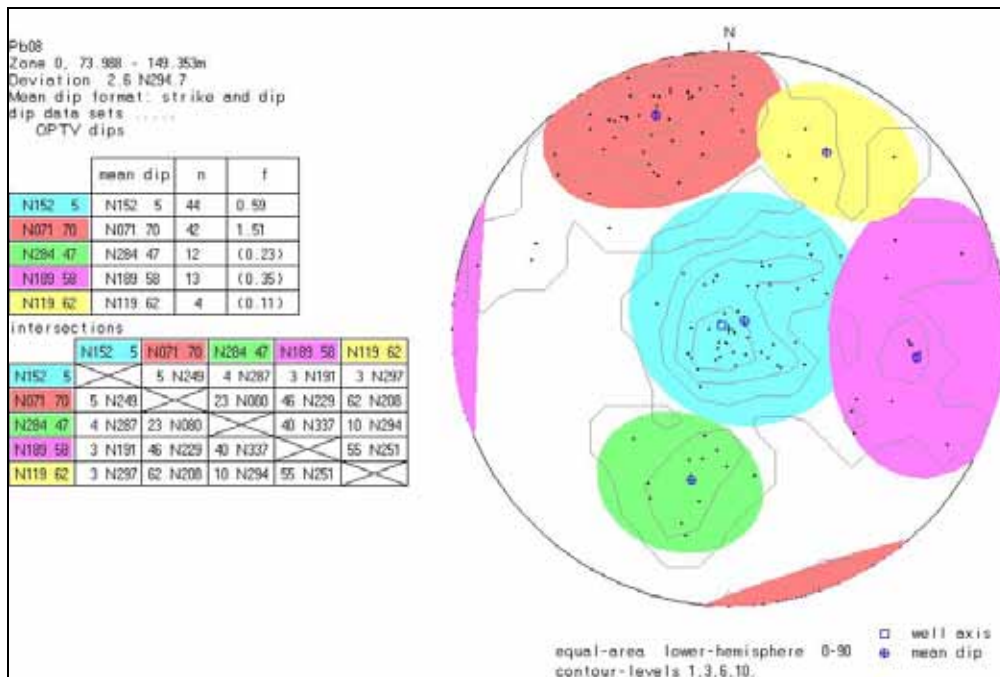


Figur 56. Brønnlokalitet Pb07 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 57. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb07.

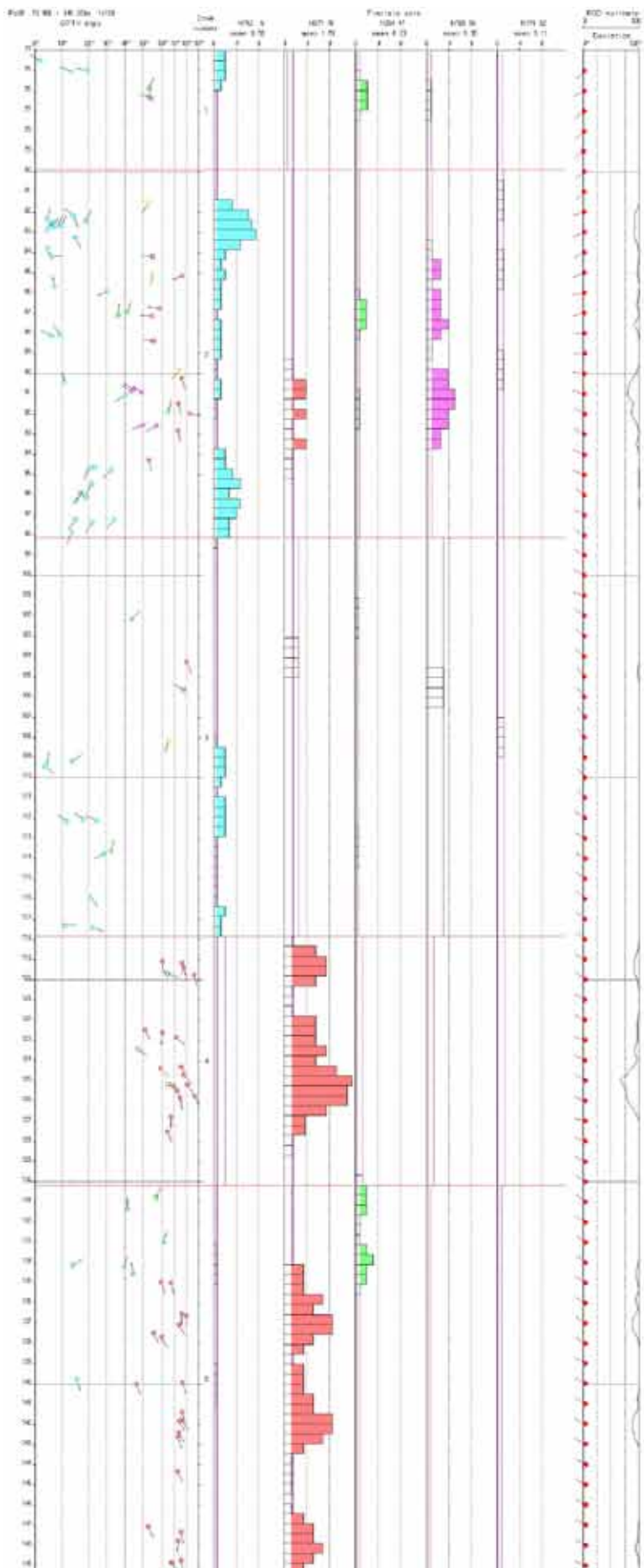
Figur 58 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb08. Sprekkenes hovedstrøketretning er N152 (SSØ) med slakt fall mot VSV og N071 (ØNØ) med steilt fall mot SSØ, se tabell i figur 58. Tabellen i figur 58 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb08 er vist i Figur 59 som også viser rosediagram av strøketretning til indikerte sprekker. Figur 60 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Denne brønnen var foret ned til 74.5 m, og OPTV ble målt fra dette dyp.



Figur 58. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb08.

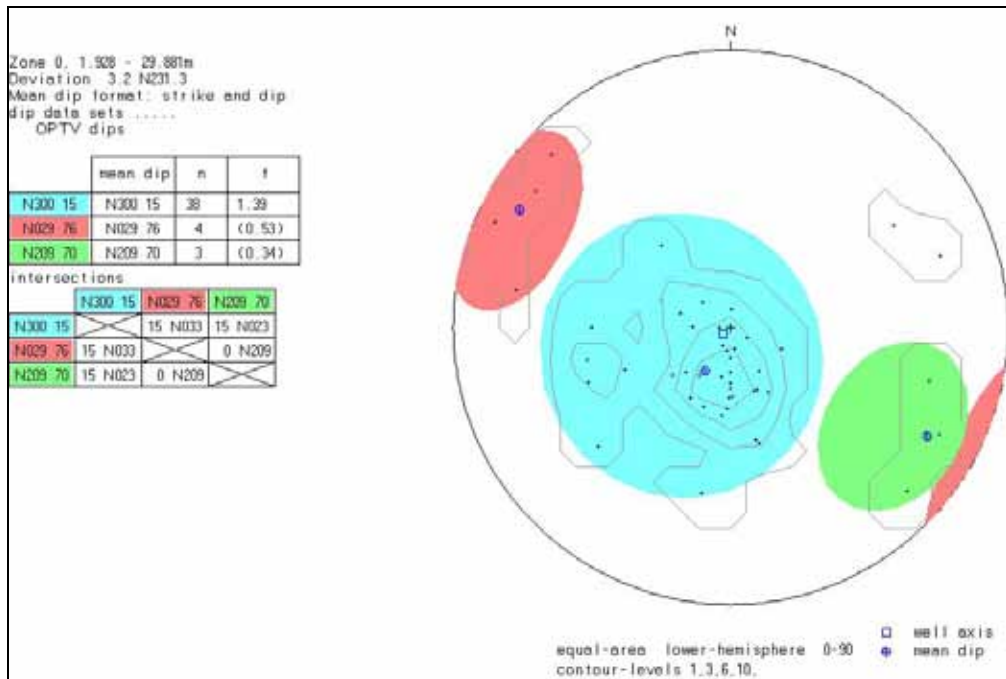


Figur 59. Brønnlokalitet Pb08(venstre) og rosediagram som viser strøketretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 60. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb08.

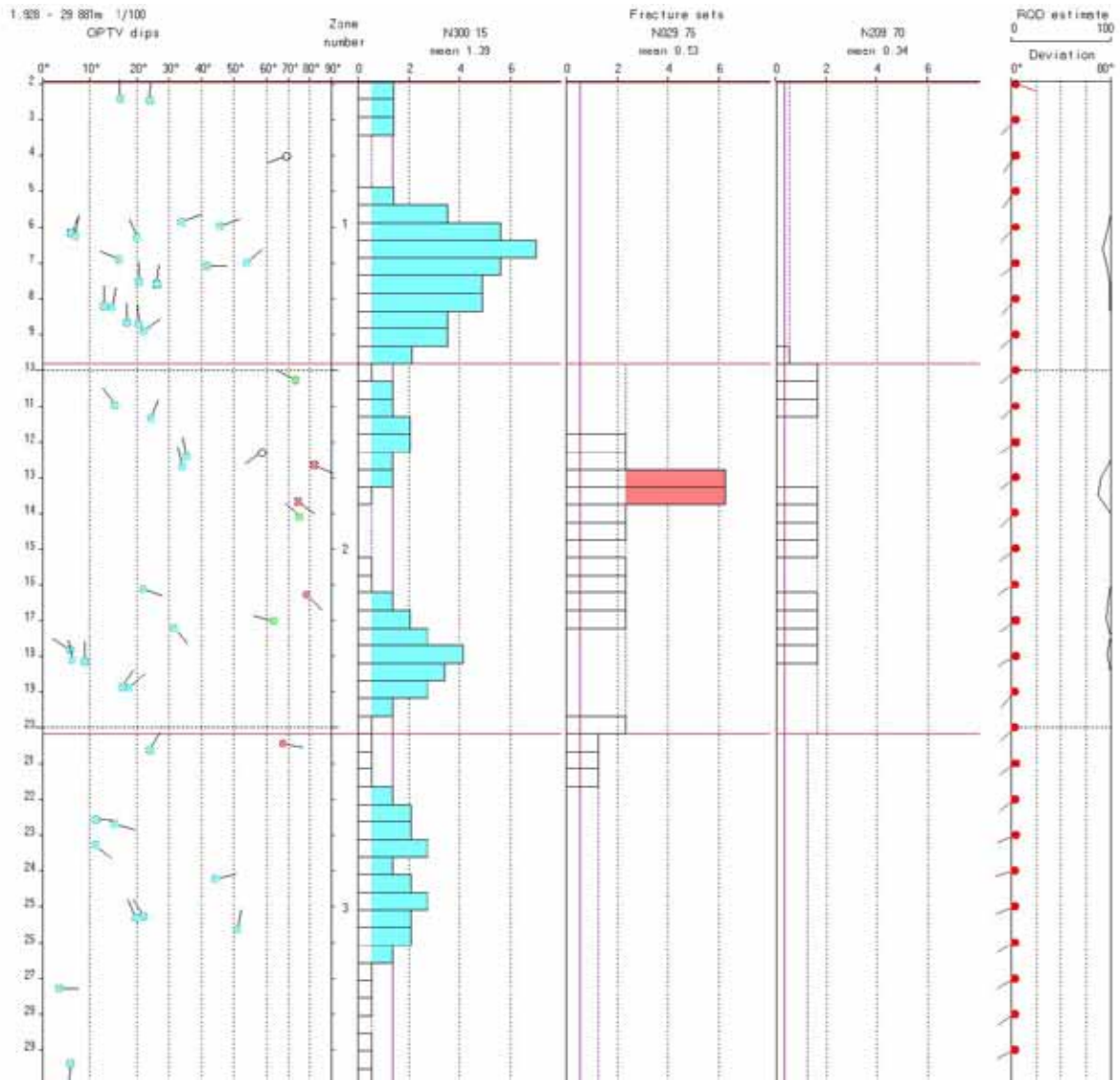
Figur 61 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb09. Sprekkenes hovedstrøkretning er N300 (VNV) med slakt fall mot NNØ, se tabell i figur 61. Tabellen i figur 61 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkedefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb09 er vist i Figur 62 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 63 viser sprekkedefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 61. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb09.

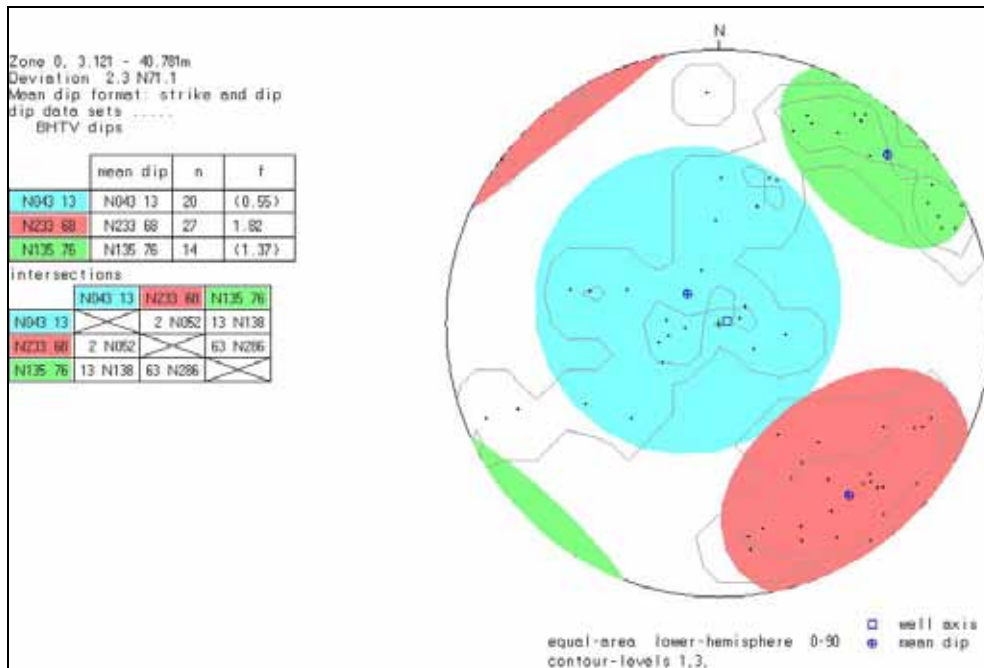


Figur 62. Brønnlokalitet Pb09(venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 63. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb09.

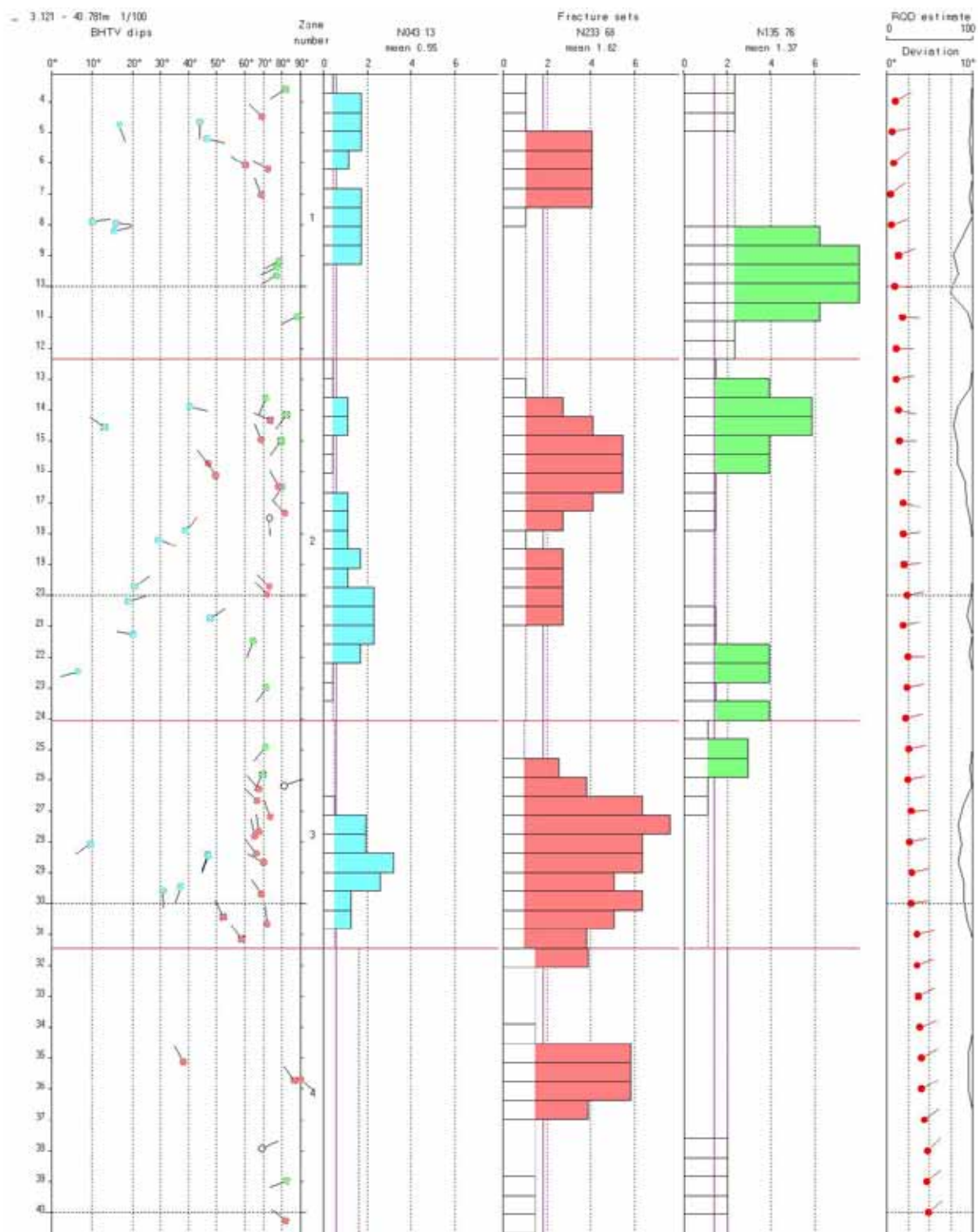
Figur 64 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb10. Sprekkenes hovedstrøkretning er N233 (SV) med steilt fall mot NV, se tabell i figur 64. Tabellen i figur 64 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb10 er vist i Figur 65 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 65 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 64. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb10.

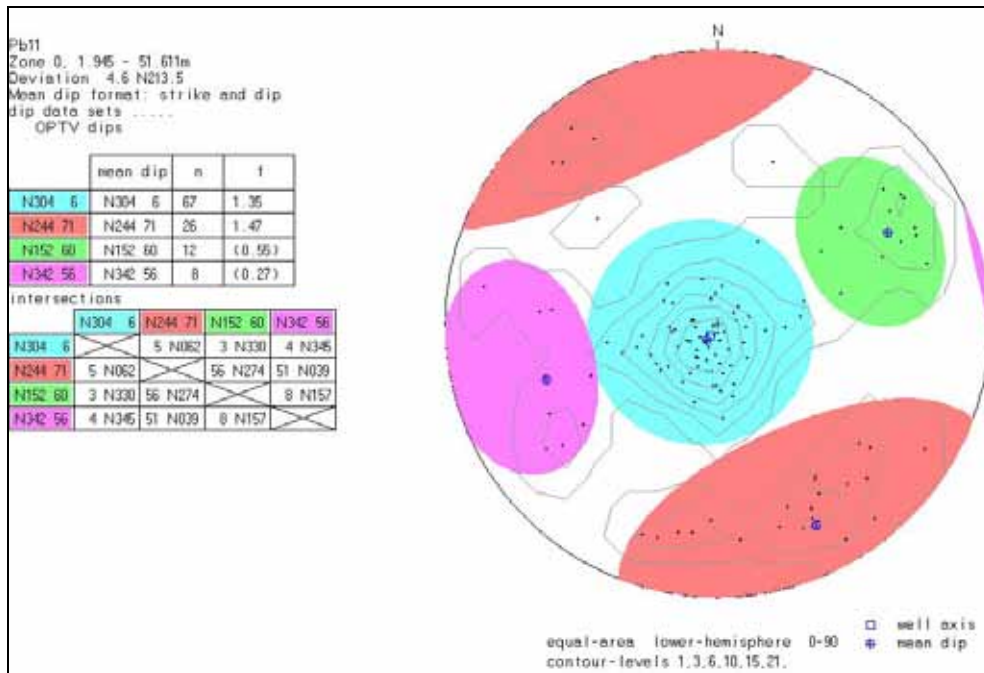


Figur 65. Brønnlokalitet Pb10 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 66. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb10.

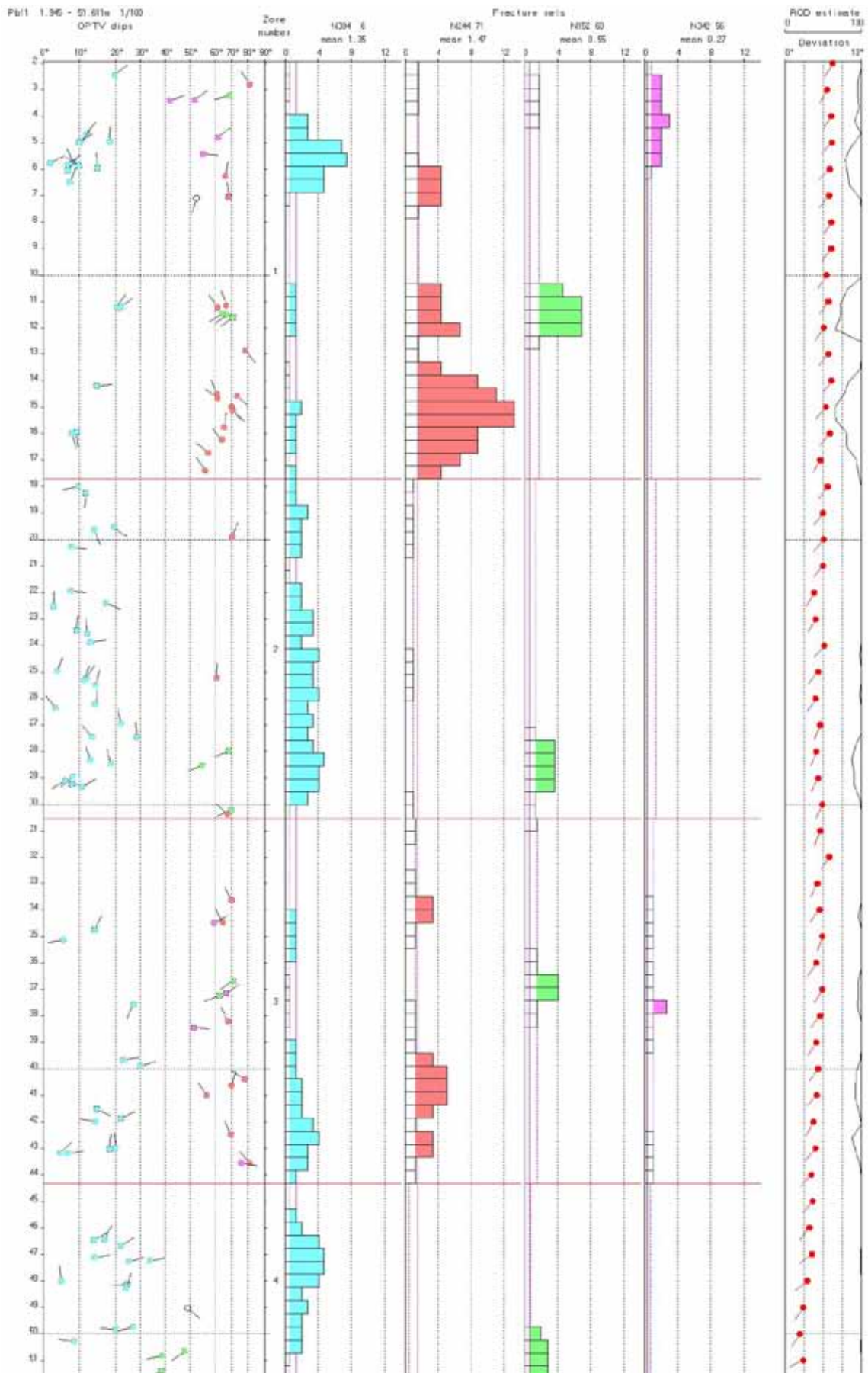
Figur 67 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb11. Sprekkenes hovedstrøkretning er N304 (NV) med slakt fall mot SV, se tabell i figur 67. Tabellen i figur 67 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb11 er vist i Figur 68 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 69 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Mange sprekker, høy sprekkefrekvens ved 14 – 17 m dyp.



Figur 67. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb11.

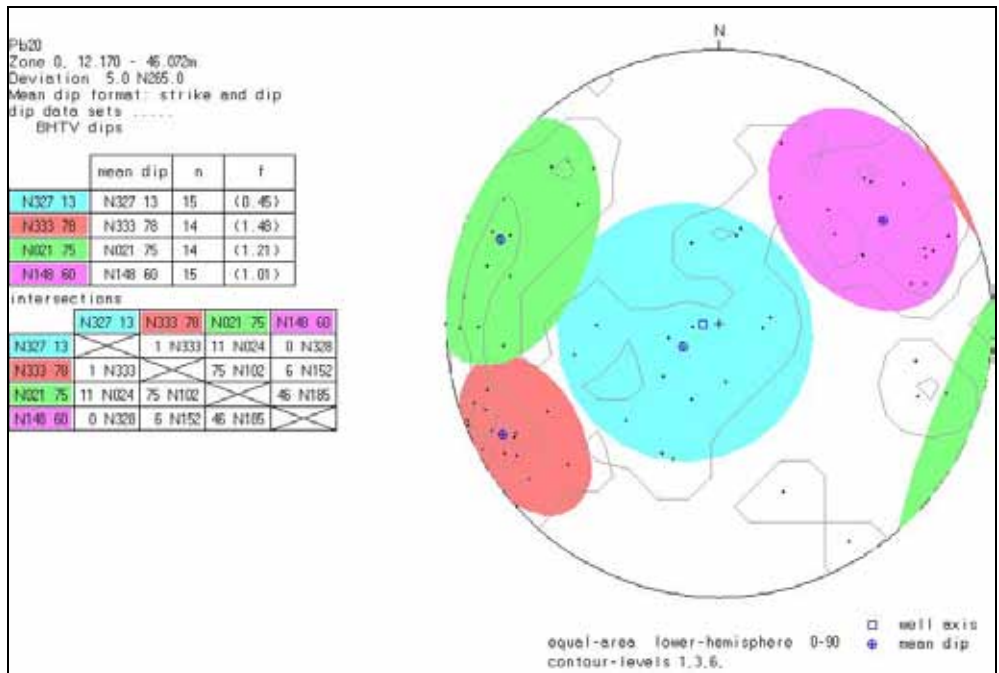


Figur 68. Brønnlokalitet Pb11 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

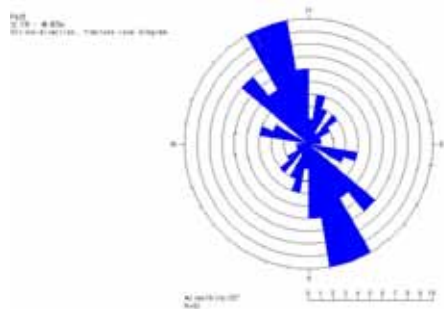


Figur 69. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb11.

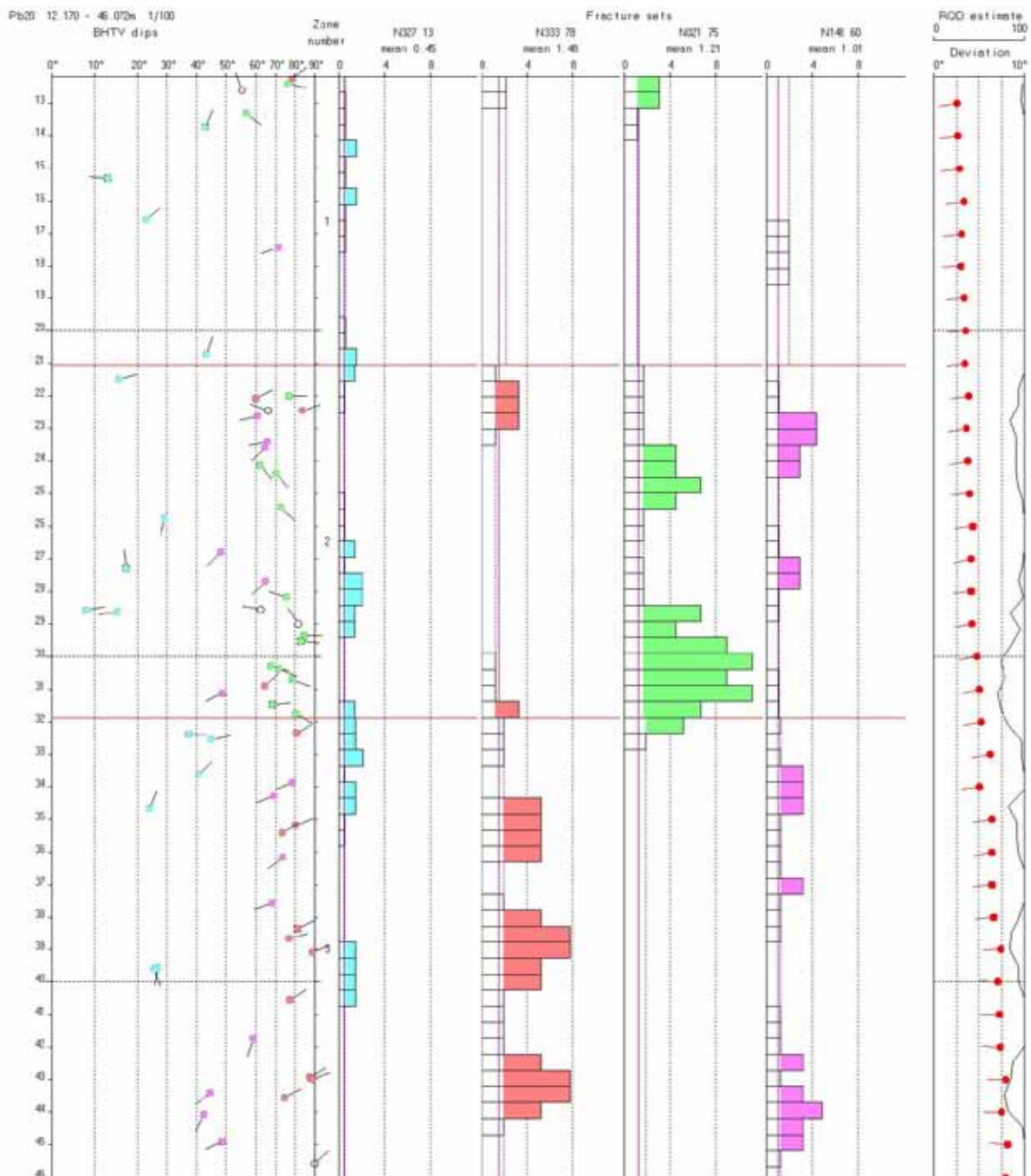
Figur 70 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb20. Sprekkeretninger er vist i tabell i figur 70. Sprekkes hovedstrøkretning er NNV – SSV, se rosediagram i figur 71. Tabellen i figur 70 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb20 er vist i Figur 71 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 72 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Det er mange sprekker i brønnen, men de ser ikke ut til å gi lav resistivitet.



Figur 70. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb20.

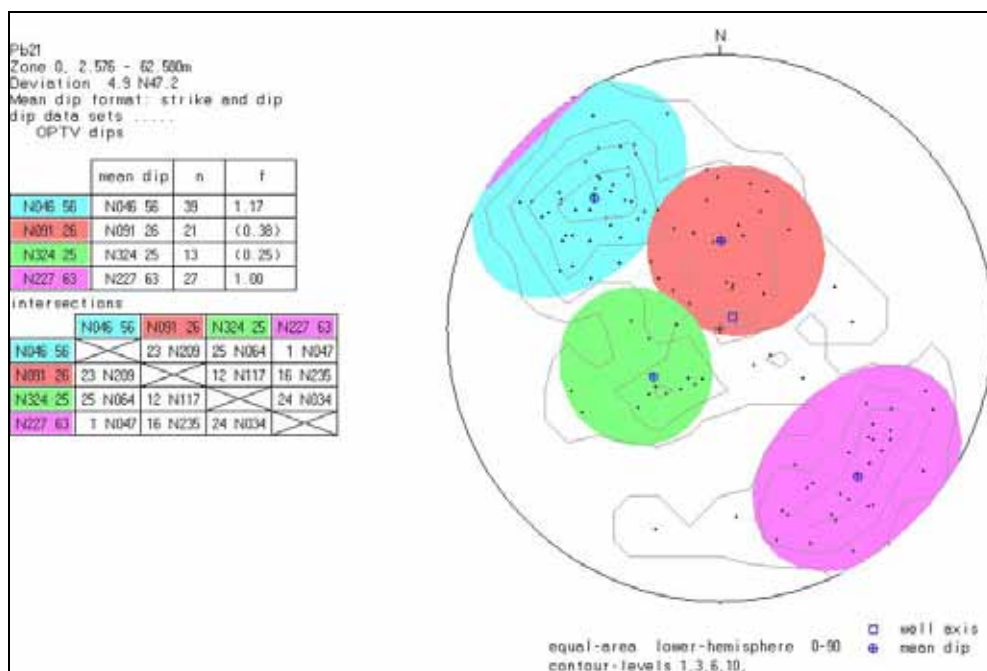


Figur 71. Brønnlokalitet Pb20 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

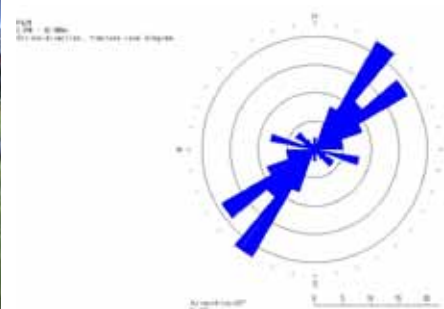


Figur 72. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb20.

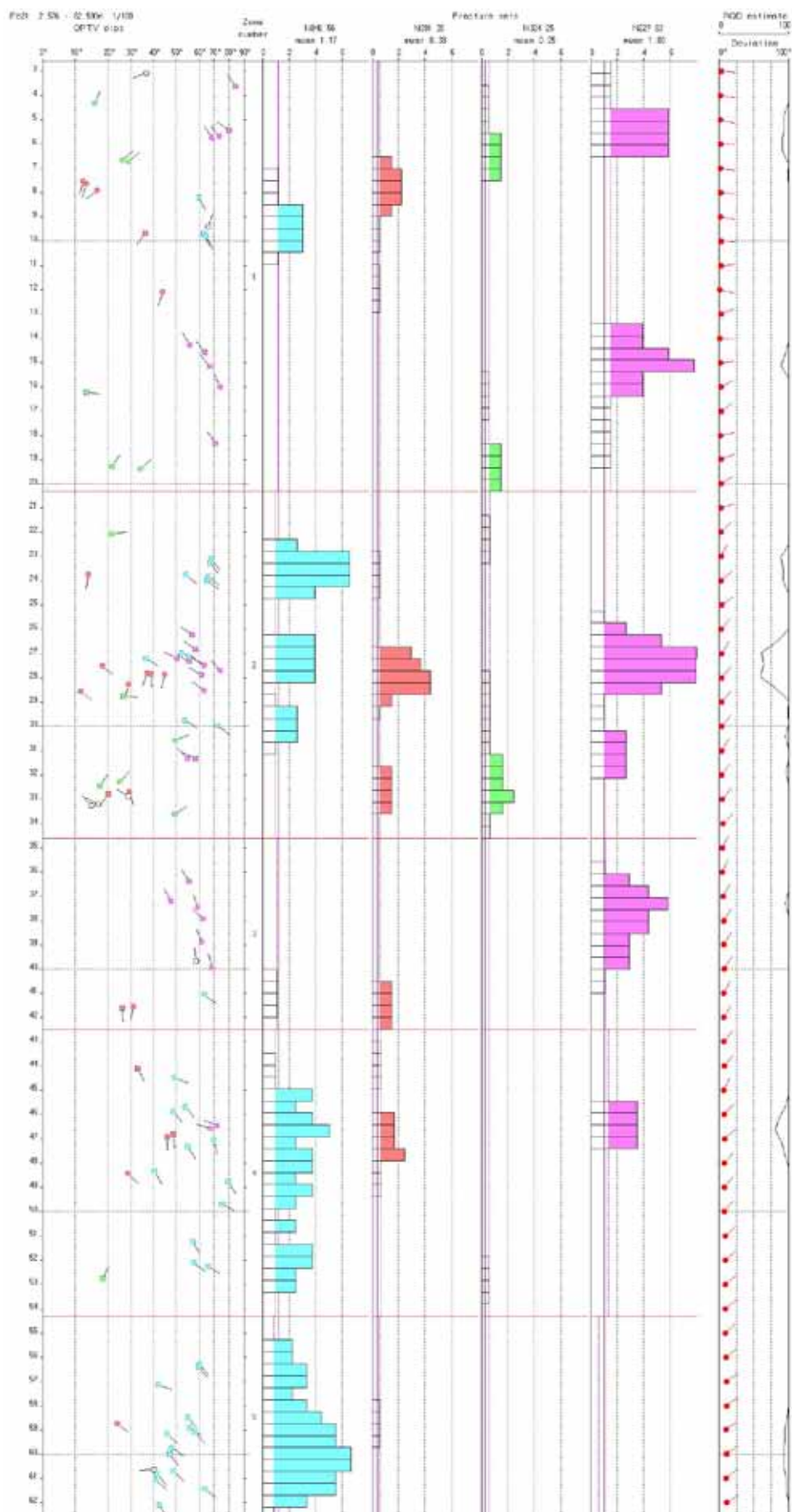
Figur 73 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb21. Sprekkeretninger er vist i tabell i figur 73. Sprekkenes hovedstrøkretning er NØ – SV se rosediagram i figur 74, med fall mot NV og SØ. Tabellen i figur 73 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb21 er vist i figur 74 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 75 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Pilplottene på figur 75 viser også fallretningen. Det er mange sprekker og stedvis høy sprekkfrekvens som gir noe lav resistivitet.



