



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet 2001

Bergvesenet rapport nr BV 6861	Intern Journal nr	Gammelt internt rapp. nr.	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Grong Gruber AS	Ekstern rapport nr NGU 96.004	Oversendt fra Grong Gruber a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:

Tittel

Geofysiske målinger Åkervollen gruve, Verdal, Nord-Trøndelag

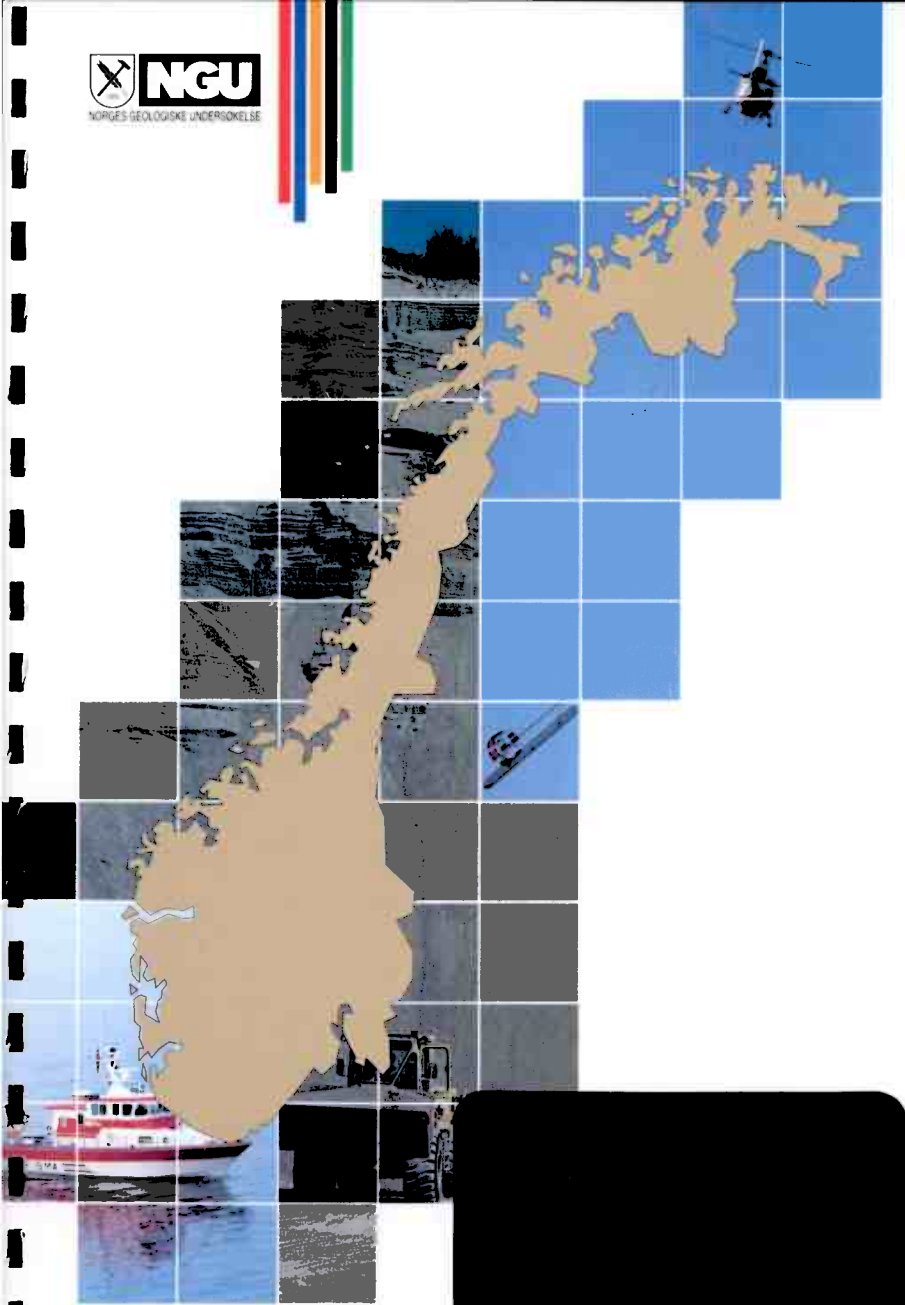
Forfatter		Dato	År	Bedrift
Elvebakk, Harald		01.04	1996	Nord-Trøndelagsprogrammet
Dalsegg, Einar				

Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Verdal	Nord-Trøndelag		1722 1 1822 4	Grong

Fagområde Geofysikk	Dokument type	Forekomster Lifjellet skjerp Åkervollen gruve
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu, Zn	

Sammendrag / innholdsfortegnelse

Det er utført TFEM bakkemålinger, CP bakke- og borchullsmålinger og ledningsevne målinger i borchull. Alle de benyttede målingstyper viser at den kjente mineralisering fortsetter sørover med økende dyp. Sonens ledningsevne ser ikke spesielt god ut. Vestflanken av synklinalen indikeres som en leder som drar seg sørvestover og har sammenheng med Lifjellet skjerp. Målingene tyder også på at mineraliseringen drar seg ut av måleområdet. Den målte motstanden tyder ikke på kompakt kis. enledende sone i hengen av malmsonen har ikke kontakt med hovedskjerp. det foreslås nye borer.



NGU Rapport 96,004

Geofysiske målinger Åkervollen gruve, Verdal,
Nord-Trøndelag

Rapport nr.: 96.004		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger Åkervollen gruve, Verdal, Nord-Trøndelag					
Forfatter: Harald Elvebakk og Einar Dalsegg			Oppdragsgiver: NGU v\Nord-Trøndelagsprogrammet		
Fylke: Nord-Trøndelag			Kommune: Nord-Trøndelag		
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1722 I Vuku		
Forekomstens navn og koordinater: Åkervollen 32V 6472 70841			Sidetall: 52		Pris: 233.-
			Kartbilag: 7		
Feltarbeid utført: 19.06-04.07 og 31.07-04.08 1995		Rapportdato: 01.04.1996		Prosjektnr.: 2509.33	Ansvarlig: <i>Jens S. Kvern</i>
Sammendrag: Det er gjort TFEM bakkemålinger, CP bakke- og borhullsmålinger og ledningsevne målinger i borhull ved Åkervoll gruver i Verdal. Hensikten var å kartlegge en eventuell utbredelse av mineraliseringen i hovedskjerpet som også var påtruffet i borhull 200 m sør for utgående. En ville også se om målingene kunne klargjøre de strukturgeologiske forhold i området. CP-målingene i borhull viste at den påtrufne mineraliseringen i borhullene er den samme sonen som i utgående i hovedskjerpet. Det ble også indikert en leder som ligger på et høyere nivå og som ikke har kontakt med hovedskjerpet. CP bakkemålinger med jording i utgående og i den påtrufne mineraliseringen i borhull 200 m sør for utgående ga samme potensialbilde. Mineraliseringen drar seg sørvestover med økende dyp og fortsetter ut av måleområdet. TFEM-målingene med jording i hovedskjerpet indikerte en dyp, sterk strømkonsentrasjon mot sør. Indikasjonen er fulgt til 700 m sør for utgående og antas å være østflanken av en observert antiklinal i utgående. Dypet varierer fra 75 - 250 m. Både TFEM-anomalien og CP-anomalien er interessante for oppfølging med nye borer.					
Emneord: Geofysikk		Elektromagnetisk måling			
Elektrisk måling		Sulfid			
					Fagrapport

INNHold

1. INNLEDNING.....	5
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE.....	5
2.1 TFEM-målinger	5
2.2 CP-målinger	6
2.3 Motstands-målinger.....	7
3. RESULTATER OG TOLKNING	7
3.1 TFEM-målinger	7
3.1.1 Resultater tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz frekvensdomenet.....	8
3.1.2 Beregning av tidskonstant.....	13
3.2 CP-målinger	15
3.2.1 Med C_1 i hovedskjerpet.....	15
3.2.2 Med C_1 på 37 m dyp i borhull 1.....	15
3.2.3 Med C_1 på 140 m dyp i borhull 2	15
3.2.4 Med C_1 i skjerp ved 1415N - 865Ø.....	16
3.3 Motstandsmålinger.....	16
3.4 Diskusjon.....	16
4. KONKLUSJON	18
5. REFERANSER	19

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: TFEM, metode- og instrumentbeskrivelse

Tekstbilag 2: CP, metodebeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1: Figur 1a-8a. TFEM, profilplott av V- og H-kanaler i tidsdomenet, fri jording

Figur 1b-8b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, fri jording

Figur 9-11. TFEM, transient decay-kurver for indikerte ledere, fri jording

Databilag 2: Figur 12a-16a. TFEM, profilplott av V- og H-kanaler i tidsdomenet, jording i skjerp

Figur 12b-16b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, jording i skjerp

Figur 17b-19b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, jording bh 2/140 m

Databilag 3: Figur 20. CP, borhull 1 og 2 med C_1 i hovedskjerpet ved 1620N - 930Ø

Figur 21. CP, borhull 1 og 2 med C_1 på 37 m dyp i borhull 1

Figur 22. CP, borhull 1 og 2 med C_1 på 140 m dyp i borhull 2

Figur 23. CP, borhull 1 og 2 med C_1 i skjerp ved 1415 N-865Ø

Databilag 4: Figur 24. Tilsynelatende motstand borhull 1

Figur 25. Tilsynelatende motstand borhull 2

Figur 26. CP potensialkurve, profil 1200N, jording i hovedskjerp

Figur 27. Tolket vertikalsnitt av profil 1200N med geofysiske indikasjoner

KARTBILAG

96.004-01 Oversiktskart

-02 TFEM tolkningskart, tidsdomenet og primærfelt, fri jording

-03 TFEM tolkningskart, tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz, frekvensdomenet
jording i hovedskjerp

-04 CP konturkart, $C_1 = Bh. 1/37m$

-05 CP konturkart, $C_1 = Bh. 2/140 m$

-06 CP konturkart, $C_1 = Skjerp 1415N - 865Ø$

1. INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet oppfølgende malmundersøkelser i Nord-Trøndelag utførte NGU i 1994 CP- og magnetiske målinger ved Åkervollen gruve (Dalsegg og Lauritsen 1995).