Figur 73. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb21.

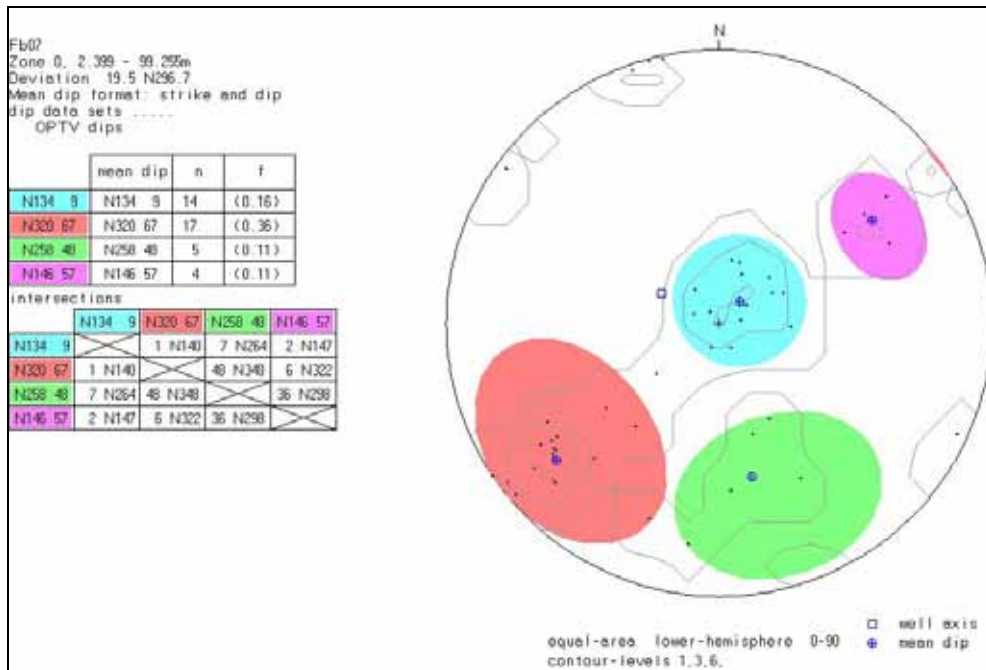


Figur 74. Brønnlokalitet Pb21 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

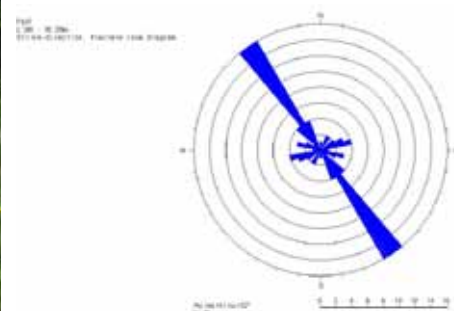


Figur 75. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb21.

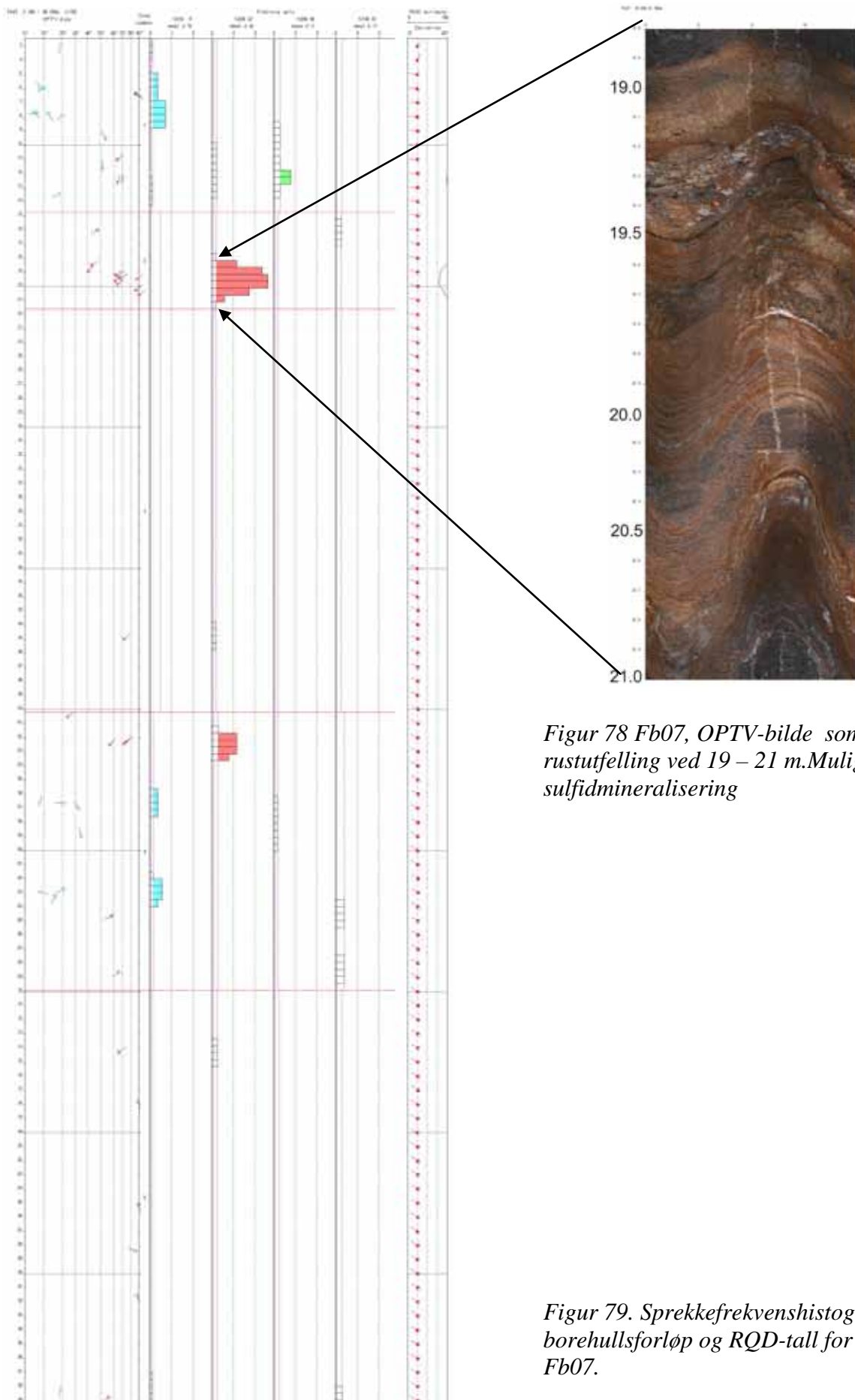
Figur 76 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb07. Sprekkenes hovedstrøkretning er NV- SØ, se også rosediagram figur 77. Tabell i figur 76 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb07 er vist i figur 77 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 78 viser OPTV- bilde fra 19 – 21 m med rustutfelling som trolig skyldes jern eller sulfidmineralisering. Sonen gir nedsatt resistivitet og P-bølgehastighet i forbindelse med sprekker. Figur 78 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 76. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb07.



Figur 77. Brønnlokalitet Fb07 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 78 Fb07, OPTV-bilde som viser rustutfelling ved 19 – 21 m. Mulig sulfidmineralisering

Figur 79. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb07.

4.2 Resultater Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra

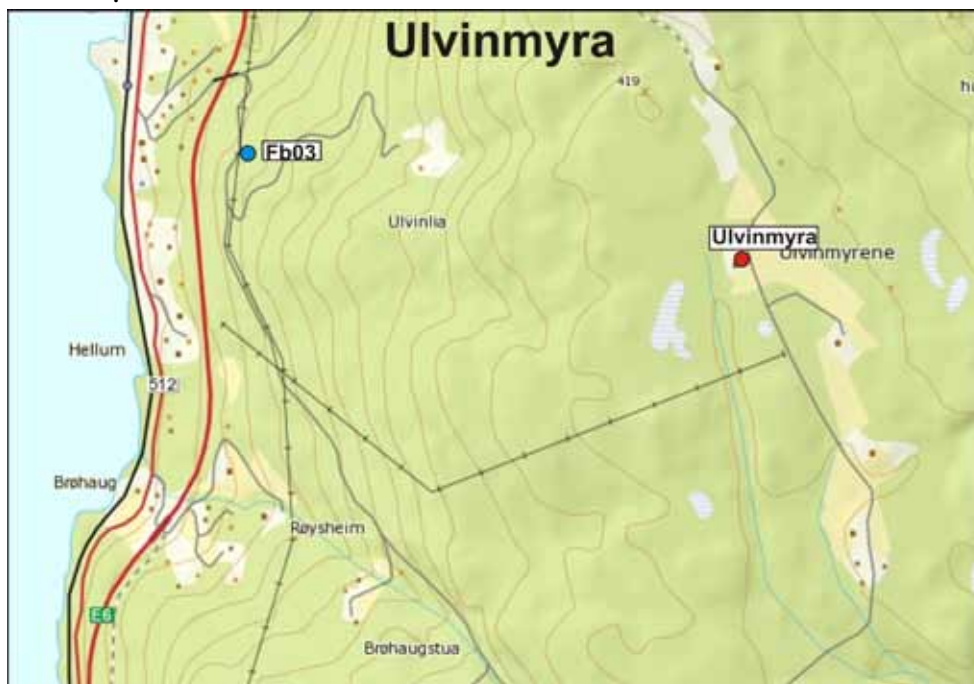
Kartene på figur 80, 81 og 82 viser brønner som er undersøkt i områdene Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra i 2011. Det ble også logget noen brønner her i 2010 (Elvebakk 2011). Brønner med blått symbol (Fb) er fjellbrønner som JBV har boret for overvåking. Området Ulvin innbefatter brønnene Fb03, Fb04, Fb05 og Pb25. Ved Brøhaug er brønnene Pb03, Pb04 og Fb02 logget. Brønnen Ulvinmyra er logget ved Ulvinmyra noe lengre inn i landet.



Figur 80. Undersøkte brønner, Fb03, Fb04, Fb05 og Pb25, ved Ulvin.



Figur 81. Undersøkte brønner, Fb02, Pb03 og Pb04, ved Brøhaug.



Figur 82. Undersøkt brønn ved Ulvinmyra.

4.2.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølgehastighet, pH og Eh, Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.

Figur 83 – 96 viser logger for temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet (P- og S-bølge). Vannkvalitetslogg viser i tillegg pH og Eh. Loggene omfatter brønnene Fb03, Fb04, Fb05, Pb25, Pb03, Pb04, Fb02 og Ulvinmyra. Det ble ikke logget med vannkvalitetssonde (pH, Eh) i Fb04 og Pb25. Fb04 var boret til 62 m. JBV hadde satt ned pumpe i brønnen. Denne pumpe hadde satt seg fast i brønnen. I samråd med JBV ble det forsøkt å dra opp pumpe med makt, med det resultat at en slet løs slangen ved pumpefeste. Pumpe står fremdeles i brønnen på 43 m dyp. Det er grunn til å tro at det er ras i brønnen som er årsaken til at pumpe satte seg fast. En har dermed ikke data fra de nederste 20 m. Et ras tyder på svakhetssone, men en mangler data da en ikke nådde helt ned.

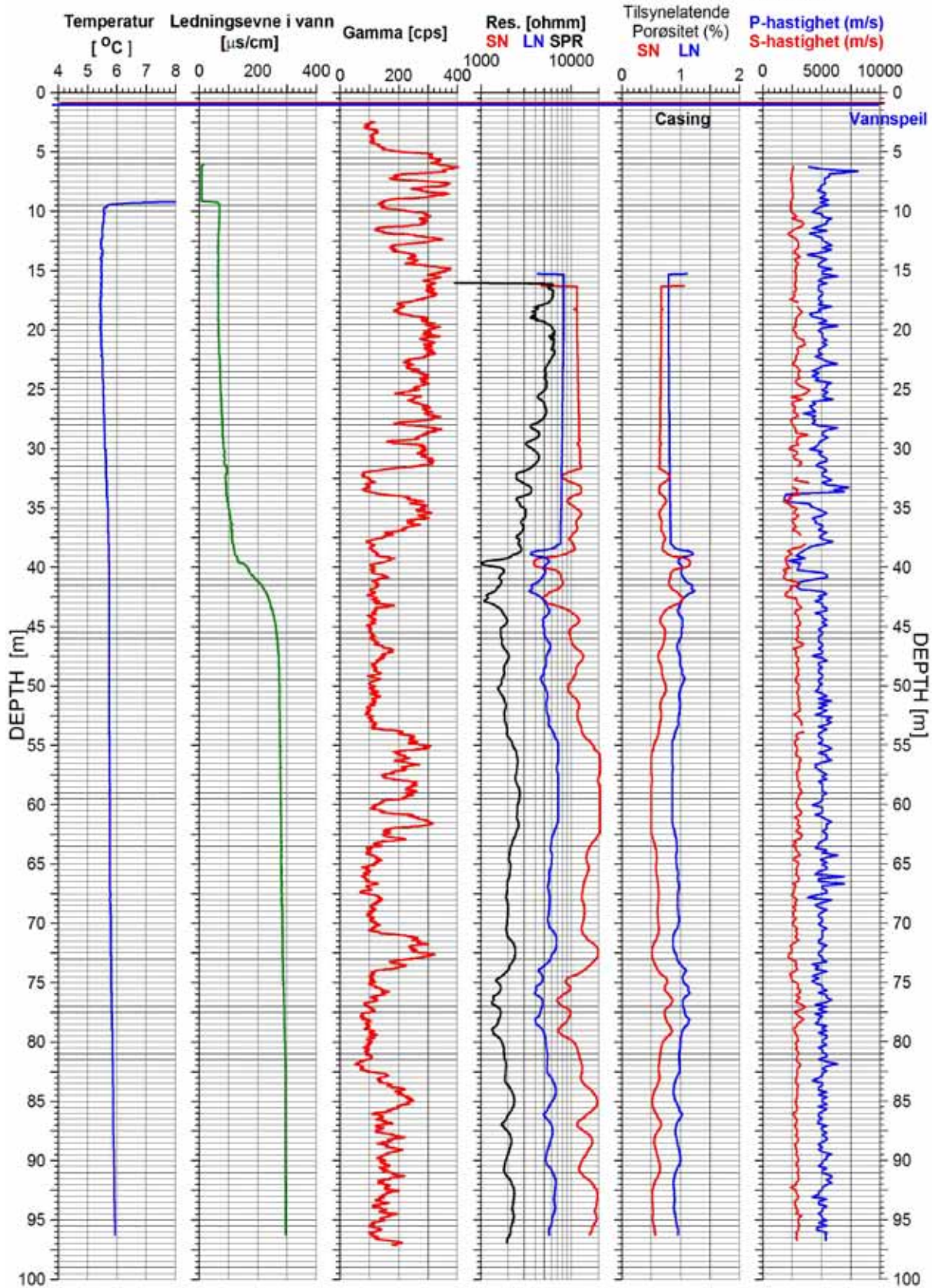
Tabell 6 viser en samlet oversikt over indikerte sprekker/sprekkesoner for områdene Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra. Her er det tatt med soner som avviker fra normale verdier for resistivitet og seismisk P-bølgehastighet. Der det har vært nødvendig er også data fra optisk televiewer vurdert. Data fra optisk televiewer er presentert senere i eget kapittel. Hver brønn er beskrevet med dyp til sonene, tykkelse og målte verdier av naturlig gamma, resistivitet og seismisk hastighet. Som et grunnlag for vurderingene henvises til tabell 4 som viser kvalitetskriterier for fjell ut fra resistivitet og seismisk P-bølgehastighet.

Tabell 6. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.

Brønn	Gamma (cps, API)	Resistivitet Normal (ohmm)	Soner med lav resistivitet (ohmm)	P-bølgehast. Normal (m/s)	Soner med lav P-bølg hastighet (m/s)	Risiko for ustabil fjell/vannproblem	Figur
Fb03 45° fall	100 - 150 300 - 400	>10000 7000	38.6 – 39.1 m: 3800 41.3 – 42.2 m: 3600	5100	33.8 – 34.4 m: 1850 38.8 – 40.2 m: 3000 41.2 – 41.8 m: 3050	OPTV viser åpen sprekk ved 39.3 m. Stor økning i vannets ledningsevne ved 39.5 m. Lav resistivitet og P-bølg hastighet. Stor risiko for vanninntrengning. Lav hastighet i åpen sprekk.	83, 84, 99
Fb04	100 - 200	5000	26.0 – 26.6 m: 1700	5300	6.1 – 6.5 m: 2350 10.3 – 11.1 m: 2650 26.9 – 27.4 m: 2250	Strømningsmåling viser vannstrøm oppover fra ca 26 m. Brønnen var artesisk. Moderat fare for vannproblemer. Lav P-bølg hastighet indikerer dårlig fjell ved sprekker.	85, 102
Fb05	75 - 125	Generelt lav resistivitet i hele brønnen, 800 - 1000	29.0 – 37.0 m: 575 min. 535 38.2 – 44.0 m: 525 min. 485	4500 - 5000	20.1 – 20.3 m: 2250 28.0 – 30.5 m: 3250 min. 1650 40.0 – 41.3 m: 3750	Lav resistivitet i hele brønnen kan indikere risiko for vannproblemer. Stabilitetsproblemer kan oppstå. Lav hastighet indikerer dårlig fjell. Økt oppsprekking fra 29 m.	86, 87, 105
Pb25	75 – 125 250 i soner	4900	28.4 – 30.5 m: 2750 42.3 – 44.6 m: 1600 44.6 – 48.1 m: 2150	5150	43.2 - 43.8 m: 3750	Sprekker med lav resistivitet kan gi vannproblemer. Liten risiko for stabilitetsproblemer.	82, 108
Pb03	100 – 200 350 – 400 i soner	6000 - 9000	46.5 – 52.0 m: 4100 52.5 – 56.0 m: 3300	4900	48.3 – 48.7 m: 3400 53.5 – 53.7 m: 3450	Økning i vannets ledningsevne fra ca 50 m. Lav P-bølg hastighet i enkelsprekker. Mulig vannproblem.	89, 90, 111
Pb04	100 - 200	7700	Ingen	4800	71.0 – 71.6 m: 3700	Flere enkelsprekker med hastighet under 4000 m/s. Ingen risiko for ustabil fjell.	91, 92, 114
Fb02	100 - 200 250 - 275	7000 - 8500	46.2 – 47.5 m: 6400 50.0 – 52.0 m: 5100	4850	46.6 – 47.8 m: 3000 50.8 – 51.4 m: 2700	Økning i vannets ledningsevne fra 51.5 m. Høy sprekkfrekvens mellom 46 og 54 m og soner med lav hastighet. Ingen åpne sprekker. Liten risiko for ustabil fjell.	93, 94, 117
Ulvinmyra	100 - 200	4000 - 5000	20.5 – 23.0 m: 3100 24.2 – 24.5 m: 3250	5150	8.3 – 8.7 m: 3100 21.3 – 21.7 m: 3950 24.1 – 25.5 m: 3650	Økt sprekkfrekvens 22 – 25 m. Ikke åpne sprekker. Liten risiko for vannproblemer og ustabil fjell.	95, 96, 120

Fb 03

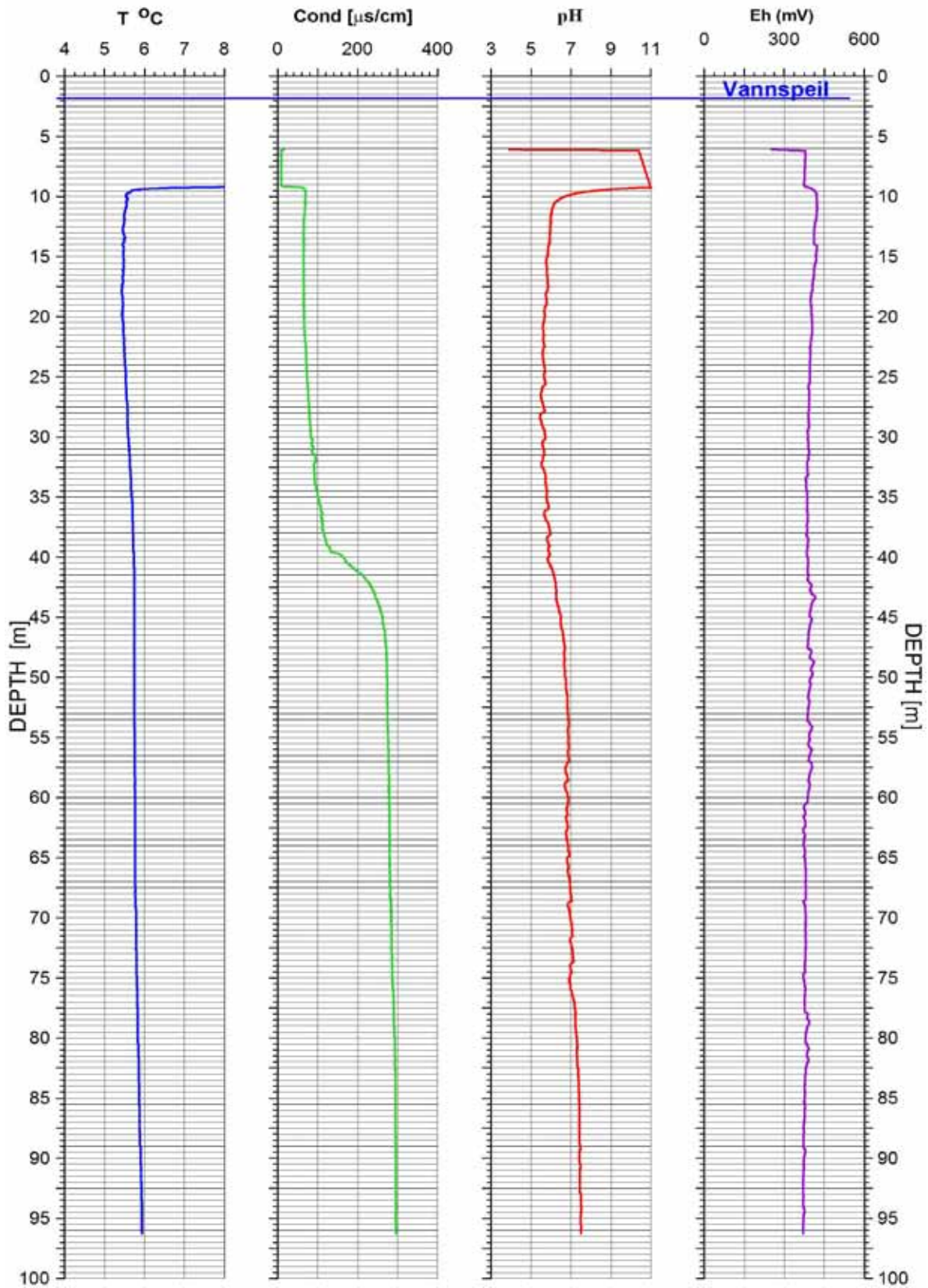
UTM 623452 E
32V 6705754 N
208 moh



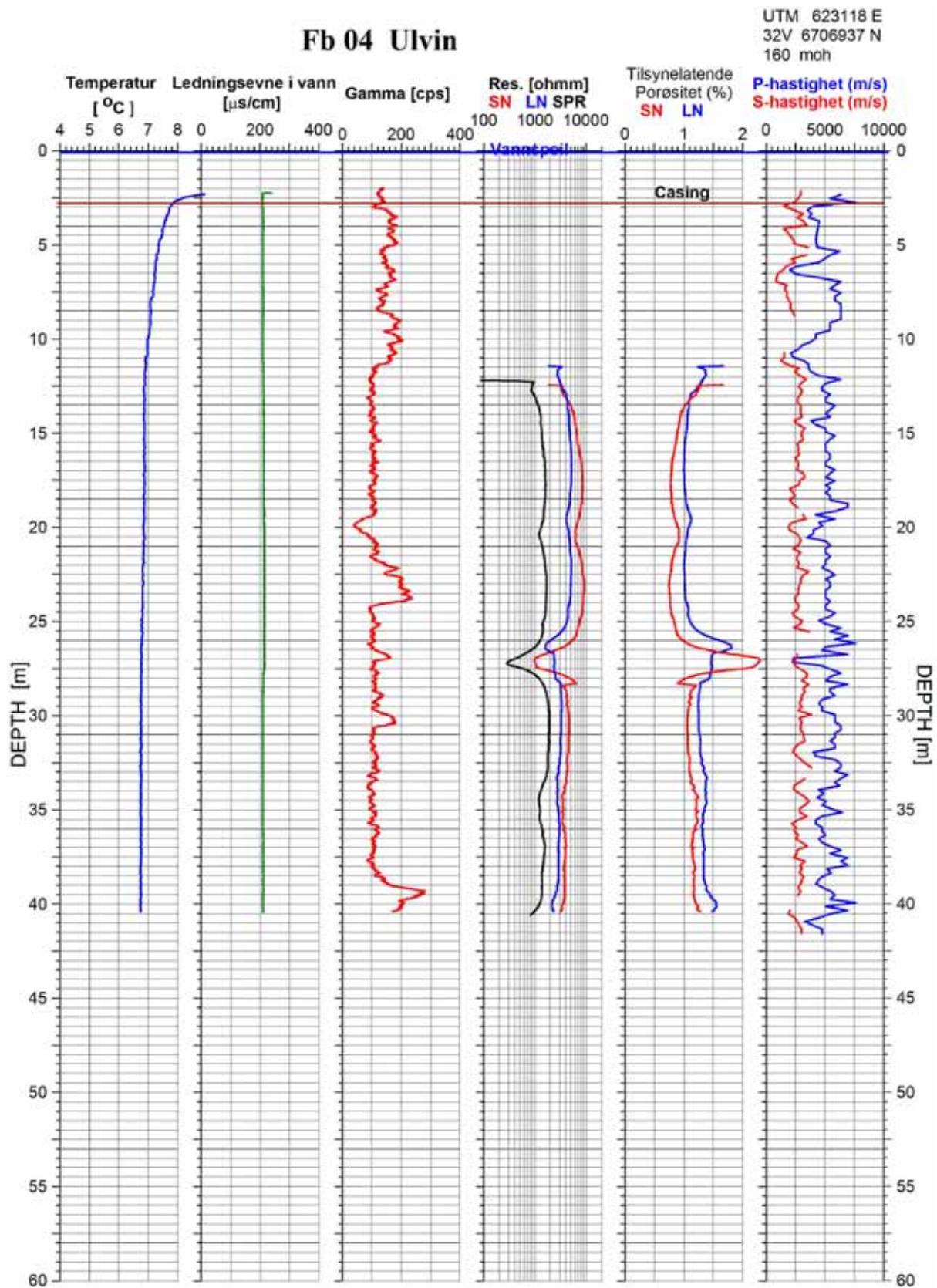
Figur 83. Fb03 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 03

UTM 623452 E
32V 6705754 N
208 moh



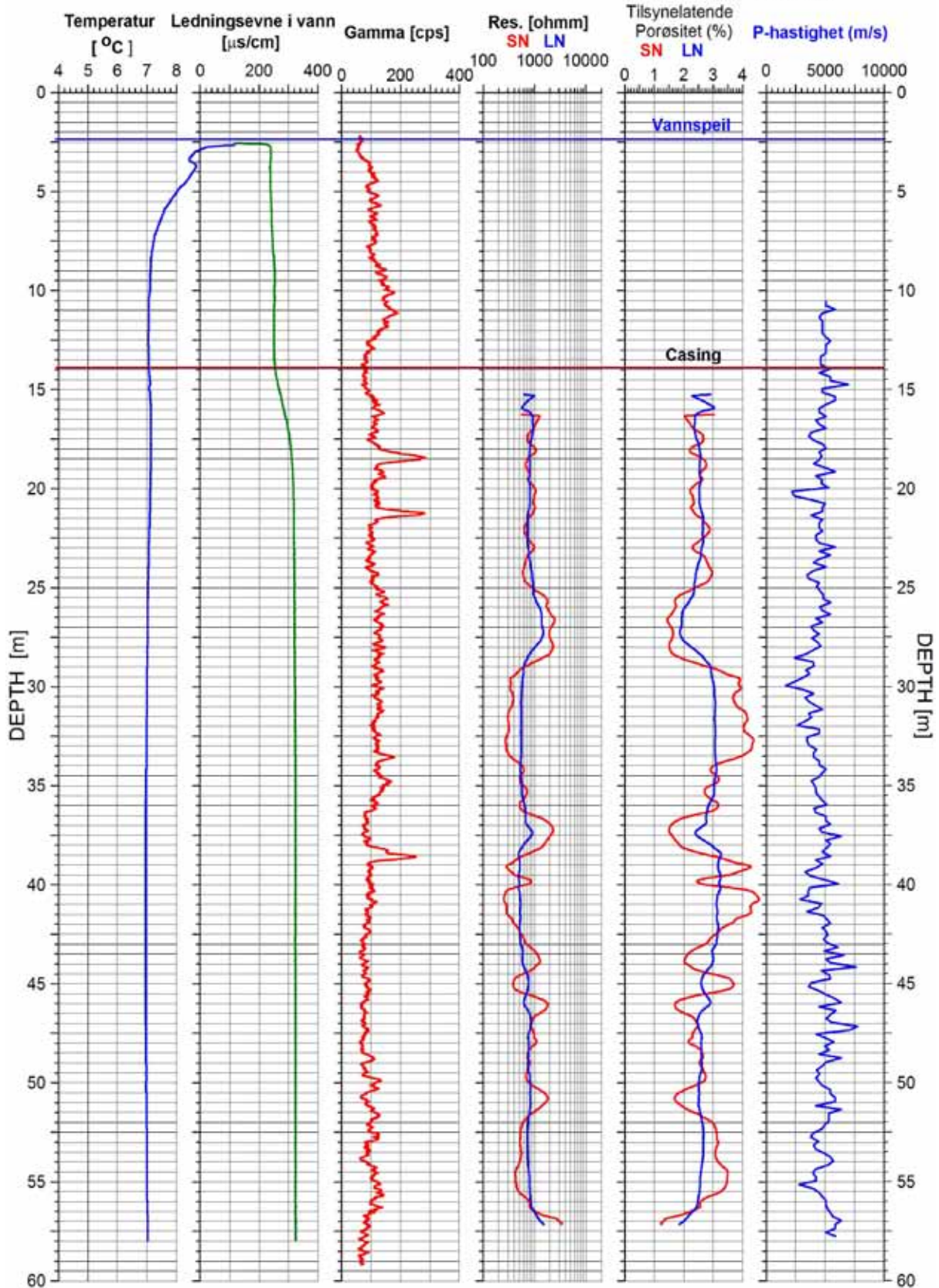
Figur 84. Fb03 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.



Figur 85. Fb04. Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 05 Ulvin

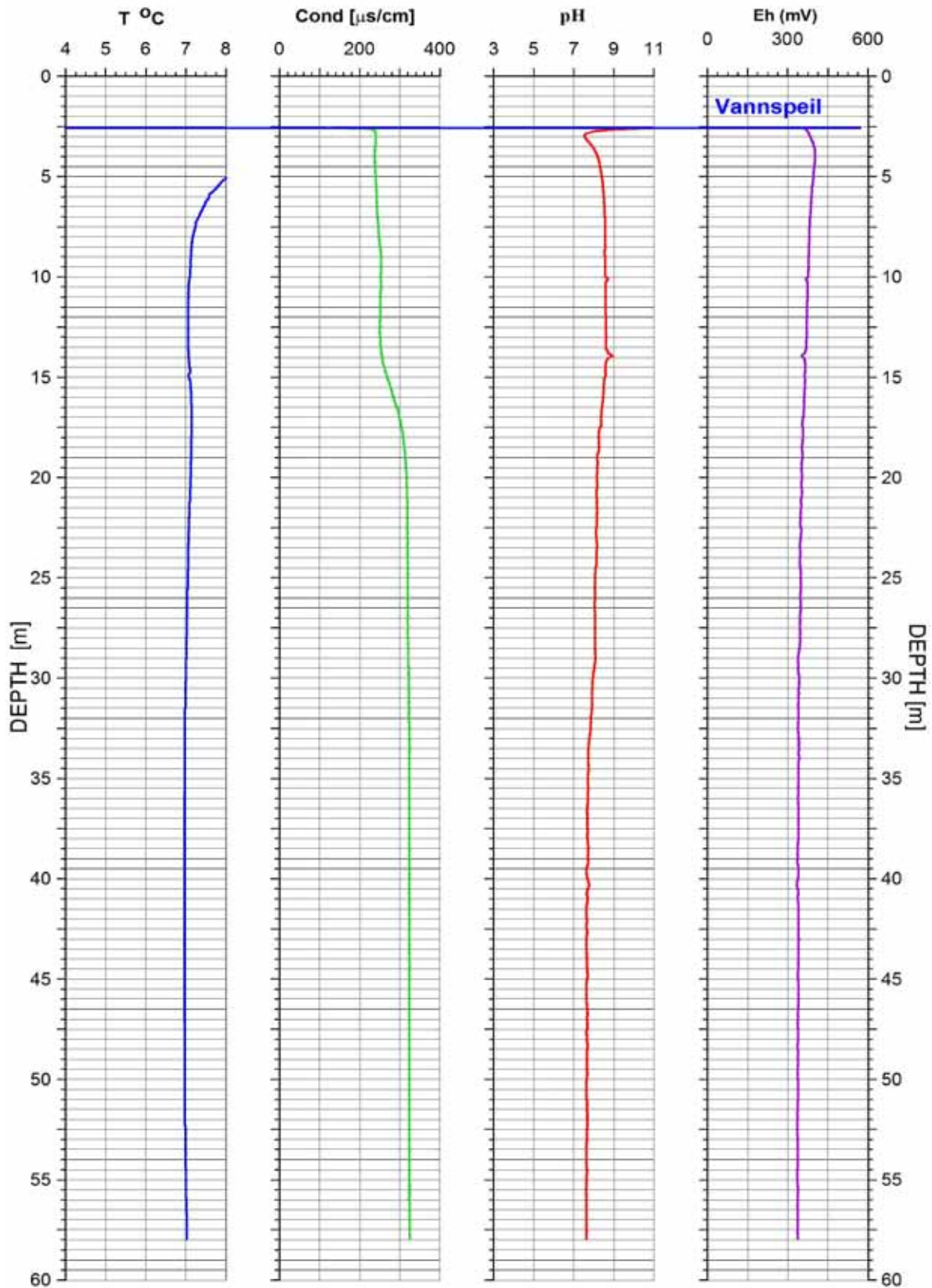
UTM 623294 E
32V 6707109 N
190 moh



Figur 86. Fb05 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 05 Ulvin

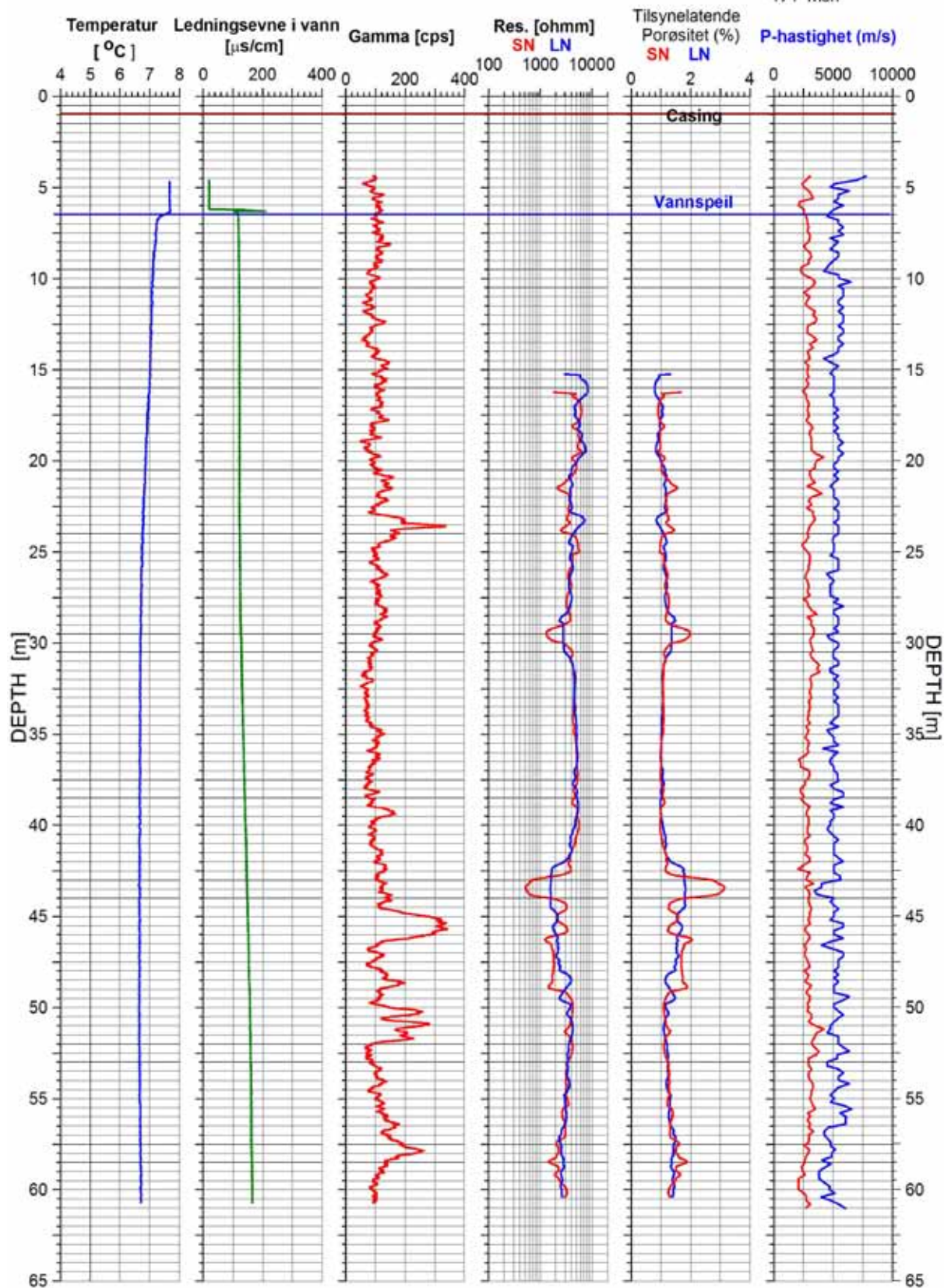
UTM 623294 E
32V 6707109 N
190 moh.



Figur 87. Fb05 Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb 25 Ulvin

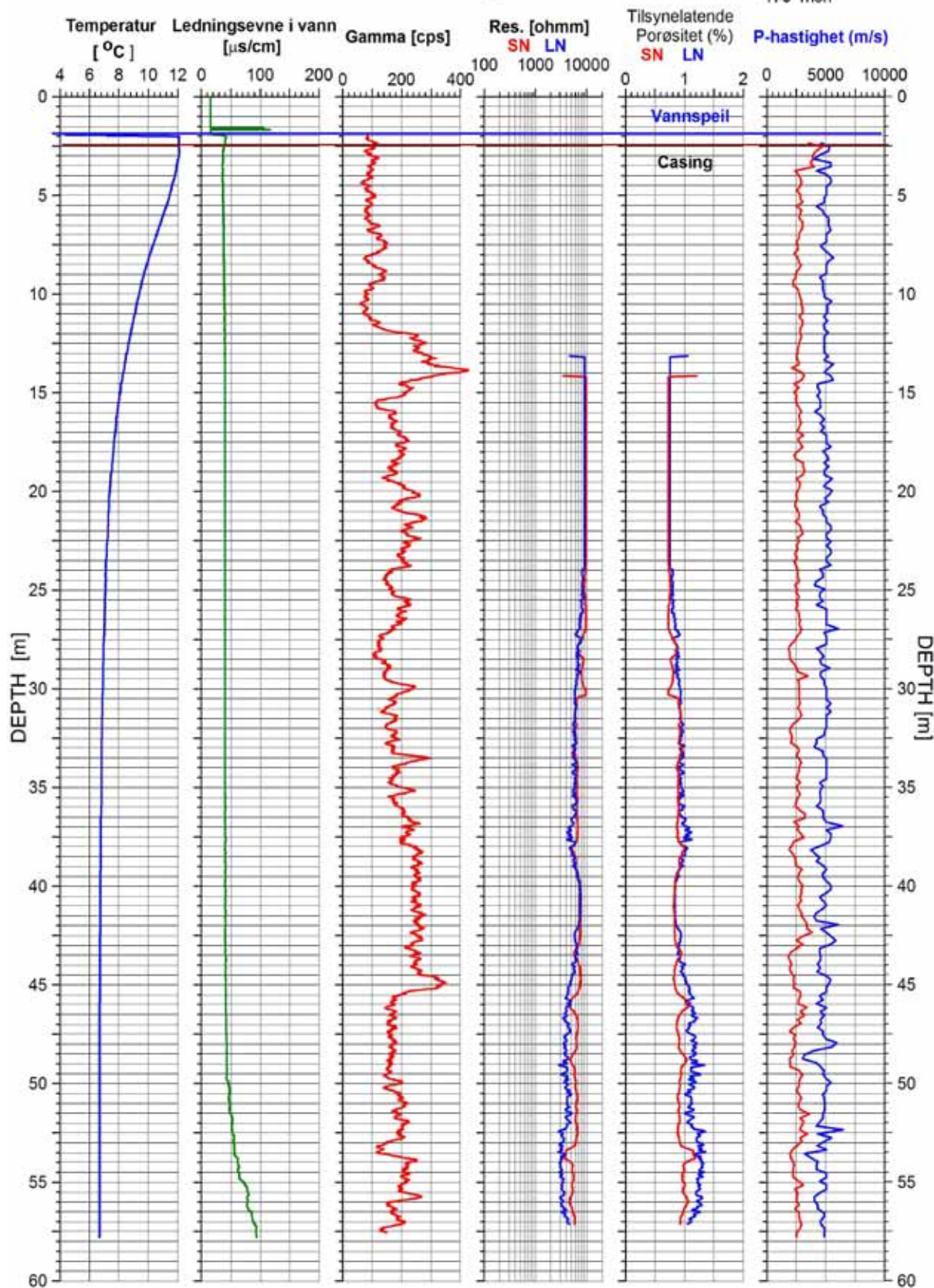
UTM 623354 E
32V 6706492 N
171 moh



Figur 88. Pb25. Ulvin. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet

Pb 03 Brøhaug

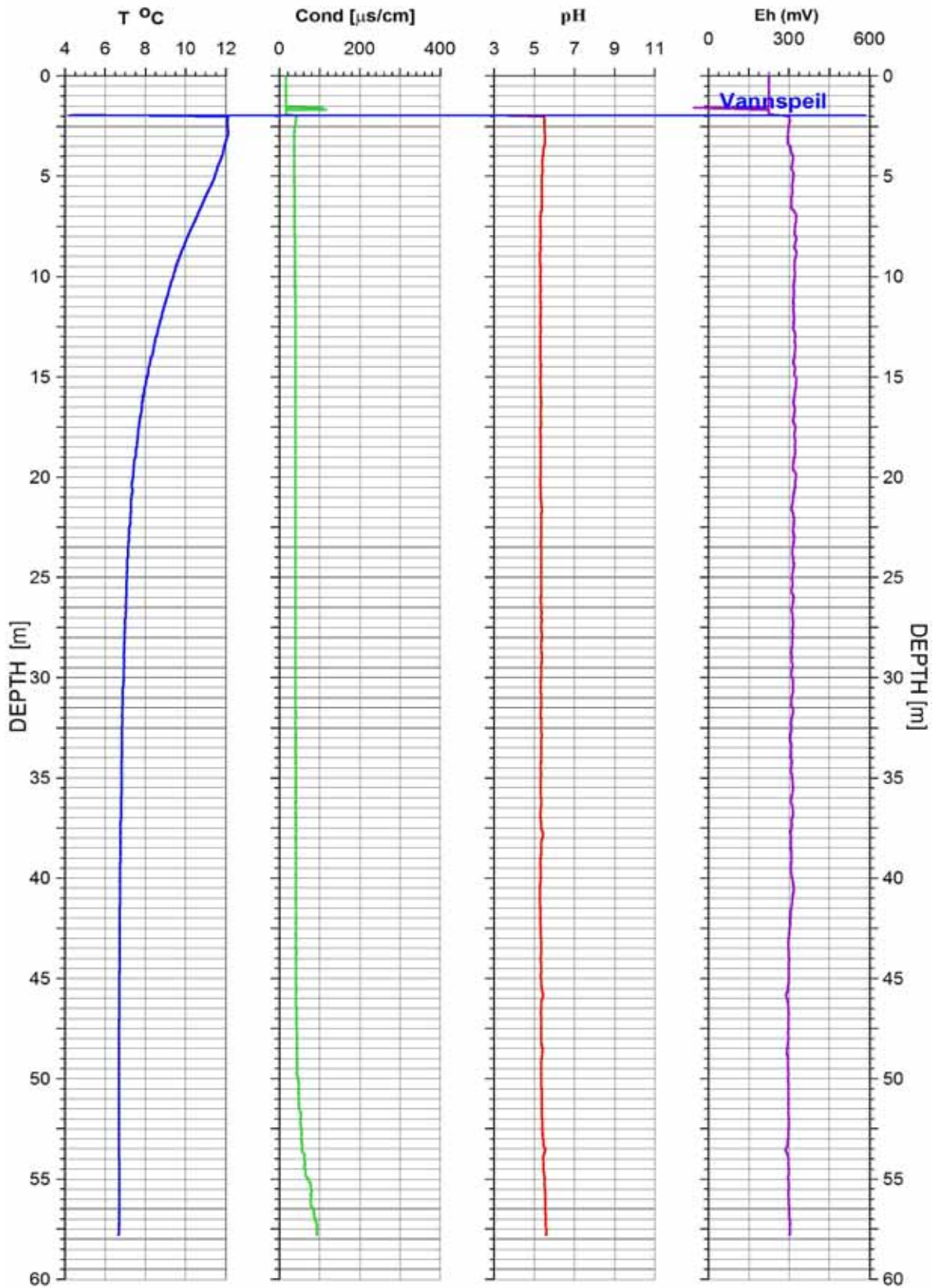
UTM 623459 E
32V 6704924 N
175 moh



Figur 89. Pb03 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 03 Brøhaug

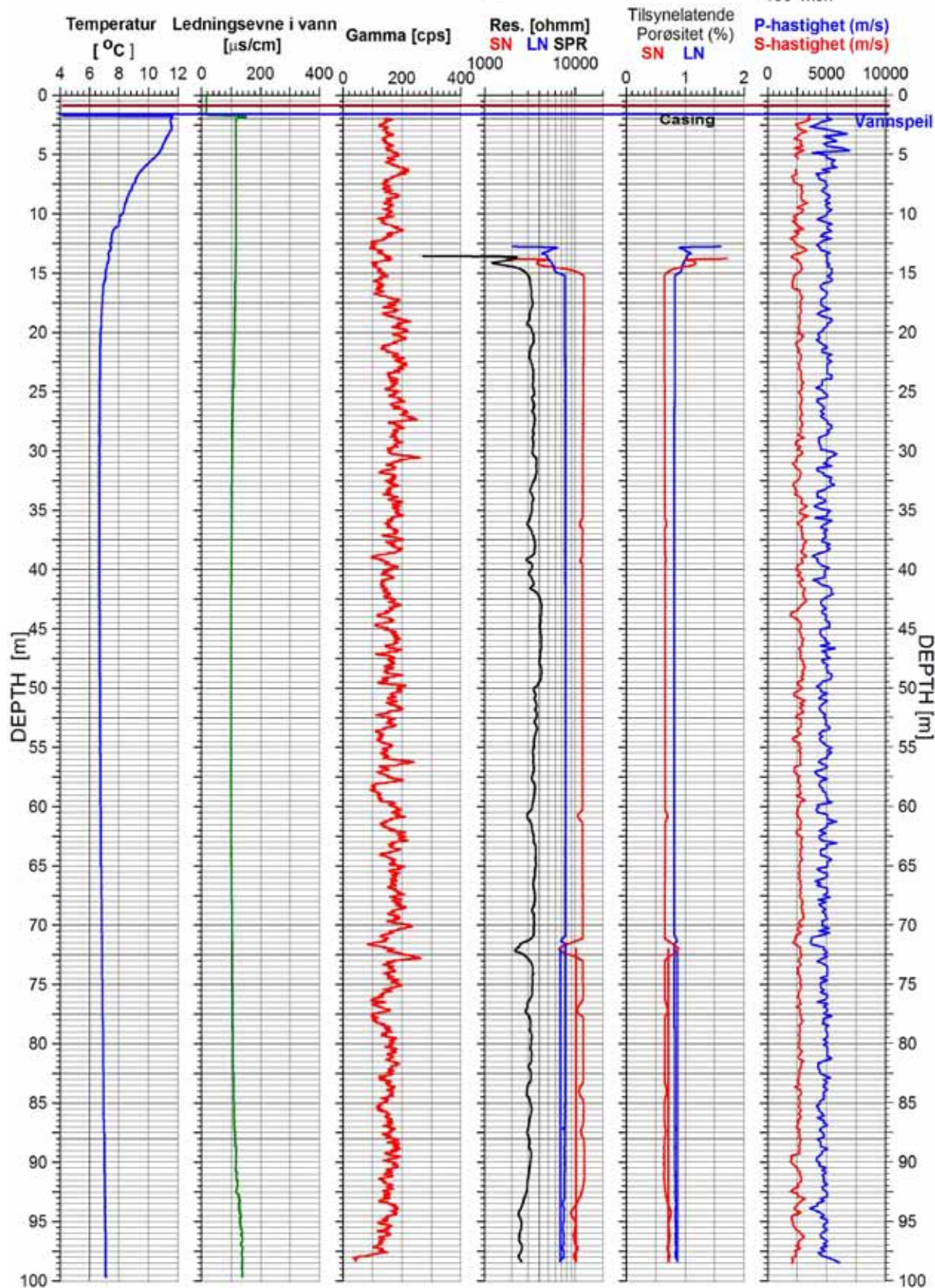
UTM 623459 E
32V 6704924 N
175 moh



Figur 90. Pb03 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb 04 Brøhaug

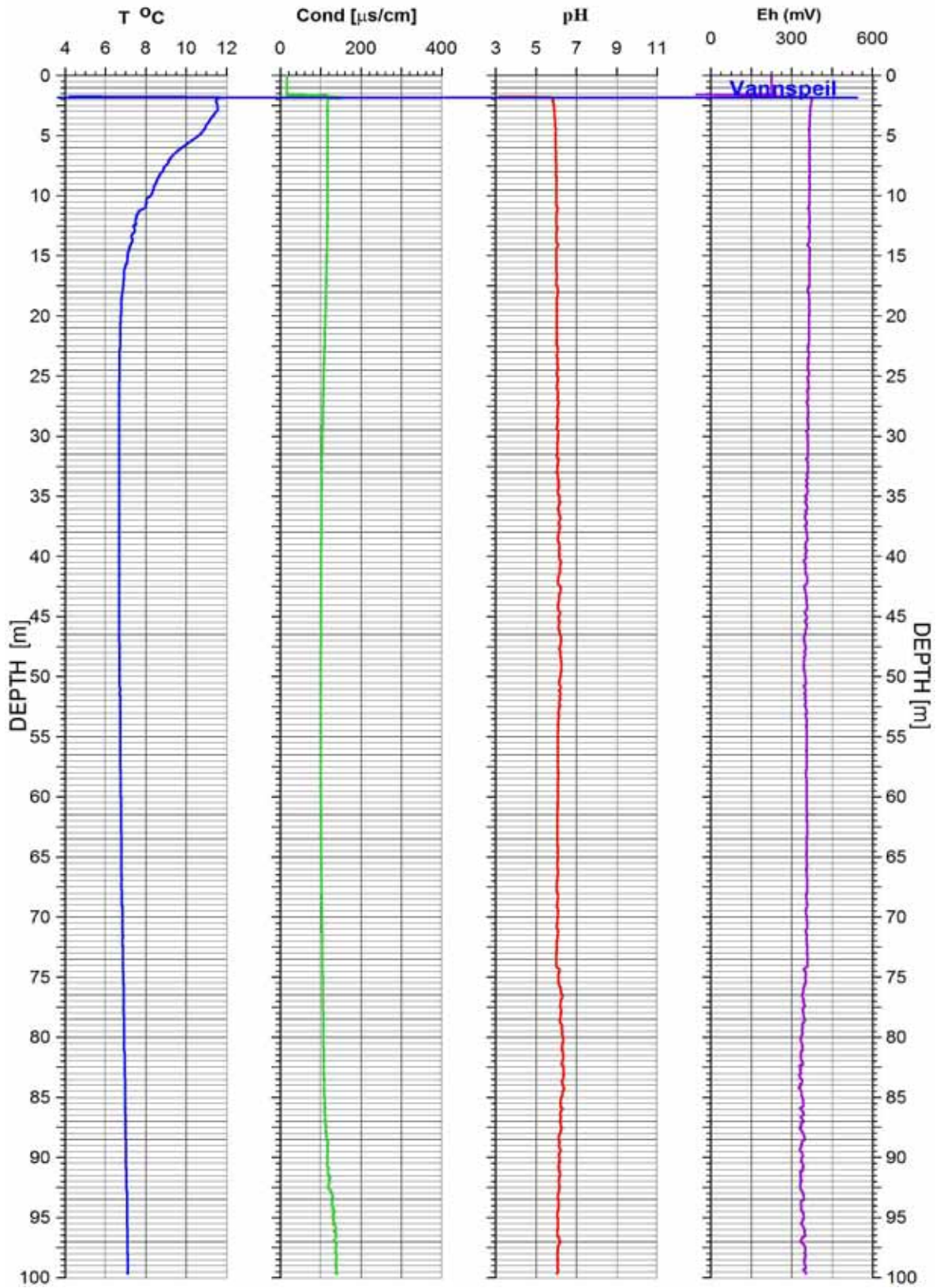
UTM 623332 E
32V 6705255 N
150 moh



Figur 91. Pb04 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 04 Brøhaug

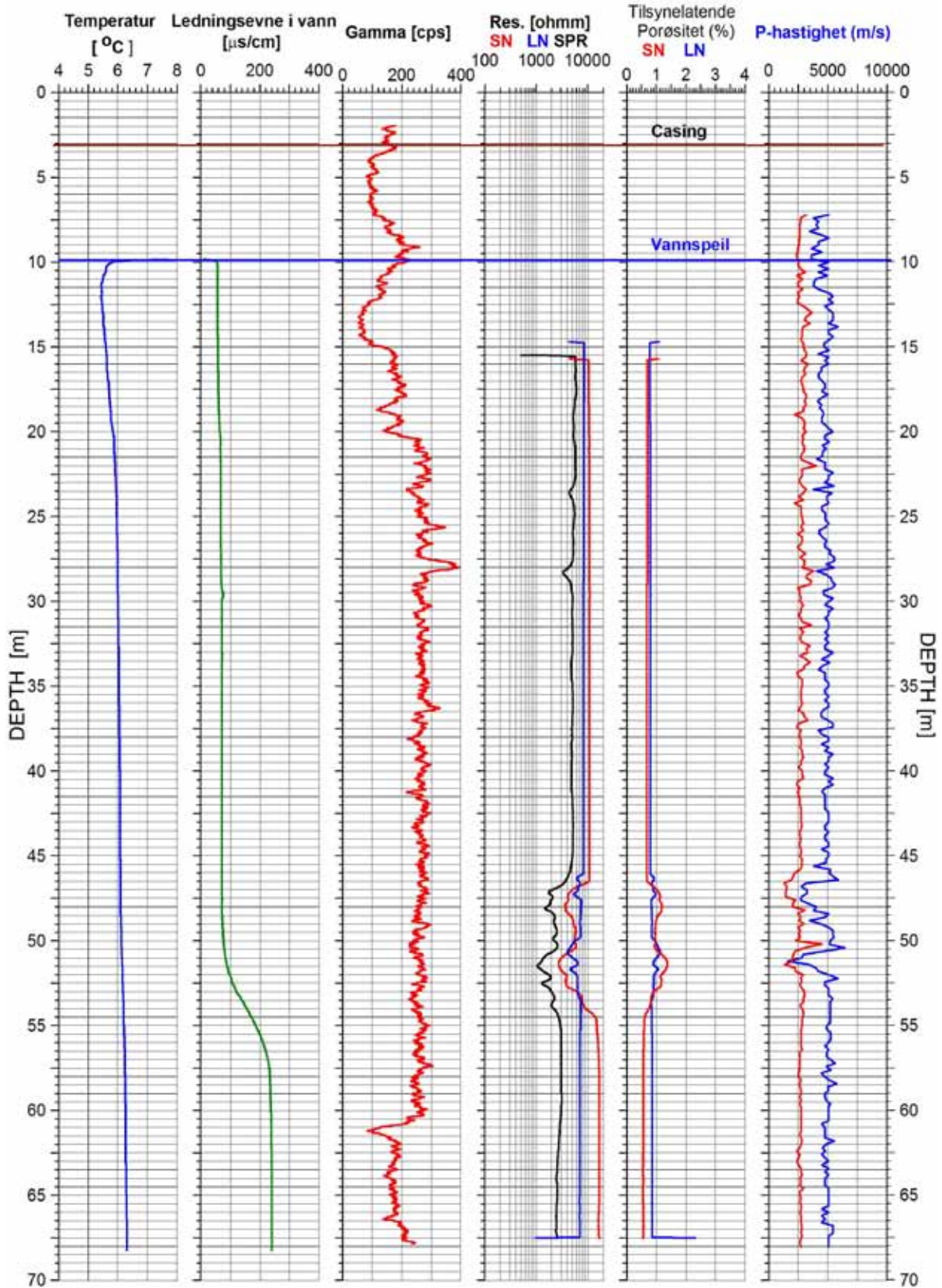
UTM 623332 E
32V 6705255 N
150 moh



Figur 92. Pb04 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Fb 02 Brøhaug

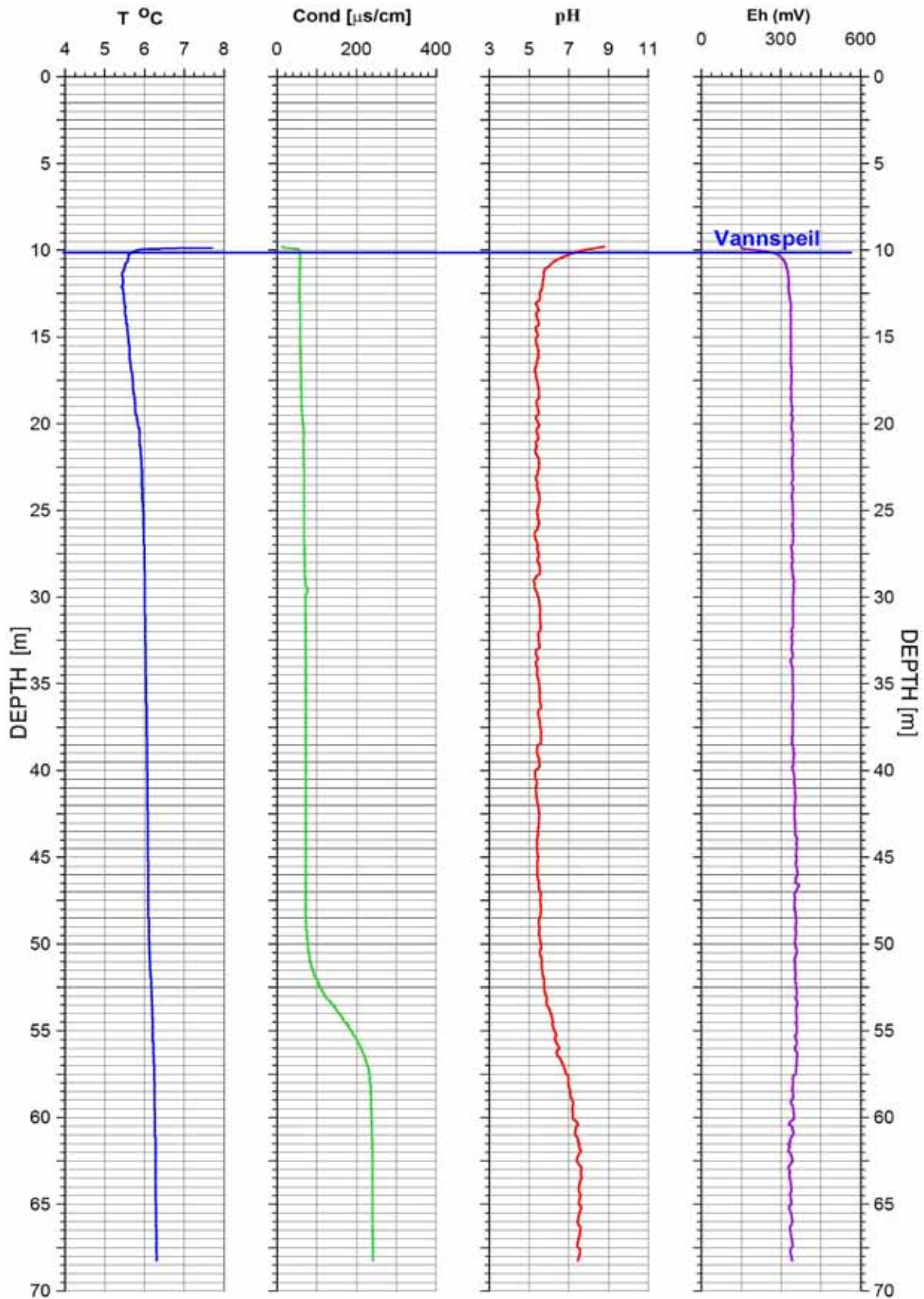
UTM 623507 E
32V 6704769 N
188 moh



Figur 93. Fb02 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 02 Brøhaug

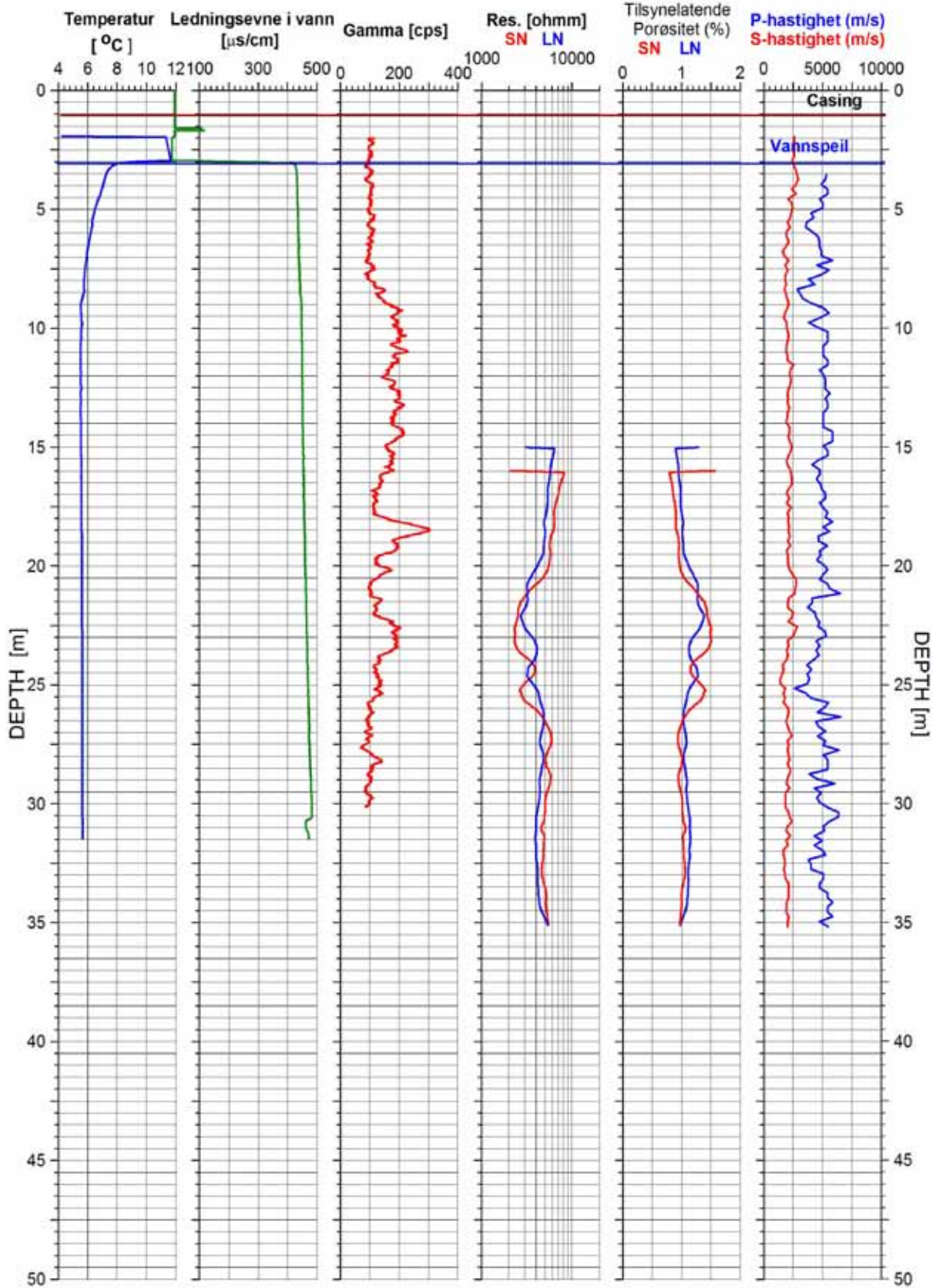
UTM 623507
32V 6704769 N
188 moh.



Figur 94. Fb02 Brøhaug. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Ulvinmyra

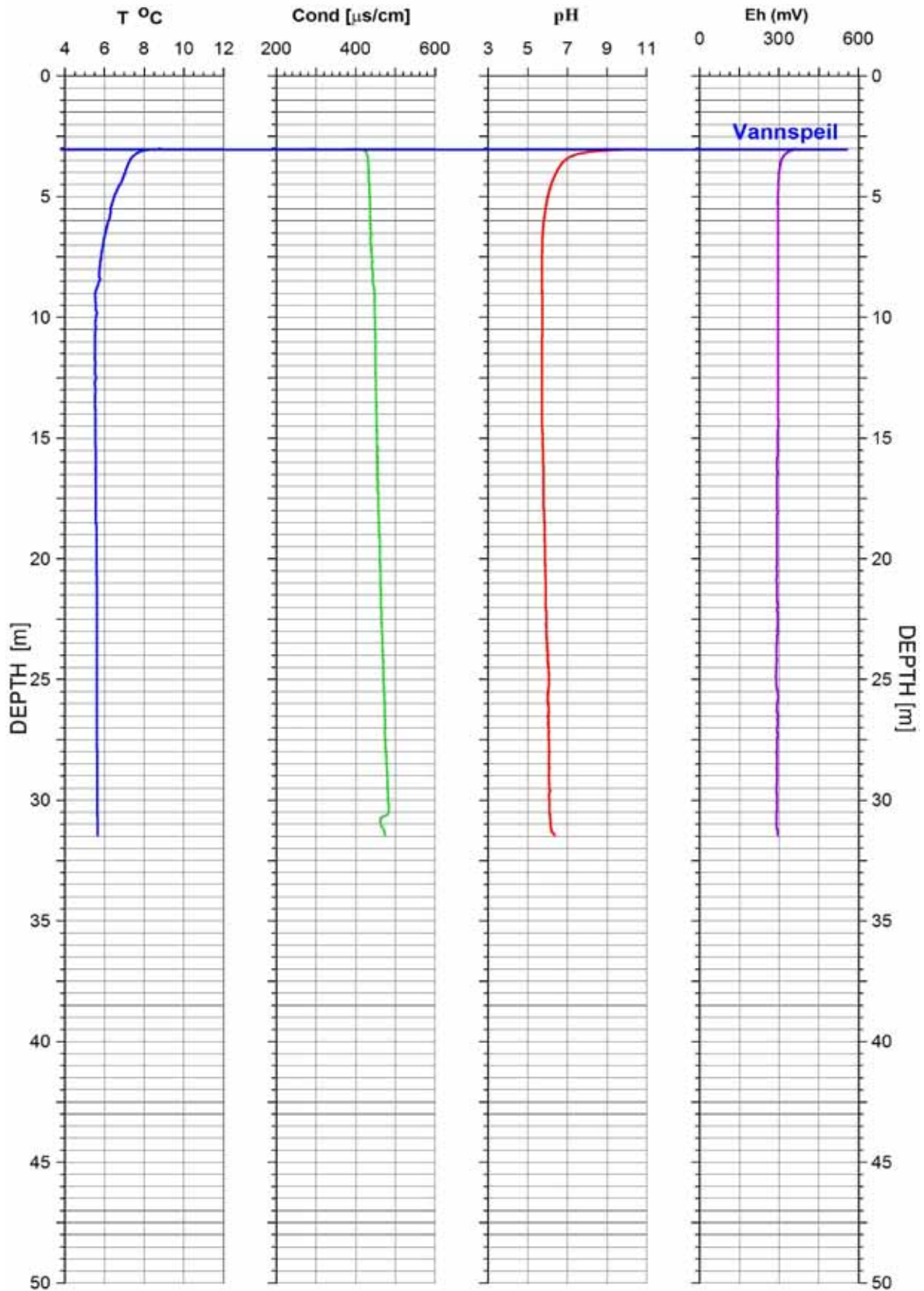
UTM 624716 E
32V 6705572 N
405 moh



Figur 95. Ulvinmyra. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet

Ulvinmyra

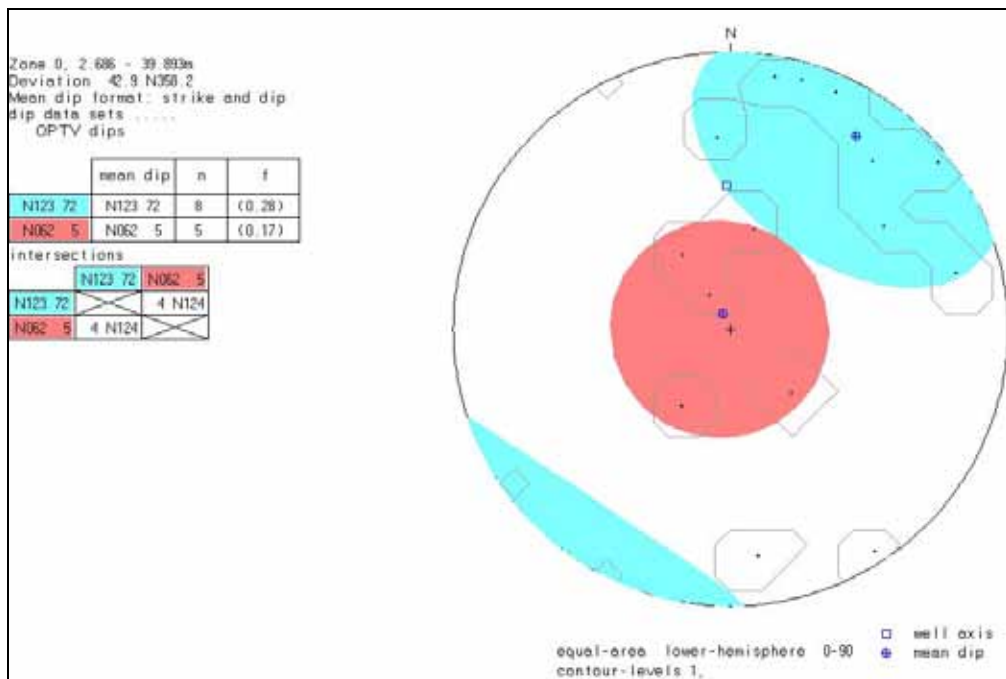
UTM 624716 E
32V 6705572 N
405 moh



Figur 96. Ulvinmyra. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

4.2.2 Optisk televiewer, sprekkestereogram, sprekkefrekvens og rosedigram, Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.