Målingene konkluderte med at malmsonen i gruva hadde utstrekning mot dypet i sør. Det ble derfor påsatt to borhull hvor det ble påvist flere mineraliseringer.

På bakgrunn av dette ble undersøkelsene videreført i 1995. Det ble utført følgende målinger:

- CP-målinger i borhullene for å fastlegge sammenhengen mellom malmsonen og mineraliseringene i borhullene.
- Nye CP-bakkemålinger for å se om en ved å jorde i de påviste mineraliseringene i borhullene kunne få en sikrere angivelse av sonens fortsettelse mot dypet.
- Ledningsevne målinger i borhullene for å fastlegge ledningsevnen til de påviste mineraliseringene og den omliggende bergarts motstand.
- TFEM-målinger for å se om en med denne metoden, som er den som er best egnet for påvisning av ledere på stort dyp, kunne få ny informasjon om malmsonen og eventuelle nye soner på dypet.

For å få en bedre forståelse av strukturgeologien i området ble det også foretatt geologiske undersøkelser i området. Malmsonen består av en østre kisingang som er foldet i en antiklinal, og en synklinal i vest. Røros grubes gang. Foldingsaksen stuper ca 40° S til SSV. (Rui 1995). Det er også gjort helikoptermålinger i området. (Skilbrei 1994).

Åkervollen gruve ligger øst for Malsåa i et mineralisert grønnstensdrag som strekker seg fra Helgådalen i sør til Ogndal i nord (Wolf 1979). Gruvens beliggenhet og undersøkelsesområde framgår av kartbilag -01.

De geofysiske målingene ble utført av Harald Elvebakk og Einar Dalsegg i periodene 19.06-04.07 og 31.07-04.08 1995. Morten Staw og Trond Olstad deltok som assistenter.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

2.1 TFEM-målinger

Ved undersøkelsen ble NGUs egenproduserte TFEM-utrustning benyttet. TFEM-målinger gjøres både i tids- og frekvensdomenet. En metode og instrumentbeskrivelse er vedlagt i tekstbilag 1.

TFEM-målingene ble utført med konduktiv energisering med tre forskjellige måleanlegg (jordingpunkter). Området ble først målt med fri jording dvs. en rett kabel jordet i begge ender på vestsiden av måleområdet. Strømstyrken var 1,5 A. Det ble deretter strukket en kabel inn i måleområdet og jordet i malmsonen i hovedskjerpet. Strømstyrken var her 2,5 A. Tilslutt ble jordingen flyttet til malmsonen på 140 m dyp i bh 2 med strømstyrke på 2,5 A. Måleområdets totale lengde var 700 m, dvs. 700 m sørover fra hovedskjerpet. Profilavstand var 100 m med 50 m i gruveområdet. Profillengden varierte fra 300 - 900 m. Målepunktavstand var 25 m. Området er tegnet inn på oversiktskart, kartbilag -01. Profiler og kabelutlegg er tegnet inn på tolkningskartene, kartbilagene -02 og -03.

I siste del av måleperioden oppsto store problemer med TFEM-mottakeren. Målingene ble beheftet med kraftig støy grunnet feil i mottaker eller spole. Feilen kom og gikk, men en fikk utført mesteparten av de planlagte målingene. Feilen ble ikke funnet i måleperioden, selv med intens feilsøking, noe som førte til at målingene tok lengre tid enn planlagt. Denne feilen har ikke innvirkning på de data som her rapporteres.

2.2 CP-målinger

En generell beskrivelse av CP-metoden er vedlagt (tekstbilag 2). Fjernelektroden C_2 ble etablert i bekk ca. 2 km sørvest for gruva. Borhullene ble målt med fire nærelektroder (C_1), disse var:

- Hovedskjerpet, 1620N - 930Ø
- Borhull 1, 37 m dyp
- Borhull 2 140 m dyp
- Skjerp, 1415N - 865Ø

Med de tre siste jordingpunktene ble det også utført nye bakkemålinger.

Bakkemålingene ble utført som gradientmålinger. Målepunktavstanden varierte fra 25 til 12,5 meter, avhengig av gradienten på potensialet. Potensialets «nullnivå» ble fastlagt ved «fjernmålinger» langs profil 1300N. Det ble benyttet samme stikningsnett som ved målingene i 1994. Der dette ble utvidet ble stikkingen utført samtidig med målingene ved hjelp av håndkompass. Basislinjens retning var 30°.

Borhullsmålingene foregikk på tradisjonell måte ved at en potensialelektrode ble senket ned i borhullet, og potensialet ble målt mot et kjent potensial på bakken. Målingene i borhullene ble på den måten knyttet til målingene på bakken. I likhet med bakkemålingene varierte målepunktavstanden avhengig av potensialgradienten (5 til 2,5 meter).

Både bakke- og borhullsmålingene ble utført med NGUs egenproduserte utstyr. Strøm ble sendt i pulser på 1 sekund og dødtid var 3 sekunder. Strømstyrken var ved alle måleanlegg 1 A.

2.3 Motstands-målinger

Tilsynelatende elektrisk motstand ble målt i begge de to tilgjengelige borhullene. Dette ble gjort for å kartlegge alle ledende soner i borhullene, i tillegg til motstanden i de omliggende bergartene. Det ble benyttet pol-pol elektrodekonfigurasjon med $a=2,5$ meter og en flyttavstand på 2 meter. Fjernstrømelektroden C_2 var den samme som ved CP-målingene, mens fjernpotensialelektroden P_2 ble plassert ca. 200 meter fra borhullene. Målingene ble utført med ABEMs Terrameter SAS 300A.

3. RESULTATER OG TOLKNING

3.1 TFEM-målinger

I det følgende blir resultater fra målingene i tidsdomenet, frekvensdomenet 25 Hz og primærfeltkanalene kommentert. Kvalitetsvurdering av TFEM-anomalier er kort beskrevet i metodebeskrivelsen i tekstbilag 1. Ut fra erfaring fra målinger over kjente forekomster er graderingene i tabell 1 benyttet til å angi styrken på TFEM-anomalier. I tidsdomenet er signalstyrken på kanal H2 benyttet, mens den prosentvise svekningen av det normaliserte vertikalfeltet er benyttet til å angi styrken av 25 Hz- og primærfeltmålingene. Av de tre prinsipielt forskjellige målingene er primærfeltkanalene mest følsom, mens 25 Hz er minst følsom og gir anomalier på soner med relativt god ledningsevne. Dybderekkevidden er best for sene tidskanaler og 25 Hz frekvensdomenet.

Tabell 1. Gradering av TFEM-anomalier

Primærfelt	Tidsdomenet	25 Hz	Gradering
> 200 %	> 50 $\mu\text{V/A}$	> 50 %	Meget sterk
100 - 200 %	25 - 50 $\mu\text{V/A}$	30 - 50 %	Sterk
50 - 100 %	10 - 25 $\mu\text{V/A}$	10 - 30 %	Svak
< 50 %	< 10 $\mu\text{V/A}$	< 10 %	Meget svak

I tidsdomenet kan en i tillegg til anomalistyrken også vurdere ledningsevnen til lederen for å få et begrep om lederens kvalitet. Ledningsevnen kan vurderes ut fra hvor mange kanaler anomalien observeres på.

Meget god ledningsevne:	Anomali på kanal 1 - 7
God ledningsevne:	Anomali på kanal 1 - 5
Dårlig ledningsevne:	Anomali på kanal 1 - 3
Meget dårlig ledningsevne	Anomali på kanal 1

3.1.1 Resultater tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz frekvensdomenet.

- Fri jording

Hensikten med TFEM-målingene ved Åkervoll var å se om dype ledere kunne indikeres og følges i tilknytning til de kjente mineraliseringene i dagen og i borhull. Resultatene med fri jording er vist som profilplott i figur 1 - 8 (a og b), og tolkningskart er vist i kartbilag -02. Det nordligste profilet, profil 1600N, gikk over utgående av malmsonen, mens det sørligste gikk 500 m lenger sør. Tabell 2 og 3 viser en oversikt over indikerte ledere ved målinger i tidsdomenet og primærfelt.