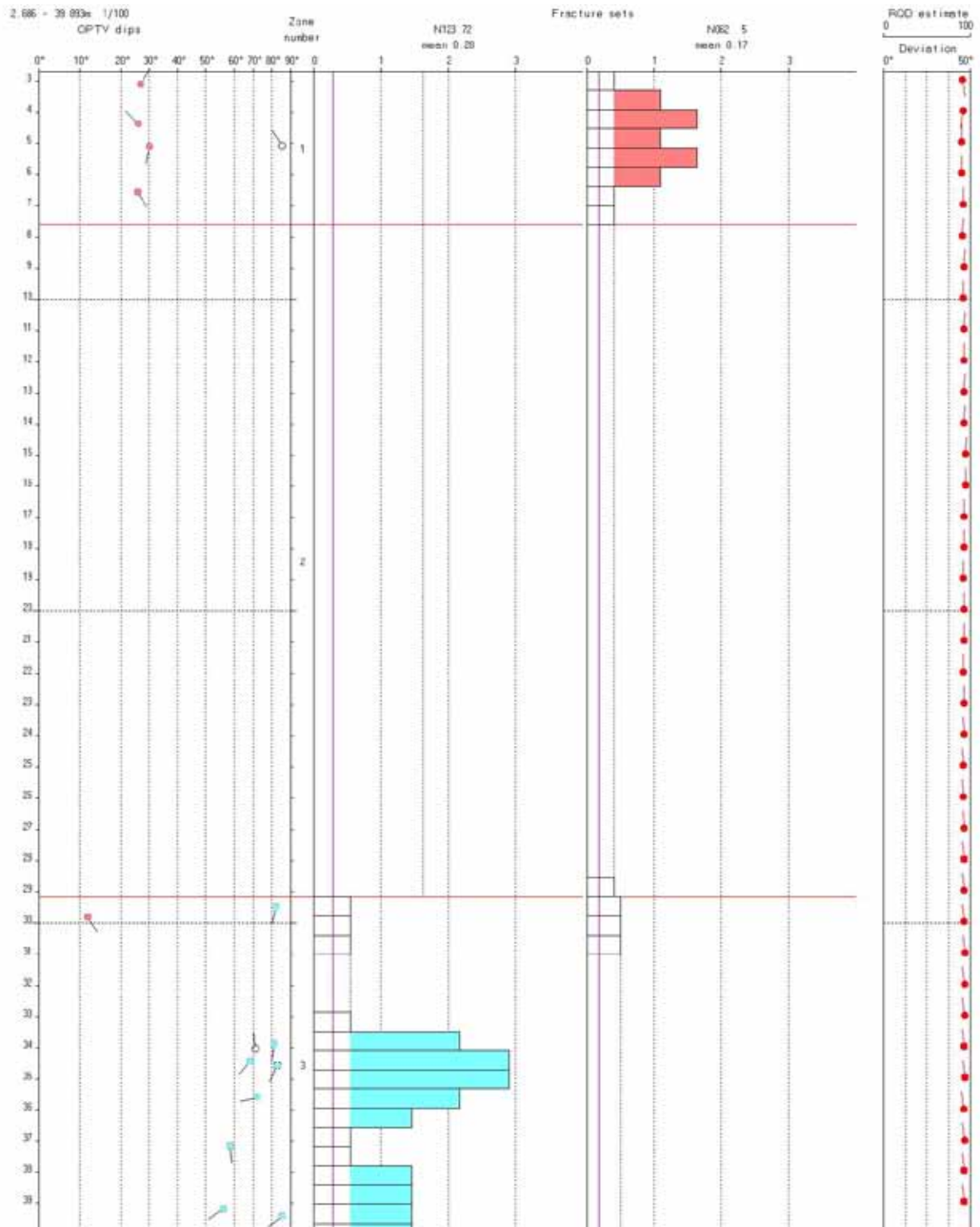
Figur 97 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb03. OPTV sonden stoppet ved ca 40 m trolig på grunn av ras i hullet. Denne sonden har sentraliseringsfjærer som presses mot hullveggen og sonden kunne ikke passere rasstedet. Det samme var tilfelle med akustisk. De øvrige sonder passerte ned til bunn på ca 100 m. Sprekkenes hovedstrøkretning og fall er N123 72, ØSØ med steilt fall mot SSV. Tabellen i figur 97 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb03 er vist i figur 98 som også viser rosedigram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 99 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 97. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb03.

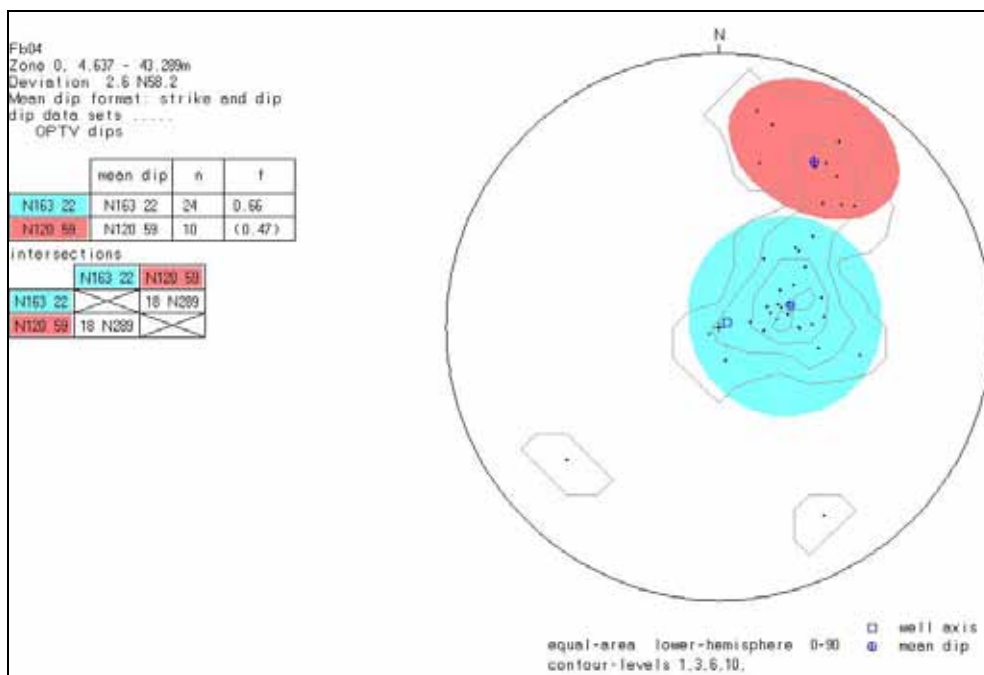


Figur 98. Brønnlokalitet Fb03 (venstre) og rosedigram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 99. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb03.

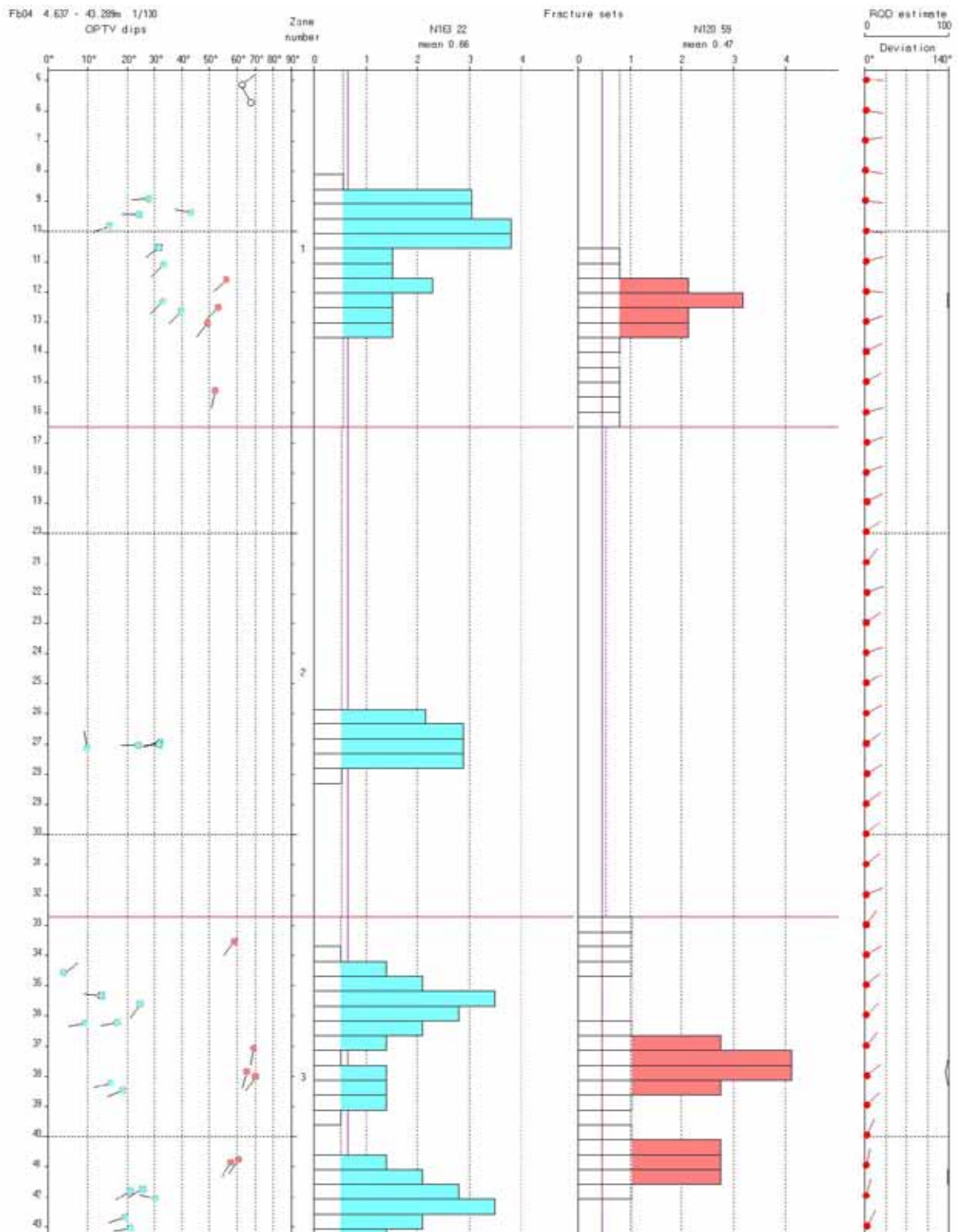
Figur 100 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb04. Denne brønnen var artesisk med en svak strøm av vann ut av hullet. Sprekkes hovedstrøkretning og fall er N163 22, SØ med slakt fall mot SV. Tabellen i figur100 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb04 er vist i figur 101 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 102 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Oppsprekking ved 10-11 m, 27 m og 42 m gir lav P-bølgnehastighet, og lav resistivitet ved 27 m.



Figur 100. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb04.

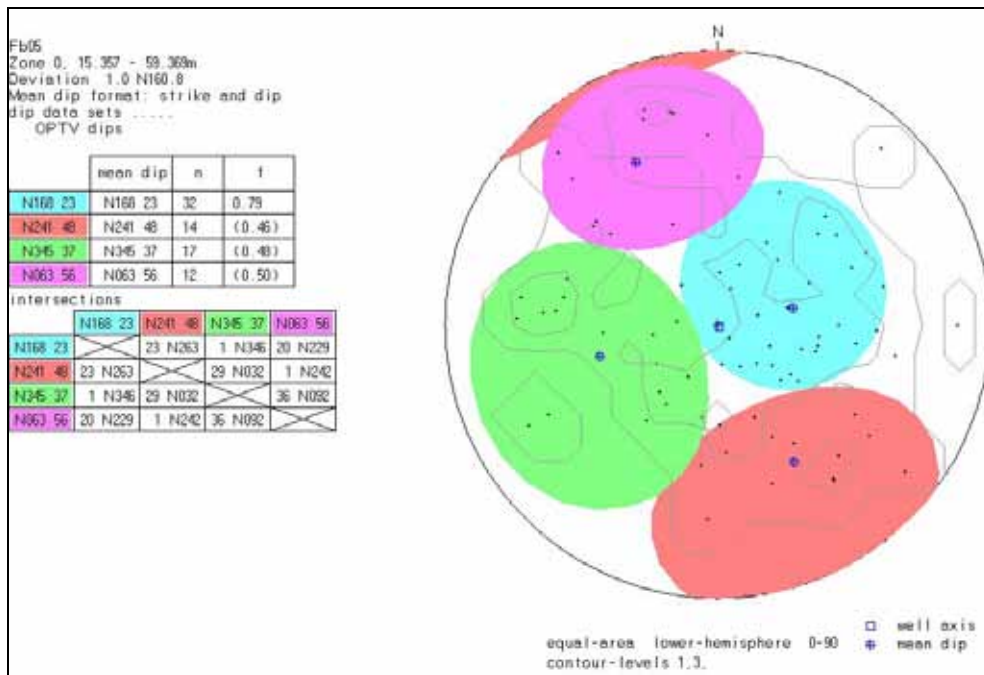


Figur 101. Brønnlokalitet Fb04 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 102. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb04.

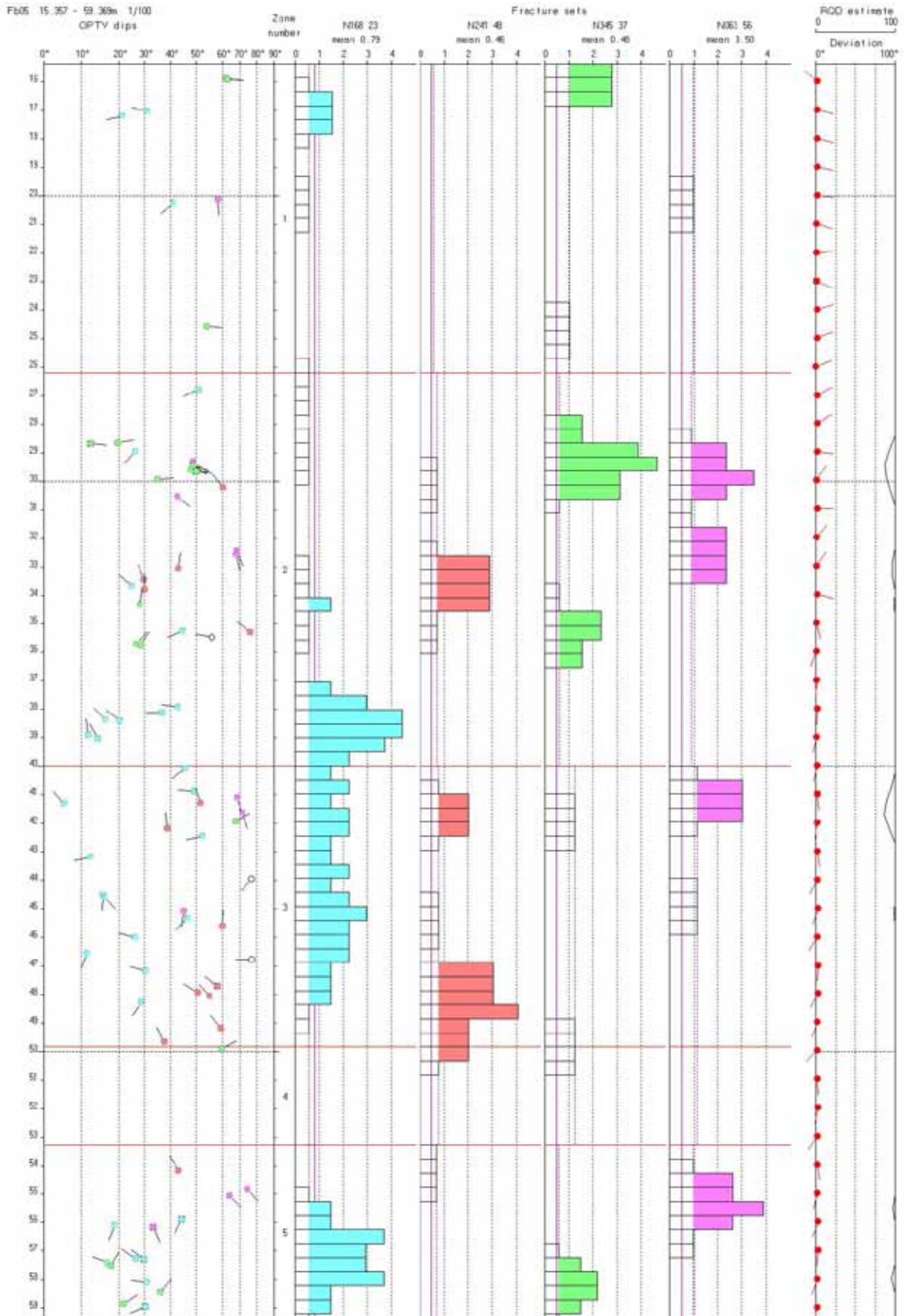
Figur 103 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb05. Det er stor variasjon i strøkretningen i denne brønnen. Tabellen i figur 103 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb05 er vist i figur 104 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 105 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Denne brønnen hadde meget lav resistivitet som kan forårsake både vann og stabilitetsproblemer se kapittel 4.2.1, tabell 6. Lav P-bølgehastighet og sterk oppsprekking indikerer partier med dårlig fjell.



Figur 103. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb05.

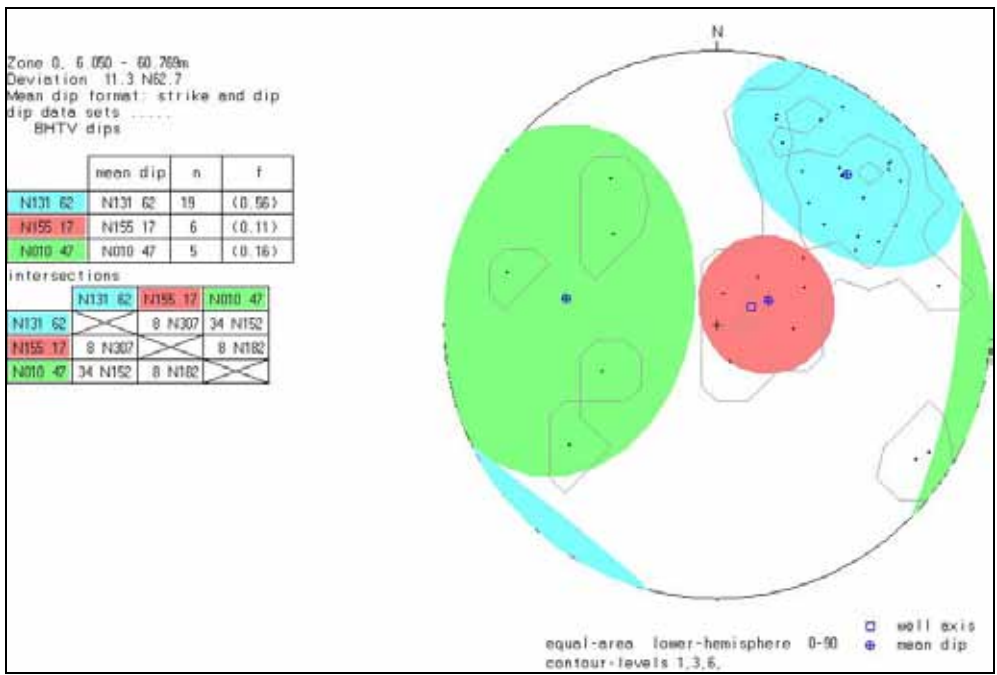


Figur 104. Brønnlokalitet Fb05 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 105. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb05.

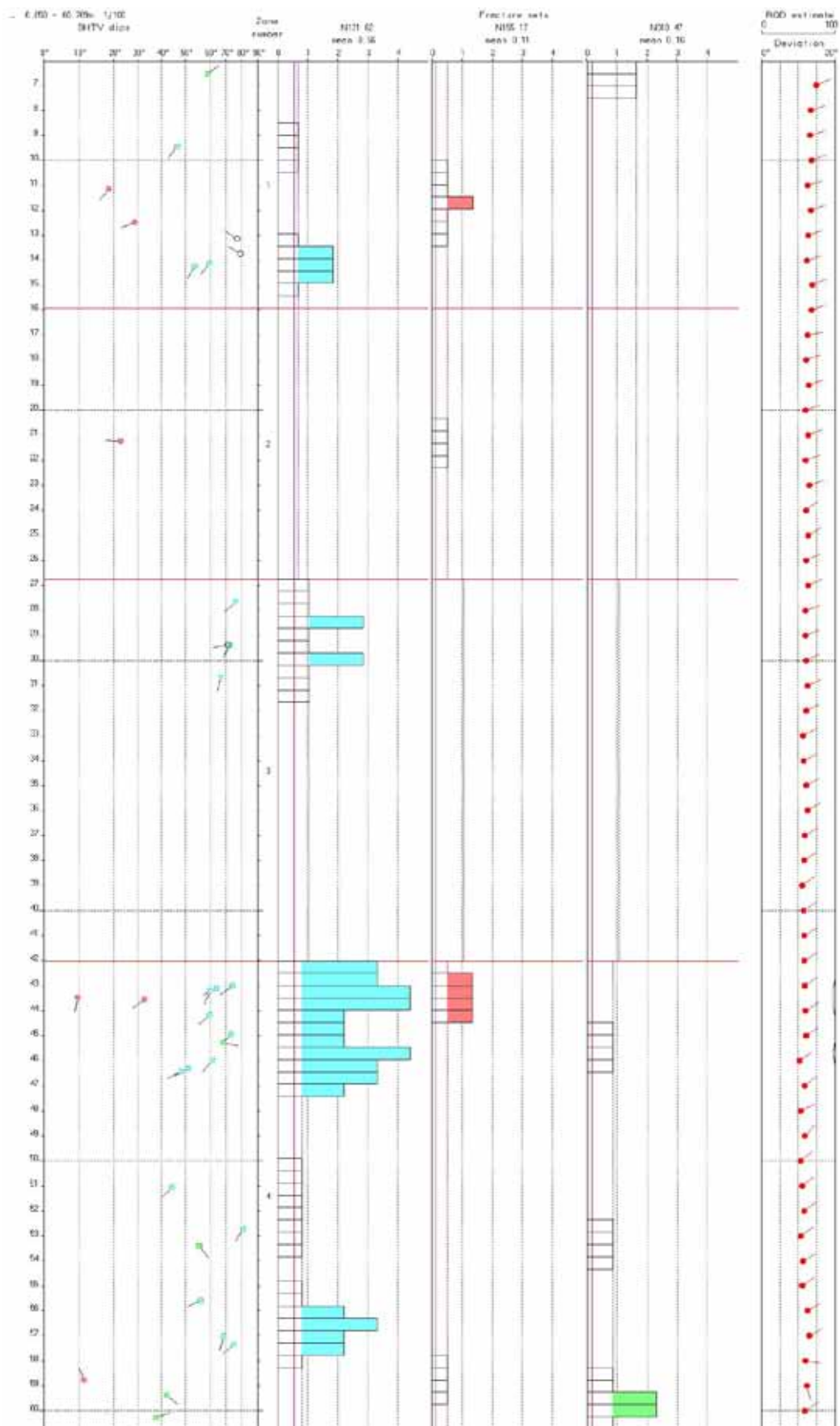
Figur 106 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb25. Sprekkenes hovedstrøkretning er N131, SØ, med slakt fall mot SV. Tabellen i figur 106 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb25 er vist i figur 107 som også viser rosendiagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 108 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Det var svært grumset vann (rustutfelling) i denne brønnen.



Figur 106. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb25.

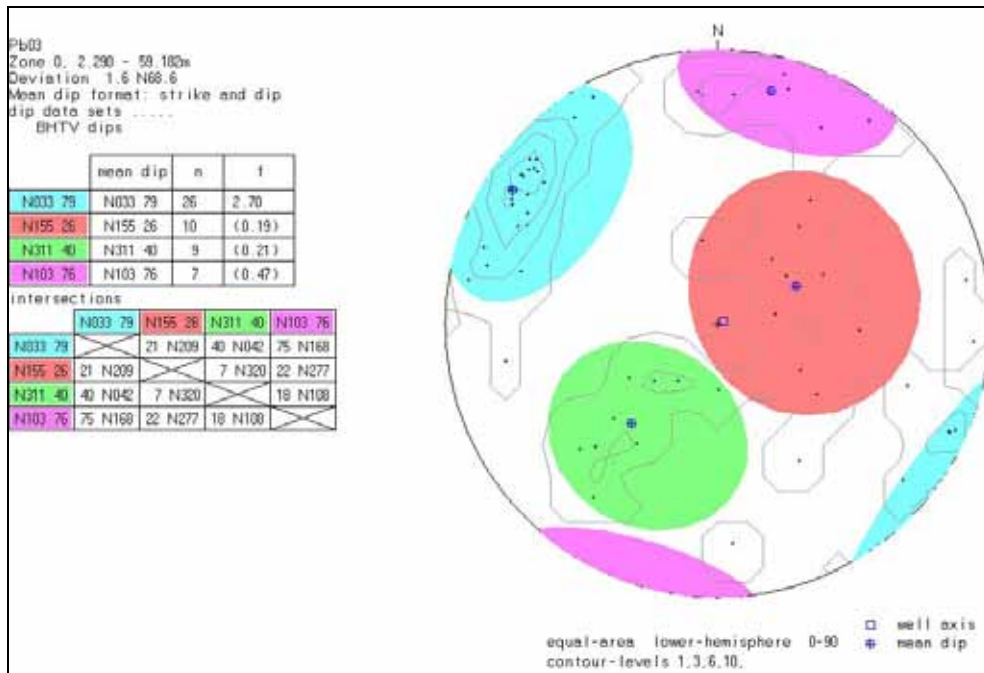


Figur 107. Brønnlokalitet Pb25 (venstre) og rosendiagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 108. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb25.

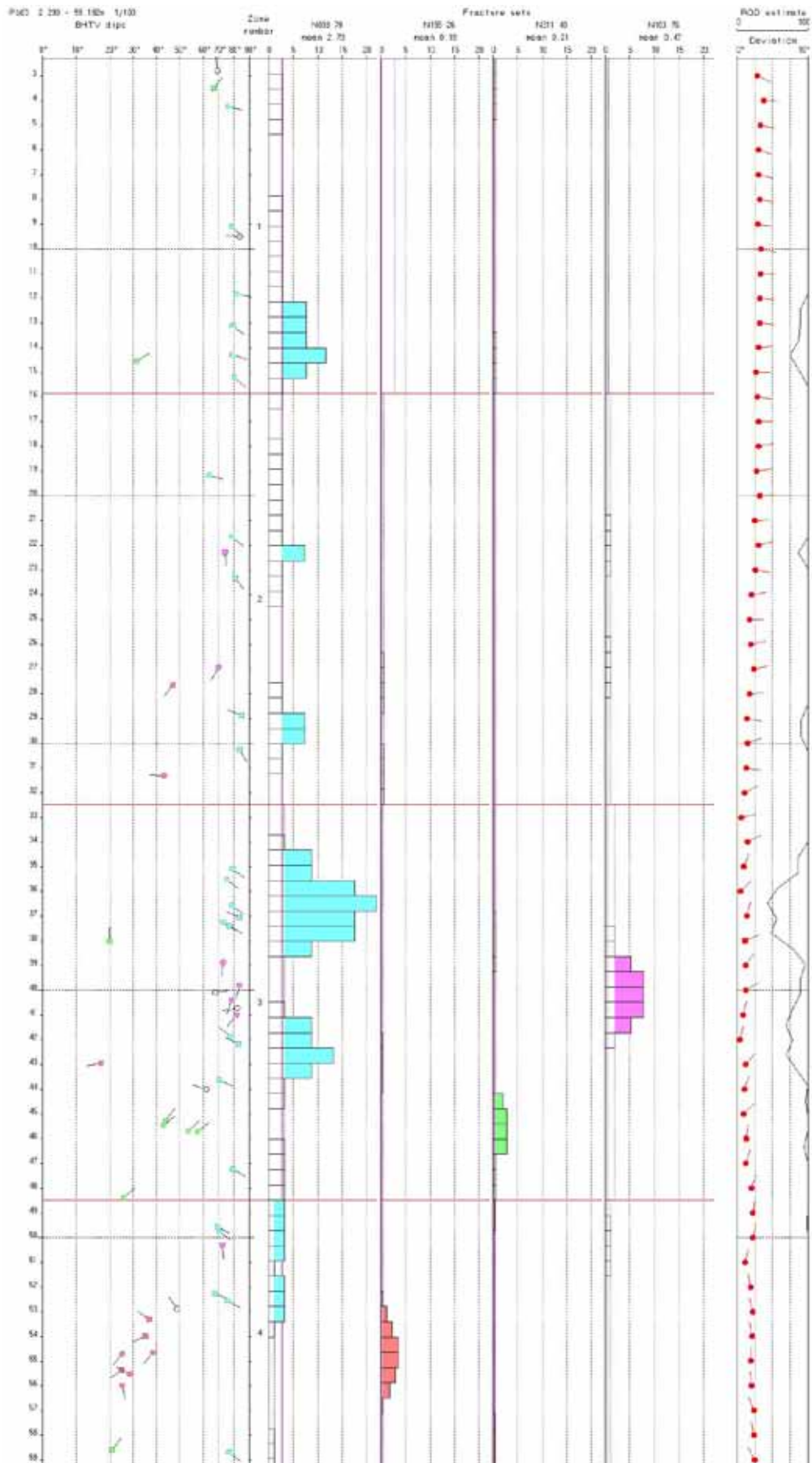
Figur 109 viser sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb03. Sprekkenes hovedstrøkretning er N033, NNØ, med steilt fall mot ØSØ. Tabellen i figur 109 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb03 er vist i figur 110 som også viser rosendiagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 111 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Fra 38 m var det mye manganutfelling og mørk borehullsvegg. Akustisk televiwer ble her benyttet til sprekketolkning.



Figur 109. Sprekkesterogram av indikerte sprekker i brønn Pb03.

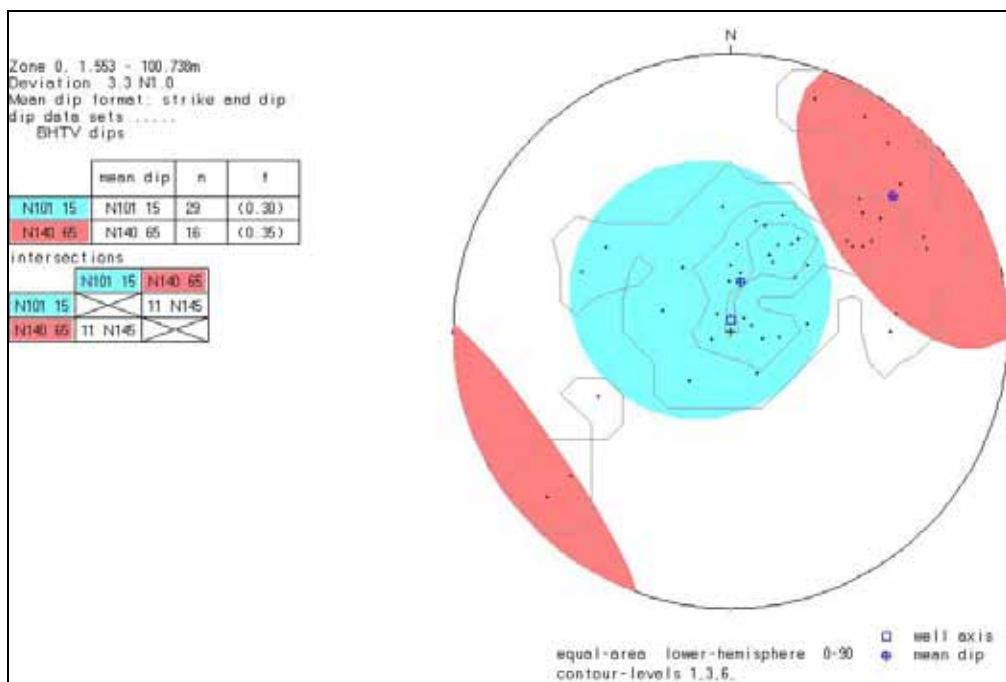


Figur 110. Brønnlokalitet Pb03 (venstre) og rosendiagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

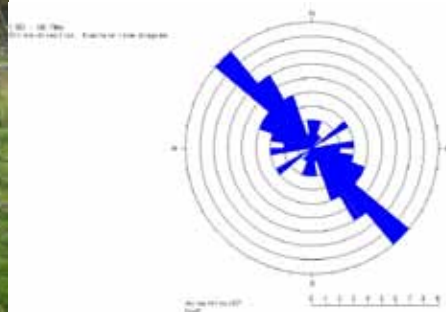


Figur 111. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb03.

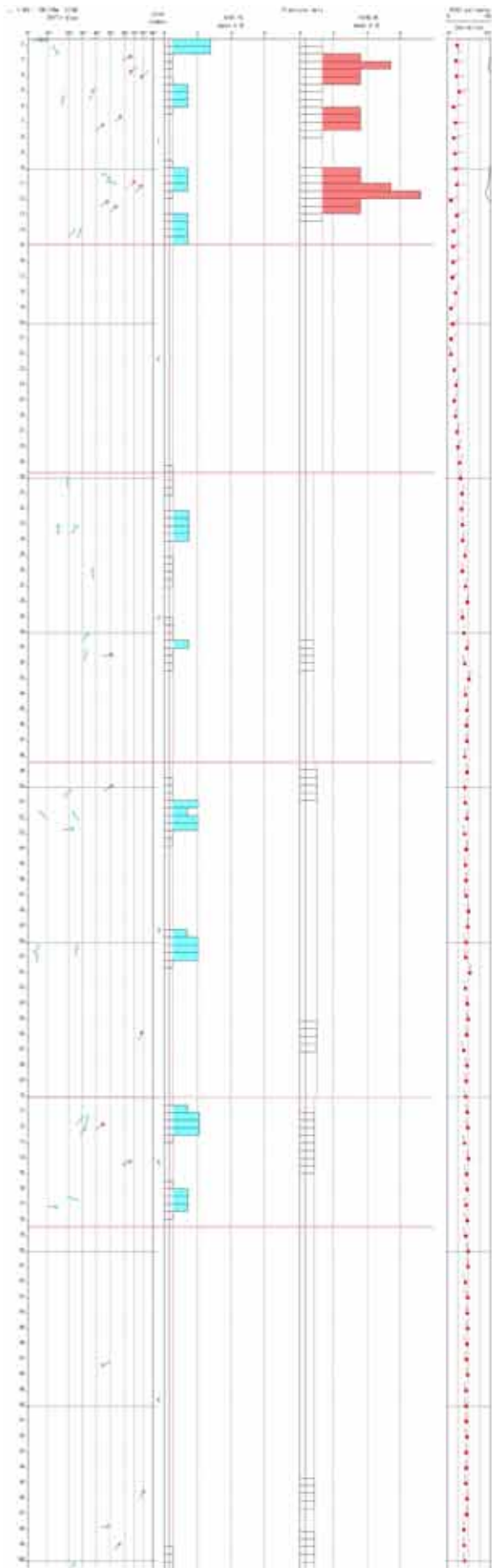
Figur 112 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb04. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretning er NV-SØ, se rosediagram figur 113. Fallet er mot SV. Tabellen i figur 112 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Pb04 er vist i figur 113 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 114 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre.



Figur 112. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Pb04.