Tabell 2. Indikerte ledere i tidsdomenet, Åkervoll, fri jording

Profil	Koordinat	Signal H2 [µV/A]	Kanaler	Anomali- styrke	Lednings- evne	Dyp
1600N	937,5Ø	17,7	1 - 4(6)	svak	god	1 - 12,5 m
1550N	912,5Ø	14,7	1 - 4(6)	svak	god	0 - 12,5 m
1500N	925Ø	16,7	1 - 7(4)	svak	god	.25 m
1450N	900-925Ø	9,5	1 - 3	meget svak	dårlig	25 - 50 m
1400N	887,5Ø	7,1	1 - 5(6)	meget svak	god	0 - 12,5 m
1400N	925Ø	7,3	1 - 4(6)	meget svak	dårlig	50 - 75 m
1300N	850Ø	6,5	1 - 4	meget svak	dårlig	25 m
1300N	887,5Ø	6,7	1 - 5	meget svak	god	25 - 50 m
1200N	850Ø	4,8	1 - 4	meget svak	dårlig	50 - 75 m

Tabell 3. Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Åkervoll, fri jording

Profil	Koordinat	%-svkning	Styrke	Dyp
1600N	887,5Ø	60	svak	0 - 12,5 m
1600N	937,5Ø	141	sterk	0 - 12,5 m
1550N	812,5Ø	22	meget svak	0 - 12,5 m
1550N	912,5Ø	115	meget svak	0 - 12,5 m
1500N	787,5Ø	37	meget svak	0 - 12,5 m
1500N	912,5Ø	119	sterk	12,5 - 25 m
1450N	787,5Ø	41	meget svak	37,5 m
1450N	900Ø	135	sterk	25 m
1400N	887,5Ø	96	svak	0 - 12,5 m
1300N	500Ø	28	meget svak	50 m
1300N	887,5Ø	18	meget svak	25 - 50 m
1200N	675Ø	15	meget svak	25 m
1100N	612,5Ø	75	svak	0 - 12,5 m

Utgående av østre kiskang indikeres tydelig både av tidsdomene- og primærfeltmålingene på profil 1600N, 1550N og 1500N, se figur 1 - 3. Lederen indikeres ved 925Ø. Anomalistyrken er svak, og ledningsevnen er ikke spesielt god da anomalien observeres tydelig bare på de fire tidligste kanalene i tidsdomenet. Primærfeltet indikerer to ledere med økende avstand sørover. Den vestligste kan representere vestflanken av synklinalen. 25 Hz-målingene gir ingen anomali noe som tyder på dårlig ledningsevne og/eller dårlig EM-kobling mellom primærfelt og leder. Ved 1415N-865Ø ligger et skjerp. CP-målingene viste at denne mineraliseringen ikke har kontakt med malmsonen i hovedskjerpet i østre kiskang. Skjerpet representerer utgående av en separat leder som ligger på et høyere nivå enn malmsonen fra hovedskjerpet, se kap. 3.2.4 om CP-målinger. Fra profil 1450N og sørover er det trolig utgående av denne lederen som indikeres. På profil 1450N indikeres lederen på ca 25 m dyp ved 900Ø. Dette stemmer bra med utgående ved 1415N-865Ø og et fall østover. Lederen kan følges til profil 1300Ø.

På profil 1400N kan en av horisontalfeltkurvene i tidsdomenet også se en noe dypere anomali ved 925Ø i tillegg til den grunne ved 887,5Ø. Ledningsevnen til den dype (50 - 75 m) lederen er dårlig og anomalien er meget svak. Primærfeltet indikerer bare den grunne mens 25 Hz-målingene ikke gir anomali.

På profil 1300N indikeres også de samme to lederne. Den grunne er nå meget svak med et tolket dyp på 25 m ved koordinat 850Ø. Den dype lederen har dratt seg noe vestover til 887,5Ø. Anomalien er meget svak og tolket dyp er ca 50 m. Det er noe uklart om den dype lederen er en dypere del av den separate lederen i forbindelse med skjerp ved 1415N-865Ø,

eller om det er den dype lederen fra hovedskjerpet. Lederen indikeres ikke på 25 Hz-målingene.

På profil 1200N observeres en meget svak tidsdomeneanomalie ved 850Ø med et tolket dyp på 50 - 75 m. En meget svak primærfeltanomalie ved 675Ø kan representere vestflanken.

På profil 1100N observeres ingen tidsdomeneanomalier, men primærfeltet gir en meget tydelig anomalie ved 612,5Ø like sør for Lifjellet skjerp som trolig representerer utgående av vestflanken.

Resultatene fra måleopplegg med fri jording indikerer i tidsdomenet utgående av østflanken og utgående av separat leder fra skjerp ved 1415N-865Ø. Primærfeltmålingene viser i tillegg anomalier på vestflanken untatt på profil 1400N og 1300N. Lifjellet skjerp kommer tydelig inn på profil 1200N og 1100N. Kartbilag -02 viser tolkningskart for tidsdomene- og primærfeltmålingene med fri jording.

- Jording i massiv malm i hovedskjerp, østflanken.

Ettersom TFEM-målingene med fri jording ikke ga vesentlig nye opplysninger om dype ledere, ble det bestemt å måle området sør for bh 2 med strømtilførsel direkte til malmsonen i hovedskjerp. Interessant mineralisering var bl.a. påtruffet på 140 m dyp i bh 2 på profil 1400N. Denne sonen ble ikke indikert med fri jording, trolig pga. dårlig ledningsevne og/eller dårlig EM-kobling. Ved å jorde direkte i sonen ville en ha stor mulighet til å følge sonen på dypet selv om ledningsevnen var noe dårlig. Det ble gjort målinger med jording både i hovedskjerp og i bh 2/140 m. CP-målinger hadde vist at sonen i bh 2 var den samme som østflankens utgående i hovedskjerp, se kap. 3.2.1 og 3.2.2. Med jording i hovedskjerp ble profilene 1300N - 900N målt, mens profil 1200N - 1000N ble målt med jording i bh 2/140 m.

Resultatene fra målingene med jording i hovedskjerp er vist som profilkurver i figur 12 - 16 (a og b). Tolkingskart er vist i kartbilag -03. Resultatene viser stor forskjell fra fri jording. Både vestflanken og det som er tolket som østre kisgang mot dypet kommer tydelig frem. På de fire første kanalene i tidsdomenet får en negative anomalier som er noe uvanlig og vanskelig å forklare. Negative anomalier betyr her at strømmen går motsatt veg, som f.eks. ved kantstrømmer i nedre kant av en plateleder. Årsaken kan være induserte strømmer i en overliggende leder. Induksjonen skyldes den sterke konduktive strømmen som går i lederen fra hovedskjerp som det var jordet i. Den induserte strømmen i lederen over vil da få motsatt retning i forhold til den konduktive strømmen i hovedlederen. Den overliggende lederen er tolket til å være lederen som har forbindelse med skjerp ved 1415N - 865Ø. Denne lederen har dårlig ledningsevne og de induserte strømmene vil dø fort ut og indikeres bare på de tidlige kanalene. Den påtvungne strømmen i hovedlederen vil derimot observeres som anomalie på de

sene tidskanalene. Målingene på 25 Hz i frekvensdomenet viser tydelig at det går en meget sterk strøm i hovedlederen som stuper mot dypet sørover.

Det er ikke foretatt noen kvalitetsvurdering og gradering av anomalistyrke av måleresultatene med jording direkte i malmsonen. Måleforholdene vil bli helt forskjellige fra fri jording, og en kan få sterke anomalier selv på forholdsvis dårlige ledere når en tvinger strømmen ut i en mineralisering. Tabell 4, 5 og 6 viser en oversikt over indikerte ledere med jording i hovedskjerpet. Tabellene viser posisjon og tolket dyp samt kommentarer om strømmen og indikerte ledere. Kartbilag -03 viser tolkningskart for tidsdomenet og primærfelt/25 Hz frekvensdomenet. Kartet viser ledernes plassering uten gradering av anomalistyrken.

Tabell 4. Indikerte ledere i tidsdomenet, jording i hovedskjerp Åkervoll

Profil	Koordinat	Dyp	Kommentarer
1300N	500Ø	ca 25 m	
1300N	725Ø	25 - 50 m	Konduktiv strøm, vestre flanke?
1300N	850Ø	0 - 25 m	Utgående separat leder skjerp 1415N-865Ø
1300N	950Ø	50 - 75 m	Neg. anomali. Indusert strøm i separat leder
1200N	675Ø	ca 25 m	Kond. strøm, vestre flanke, Lifjell skjerp
1200N	750Ø	100 - 125 m	Kond. strøm, dypere del av vestre flanke
1200N	825Ø	25 m	Separat leder skjerp 1415N-865Ø
1200N	900Ø	75 - 100 m	Dyp sterk, strøm fra hovedskjerp østre flanke
1200N	925Ø	50 - 75 m	Neg. anomali. Indusert strøm i separat leder
1100N	625Ø	37,5 m	Konduktiv strøm, vestre flanke
1100N	750Ø	125 m	Kond. strøm, dypere del av vestflanken
1100N	800Ø	0 - 12,5 m	Utgående separat leder skjerp 1415N-865Ø
1100N	900Ø	150 - 175 m	Dyp, sterk konduktiv strøm fra hovedskjerp
1100N	925Ø	125 - 150 m	Neg. anomali. Indusert strøm i separat leder
1000N	625Ø	37,5 m	Kond. strøm, vestre flanke
1000N	700Ø	100 m	Kond. strøm, dypere del av vestflanken
1000N	900Ø	150 m	Dyp kond. strøm fra hovedskjerp
1000N	950Ø	150 m	Neg. anomali. Indusert strøm separat leder?
900N	500Ø	25 - 50 m	
900N	650Ø	100 - 125 m	Dyp del av vestflanken
900N	950Ø	200 m	Neg. anomali. Indusert strøm separat leder