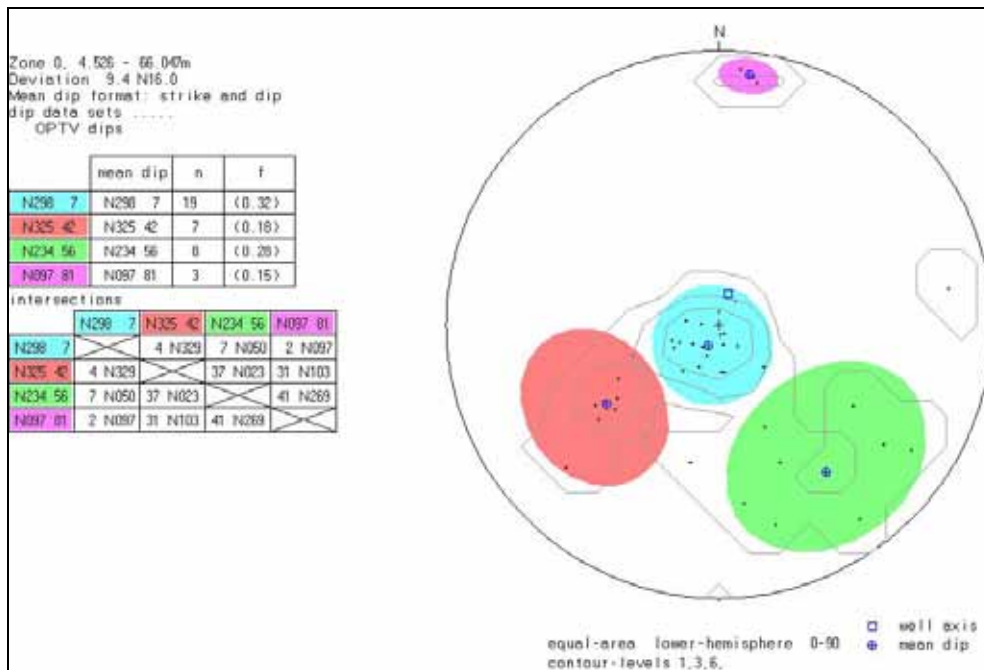


Figur 113. Brønnlokalitet Pb04 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 114. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb04.

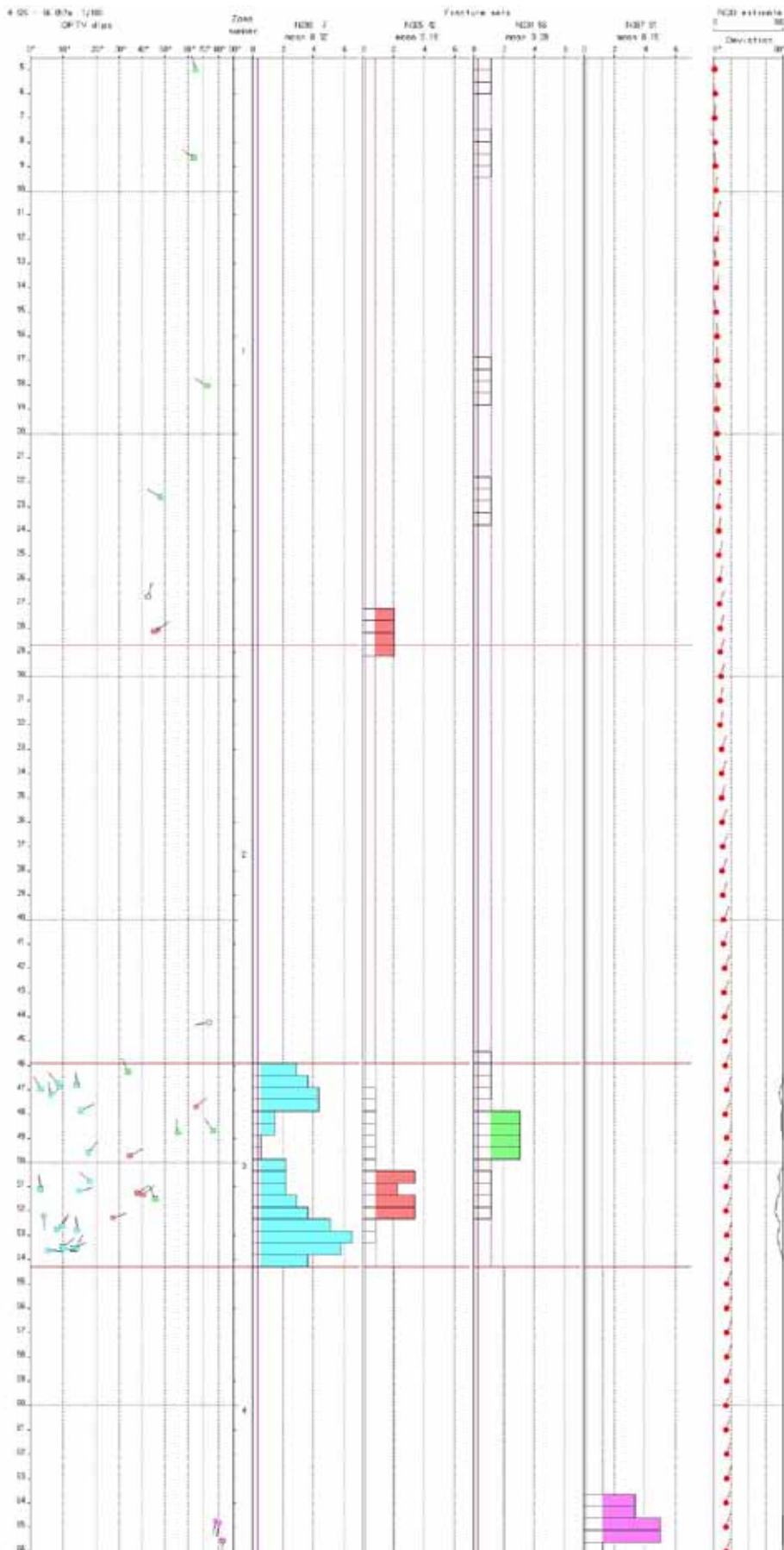
Figur 115 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb02. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretninger er ØV og NV-SØ, se rosediagram figur 116. Fallet er mot SV. Tabellen i figur 115 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb02 er vist i figur 116 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 117 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen er tydelig oppsprukket ved 46 – 54 m. Det er ikke åpne vannførende sprekker.



Figur 115. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb02.

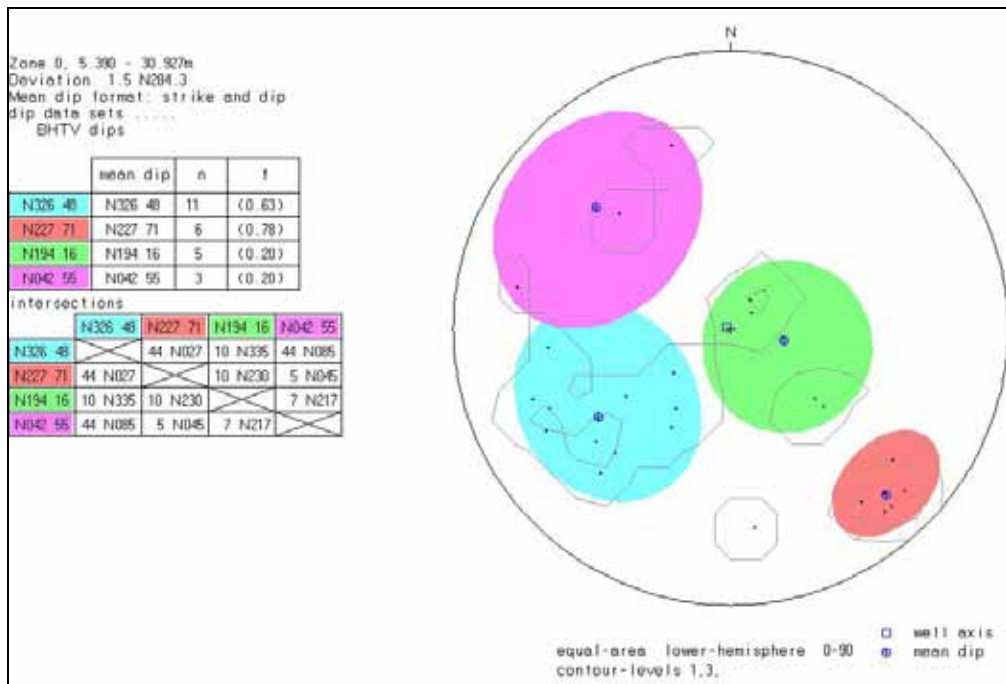


Figur 116. Brønnlokalitet Fb02 (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

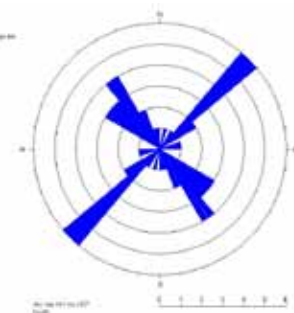


Figur 117. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb02.

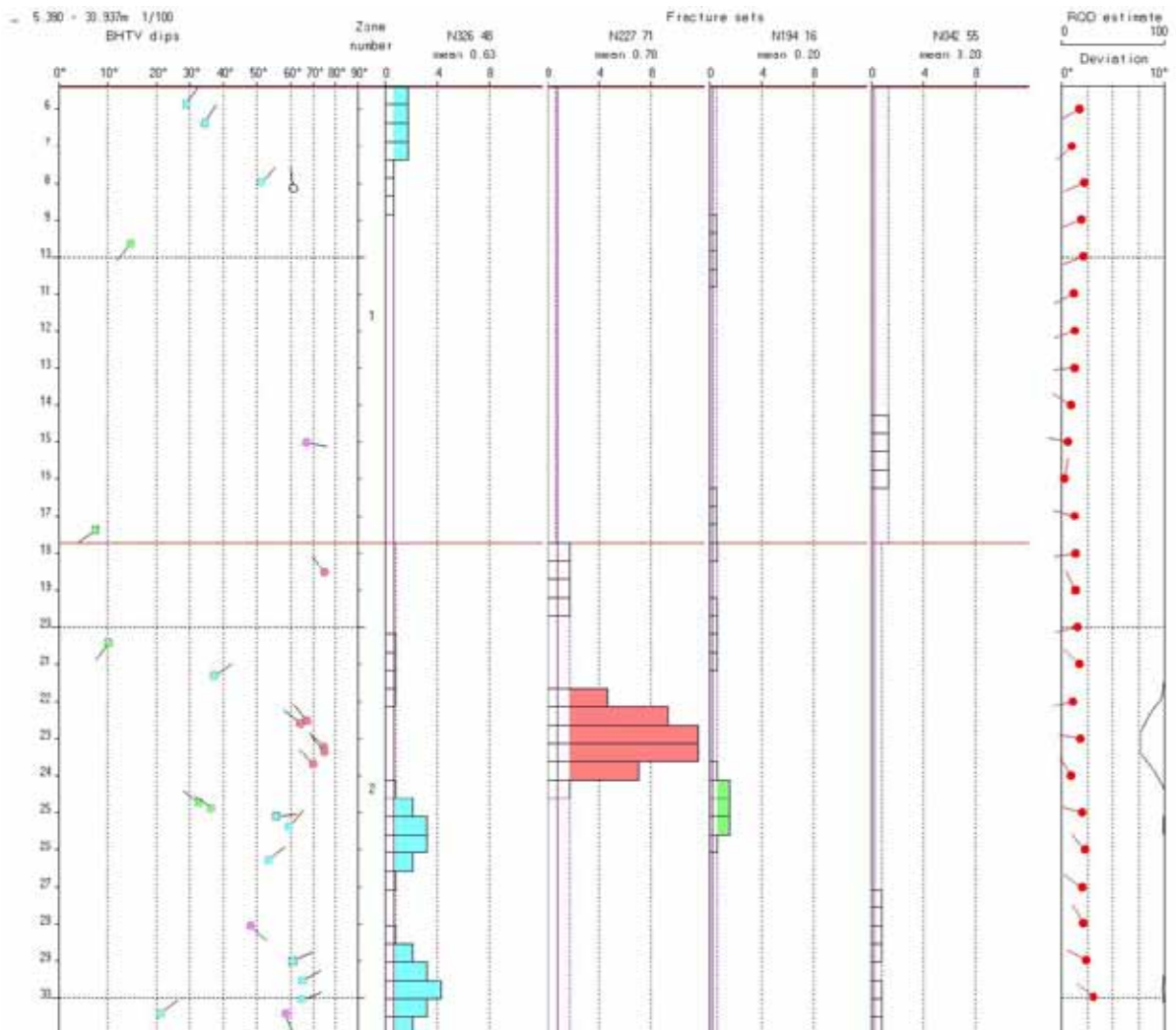
Figur 118 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Ulvinmyra. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretninger er NV-SØ og NØ-SV, se rosediagram figur 119. Tabellen i figur 118 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkefrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Ulvinmyra er vist i figur 119 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 120 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Det var mye slam i bunnen av brønnen.



Figur 118. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Ulvinmyra



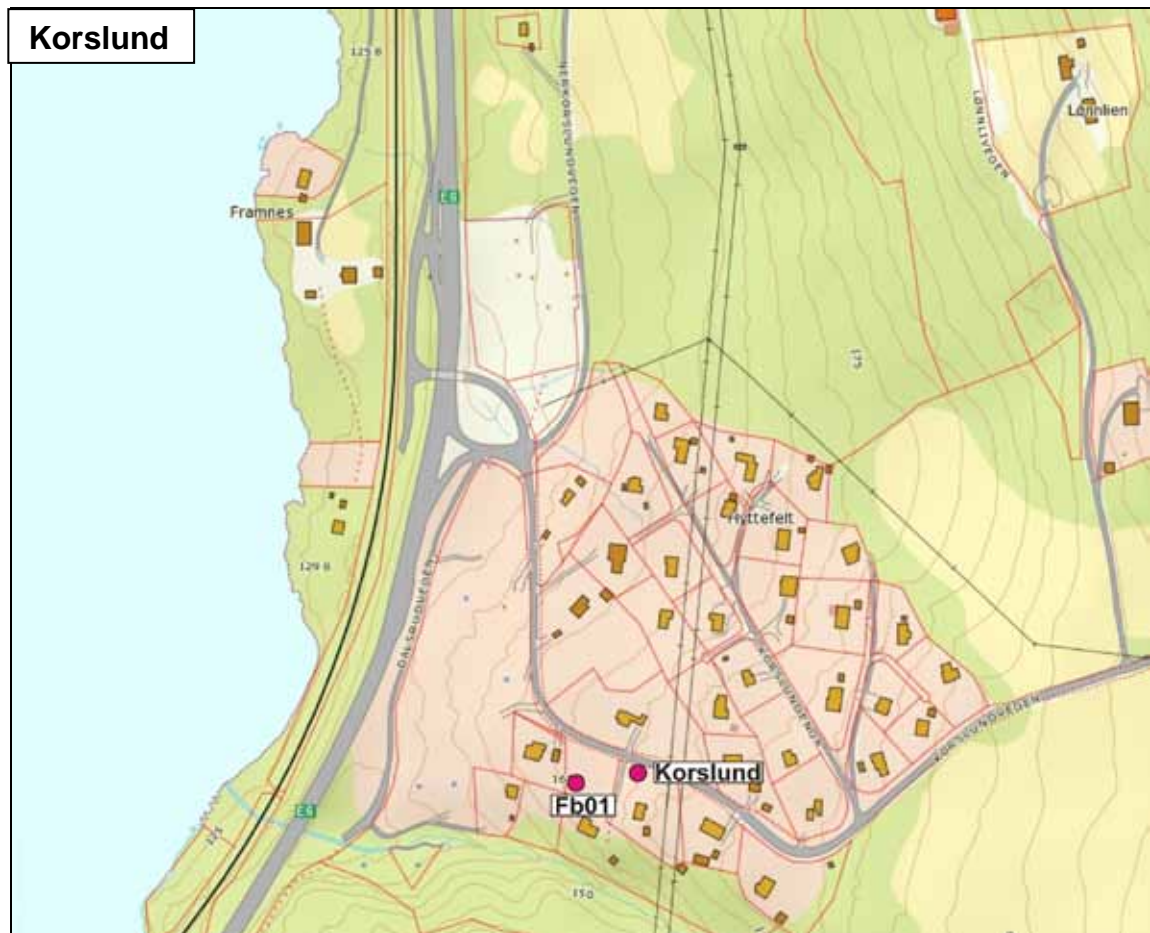
Figur 119. Brønnlokalitet Ulvinmyra (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



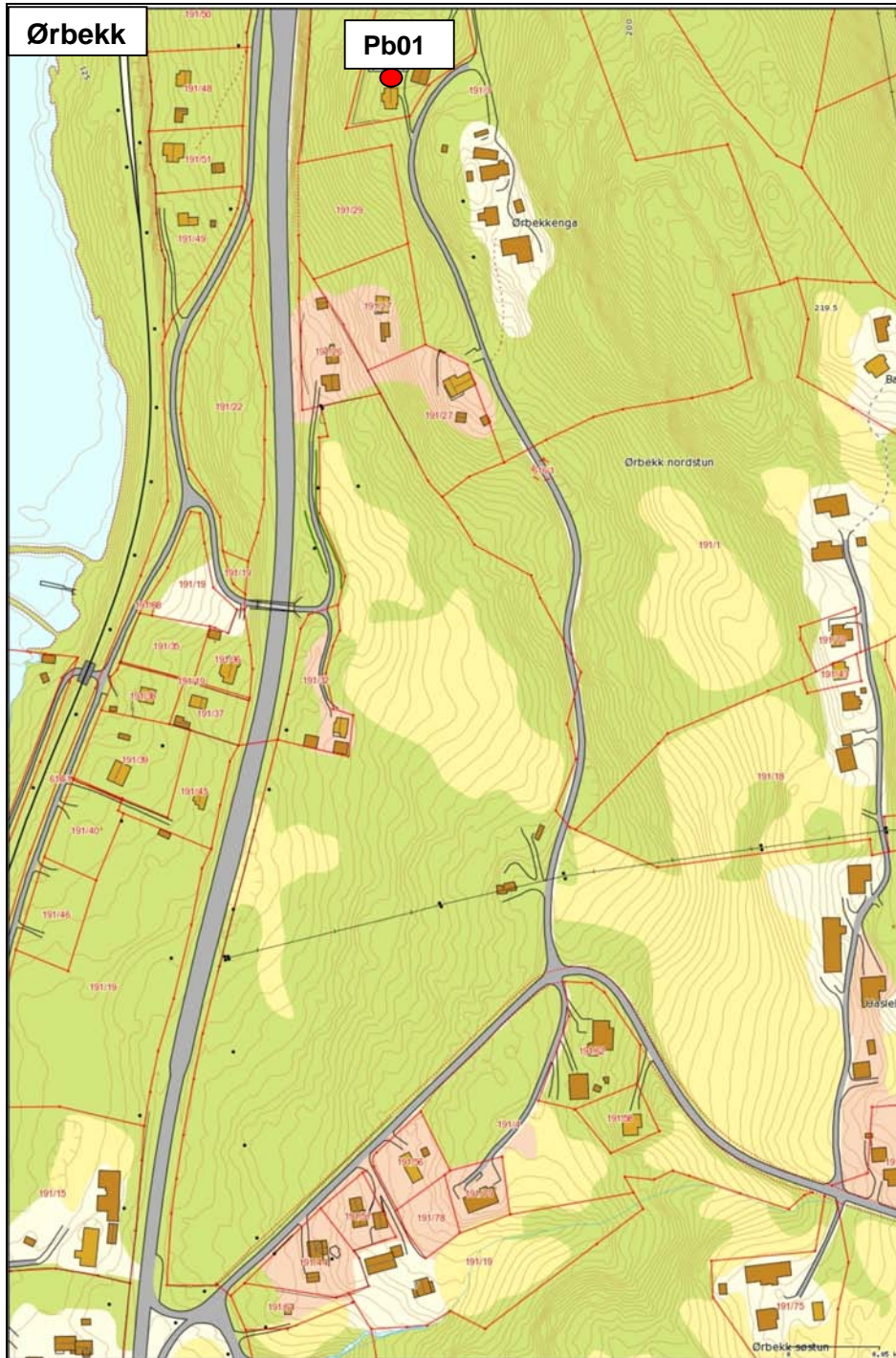
Figur 120. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Ulvinmyra.

4.3 Resultater Korslund, Ørbekk og Holtet

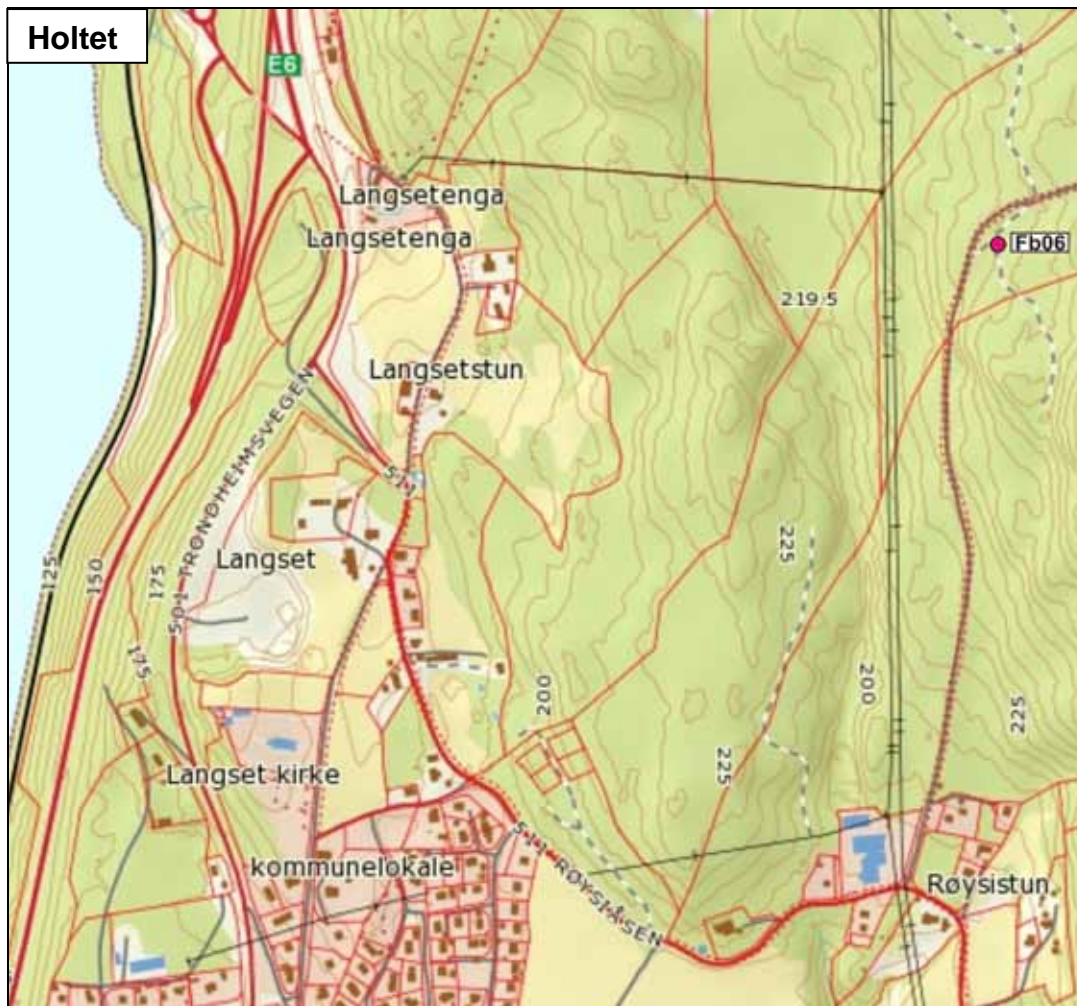
Kartene på figur 121, 122 og 123 viser brønner som er undersøkt i områdene Korslund, Ørbekk og Holtet i 2011. Området Korslund innbefatter brønnene Fb01 og Korslund. Ved Ørbekk er brønnen Pb01 logget. Brønnen Fb06 er logget ved Holtet nordøst for Minnesund sentrum.



Figur 121, Undersøkte brønner ved Korslund hytteområde.



Figur 122, Undersøkt brønn Pb01, ved Ørbekk.



Figur 123. Undersøkt brønn Fb06, ved Holtet.

4.3.1 Temperatur, ledningsevne, gamma, resistivitet, porøsitet og P- og S-bølge hastighet, pH og Eh, Korslund, Ørbekk og Holtet

Figur 124 – 131 viser logger for temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet (P- og S-bølge). Vannkvalitetslogg viser i tillegg pH og Eh. Loggene omfatter brønnene Fb01, Korslund, Pb01 og Fb06.

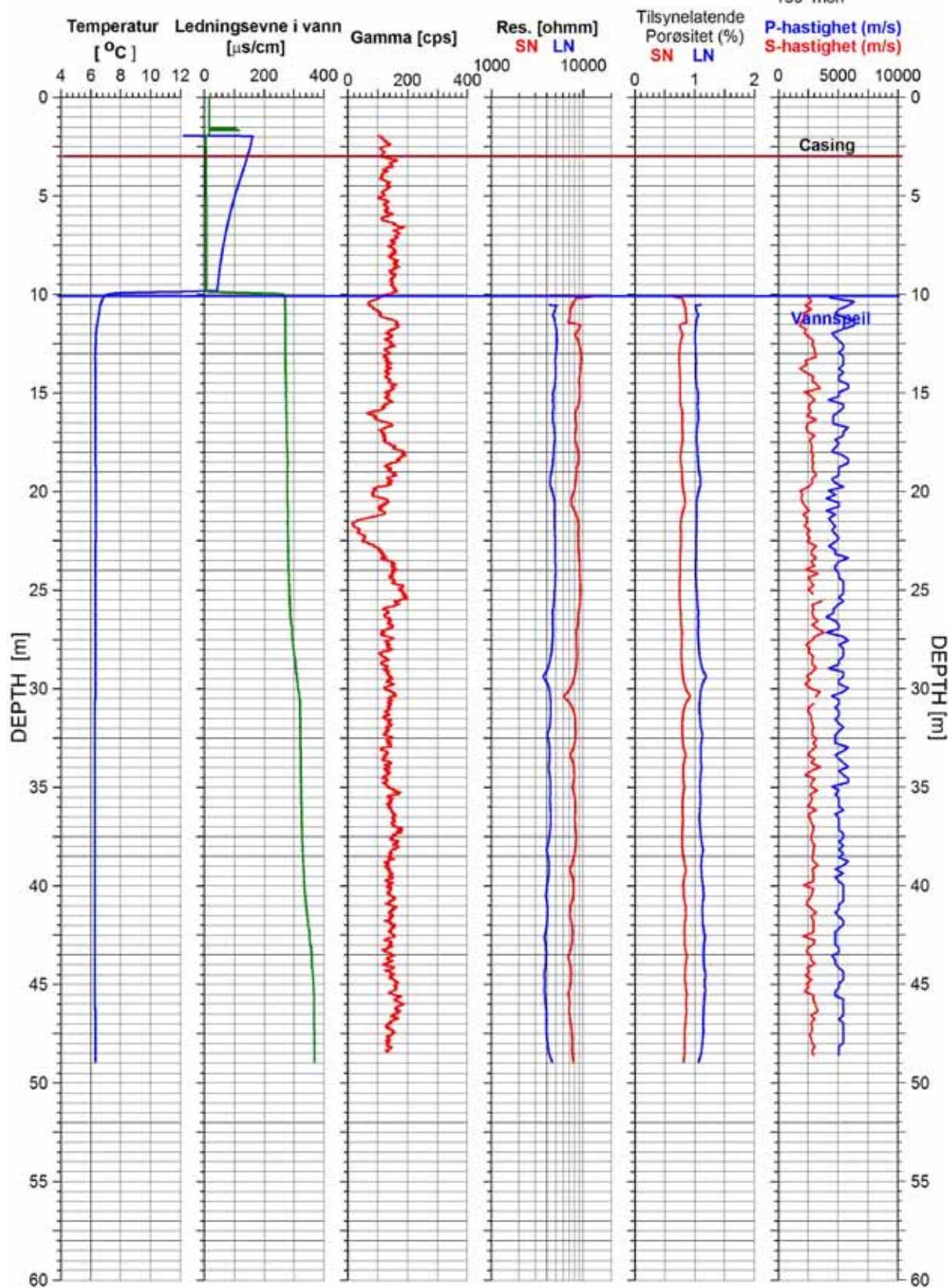
Tabell 7 viser en samlet oversikt over indikerte sprekker/sprekkesoner for områdene Korslund, Ørbekk og Holtet. Her er det tatt med soner som avviker fra normale verdier for resistivitet og seismisk P-bølge hastighet. Der det har vært nødvendig er også data fra optisk televiwer vurdert. Data fra optisk televiwer er presentert senere i eget kapittel. Hver brønn er beskrevet med dyp til sonene, tykkelse og målte verdier av naturlig gamma, resistivitet og seismisk hastighet. Som et grunnlag for vurderingene henvises til tabell 4 som viser kvalitetskriterier for fjell ut fra resistivitet og seismisk P-bølge hastighet.

Tabell 7. Indikerte sprekker/sprekkesoner ved Korslund, Ørbekk og Holtet.

Brønn	Gamma (cps, API)	Resistivitet Normal (ohmm)	Soner med lav resistivitet (ohmm)	P-bølgehast. Normal (m/s)	Soner med lav P-bølg hastighet (m/s)	Risiko for ustabil fjell/vannproblem	Figur
Fb01	125 - 150	4800	Ingen markerte soner	5100	Ingen markerte soner	Ingen risiko for usatsbilt fjell eller vannproblemer. Svært lite oppsprukket.	124, 125, 134
Korslund	100 - 200	6100	Ingen markerte soner	5150	12.5 m: 3800 20.3 m: 4000 32.4 m: 3900	Ingen risiko for usatsbilt fjell eller vannproblemer. Svært lite oppsprukket. Noen enkeltsprekker med noe lav P-bølg hastighet.	126, 127, 137
Pb01	25 - 75	7200	Ingen markerte soner	5700	22.5 – 22.7 m: 3900 26.1 m: 3950 43.1 – 43.5 m: 3750	Liten risiko for usatsbilt fjell eller vannproblemer. Mye oppsprukket ned til 15 m. Mangler resistivitet og hastighet her (over vannspeilet). Enkeltsprekker med noe lav hastighet.	128, 129, 140
Fb06	50	7100	Ingen markerte soner	5350	Ingen markerte soner	Noen enkeltsprekker gir litt lavere hastighet enn normalen. Ingen risiko for usatsbilt fjell eller vannproblemer.	130, 131, 143

Fb 01 Korslund

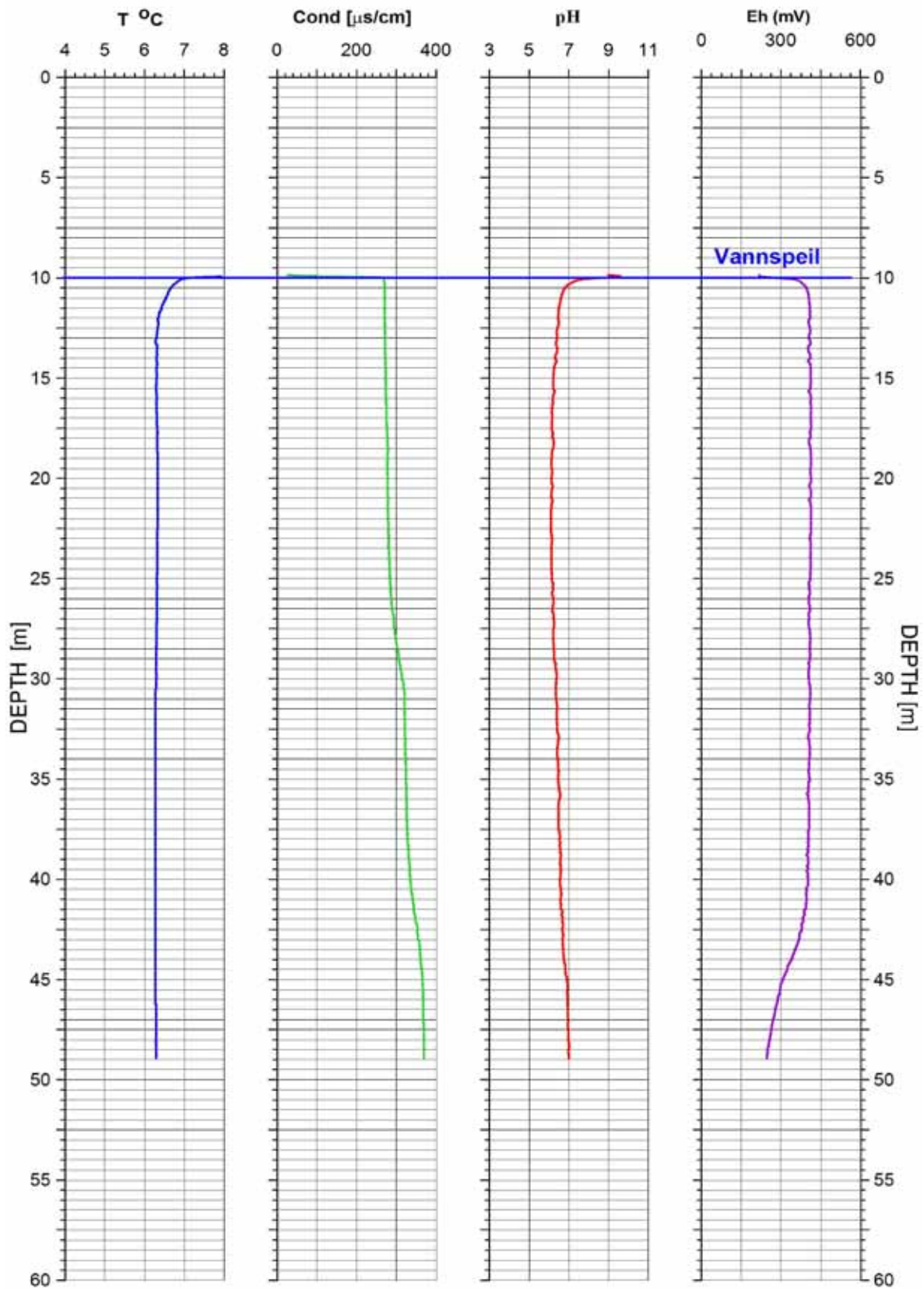
UTM 623463 E
32V 6702442 N
159 moh



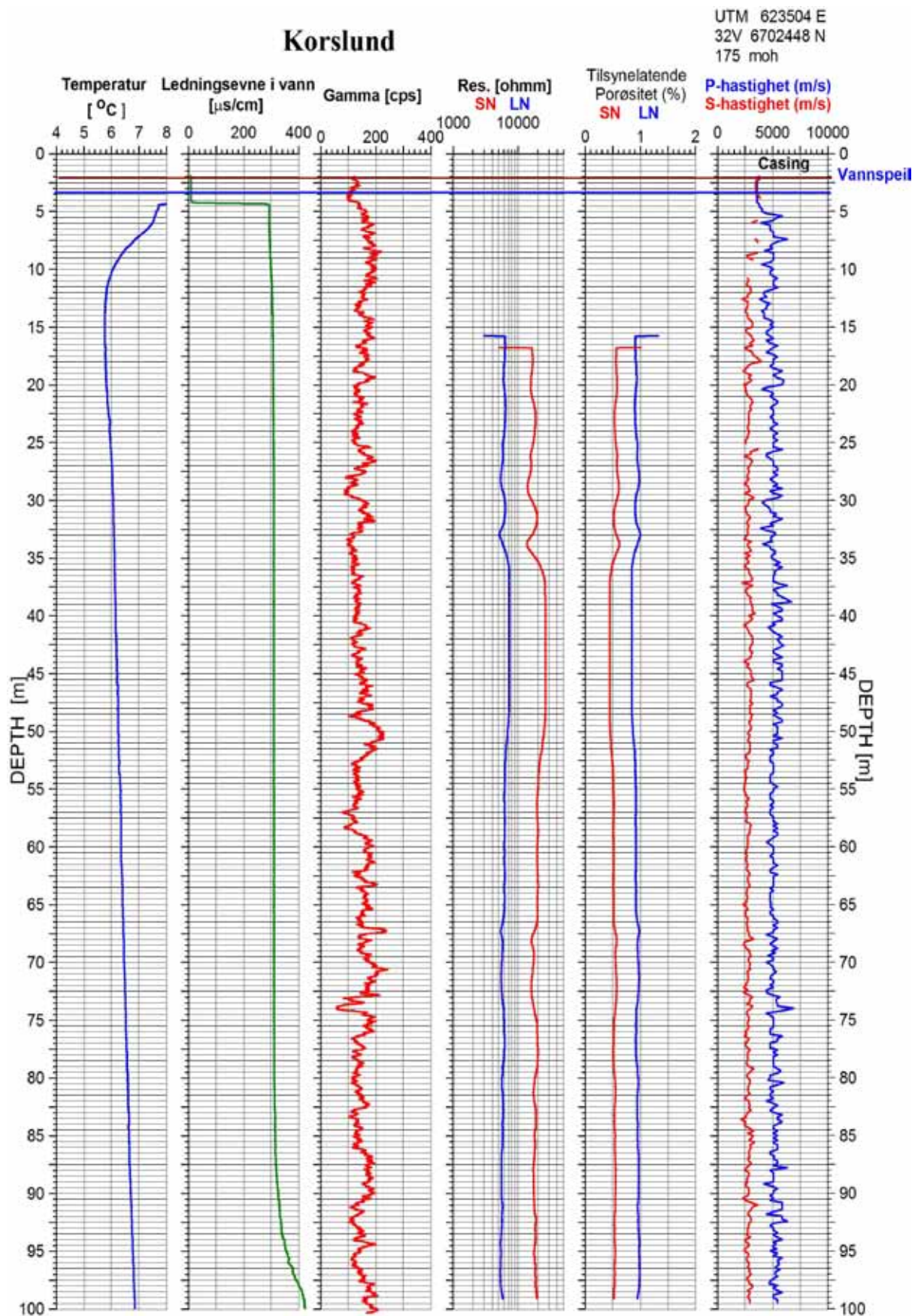
Figur 124. Fb01 Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 01 Korslund

UTM 623463 E
32V 6702442 N
159 moh.