Tabell 5. Indikerte ledere primærfelt, jording i hovedskjerp, Åkervoll

Profil	Koordinat	Dyp	Kommentarer
1300N	887,5Ø	ca 50 m	Kond. strøm fra jording i hovedskjerp
1200N	675Ø	0 - 25 m	Utgående vestflanken, Lifjellet skjerp
1200N	900Ø	75 - 100 m	Kond. dyp strøm fra hovedskjerp
1100N	637,5Ø	25 m	Utgående vestflanken
1100N	900Ø	75 - 100 m	Kond. dyp strøm fra hovedskjerp
1000N	625Ø	25 m	Utgående vestflanken
1000N	900Ø	usikker	Dyp kond. strøm fra hovedskjerp
900N	650Ø?	usikker	Meget svak ,usikker anomali, vestflanken

Tabell 6. Indikerte ledere 25 Hz frekvensdomenet, jording i hovedskjerp, Åkervoll

Profil	Koordinat	Dyp	Kommentar
1200N	912,5Ø	75 - 100 m	Kraftig, dyp kond. strøm fra hovedskjerp
1100N	925Ø	150 - 175 m	Kraftig, dyp kond. strøm fra hovedskjerp
1000N	925Ø	175 m	Kraftig, dyp kond. strøm fra hovedskjerp
900N	900 - 950N	200 - 250 m	Dyp, konduktiv strøm fra hovedskjerp

Målingene på profil 1300N, figur 12a og 12b, var beheftet med mye støy (feilmålinger), særlig på de sene kanalene. Disse støyverdiene er fjernet slik at en ikke har tolkbare feltkurver for kanalene V4 - V7. H4 - H7 er også vanskelig å tolke. En ser imidlertid tydelig negativ H- og V-feltanomali ved 950Ø med et tolket dyp på 50 - 75 m. Posisjonen stemmer bra med den separate lederen fra skjerpel ved 1415N - 865Ø. Utgående av samme leder indikeres ved 850Ø. Vestflanken (?) indikeres ved 725Ø. Posisjonen stemmer bra med retningen mot Lifjellet skjerp. Primærfeltet gir en meget tydelig anomali ved 887,5Ø som skyldes konduktiv strøm i lederen fra hovedskjerp. 25 Hz-målingene ga usikre data på dette profilet.

På profil 1200N, figur 13a og 13b, er data meget gode, og det indikeres flere ledere (strømkonsentrasjoner). I tidsdomenet indikeres vestflanken (utgående) på alle kanaler (god leder) ved 675Ø. På kanal V4 indikeres en leder med tolket dyp 100 - 125 m ved 750Ø. Dette er tolket til å være en dypere del av vestflanken som faller mot øst. Ved 825Ø indikeres en grunn leder (meget svak anomali) som trolig er utgående til den separate lederen fra skjerpel ved 1415N - 865Ø. På kanal 6 og 7 indikeres tydelig en dyp leder ved 900Ø. Dypet er tolket til 75 - 100 m og anomalien skyldes konduktive strømmer i lederen fra hovedskjerpel. Ved 925Ø får en så en kraftig negativ anomali som trolig skyldes induserte strømmer i den separate lederen som ligger over. Tolket dyp er 50 - 75 m. Primærfeltet indikerer vestflanken ved 675Ø og hovedlederen ved 900Ø. Den mest interessante anomalien observeres på 25 Hz-målingene.

En meget kraftig Re-anomali indikerer en sterk strømkonsentrasjon ved 912,5Ø med tolket dyp 75 - 100 m. Anomalien skyldes en sterk konduktiv strøm fra hovedskjerpet. Im-kurven er helt flat og betyr at det indikeres svært lite strøm i lederen pga. primærfeltet fra kabelen. Dette stemmer overens med fri jording hvor hverken Re- eller Im-komponenten ga anomali.

De samme lederne indikeres og de samme tolkningene kan gjøres på profil 1100N, se figur 14a og 14b. Den sterke strømkonsentrasjonen i hovedlederen indikeres ved 25 Hz-målingene ved 925Ø med tolket dyp 150 - 175 m.

Også på profil 1000N, figur 15, indikeres de samme lederne bortsett fra utgående til lederen fra skjerpet ved 1415N - 865Ø som ikke ser ut til å gå så langt sør. Dypet til hovedlederen er tolket til ca 175 m ved 925Ø.

På profil 900N, figur 16, mangler data fra 500Ø - 750Ø på kanal H4 - H7. Vestflanken indikeres meget svakt ved 500Ø og som en dypere del ved 650Ø. Den negative anomalien observeres ved 950Ø. H6 og H7 viser en dyp positiv anomali ved 950Ø. Denne er vanskelig å se på V-kanalene, og dypet er noe vanskelig å bestemme. Profilet er målt noe for kort, men dypet er minst 200 m. Primærfeltet gir en meget usikker anomali ved 650Ø som kan være vestflanken på et noe større dyp. 25 Hz-målingene indikerer en dyp leder ved 900Ø. Dypet er tolket til 200 - 250 m. Anomalien er tydelig svakere på dette profilet, noe som også skyldes det store dypet.

- Jording i bh 2, 140 m dyp

Resultatene fra målingene med jording i bh 2/140 m er vist som profilplott i figur 17 - 19 (a og b). Resultatene viser de samme lederne som ved jording i hovedskjerpet. CP-målingene viste også at mineraliseringen i bh 2 var sammenhengende med malmen i hovedskjerpet. Den negative anomalien opptrer på nøyaktig samme måte og på samme sted. 25 Hz-målingene indikerer at mineraliseringen fortsetter sørover fra bh 2. Pga. problemer med mottakeren ble det målt bare tre profiler (profilene 1200N, 1100N og 1000N).

3.1.2 Beregning av tidskonstant

For å få en bedre vurdering av kvaliteten til en leder kan en studere decay-kurven og tidskonstanten, se metodebeskrivelse tekstbilag 1. Figur 9 - 11 viser «decay»-kurvene for ledere observert i tidsdomenet. Målesignal (μV) av horisontalfeltanomalien er plottet mot måletidspunkt (ms). Måletidspunktet er det tidspunkt etter strømbrudd hvor de forskjellige kanalene måles. Et sterkt fall på en slik kurve viser at anomalien dør fort ut hvilket betyr dårlig ledningsevne. Når kurven har tilnærmet lineært fall, skyldes anomalien strømmer som hoved-

sakelig går i lederen, og er lite påvirket av strømmen i de omliggende bergarter. Jo flatere kurven er i den lineære delen, jo større er tidskonstanten og jo bedre er ledningsevnen. Tabell 5 viser en oversikt over beregnede tidskonstanter.

Tidskonstanten beregnes etter formelen:

$$T_n = (t_{n+1} - t_n) / \ln(H_n / H_{n+1})$$

t_n er måletidspunkt for kanal n og H_n er målesignal for kanal n .

Tabell 7. Beregnede tidskonstanter, H-felt, fri jording, Åkervoll

Profil	Koordinat	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1600N	937,5Ø	0,09	0,16	0,14	1,82	1,24	-
1550N	912,5Ø	0,11	0,19	0,15	1,55	1,58	-
1500N	925Ø	0,11	0,18	0,45	0,36	1,01	-
1450N	900Ø	0,08	0,21	-	-	-	-
1400N	887,5Ø	0,09	0,14	0,60	0,64	1,63	2,55
1400N	925Ø	-	0,17	0,42	0,42	0,89	-
1300N	850Ø	0,20	0,14	1,26	-	-	-
1300N	887,5Ø	0,26	0,14	1,06	0,60	-	-
1200N	850Ø	0,33	0,26	0,42	-	-	-

Tabell 7 viser beregnede tidskonstanter for tidsdomenemålingene med fri jording. Figur 9 - 11 viser «decay»-kurvene for de indikerte lederne. Den indikerte lederen på profil 1600N og 1550N over utgående av østflanken viser «decay»-kurver som er tilnærmet lineære fra kanal 4 - 6. Lederen gir meget usikker indikasjon på kanal H7, og anomalien er også meget svak fra kanal H4 - H6. Dette gir også usikre tidskonstanter hvor de beregnede tidskonstanter T4 og T5 er forholdsvis høye, 1,5 - 1,8 ms, og kan bety massiv kis. Ellers viser «decay»-kurven for lederen ved 1400N - 887,5Ø forholdsvis høy tidskonstant med T6=2,55 ms. Også her er signalene på de siste kanalene meget svake med dertil usikre tidskonstanter. En tidskonstant T6 større enn 3,5 - 4 ms gir erfaringsmessig indikasjon på massiv kis med god ledningsevne. Bortsett fra utgående over østflanken synes de indikerte lederne å ha forholdsvis dårlig ledningsevne. Dette behøver ikke bety uinteressant mineralisering, og boringene fra Åkervoll viser bl.a. interessante geohalter av sink.

3.2 CP-målinger

3.2.1 Med C_1 i hovedskjerpet

Etter som det var med denne jordingen det ble utført bakkemålinger i 1994 ble det i år kun utført borhullsmålinger (figur 20). Disse viser et toppunkt i potensialet i borhull 1 fra 38 til 42 meter og i borhull 2 fra 132 til 140 meter. Dette indikerer at mineraliseringene i disse dyp representerer samme mineraliserte nivå som i hovedskjerpet. Fra målingene i 1994 ble potensialet i hovedskjerpet fastlagt til å være ca. 2000 mV. Som figuren viser har potensialet i de to borhullene falt til henholdsvis 1831 og 1788 mV, noe som tilsier at det er forholdsvis god sammenheng i mineraliseringen fra skjerpet til borhullene.

3.2.2 Med C_1 på 37 m dyp i borhull 1

Bakkemålingene med denne jordingen (kartbilag -05) gir tilnærmet samme potensialbilde som ved jordingen i hovedskjerpet i 1994. Dette viser i likhet med borhullsmålingene at mineraliseringen i dette dyp i borhullet er sammenhengende med mineraliseringen i hovedskjerpet. Den eneste forskjellen er at den markerte dragningen i potensialet mot sørvest er kommet tydeligere fram med denne jordingen. Dette var ikke uventet, men bekrefter indikasjonene på at malmsonen i gruva drar seg mot sørvest på dypet.

Borhullsmålingene (figur 21) indikerer i tillegg til at mineraliseringen henger sammen med den på 132 - 140 meter i borhull 2, også at det er flere mineraliserte nivåer i borhullene. Disse kommer fram som utflating på potensialkurvene.

3.2.3 Med C_1 på 140 m dyp i borhull 2

Med denne jordingen er C_1 flyttet ca 250 meter langs strøket fra gruva og til et dyp på 140 meter. Som kartbilag -06 viser ble det ikke store variasjoner i potensialbildet selv om jordingen ble flyttet på dypet. Selv om måleområdet ble noe utvidet i sør for dette anlegget, er det ingen indikasjoner på en avgrensning på mineraliseringen. Potensialbildet indikerer klart at mineraliseringen det er jordet i fortsetter på dypet ut av måleområdet i sørvest.

Borhullsmålingene (figur 22) viser at i tillegg til sonen på 37 meter i borhull 1 er det også god forbindelse til en sone ved ca 80 meter. Motstandsmålingene (figur 24) viser at det ikke er noen sone på dette dyp. Den avrundede toppen på potensialkurven indikerer også at sonen ligger et stykke fra borhullet, og ut fra kurveformen ser avstanden ut til å være min. 20 meter. Er denne sonen av interesse for videre boringer anbefales PP-målinger som er den eneste metoden som kan indikere på hvilken side en mineralisering ligger i forhold til et borhull.

Metoden er beskrevet i rapporten fra undersøkelsene ved Malså gruve (Elvebakk & Dalsegg 1996)

3.2.4 Med C₁ i skjerp ved 1415N - 865Ø

Som kartbilag -07 viser er det ingen sammenheng mellom mineraliseringen i dette skjerp og malmsonen i gruva. Mineraliseringen har en strøkutstrekning i dagen på ca. 50 meter. Fallet er mot sørøst og potensialbildet indikerer at sonen har utstrekning mot sør på dypet. Det høye toppotensialet indikerer at arealet på mineraliseringen er forholdsvis lavt.

Målingene i borhullene (figur 23) viser at denne mineraliseringen er påtruffet i borhull 1 og 2 på henholdsvis 30 og 90 meter. Dette viser at denne mineraliseringen ligger over det mineraliserte nivået for malmsonen. Potensialet er høyest i borhull 2 noe som støtter indikasjonen fra dagmålingene om at sonen har utstrekning mot sør på dypet.

3.3 Motstandsmålinger

Motstandsmålingene er vist i databilag 4, figurene 24 og 25. I begge borhullene viser målingene at malmsonen på henholdsvis 37 og 140 meter ligger i et forholdsvis bredt mineralisert nivå. Den tilsynelatende motstanden er på ca. 10 ohmm noe som indikerer at sonen ikke er av kompakttypen. I borhull 1 er det i tillegg en sone på 55 og 62 meter med noe dårligere ledningsevne enn for malmsonen.

I borhull 2 er det i tillegg til malmsonen en sone på 86 og 187 meter. Sonen på 86 meter er ved CP-målingene fastlagt det å være det mineraliserte nivået til skjerpene ved 1415N - 865Ø. Begge sonene har tilnærmet samme ledningsevne som malmsonen.

Motstanden til den omkringliggende bergarten ser ut til å være ca. 2000 ohmm. Dette er noe usikkert da målingene viser at det i mesteparten av borhullene er mineraliserte soner med varierende ledningsevne. Ved bakkemålinger i 1994 (Dalsegg og Lauritsen 1995) ble denne motstanden målt til 2500 ohmm.

3.4 Diskusjon

De strukturgeologiske forhold ved Åkervollmineraliseringen er noe komplisert og ikke helt ut forklart og fastlagt. De geofysiske bakke- og borhullsmålingene viser hvilke soner som henger sammen og sonenes forløp sørover. CP-målinger viser en sammenhengende sone fra hovedskjerpene til bh 2/140 m. CP bakkemålinger tyder på at mineraliseringen (lederen) drar seg sør-

vestover med økende dyp. Retningen og posisjon ser ut til å falle sammen med en TFEM-indikasjon som trolig indikerer vestflanken av den observerte synklinalen i utgående (Rui 1995).

Den dype TFEM-anomalien ved 900 - 925Ø med et dyp fra 75 - 250 m har også kontakt med utgående da mesteparten av strømmen ved 25 Hz-målingene går på dypet. Vestflanken gir ikke 25 Hz-anomali, men indikeres av primærfelt- og tidsdomenemålingene. Det kan se ut som om 25 Hz-målingene indikerer den dypeste og best ledende del av mineraliseringen, mens CP-målingene indikerer en grunnere del av mineraliseringen som utgjør vestflanken. Vanligvis vil også CP-strømmen gå i de best ledende partiene av en mineralisering, og den gjør det, men hvis mineraliseringen fortsetter fra den dype gode delen opp til et grunnere nivå vil CP-bildet være dominert av potensialet fra de noe grunnere strømmene. I tilfellet Åkervollen indikerer ikke CP-målingene utgående, men trolig en dypere del av vestflanken. Ved å plote CP potensialkurven for profil 1200N med jording i hovedskjerpet, figur 26, ser en tydelig at det også går en dyp strøm ved ca 900Ø (østre kising), mens toppunktet på kurven kommer ved 675Ø (vestflanken). Den dype TFEM-anomalien representerer trolig tidligere omtalte antiklinal som lukker østre kising i utgående ved ca profil 1500N. Foldingsaksen stuper ca 40° mot sør i utgående slik at sonen blir fort dyp sørover. Spørsmålet er om det er forbindelse i dypet mellom østflanken og vestflanken. Begge flanker har helt sikkert forbindelse til hovedskjerpet. Figur 27 viser et tolket vertikalsnitt av profil 1200N med resultater fra geofysiske indikasjoner tegnet inn.

4. KONKLUSJON

Elektromagnetiske målinger i tids- og frekvensdomenet, TFEM, og CP borhulls- og bakkemålinger ved Åkervoll gruver har vist at den kjente mineraliseringen fortsetter sørover med økende dyp. Ved å jorde i utgående av mineraliseringen i kompakt kis, er en dyp sterk strøm-konsentrasjon med 25 Hz-målinger i frekvensdomenet fulgt ca 700 m sørover fra jordingspunktet. Dypet på de sørligste profilet er tolket til 200 -250 m. Den indikerte lederen er tolket til å representere fortsettelsen av østre kisgang mot dypet sørover. Kvaliteten (ledningsevnen) til lederen er vanskelig å vurdere med et slikt jordingsopplegg, men ledningsevnen ser ikke spesielt god ut. En fikk ikke anomali uten jording i sonen. Det ser også ut som om vestflanken av den observerte synklinalen i utgående indikeres som en leder som drar seg sørvestover i måleområdet. Denne har forbindelse til Lifjell skjerp.

CP-målinger i borhull har vist at mineraliseringen i hovedskjerp har elektrisk kontakt både til bh 1/37 m og bh 2/140 m. Bakkemålinger med jording i de samme sonene i bh 1 og bh 2 samt utgående gir identiske potensialbilder. Mineraliseringen ser ut til å dra seg sørvestover med økende dyp. Posisjonen tilsvare noenlunde lederen som ved TFEM-målingene er tolket som vestflanken. Potensialbildet er åpent mot sørvest og indikerer at lederen fortsetter ut av måleområdet på dypet.

Elektriske motstandsmålinger i bh 1 og bh 2 indikerer tydelig hovedmineraliseringen, men den målte motstanden tyder ikke på kompakt kis. En ledende sone som ligger over malmsonen har kontakt med en mineralisering i skjerp ved 1415N - 865Ø. Denne lederen har ikke kontakt med hovedskjerp, men kan ha bedre ledningsevne mot dypet.

Både TFEM-målingene og CP-målingene tilsier at området må følges opp med nye boringer. Det bør bores både på den dype 25 Hz-anomalien ved 900Ø- 925Ø, profil 1200N - 1000N og på CP-anomalien lengre mot vest, profil 1300N - 1100N.