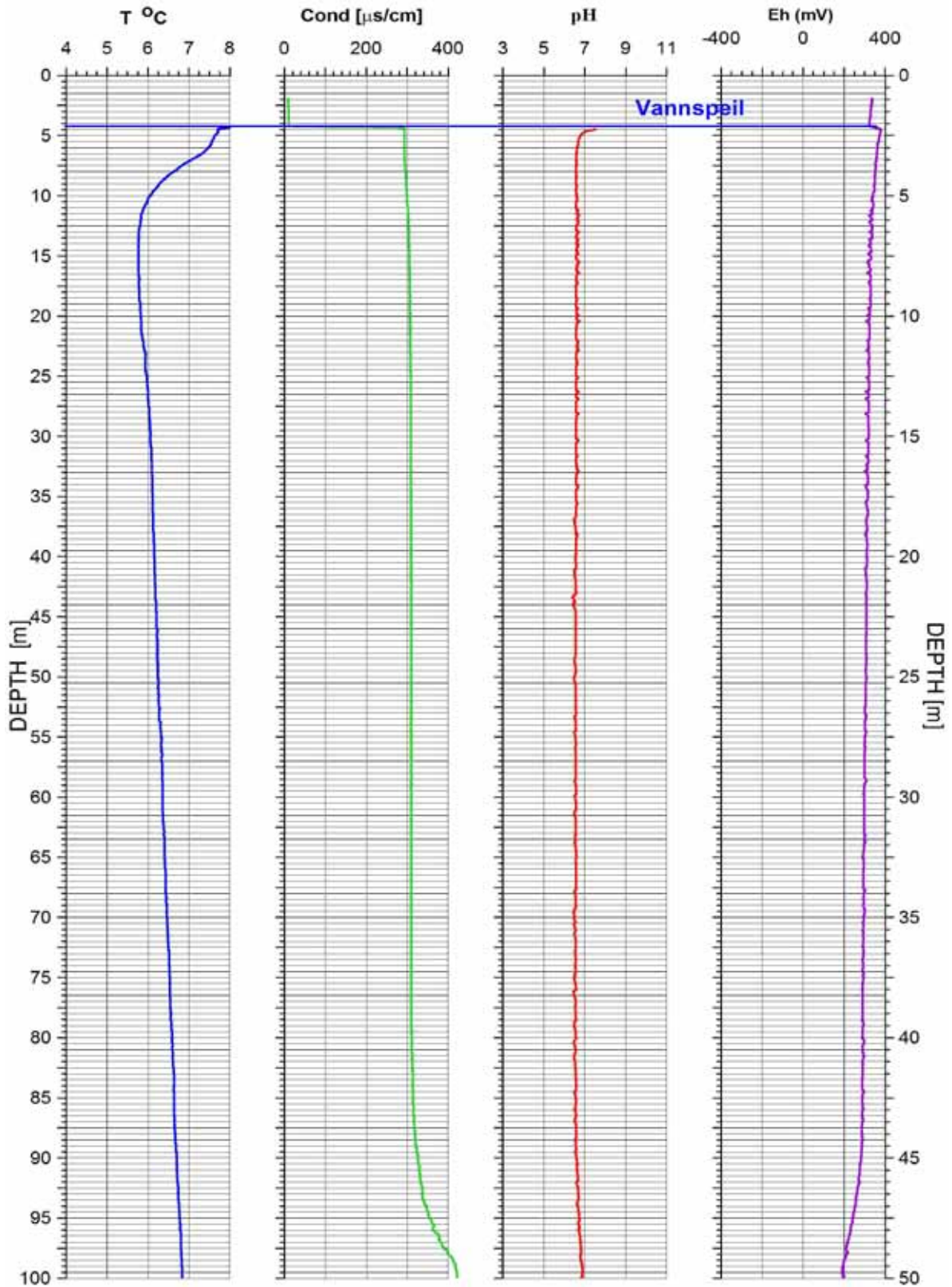
Figur 125. Fb01 Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh



Figur 126. Brønn Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Korslund

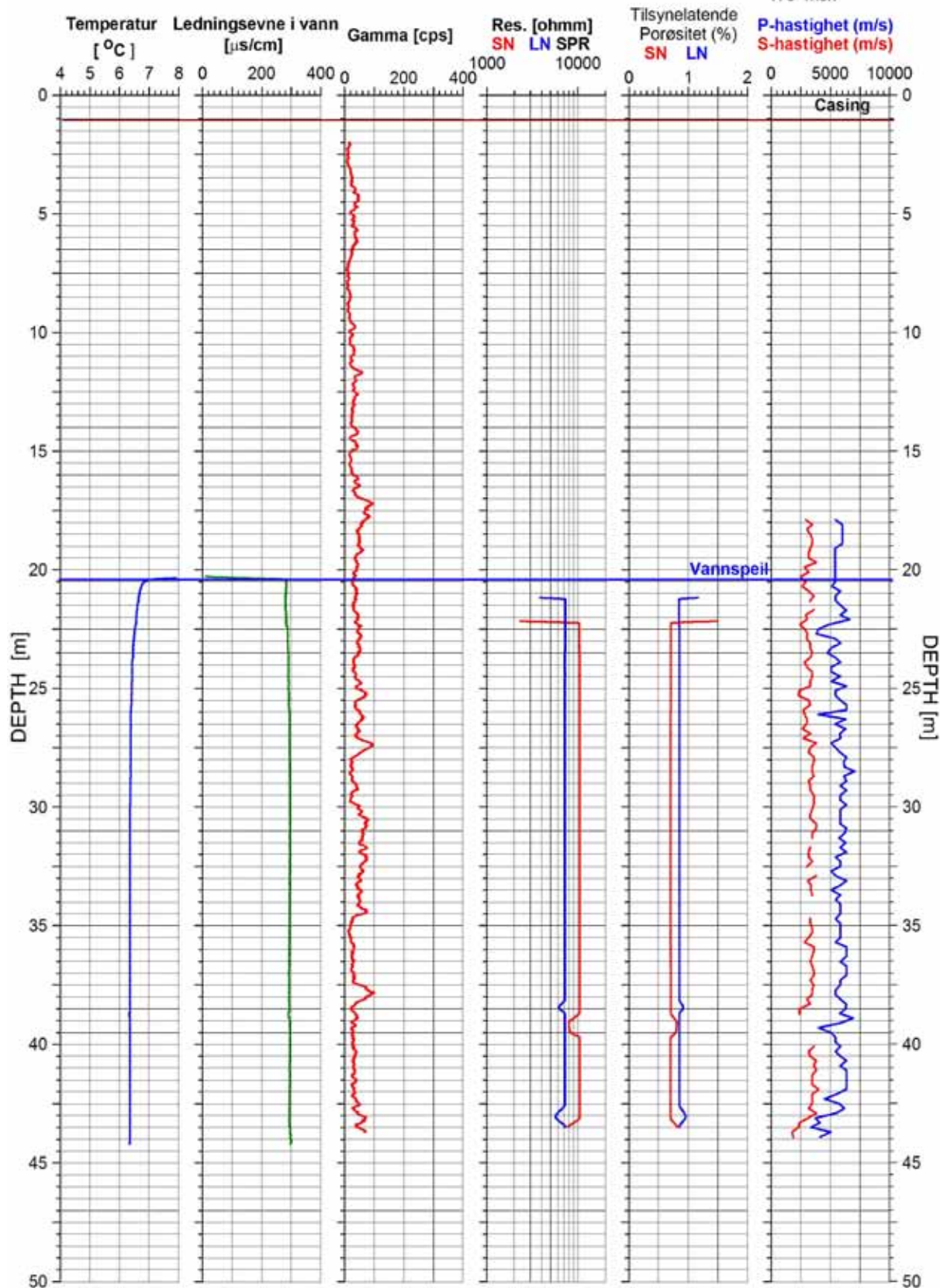
UTM 623504 E
32V 6702448 N
175 moh



Figur 127. Brønn Korslund. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Pb 01 Ørbekk

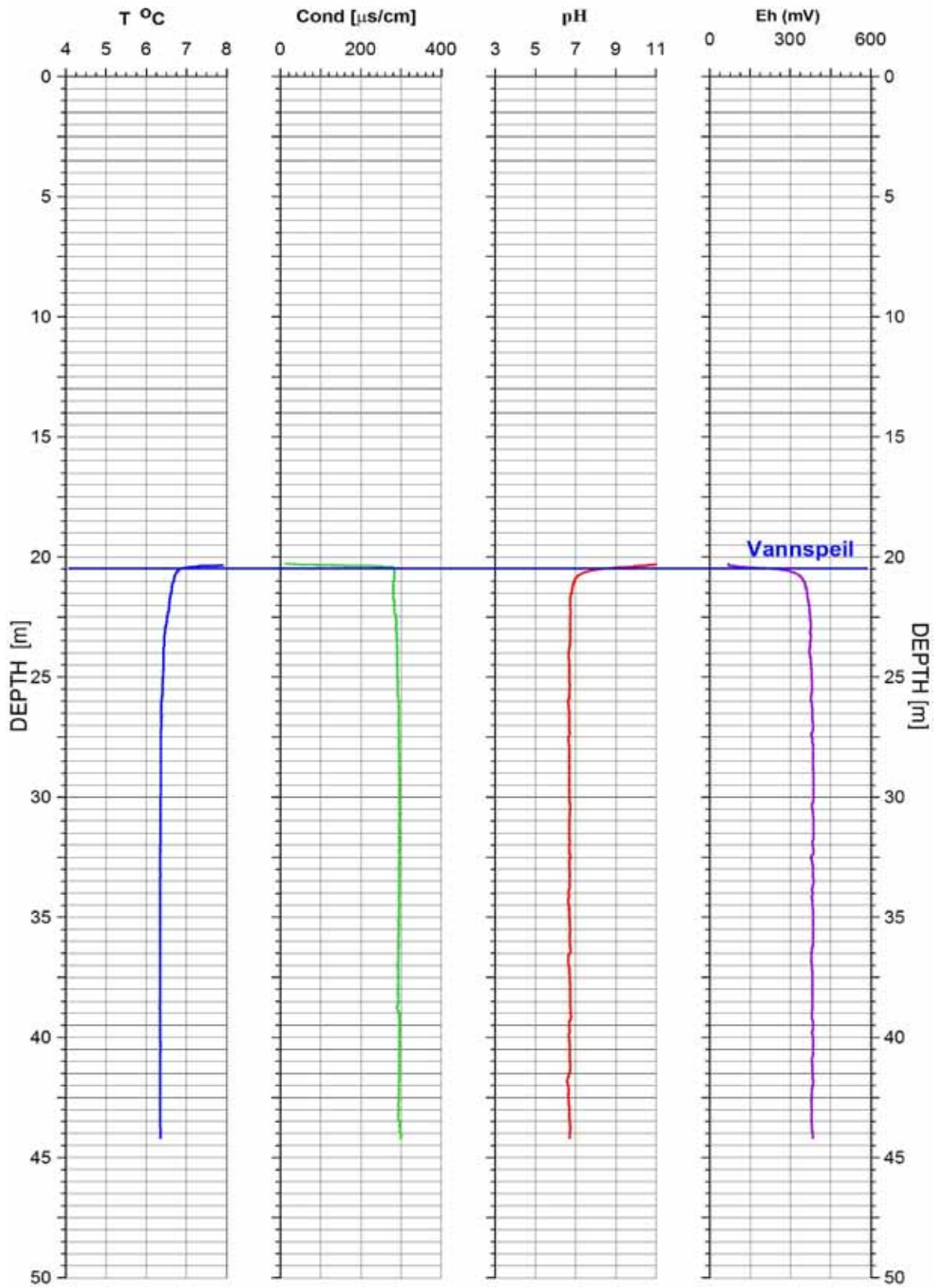
UTM 623411 E
32V 6701250 N
175 moh



Figur 128. Pb01 Ørbekk. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Pb 01 Ørbekk

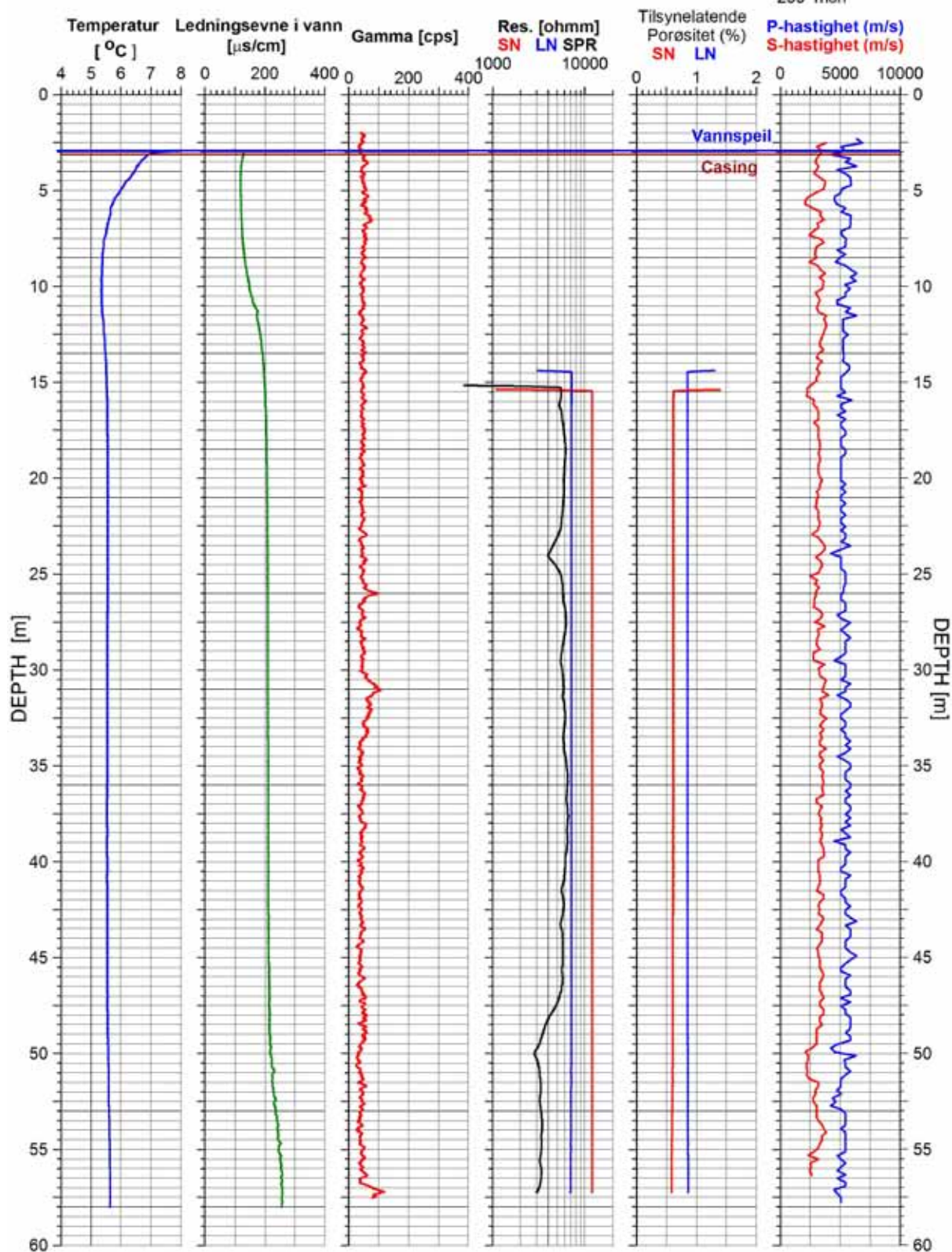
UTM 623411 E
32V 6701250 N
175 moh.



Figur 129. Pb01 Ørbekk. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

Fb 06 Holtet

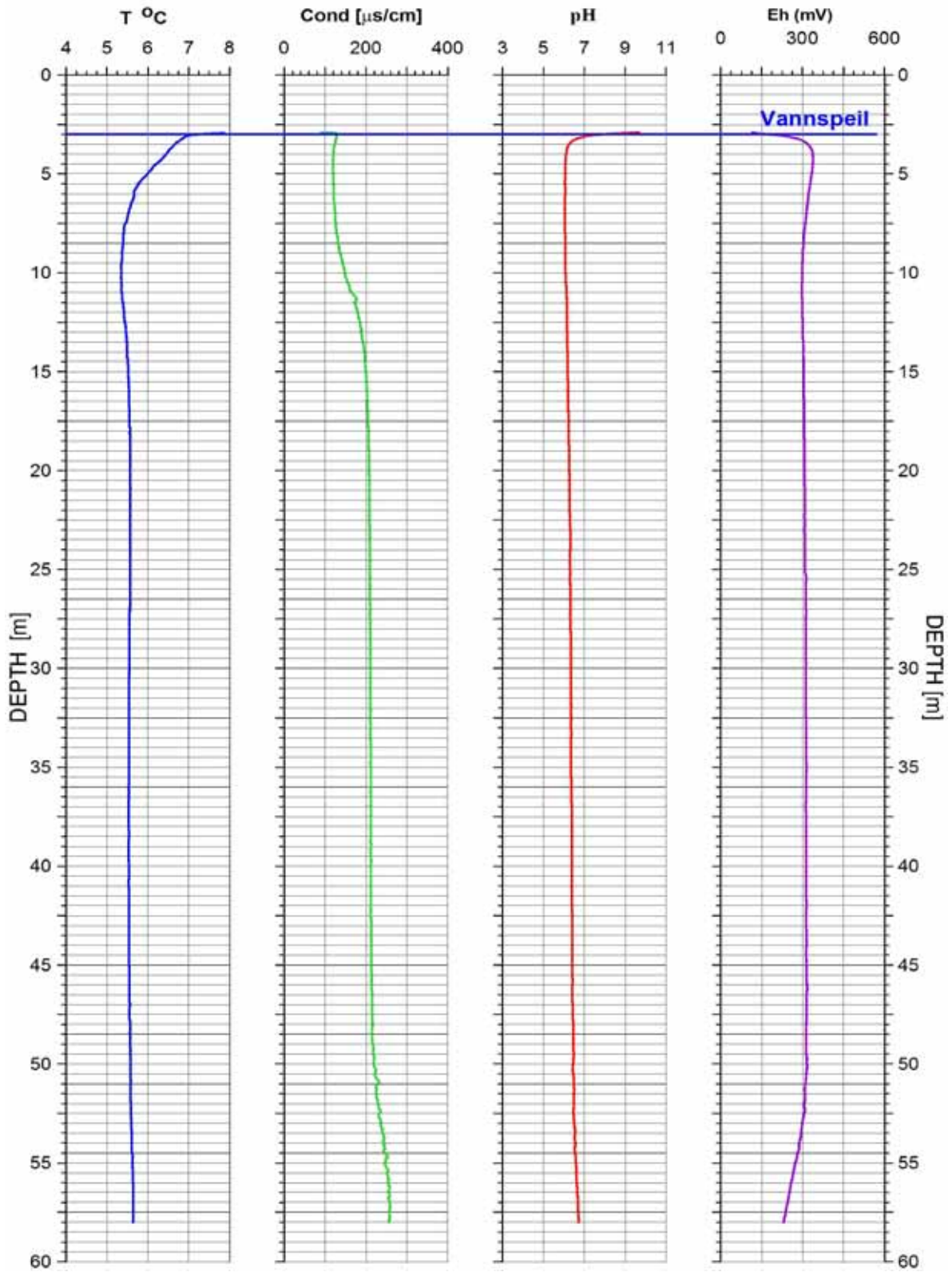
UTM 624304 E
32V 6699525 N
255 moh



Figur 130. Fb06 Holtet. Temperatur, ledningsevne i vann, total naturlig gamma, resistivitet, tilsynelatende porøsitet og seismisk hastighet.

Fb 06 Holtet

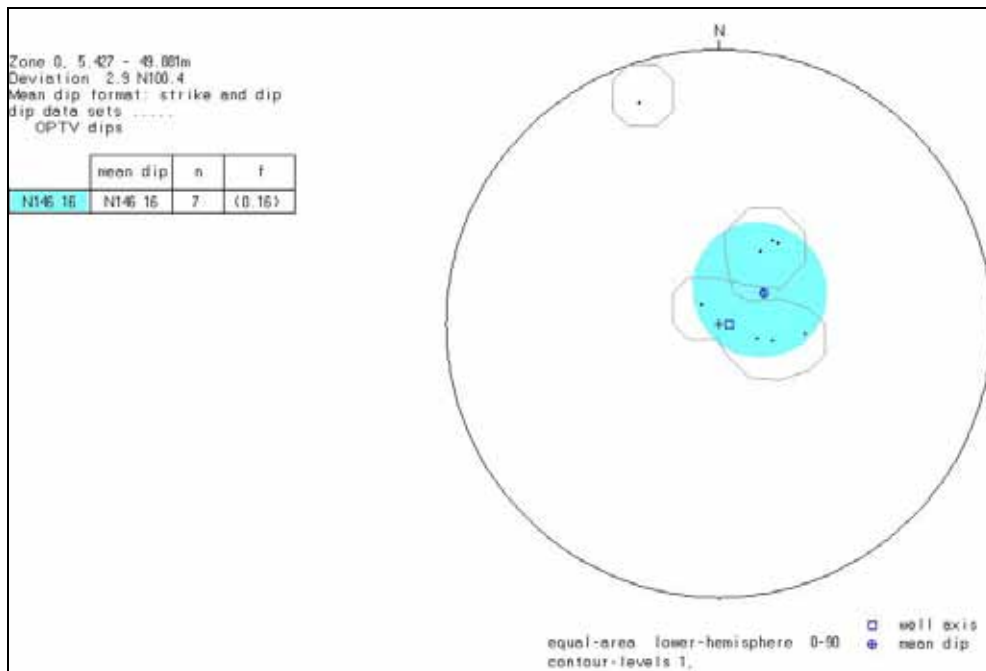
UTM 624304 E
32V 6699525 N
255 moh



Figur 131. Fb06 Holtet. Temperatur, ledningsevne i vann, pH og Eh.

4.3.2 Optisk televiewer, sprekkestereogram, sprekkefrekvens og rosedigram, Korslund, Ørbekk og Holtet.

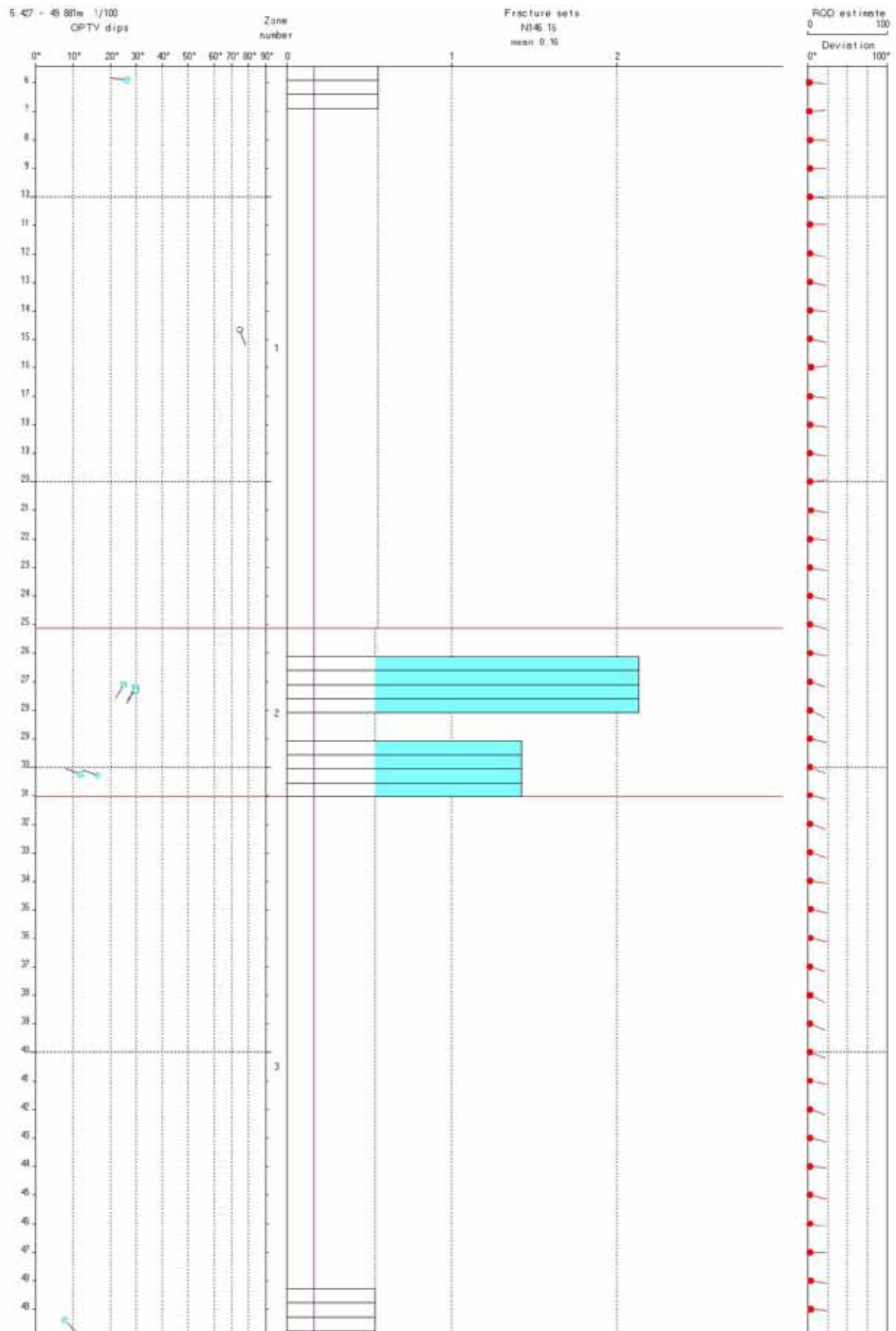
Figur 132 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb01, Korslund. Sprekkenes hovedstrøkkretning og fall er N146 16, SØ med slakt fall mot SV. Bilde av lokalitet Fb01 er vist i figur 133 som også viser rosedigram av strøkkretning til indikerte sprekker. Figur 134 viser sprekkefrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen er svært lite oppsprukket.



Figur 132. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb01.

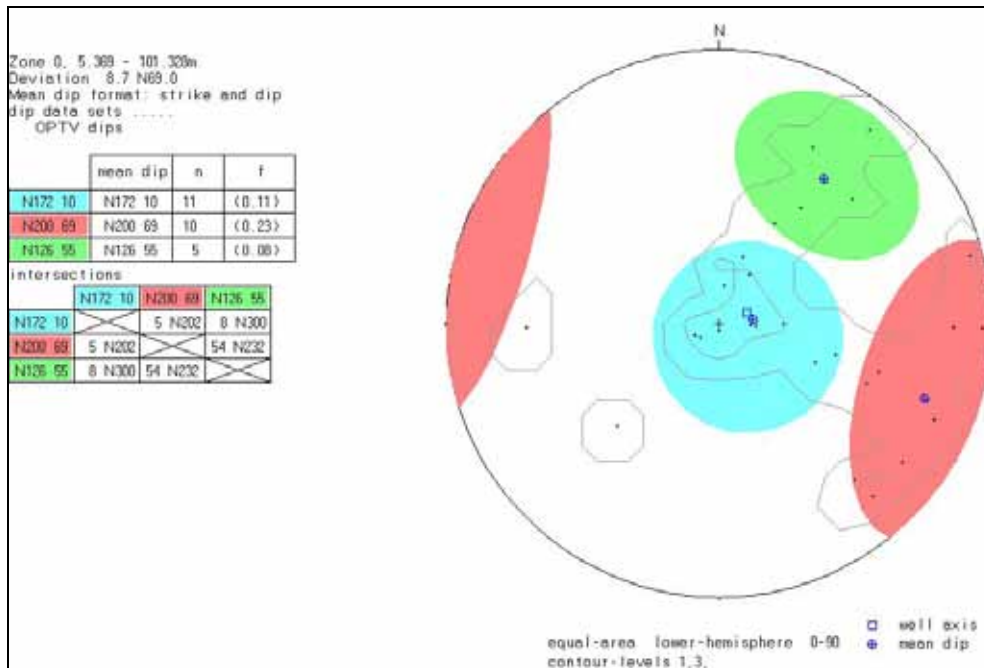


Figur 133. Brønnlokalitet Fb01 (venstre) og rosedigram som viser strøkkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 134. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb01.

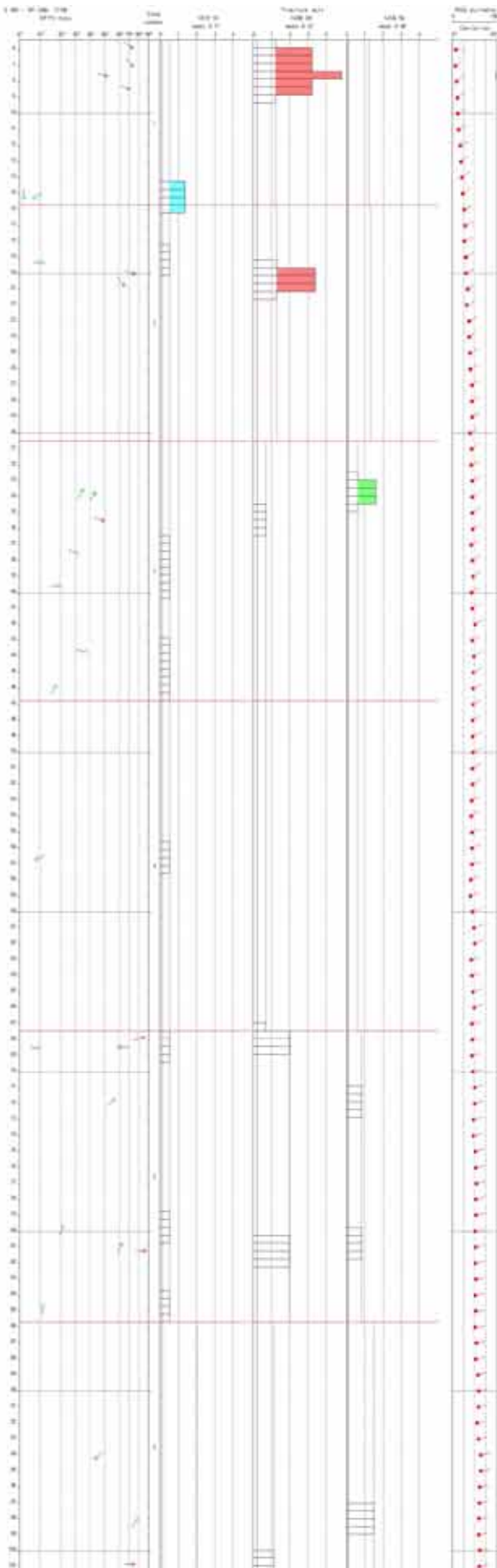
Figur 135 viser sprekestereogram av indikerte sprekker i brønn Korslund. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretninger er SSV og ØSØ, se rosediagram figur 136. Fallet er mot ØNØ og SSV. Tabellen i figur 135 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Korslund er vist i figur 136 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 137 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen er lite oppsprukket.



Figur 135. Sprekestereogram av indikerte sprekker i brønn Korslund.

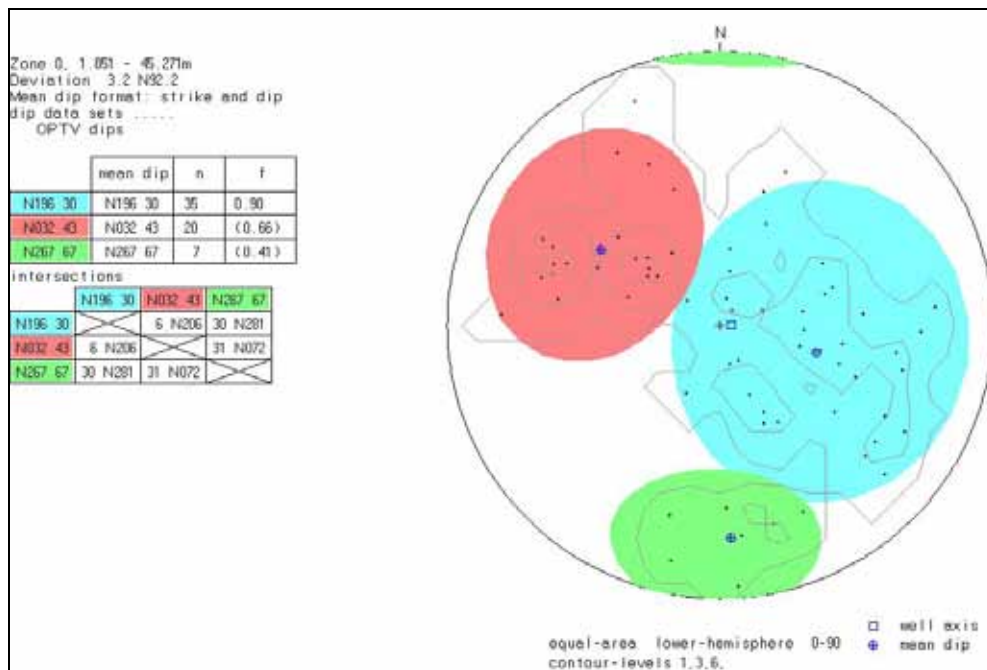


Figur 136. Brønnlokalitet Korslund (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).

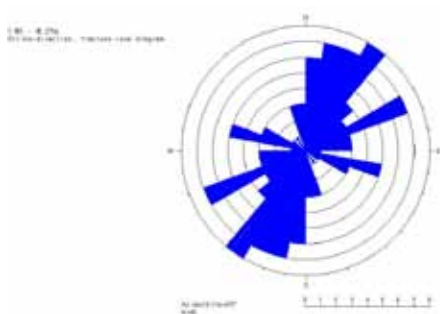


Figur 137. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Korslund.