5. REFERANSER

- Dalsegg, E. og Lauritsen, T. 1995: CP- og magnetiske målinger ved Malså og Åkervollen gruver, Verdal, Nord-Trøndelag. *NGU Rapport 95.003*.
- Eidsvig, P. D. og Kihle, O. 1978: New Method of Interpretation for Charged Potential Measurements. Extract of a paper presented at the 11th meeting of the Nordic Association of Applied Geophysics in Oulu, Finland, January 11-13, 1978.
- Elvebakk, H. og Dalsegg, E. 1996: Geofysiske målinger Malså gruve, Verdal, Nord-Trøndelag. *NGU Rapport 96.003*.
- Rui, I. 1995: Åkervollen og Malså kiserter i Verdal - relasjoner til strukturer. *Aspro rapport 2326*.
- Skilbrei, J.R. 1994: Helikoptermålinger i Vuku-området, Steinkjer og Verdal kommuner, Nord-Trøndelag. *NGU Rapport 93.104*.
- Wolff, F. Chr. 1979: Beskrivelse til de berggrunnsgeologiske kart Trondheim og Østersund 1:250000. *Norges geol. unders. 353, 1-76*.

TFEM, METODE OG INSTRUMENTBESKRIVELSE

1 Metodebeskrivelse

TFEM. (Time and Frequency Electro Magnetic) er en elektromagnetisk metode hvor målingene foregår både i tidsdomenet og i frekvensdomenet. Med NGUs egenproduserte TFEM-utrustning blir strømpulser sendt ut i en kabelsløyfe eller jordet kabel som legges langs strøket i måleområdet. Magnetfeltet fra kabelen, primærfeltet, vil indusere sekundære strømmen i eventuelle ledere. Induserte returstrømmer under kabelen vil også diffundere ut og ned og samles i ledere som er tilstede. Ved jordet kabelutlegg vil i tillegg også konduktive strømmer samles i de samme lederne. Strømmen som sendes ut i kabelen slås av og på hvert 10. ms vekselvis med motsatt fortegn. Målinger blir gjort langs profiler ut fra kabelen, og i tidsdomenet måles sekundærfeltet fra strømmene i ledere direkte. I frekvensdomenet må måldata normaliseres mot det teoretiske primærfeltet fra kabelutlegget. Sekundærfeltet er satt opp både av de direkte induserte strømmene i en leder, og av de induserte returstrømmer under kabelen som diffunderer ned og samles i ledere. I tidsdomenet trenger måldata ingen normalisering da målingene blir foretatt i tidkanaler (tidsvindu) i den tiden strømmen er slått av og det ikke er noe primærfelt tilstede. Det induserte sekundærfeltet er faseforskjøvet i tid etter primærfeltet, og induksjon oppstår når primærfeltet slås av og på eller skifter retning. Konduktive strømmer vil være noe faseforskjøvet langt borte fra senderen. Derfor vil feltet fra disse også kunne måles i tidsdomenet og forsterke det målte sekundærfeltet. I løpet av 10 ms måles 7 vertikale og 7 horisontale kanaler ved forskjellig (økende) tidspunkt etter at strømmen er slått av (tidsdomenemålinger). I tillegg måles vertikal- og horisontalkomponent av primærfeltet, kanal 0, som måles like før strømmen blir null. I frekvensdomenet måles vertikalkomponenten av totalfeltet ved 25 Hz som er grunnfrekvensen av strømpulsene som sendes ut. Både reell- og imaginærkomponent måles.

De tidlige kanalene i tidsdomenet indikerer grunne ledere både med god og dårlig ledningsevne, mens de sene kanalene overser grunne dårlige ledere og indikerer gode ledere på dyp ned til 400 - 500 m. På denne måten kan en vurdere kvaliteten til en leder. Med kvalitet menes her elektrisk ledningsevne. Det er flere faktorer å ta hensyn til når en skal vurdere kvaliteten til en leder. En faktor er selve anomalistyrken (styrken på målesignalet) på de forskjellige kanaler. Dette er en konkret verdi som kan leses direkte av måldata (H-kanalene) og en kan sette grenser for å gradere anomaliens styrke. Lederens ledningsevne er avgjørende for styrken på anomalien, men kvaliteten på ledere må også vurderes ut fra hvor fort anomalien dør ut som funksjon av tid. Til dette kan en beregne en tidskonstant som er en indikasjon på hvor god ledningsevnen er. En anomali som dør raskt ut vil ha en liten tidskonstant, mens en anomali som er sterk på de sene kanaler har stor tidskonstant. Tidskonstanten beregnes ut fra en kurve der en plotter målesignalet (H-kanaler,

logaritmisk skala) som funksjon av tid etter strømbrudd (lineær skala), og beregnes der denne kurven er lineær (konstant vinkelkoeffisient). Jo flatere kurven er i den lineære delen jo større er tidskonstanten og jo bedre er ledningsevnen.

En tredje faktor som påvirker anomalistyrken er lederens form og størrelse samt beliggenhet i forhold til kabelutlegg. Lederens lengde, bredde og fall vil ha betydning for den elektromagnetiske koblingen og dermed for styrken på de induserte strømmene. Det er vanskelig å tallfeste betydningen av disse faktorene slik at her må en gjøre en vurdering i hvert enkelt tilfelle ut fra det erfaringsmaterialet en har tilgjengelig.

I frekvensdomenet vil primærfeltmålingene (kanal 0) særlig indikere grunne dårlige ledere godt, men dype ledere vil også indikeres, spesielt ved konduktiv energisering. Målinger på 25 Hz, som er en meget lav frekvens, vil være godt egnet til å indikere dype gode ledere dersom måleforholdene er gode. Ledere med dårlig ledningsevne vil ikke indikeres.

Anomalier fra TFEM-målinger har en form lik anomalier fra tradisjonelle Turam-målinger og tolkningen skjer etter samme manuelle metoder. Ved TFEM-målinger i tidsdomenet måles i tillegg også retningen på magnetfeltet. Dette kan ha betydning for bestemmelse av kantstrømmer. Øvre og nedre kant i en plateleder har strømmer med motsatt retning og dermed motsatt retning på sekundærfeltet.

2 Instrumentbeskrivelse

NGU's TFEM (Time and Frequency domain Electro Magnetic) er et instrument utviklet ved NGU i perioden 1982-1985. Senderdelen består av en generator (1,5-2 kW), en strømforsyning som konverterer AC til DC og selve senderen som er mikroprosessorstyrt. I tillegg til dette kommer kabelutlegg som kan variere i form og størrelse. Mottakersystemet består av 4 spoler, selve mottakeren (mikroprosessorstyrt) og en batterikasse.

Prosessoren i mottakeren kan utføre følgende funksjoner:

- stiller inn forsterkning i forhold til signalnivå
- kontrollerer og viser måledata
- utfører statistiske beregninger under måling
- utfører instruks gitt av operatøren
- behandler "overflows"
- lagrer data i bobleminne
- overfører data til PC

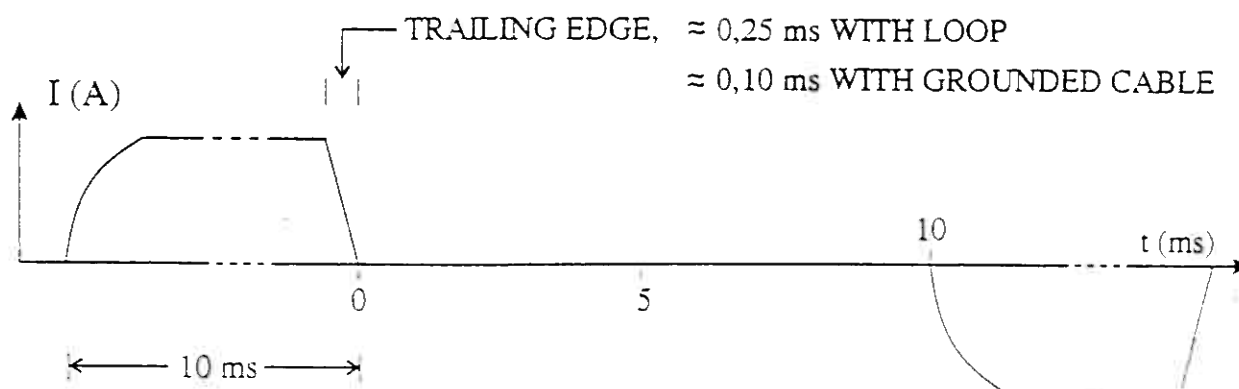
Koblingen mellom sender og mottaker er etablert ved hjelp av høyfrekvente oscillatorer koblet opp mot tellere både i sender og mottaker. Ved å nullstille tellerne ved målingenes start (synkronisering), vet mottakeren til enhver tid hvordan strømforløpet er, og kan styre måleprosessen ut fra dette.

Instrumentet måler 8 vertikale og 8 horisontale kanaler (medregnet kanal 0) i tidsdomenet. Svært gode ledere kan bli oversett ved transientmålinger, og for å gardere seg mot dette måles 2 vertikalkanaler ved 25 Hz i frekvensdomenet. Figur B1 viser strømforløpet ut fra sender og hvordan de 16 tidskanlaene måles i forhold til strømpulsene. For å tilfredsstille krav til følsomhet og frekvensrespons måles de fire første kanalene i tidsdomenet i en spole og de fire siste i en annen spole. Dette gjelder både horisontal- og vertikalkomponenten, derfor 4 målespoler. Figur B2 viser hvordan de to frekvensdomenekanalene måles i forhold til strømforløpet. Periodetiden for den utsendte strømmen er 40 ms, noe som tilsvarer en frekvens på 25 Hz. V8 måles tilnærmet i fase med primærfeltet og V9 tilnærmet ut av fase.