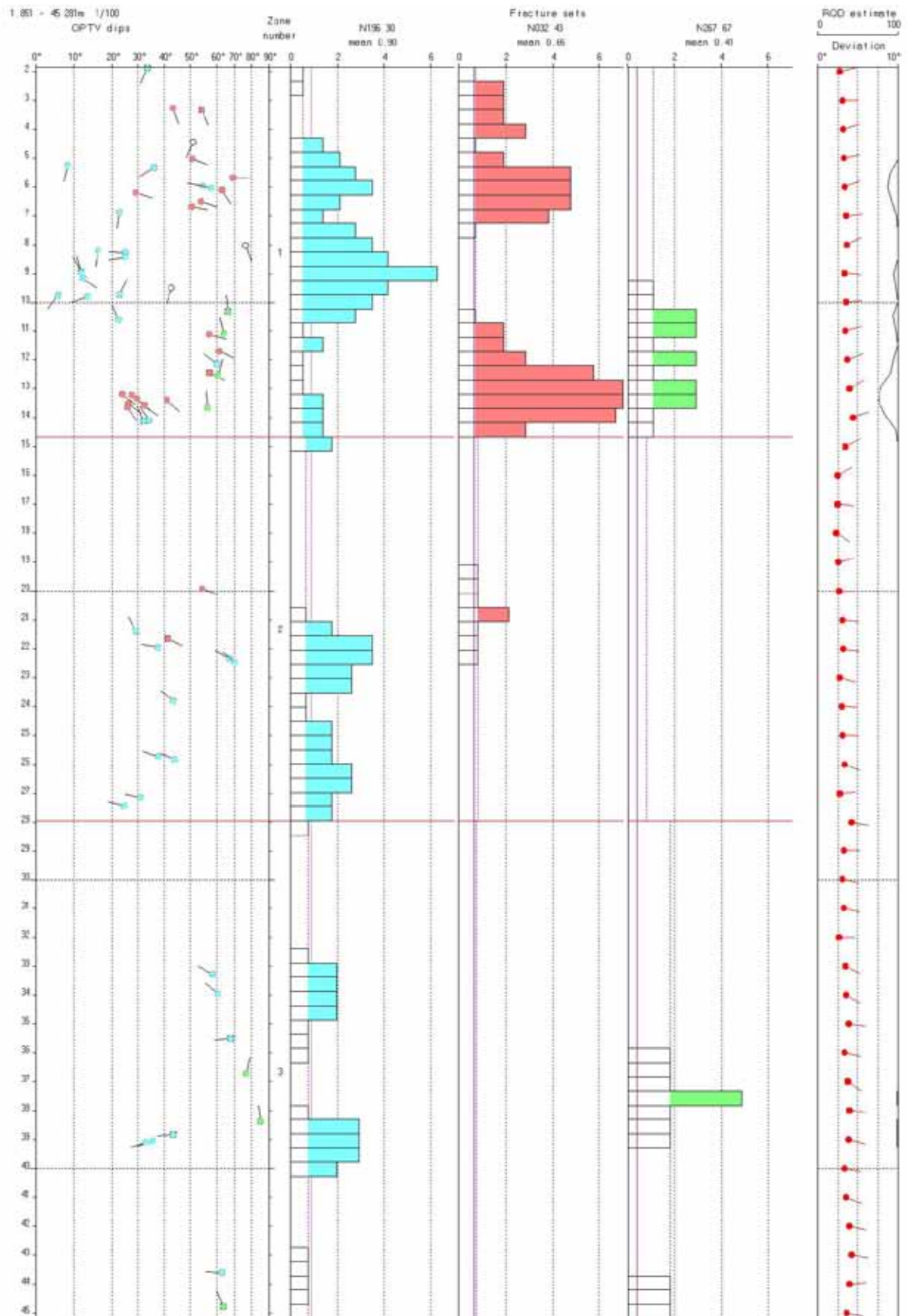
Figur 138 viser sprekkestereogram av indikerte sprekker i Pb01. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretning er NNØ-SSV, se rosediagram figur 139. Tabellen i figur 138 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Figur 140 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen har høy sprekkfrekvens over 15 m dyp. I dette området er det ikke målt resistivitet og seismisk hastighet da vannspeilet lå på ca 20 m. Det er derfor vanskelig å si om oppsprekningen påvirker resistivitet og P-bølgehastighet. Under vannspeilet er det meget høy resistivitet.



Figur 138. Sprekkestereogram av indikerte sprekker i Pb01Ørbekk.

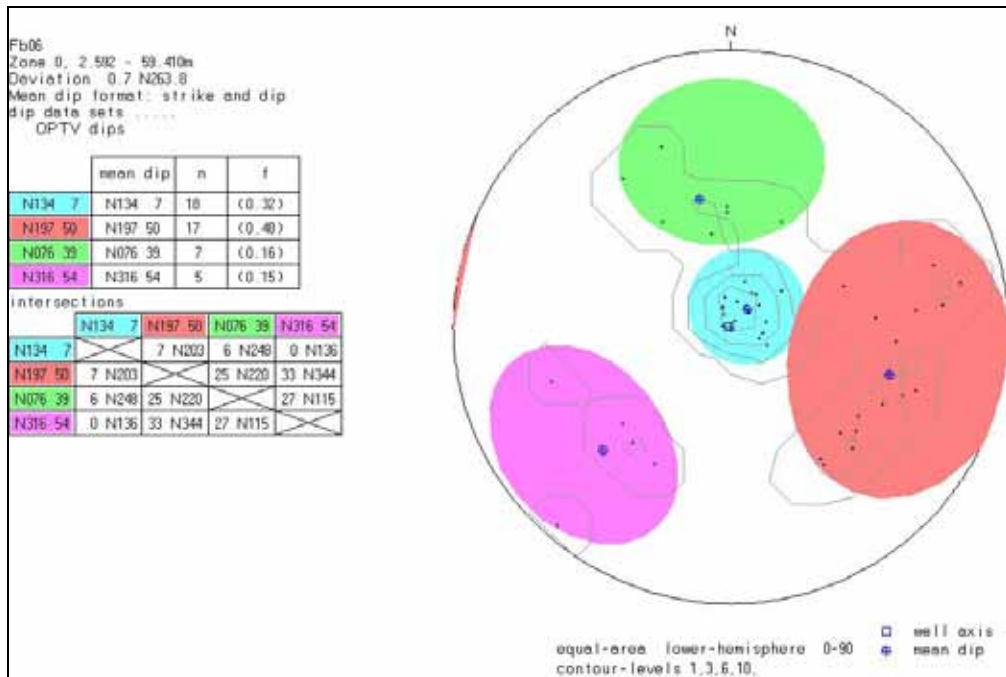


Figur 139. Rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker i Pb01Ørbekk.

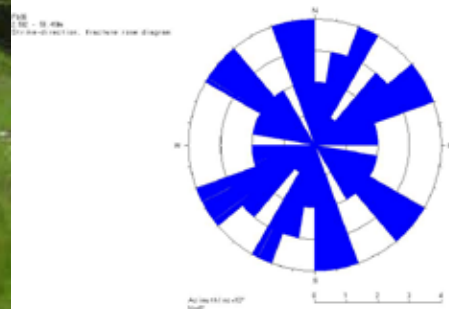


Figur 140. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Pb01 Ørbekk.

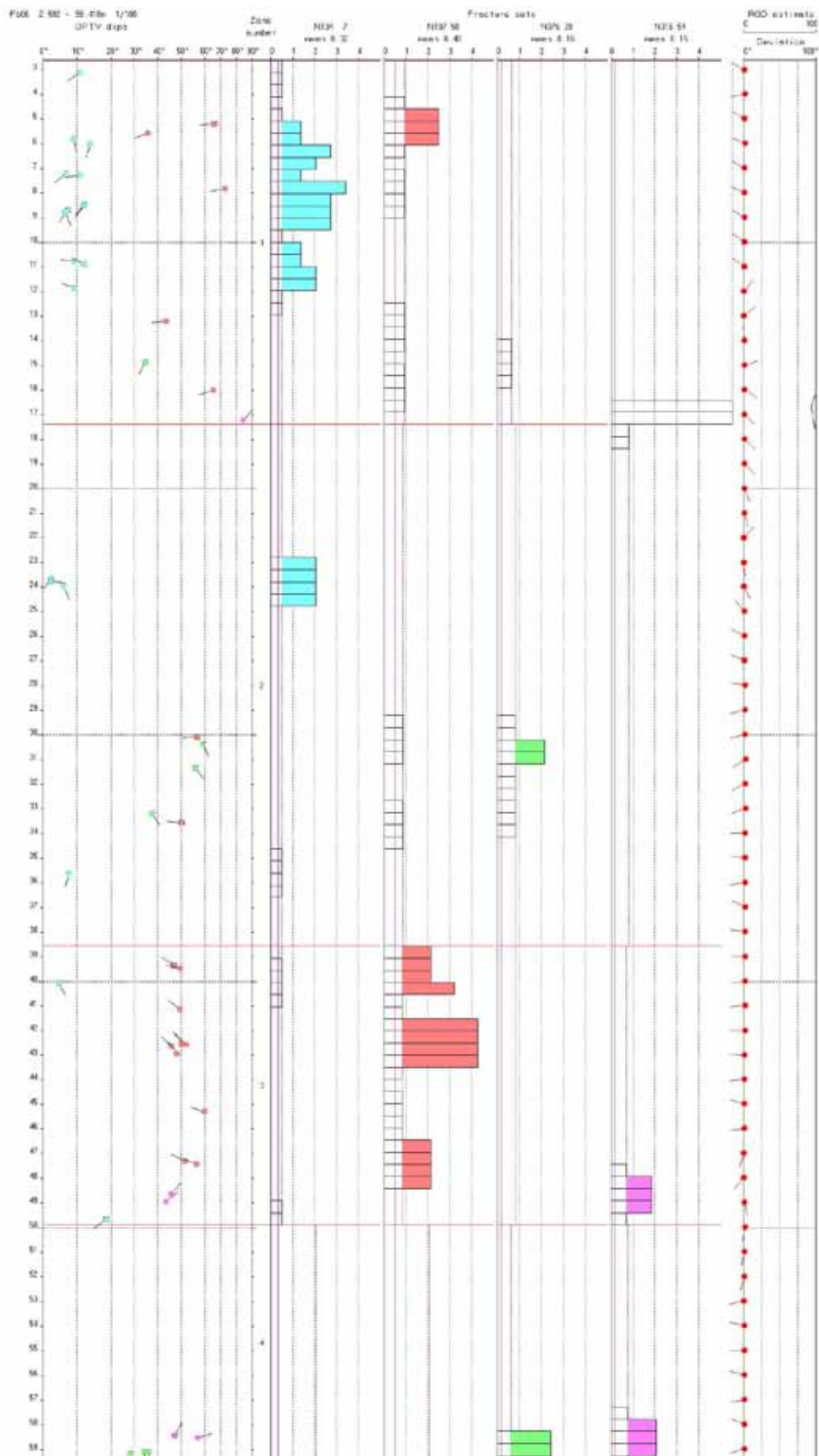
Figur 141 viser sprekestereogram av indikerte sprekker i brønn Fb06, Holtet. Sprekkenes gjennomsnittlige hovedstrøkretninger er mellom S og SØ, med fall mot V og NV. Tabellen i figur 141 viser gjennomsnittlig strøk og fall samt sprekkfrekvens for definerte sprekkegrupper. Bilde av lokalitet Fb06 er vist i figur 142 som også viser rosediagram av strøkretning til indikerte sprekker. Figur 143 viser sprekkfrekvenshistogram hvor beregnet RQD-tall er vist helt til høyre. Brønnen er moderat oppsprukket.



Figur 141. Sprekestereogram av indikerte sprekker i Fb06, Holtet.



Figur 142. Fb06, Holtet (venstre) og rosediagram som viser strøkretning av indikerte sprekker (høyre).



Figur 143. Sprekkefrekvenshistogram, borehullsforløp og RQD-tall for brønn Fb06, Holtet.

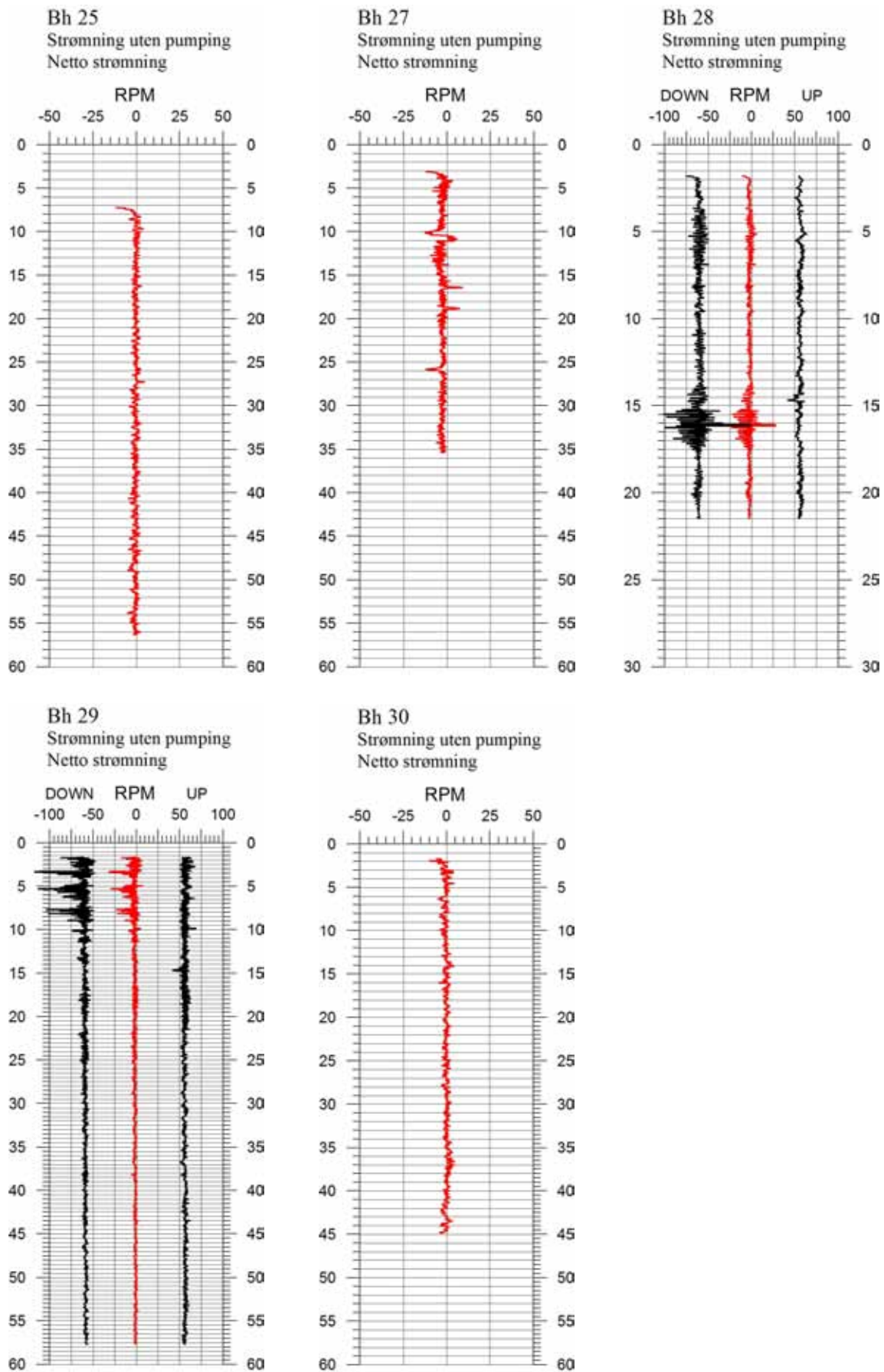
4.4 Strømningsmåling

Alle brønner ble logget med strømningsmåler. Dette er en sonde med påmontert propell som registrerer vannstrøm forbi propellen. Sonden kjøres ned og opp i brønnen med samme konstante hastighet. Turtallet, RPM, registreres og er et mål for vannstrømmen som passerer forbi propellen. Ved å summere ned og opp rpm (ned gir negativ rpm og opp positiv) vil en få netto turtall som skyldes vannstrøm opp eller ned i brønnen. Ved 0 netto rpm er det ingen strømming. Fra turtallet kan en beregne (fra erfaringsdata) vannstrømmens hastighet. Når en så vet brønnens diameter kan en beregne strømningsmengde. Negativ rpm betyr strømming oppover.

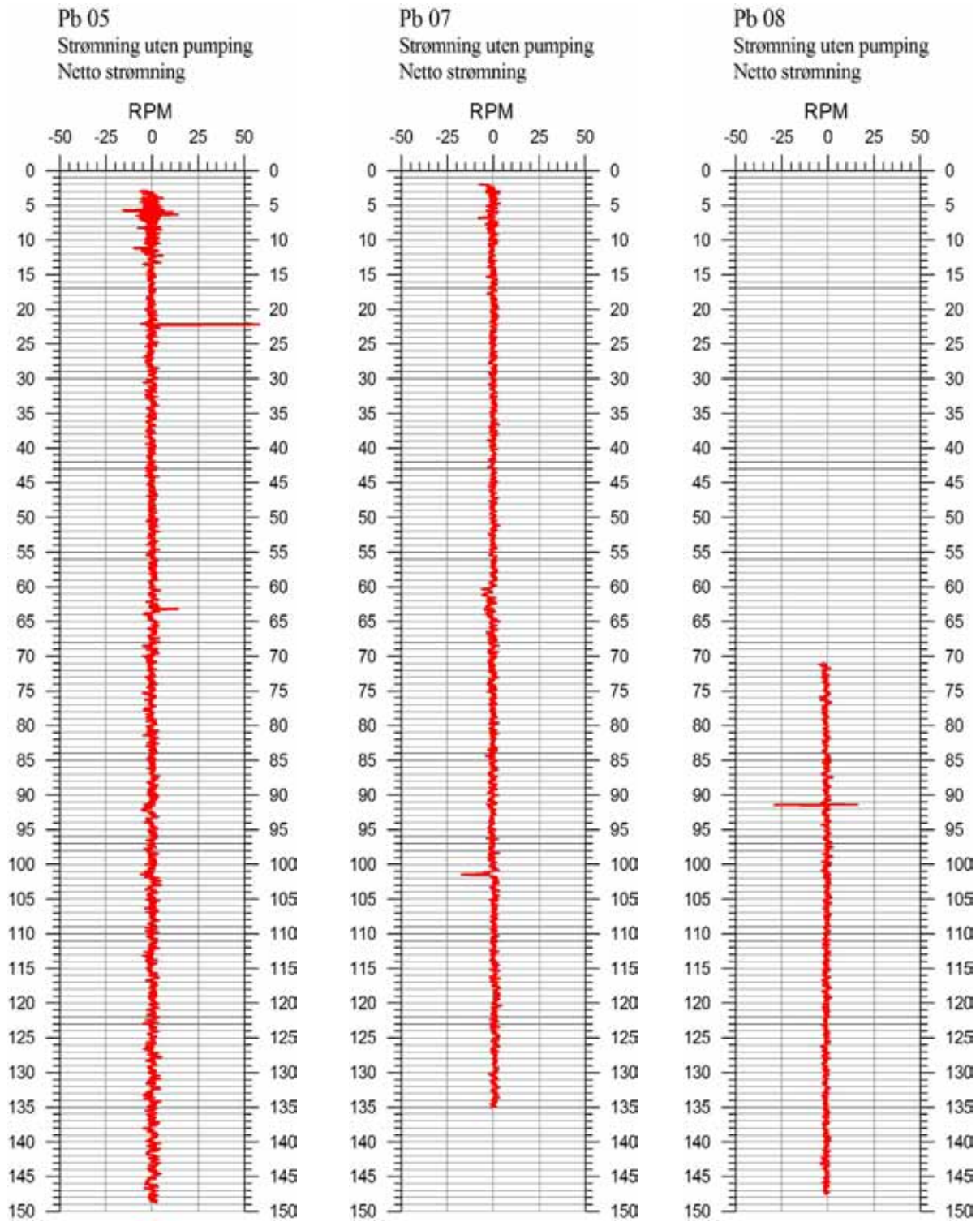
Figur 144 – 149 viser netto strømming (rpm) for alle brønner. Den røde kurven viser netto rpm. På noen diagrammer er det også vist ned og opp rpm (svart kurve). I noen brønner gled sonden noe rykkvis nedover i starten av brønnen og rpm varierer mye. Dette ser en ikke ved måling oppover da en har jevn kraft på vaieren som drar opp. Dermed kan en si at de utslagene en har øverst i brønnen ikke skyldes innstrømming. En annen ting som påvirker propellen er grums og partikler i vannet. Dette ser en tydelig i Pb25 hvor vannet var svært grumsete etter at pumpe og slanger var tatt ut. Plassering av propellen i strømningsprofilen påvirker også måleverdiene.

Tydelig strømming er påvist i en brønn, Fb04 ved Ulvin, se figur 148. Denne brønnen var artesisk, dvs. det strømmet vann ut av den. Beregnet vannstrøm oppover er ca 800 l/t (maksimum). Ved ca 27 m dyp er det tydelig endring i netto rpm. Dette tyder på innstrømming i brønnen ved dette dyp. Det ble observert oppsprekning på dette dyp med OPTV, lav resistivitet og lav P-bølgehastighet. Det ser også ut som om det strømmer vann oppover under dette dyp. Noen logger har ”peaker” (punktutslag). Dette er støy og skyldes trolig partikler i vannet som treffer propellen som er velig følsom.

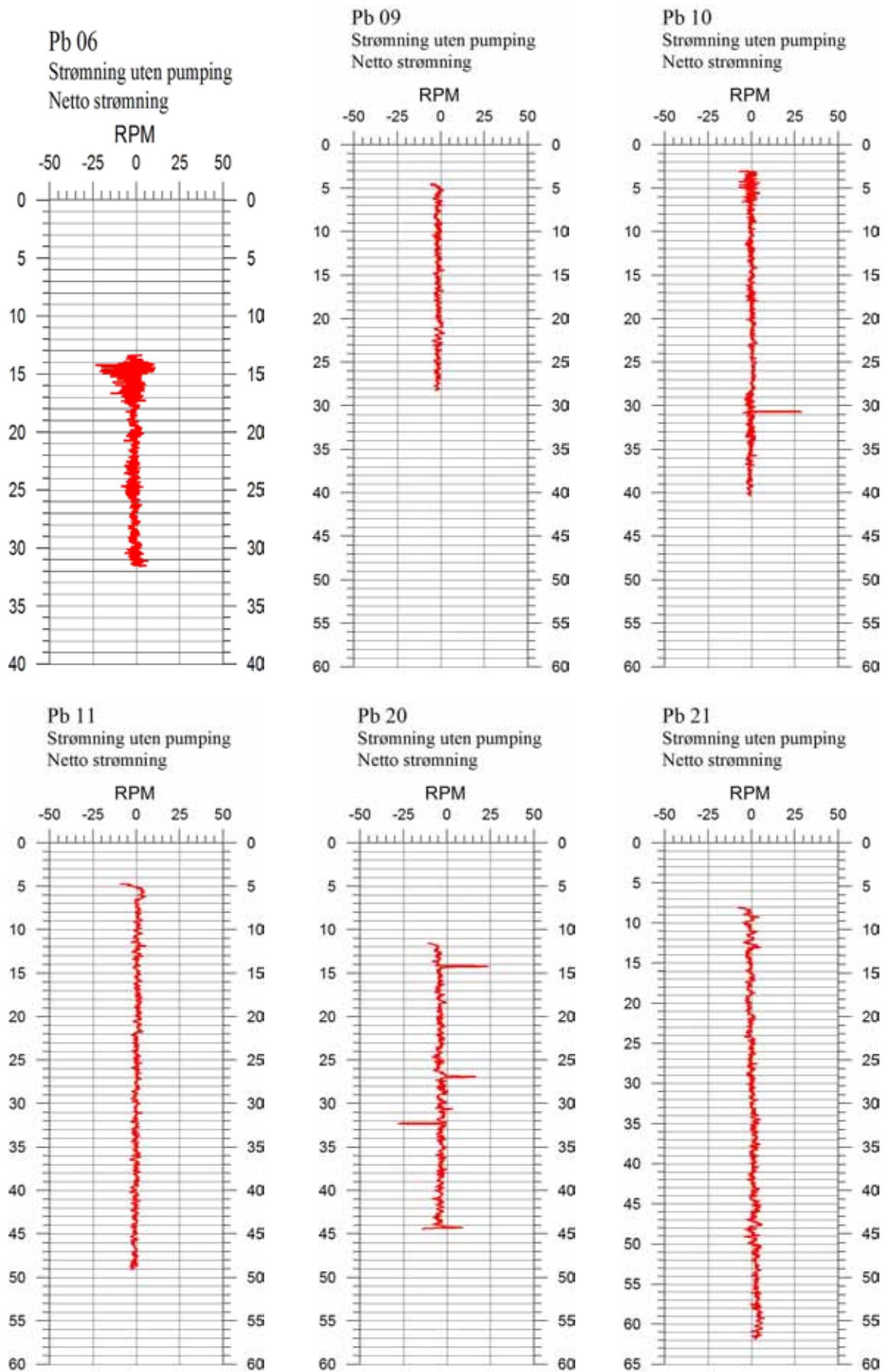
I de øvrige brønnene er det ikke påvist vannstrøm, verken opp eller ned.



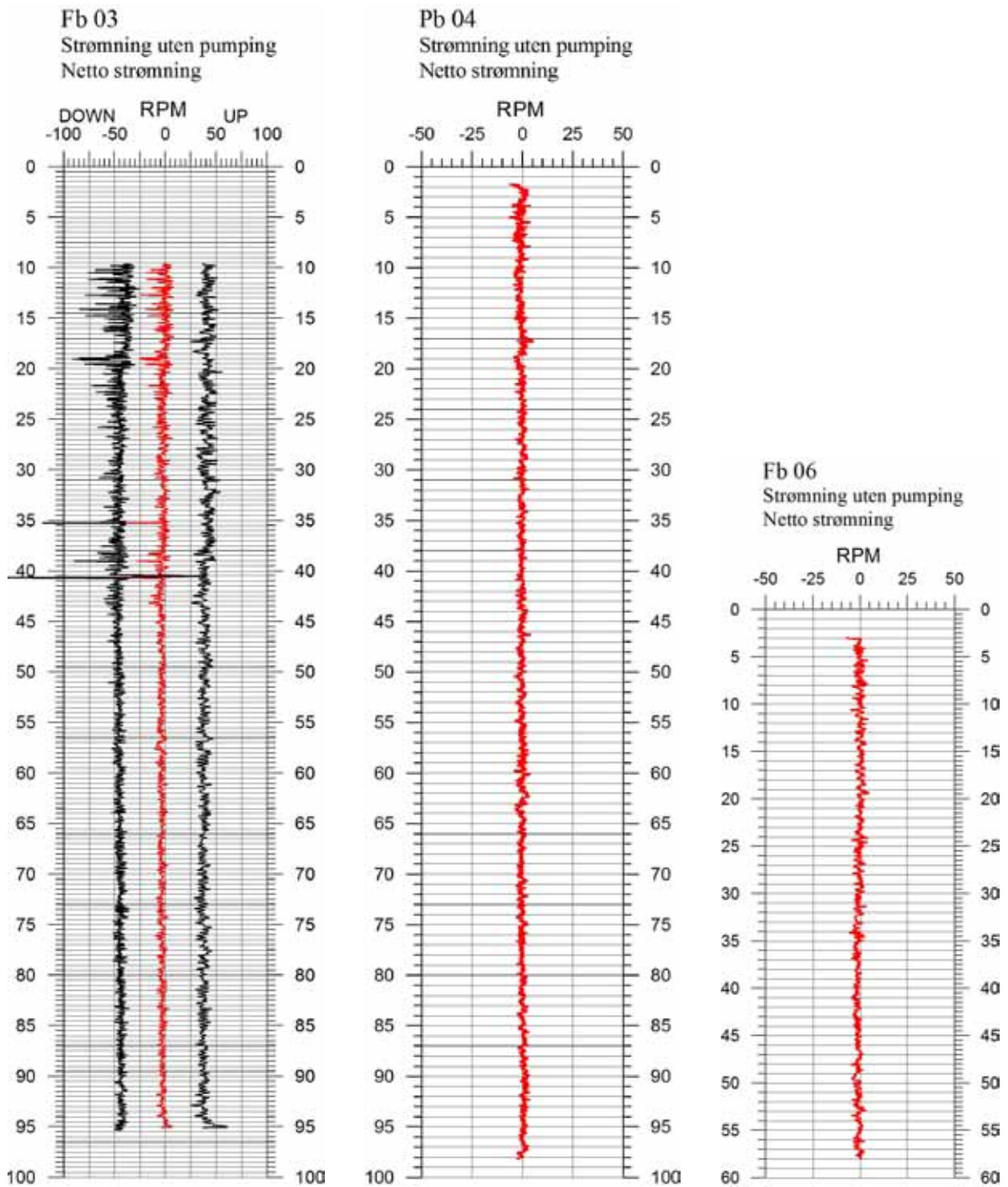
Figur 144. Netto strømning i brønnene, 25,27, 28 29 og 30 på Espa.



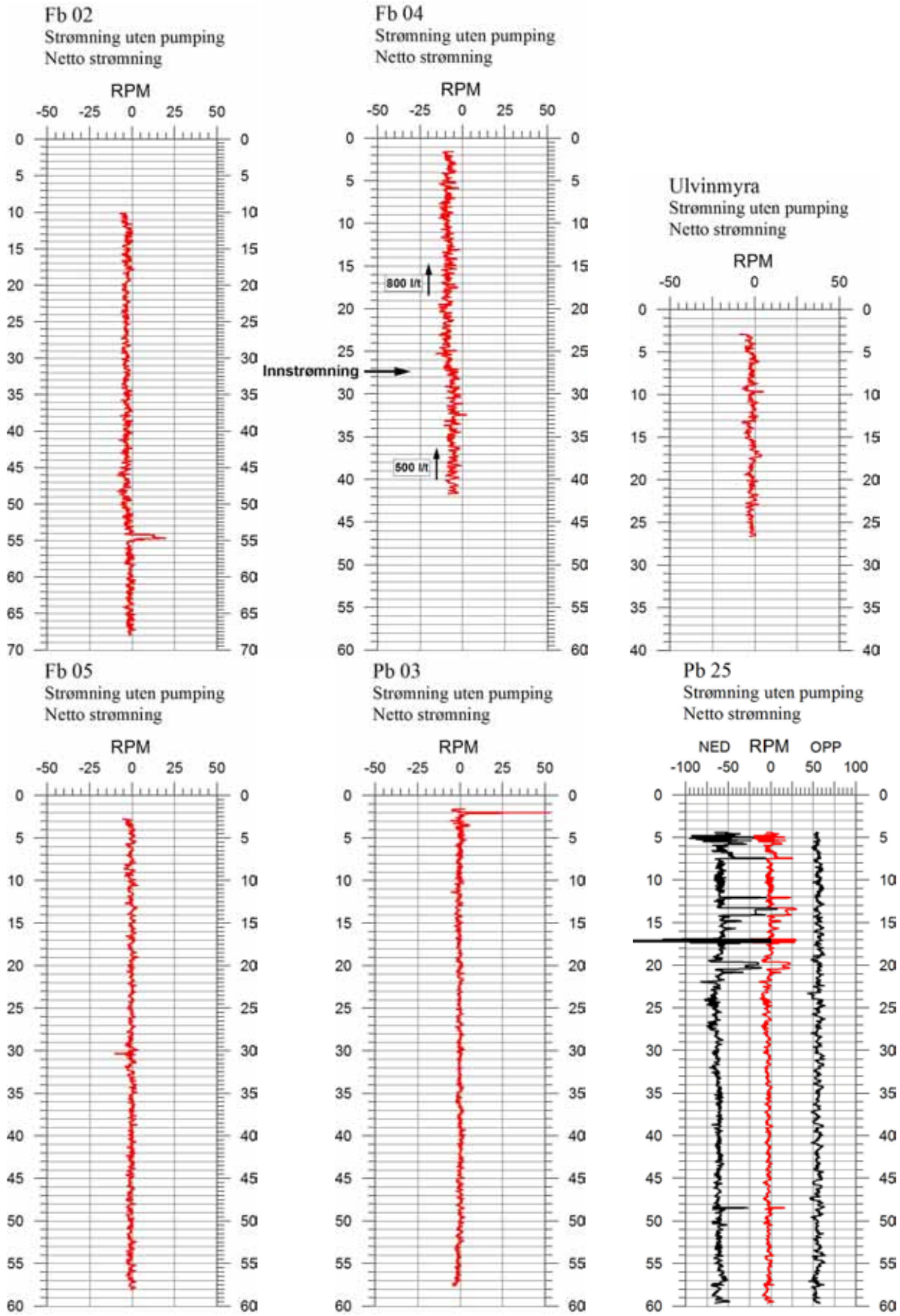
Figur 145. Netto strømning i brønnene, Pb05, Pb07 og Pb08 på Espa.



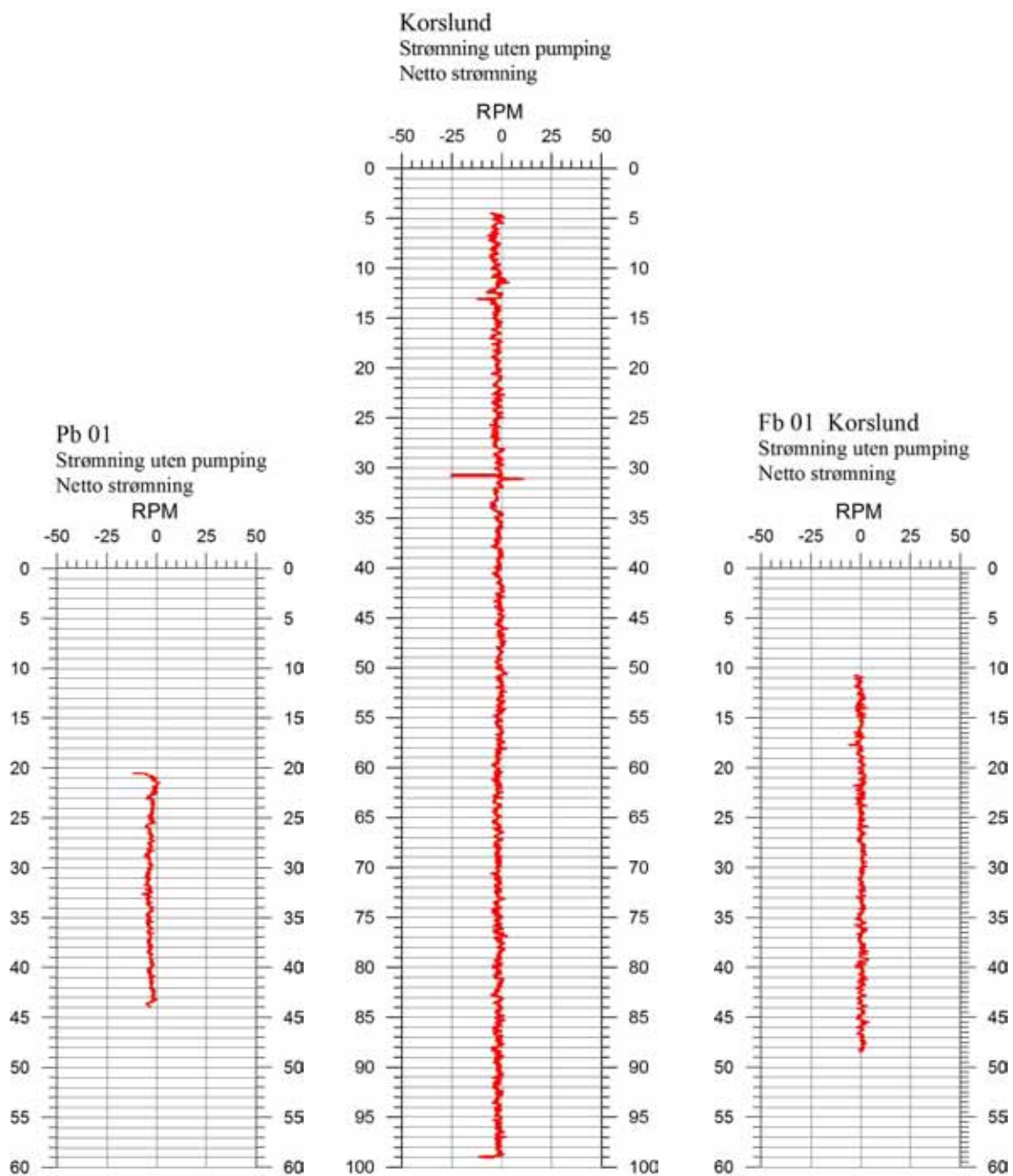
Figur 146. Netto strømning i brønnene, Pb06, Pb09, Pb10, Pb11, Pb20 og Pb21. Espa.



Figur 147. Netto strømning i brønnene, Fb03, Pb04, Ulvin og Fb06 Holtet.