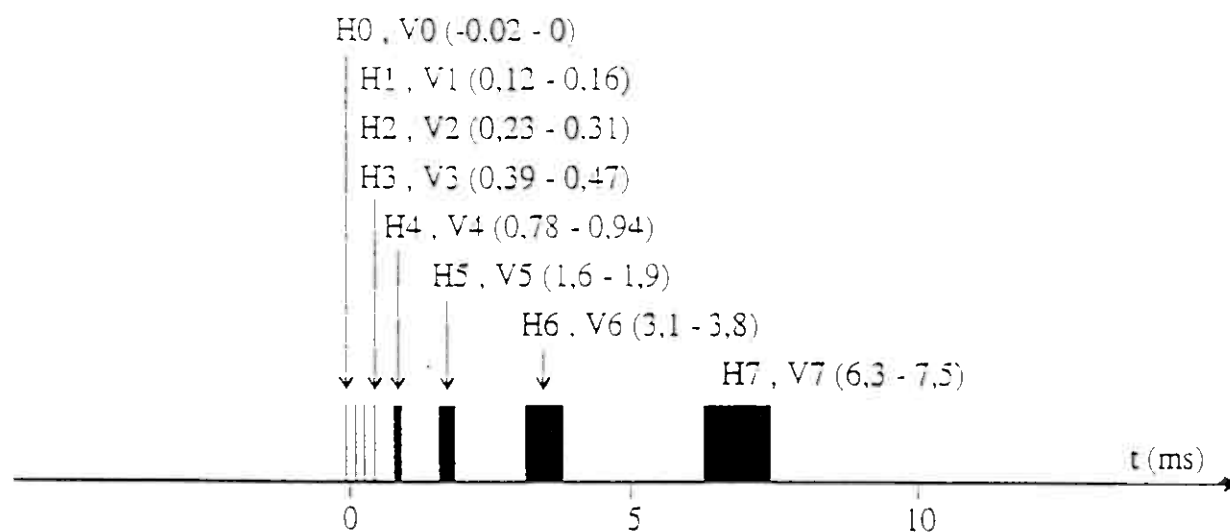
Figur B3 viser datastrømmen fra målespoler frem til presentasjon av data. Hele måleprosessen og all dataoverføring styres av den sentrale prosessoren. Fra målespolen går data via prosessoren til midlertidig lagring i RAM. Under måling utføres kontinuerlig statistiske beregninger, og data overvåkes slik at perioder med mye støy kan vrakes. Antall måleserier kan bestemmes ved å stille krav til standardavvik i de enkelte kanaler, eller ved å sette et øvre tak for antall måleserier. Etter avsluttet måleserie kan beregnede data for alle kanaler listes ut på display for sjekk. Er data OK legges de inn på boblelageret. Etter endt måledag overføres data fra boble via mikroprosessoren til PC. Her kan en liste ut måleverdiene og en kan få profilplott av de forskjellige kanaler. For hver målestasjon blir følgende data lagret i bobleminnet:

- middelverdi i 18 kanaler
- usikkerhet i 18 kanaler
- forsterkningskode i 18 kanaler
- antall målesykluser
- informasjon om "overflows"
- tid (måned, dato, time, minutt, sekund)
- koordinater (X,Y)
- senderparametre (strømstyrke, sløyfestørrelse m.m)

CURRENT TIME, $T = 40 \text{ ms}$ ($f = 25 \text{ Hz}$)

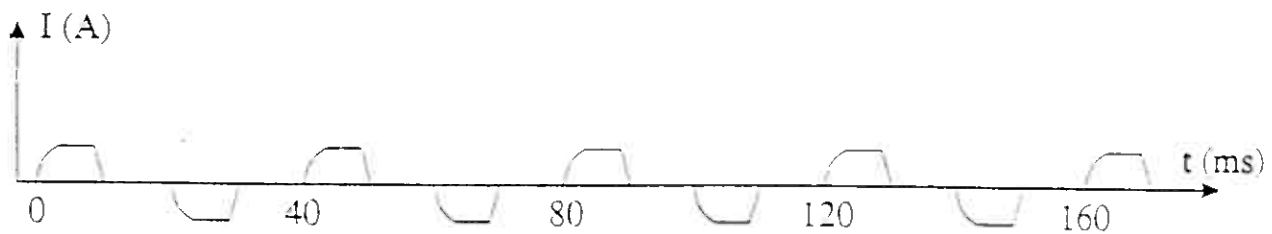


MEASURING TIME (TIME DOMAIN)

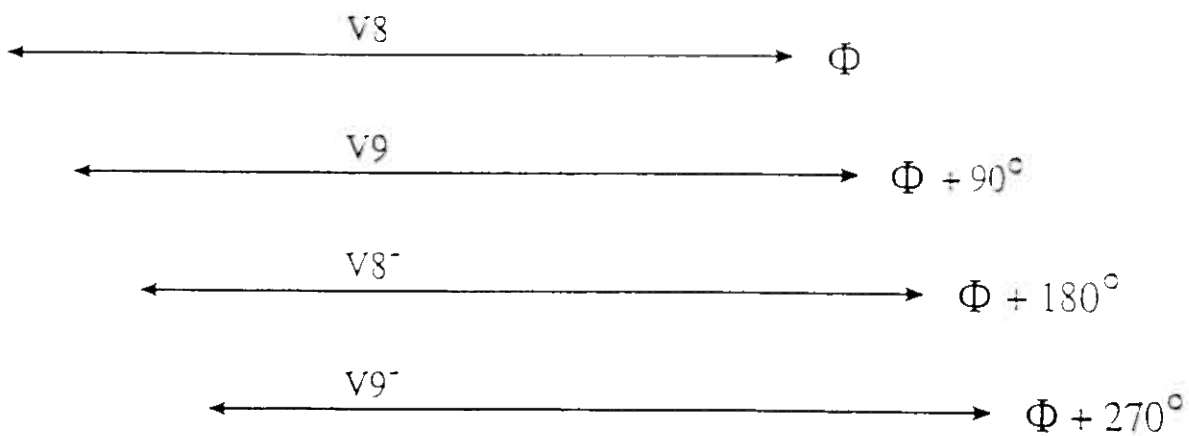


Figur B1. Strømførløp og måletidspunkt for tidsdomenekanalene

CURRENT TIME,



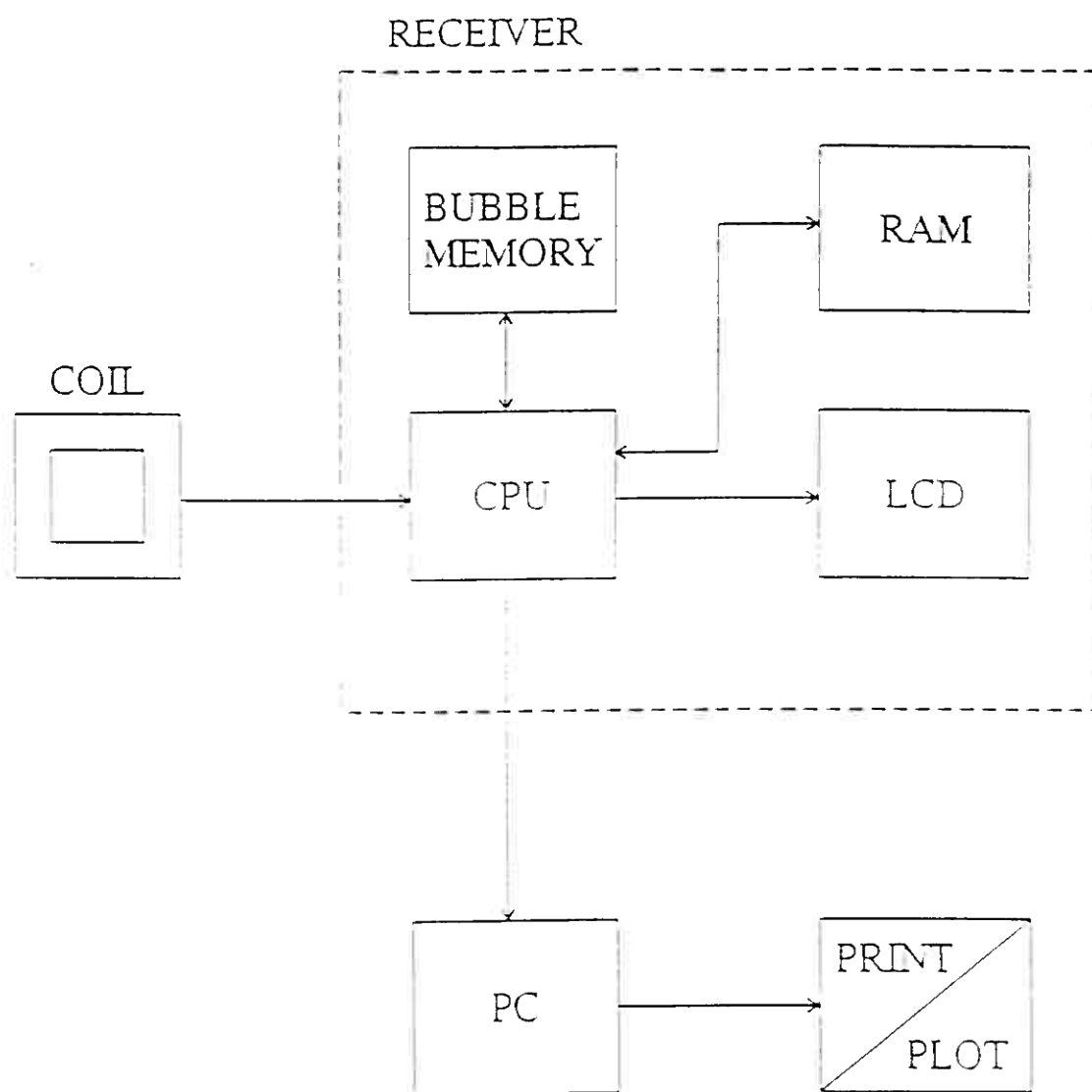
MEASURING TIME (FREQUENCY DOMAIN)