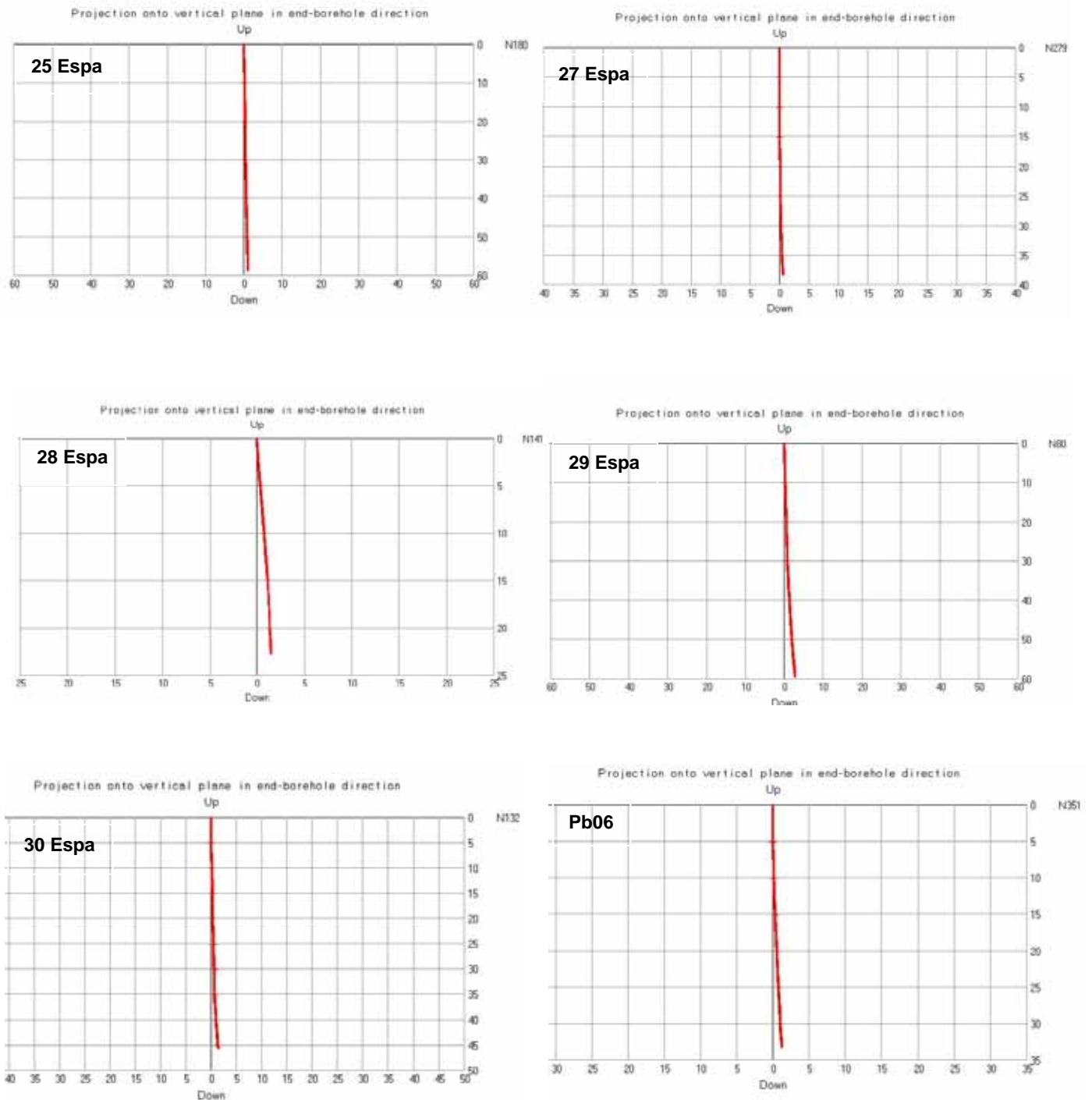
Figur 148. Netto strømning i brønnene, Fb02, Fb04, Ulvinmyra, Fb05, Pb03 og Pb25 på Ulvin, Brøhaug og Ulvinmyra.



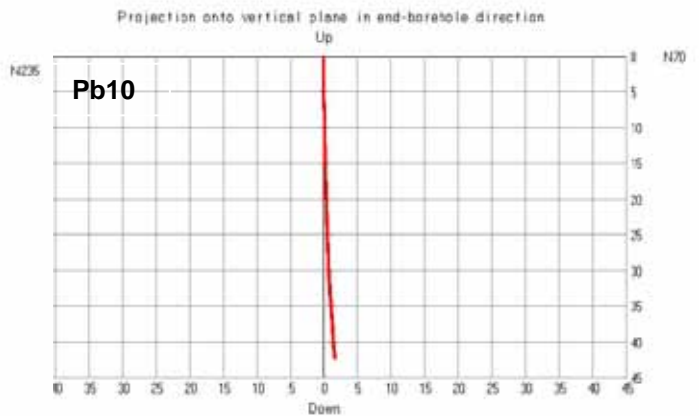
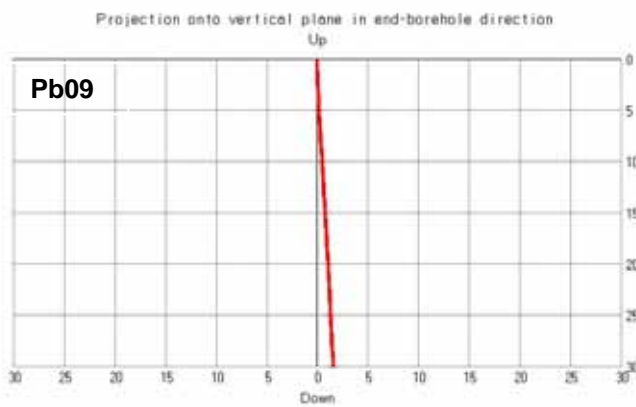
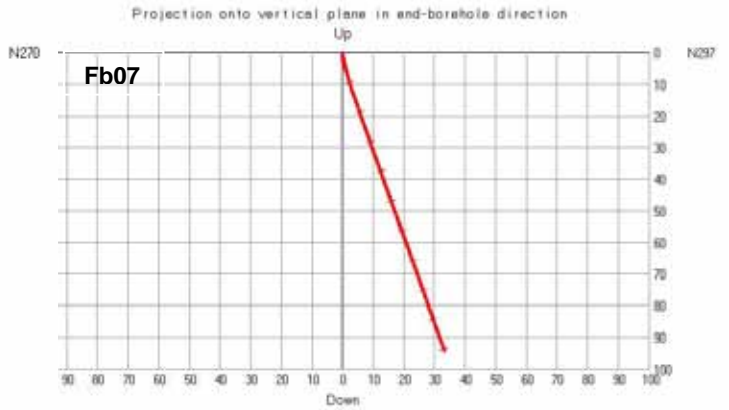
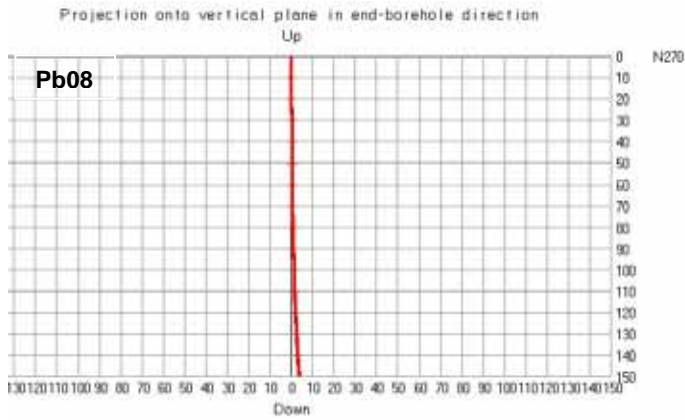
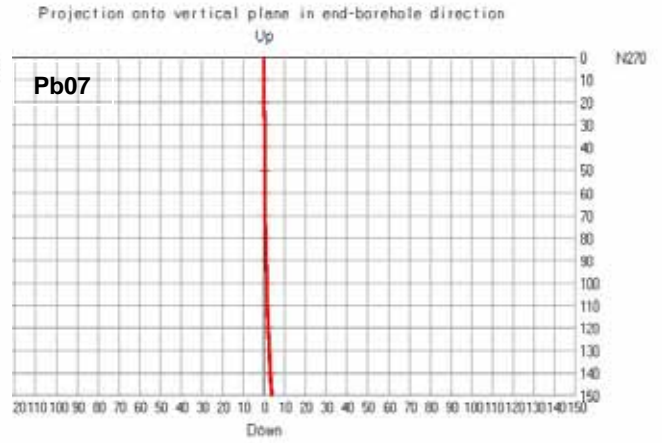
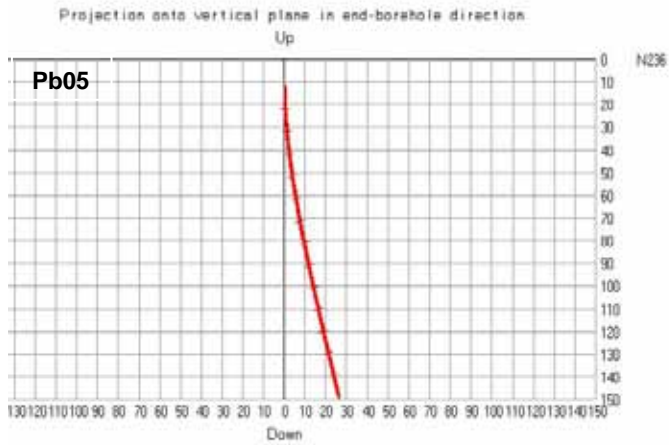
Figur 149. Netto strømning i brønnene, Pb01, Korslund og Fb01, Ørbekk - Korslund.

4.5 Borehullsforløp

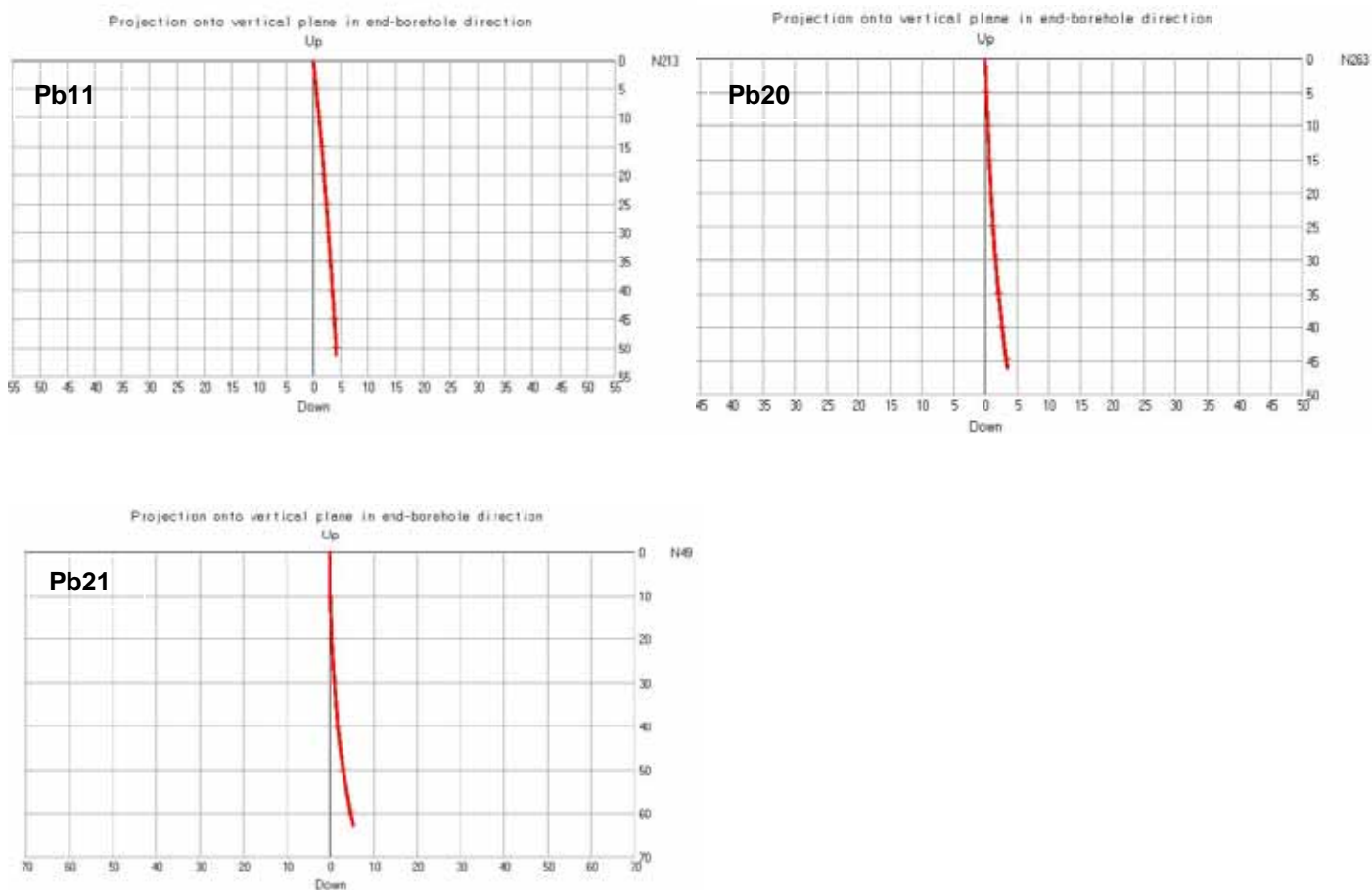
Borehullsforløpet blir målt som en integrert del av optisk eller akustisk televiwer. Vinkel og retning er også plottet på sprekkefrekvenshistogrammene. I dette kapittelet vises vertikalplott av borehullsforløpet i hullretningen. De aller fleste brønner er forholdsvis korte, vertikale hull. På plottet vises retningen i bunnen av hullet (end of borehole). Det er ingen store avvik fra vertikalen. Plottene er vist i figur 150 – 154.



Figur 150, Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene 25,27,28,29,30 og Pb06, Espa nord.



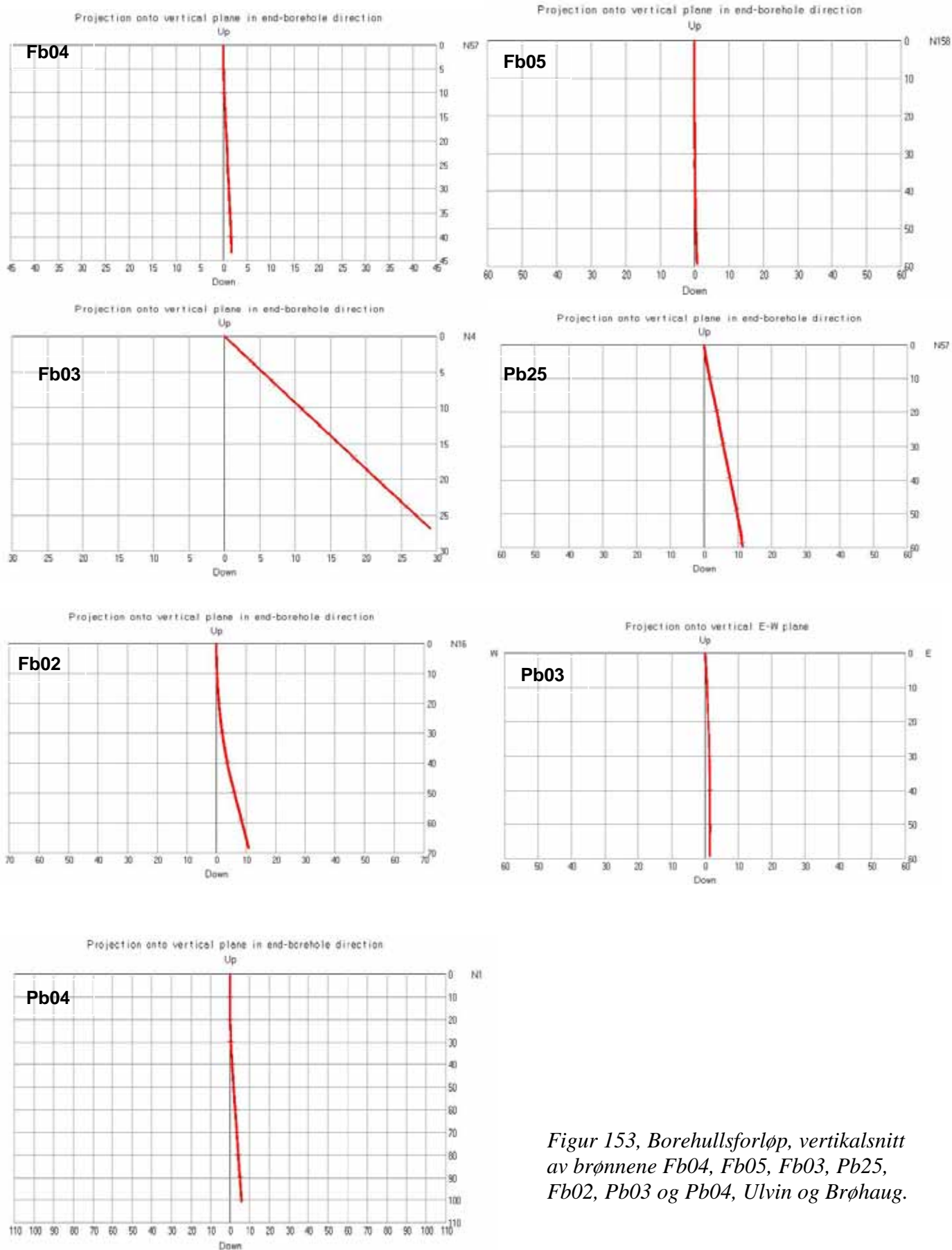
Figur 151, Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Pb05, Pb07, Pb08, Fb07, Pb09 og Pb10, Espa nord.



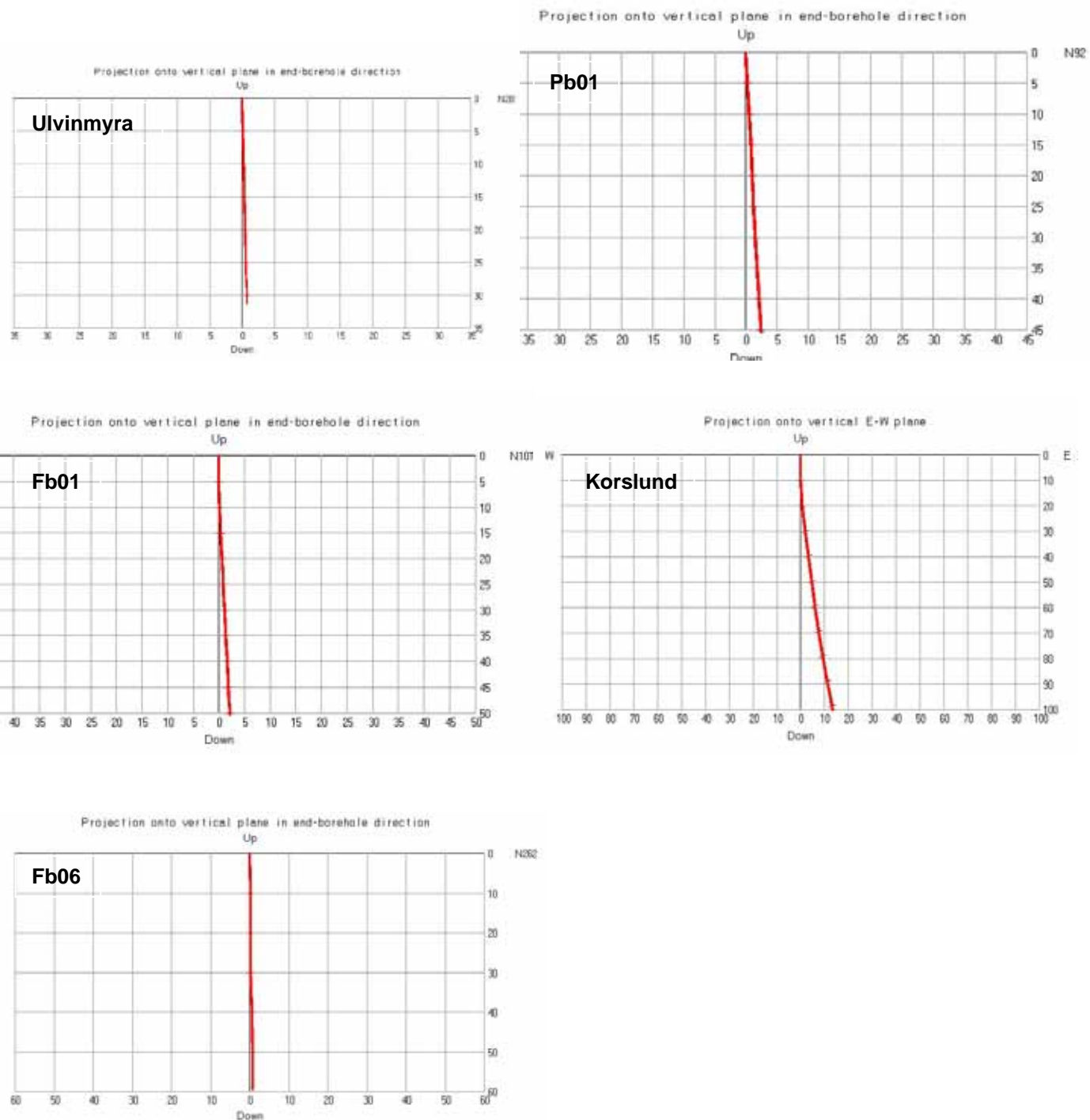
Figur 152, Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Pb11, Pb20 og Pb21, Espa nord og Espa sør.

Brønnene Pb05, Pb07 og Pb08 var boret i 2010 for overvåkning og vannforsyning ved eventuelle tap av eksisterende grunnvannsbrønner. Brønnene var boret loddrett til ca 150 m. Brønnen Pb05, figur 151, har et horisontalavvik på ca 27 m i bunnen. De to andre har lite avvik.

Fb07 er boret med 70° fall (figur 151), Fb03 med 45° (figur 153). Fb03 var boret til 100 m, men utrasning i hullet ved 39 m hindret logging med OPTV ned til bunnen.



Figur 153, Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Fb04, Fb05, Fb03, Pb25, Fb02, Pb03 og Pb04, Ulvin og Brøhaug.



Figur 154, Borehullsforløp, vertikalsnitt av brønnene Ulvinmyra, Pb01(Ørbekk), Fb01, Korslund, og Fb06 (Holtet).

5. DISKUSJON

I forbindelse med Jernbaneverkets og Vegvesenets utbygging langs Mjøsa har NGU logget en rekke grunnvannsbrønner langs eller i nærheten av planlagte tunneltraseer. Dette er gjort på strekningen Langset-Kleverud/Labbdalen, ca 17 km, som omfatter Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Loggingen er gjort på oppdrag av Jernbaneverket. I alt ble det sommer/høst 2011 logget 27 brønner. I tillegg var det logget 8 brønner høsten 2010.

Jernbaneverket har boret 7 fjellbrønner for undersøkelser og overvåking samt 3 brønner for overvåking og fremtidig grunnvannsuttak. All bebyggelse langs traseen har vannforsyning fra egne grunnvannsbrønner. Ved tunneldriving kan en risikere at vanntilførselen i enkelte brønner kan bli påvirket på grunn av endrede hydrologiske forhold i undergrunnen. Mange av disse private grunnvannsbrønnene, 25 stk, er logget for å undersøke fjellkvaliteten. Ved å studere data fra loggingen kan en vurdere fjellkvaliteten med hensyn på vannproblemer og stabilitet. Spesielt mange (15 stk) er logget ved Espå (Espatunnelen og nordre del av Hestnestunnelen).

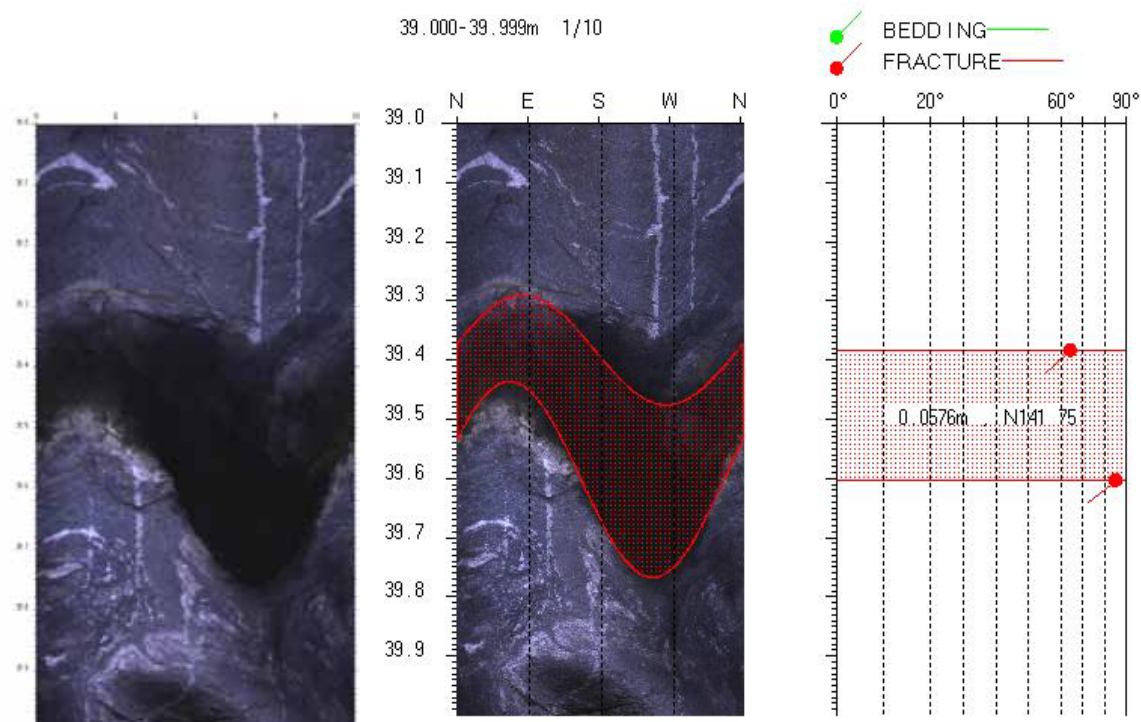
På grunn av den store datamengden (antall brønner) er ikke loggene fra hver brønn beskrevet i detalj. Alle logger er presentert. Det er særlig resistivitet og P-bølgehastighet som kan si noe om fjellkvalitet. Bergartene i området er beskrevet med normale verdier for resistivitet og P-bølgehastighet (Elvebakk 2011). Dette er verdier for massivt ikke oppsprukket fjell. Alle brønner er sammenstilt i tabellform der soner med avvik fra normalverdiene er beskrevet. Det er dessuten brukt kvalitetskriterier ut fra erfaringsmodell for resistivitet og Q-verdi/P-bølgehastighet. For optisk/akustisk televiewer er sprekke-data fra alle brønner presentert i stereogram, rosedigram og sprekkefrekvenshistogram. OPTV-opptak fra alle brønner er oversendt JBV og anbefales brukt aktivt ved gjennomgang av loggene. Disse gir et godt visuelt bilde av borehullsveggen. Noen opptak er dårlige pga. uklart vann og mørk borehullsvegg (manganutfelling).

Generelt viser resultatene fra borehullsloggingen at fjellkvaliteten langs de deler av tunneltraseene som er undersøkt er overveiende god. Alle brønner er likevel mer eller mindre oppsprukket. Det kan være indikert enkeltsprekker (en eller flere sammen) som gir en nedgang i resistivitet og P-bølgehastighet. De fleste av disse sprekke-antagelser antas ikke å påvirke fjellkvaliteten i negativ retning. OPTV-opptakene er også brukt i den vurderingen.

En brønn skiller seg imidlertid ut. I Fb05 ved Ulvin er det målt lave resistivitetsverdier i nesten hele brønnen (ned mot 500 ohmm). Det er målt lav P-bølgehastighet i deler av brønnen. Dette indikerer en viss fare for vannproblemer og ustabil fjell. Det er en god del sprekker i brønnen med Sprekkes hovedstrøketretning mot S-SV og fallretning V-NV. Det er ikke målt vannstrøm i brønnen. Det er det i Fb04 som ligger ca 250 m sørvest for Fb05. Denne brønnen er artesisk og vann strømmer ut av brønnen. I Fb04 er det en enkeltsone som gir lav resistivitet. Det ser ikke ut som om en har de samme mulige stabilitetsproblemene i denne brønnen som i Fb05. Det indikerte dårlige fjellet i Fb05 ikke har trolig ikke sammenheng med Fb04.

Fb03, langs veien opp mot Ulvinmyra, var boret til 100 m dyp. Ras ved ca 40 m hindret logging med optisk og akustisk televiewer videre nedover. OPTV bilder viser en åpen sprekk ved 39.5 m før sonden stoppet. Det er en markert økning i vannets elektriske ledningsevne og tydelig nedgang i resistivitet og P-bølgehastighet ved ca 40 m dyp. Det er stor sannsynlighet

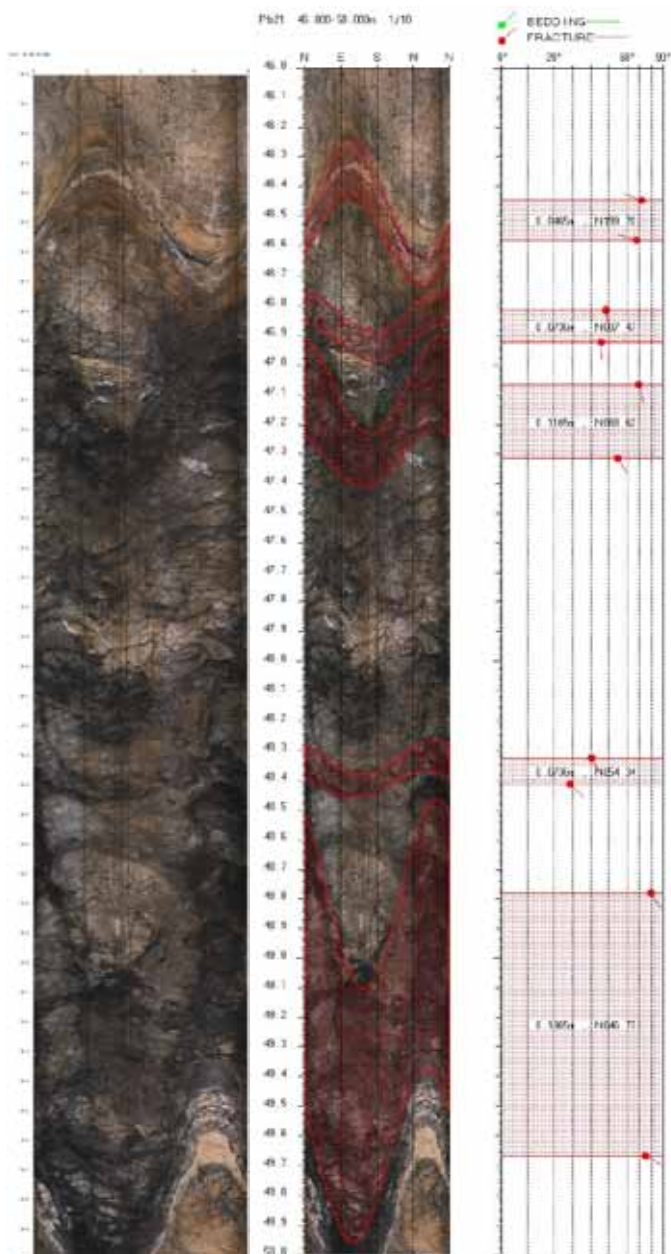
for at dette er en vannførende sprekk. Figur 155 viser bilde og tolket logg av denne sprekk. Den har en reell åpning på ca 6 cm og har steilt fall mot SV. En kan ikke si noe om utstrekningen til sprekken som har strøkretning mot SØ.



Figur 155. Fb03, OPTV-bilde fra 39 – 40 m med tolket åpen sprekk ved 39.5 m.

I Pb21, Espa sør, er det en flere meter bred sone (45 -51 m) med tydelig nedgang i resistivitet, under 2000 ohmm. Laveste P-bølgehastighet i denne sonen er 2700 m/s. Sonen kan utøve en viss risiko for både stabilitets- og vannproblemer. Figur 156 viser OPTV-bilde og tolket logg fra 46 – 50 m dyp. Det er tolket flere soner med fall mot SSØ – SØ, med strøk NØ – ØNØ. På tolkningskjemaet til høyre er angitt sann tykkelse, strøk og fall.

Der det var dårlig sikt eller svært mørk borehullsvegg er akustisk televiwer benyttet til sprekketolkning. Fra data målt med akustisk televiwer også beregne en ovalisasjonslogg, se NGU Rapport 2011.017 (Elvebakk 2011). Denne viser variasjon av diameteren i hullet og kan si noe om masseutfall fra borehullsveggen og retning på maksimal bergspenning. NGU kan på forespørsel beregne ovalisasjon (brønndiameter) på utvalgte steder i en brønn. Bestemmelse av retning på maksimal bergspenning ut fra ovaliseringslogg er ny teknologi som NGU ønsker mer erfaring med før en kan si om det er signifikante variasjoner.



Figur 156. Pb21, Espå sør. OPTV bilde med tolket logg fra 46 – 50 m.

Det er gjort både 2D resistivitet og refraksjonsseismikk langs tunneltraseene (Wisén 2008), (Rønning et al. 2009). En vanlig prosedyre ved geofysiske forundersøkelser er å undersøke indikerte svakhetssoner fra bakkemålinger med oppfølgende boring og borehullslogging for å kunne karakterisere sonene bedre. Ved Espå – Morskogen er det hovedsakelig benyttet eksisterende grunnvannsbrønner samt noen overvåkningsbrønner boret av JBV. NGU anbefaler derfor å sammenstille eventuelle indikerte svakhetssoner fra bakkemålingene med logger fra brønner i nærheten av disse sonene. Fra sprekkefrekvenshistogrammene kan en for hver brønn finne strøkretning, fallretning og fallvinkel til alle indikerte sprekker i denne brønnen.

Alt datagrunnlag for stereogram, sprekkefrekvenshistogram og borehullsforløp er tilgjengelig på NGU. Det oversendes en CD til JBV med alle disse data i tabellform på lesbart format.

6. KONKLUSJON

Jernbaneverket skal bygge dobbeltspor mellom Eidsvoll og Hamar. Langs Mjøsa i parsellen Minnesund – Kleverud/Labbdalen, ca 17 km, er det planlagt flere tunneler. Denne delen omfatter Fellesprosjektet E6-Dovrebanen. Loggingen er gjort på oppdrag av Jernbaneverket. I alt ble det sommer/høst 2011 logget 27 brønner. I tillegg var det logget 8 brønner høsten 2010. Brønnene var i daglig bruk så pumpe og slanger måtte trekkes opp før logging kunne utføres. Hensikten med loggingen var å kartlegge fjellkvaliteten langs deler av tunneltraseene med hensyn på stabilitet og vannproblematikk.

Det er logget med optisk televiewer (filming av borehullsvegg), akustisk televiewer, målt temperatur og elektrisk ledningsevne i vannet, naturlig gammastråling, fjellresistivitet, tilsynelatende porøsitet, lydshastighet i fjell og vannstrømning. Det er også logget pH og Eh.

Data for temperatur og ledningsevne i vann kan være usikre da vannet ble omrørt under fjerning av pumper og slanger fra hullene. Bortsett fra i et par brønner var vannet klart og ga gode opptak med optisk televiewer. I noen brønner var det mye utfelling (mangan?) som førte til svært mørk borehullsvegg. I disse brønnene er data fra akustisk televiewer benyttet til å tolke sprekker.

Resultatene viser generelt godt fjell. Loggene viser høy resistivitet og høy seismisk P-bølgehastighet i de aller fleste brønnene. I en brønn, Fb05, ved Ulvin, ble det registrert lave resistivitetsverdier i hele brønnen og stedvis lav P-bølgehastighet. De lave verdiene kan bety ustabil fjell og mulige vannproblemer. En brønn i samme område, Fb04, var artesisk og det ble påvist strømning i brønnen. I Fb03, langs vegen opp til Ulvinmyra, ble det observert en åpen sprekk på 39.5 m dyp. Endring i vannets ledningsevne kan tyde på vanninnstrømning og mulige vannproblemer ved kommende tunnelarbeider. En 6 m bred sone med lav resistivitet i Pb21 like sør for Espå kan også gi problemer.

7. REFERANSER

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

Barton, N., 2007: Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy. Taylor & Francis Group, London.

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

Elvebakk, H., 2011: Sammenstilling av resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling I norske bergarter. *NGU Rapport 2011.042*.

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

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Heincke, B.H., Tønnesen, J.F. & Wisen, R., 2009: Resistivitetsmålinger og retolking av seismikk langs E6 og Dovrebanen ved Mjøsa. *NGU rapport 2009.064*.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Ganerød, G.V. & Heincke, B.H. 2009b: Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. Proceedings from 5th Seminar on Strait Crossings, Trondheim, June 21 – 24 2009, p. 439 - 444 (SINTEF/NTNU).

Thunhead, H. & Olsson, O. 2004: Borehole corrections for a thick resistivity probe. *JEEG*, December 2004, Volume 9, Issue 4, pp. 217 – 22

Wisen, R., 2008: Refraksjonsseismiske undersøkelser for fellesprosjektet E6 – Dovrebanen. Juli 2008, Rambøll, Danmark.