$$V8 = V8 - V8^- \quad (\approx \text{IN PHASE})$$

$$V9 = V9 - V9^- \quad (\approx \text{OUT OF PHASE})$$

Figur B2. Strømførop og måleridspunkt for frekvensdomenekanale



Figur B3. Flytskjema for måleprosessen ved TFEM-målinger

CP - METODEBESKRIVELSE

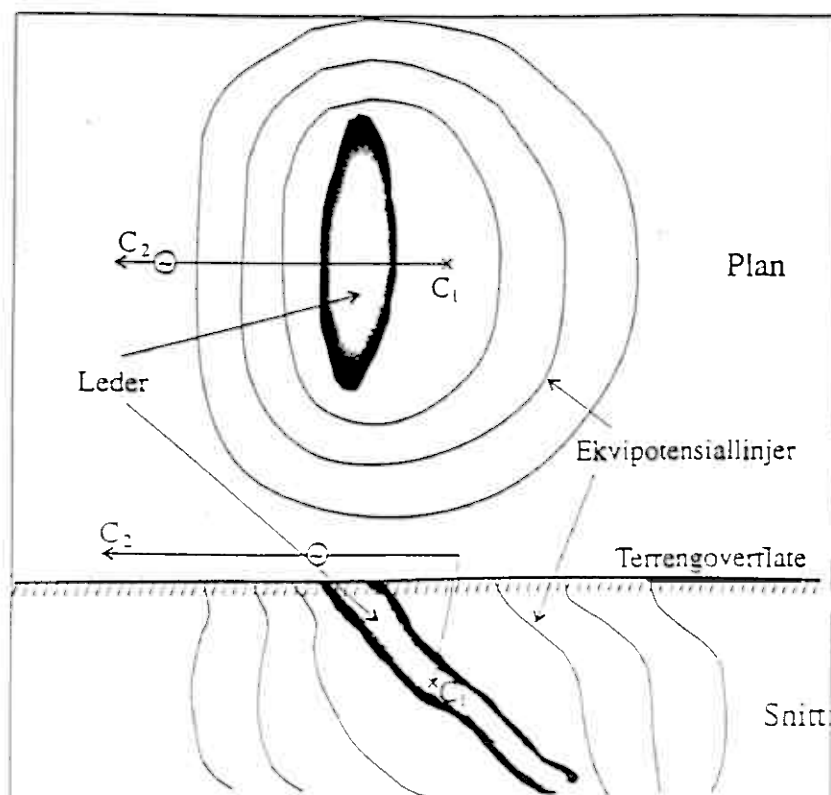


Fig. 1: Potensialbildet rundt en jordingselektrode i en leder.

CP ('Charged Potential', 'mise-à-la-masse', oppladet potensial) er en elektrisk målemetode oppfunnet av Conrad Schlumberger rundt 1920. En strømelektrode kobles direkte til en godt elektrisk ledende sone (som regel en malm) på overflaten eller i borhull. Den andre strømelektroden plasseres langt bort fra måleområdet. Ved å måle potensialer på overflaten eller i borhull oppnås et potensialbilde rundt lederen og dermed en indikasjon på hvordan den ledende sonen opptrer i undergrunnen. Utbredelse

og orientering av den ledende sonen kan kartlegges. I gunstige tilfeller kan det også gis et grovt overslag på størrelsen av den ledende sonen. Metoden forutsetter stor kontrast i lednings-
evne mellom ledende sone og området rundt sonen. Eksempel på potensialbilde rundt en leder er vist i figur 1.

Potensialbildet viser godt strøk- og fallretning på leder. Lederen faller bort fra den siden der potensiallinjene står tettest. En leder som ligger i nærheten av den lederen det er jordnet i, vil gi seg til kjenne som forstyrrelser i potensialbildet. På denne måten kan eventuelle andre ukjente ledende soner påvises.

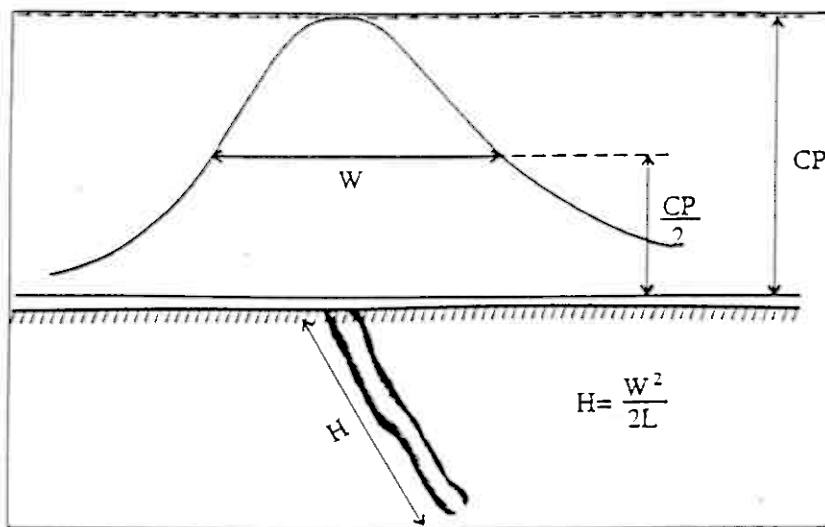


Fig. 2: Beregning av størrelsen på en leder ut fra halvverdbredden.

størrelse lik halve oppladningspotensialet. Hvis malmen er bred, må malmbredden trekkes fra den målte halvverdbredden. Høyden på malmen kan da regnes ut som:

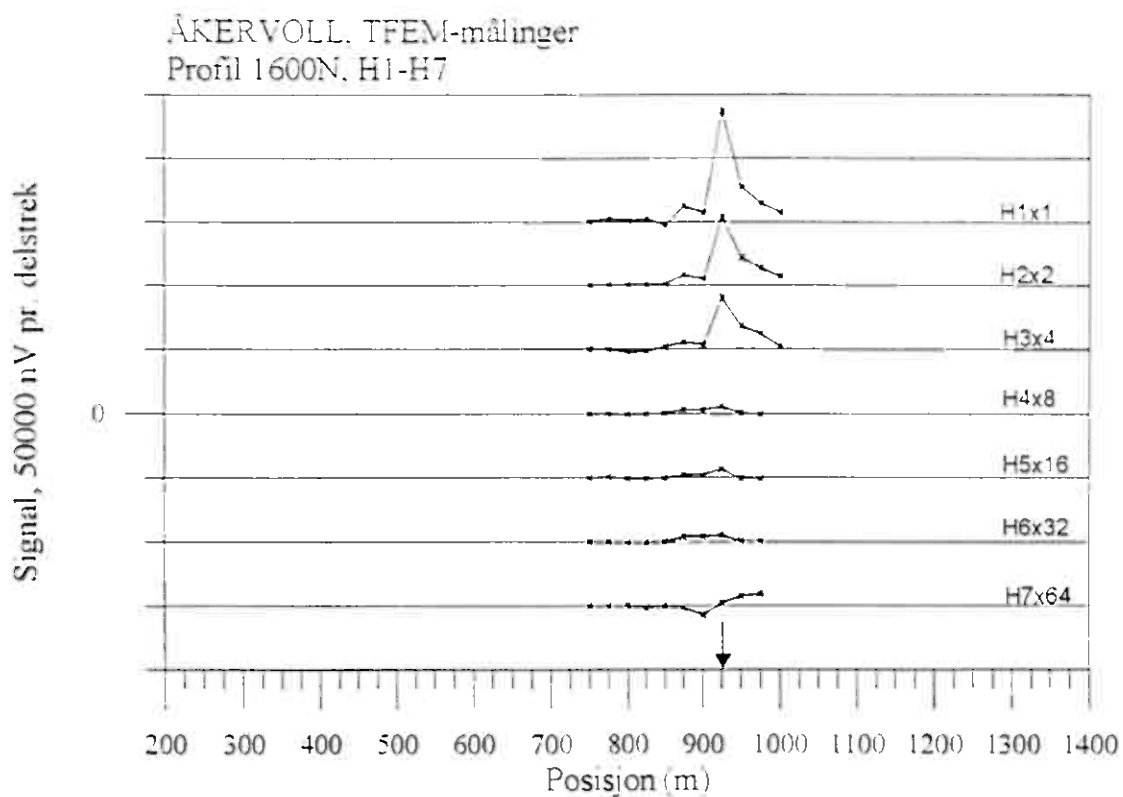
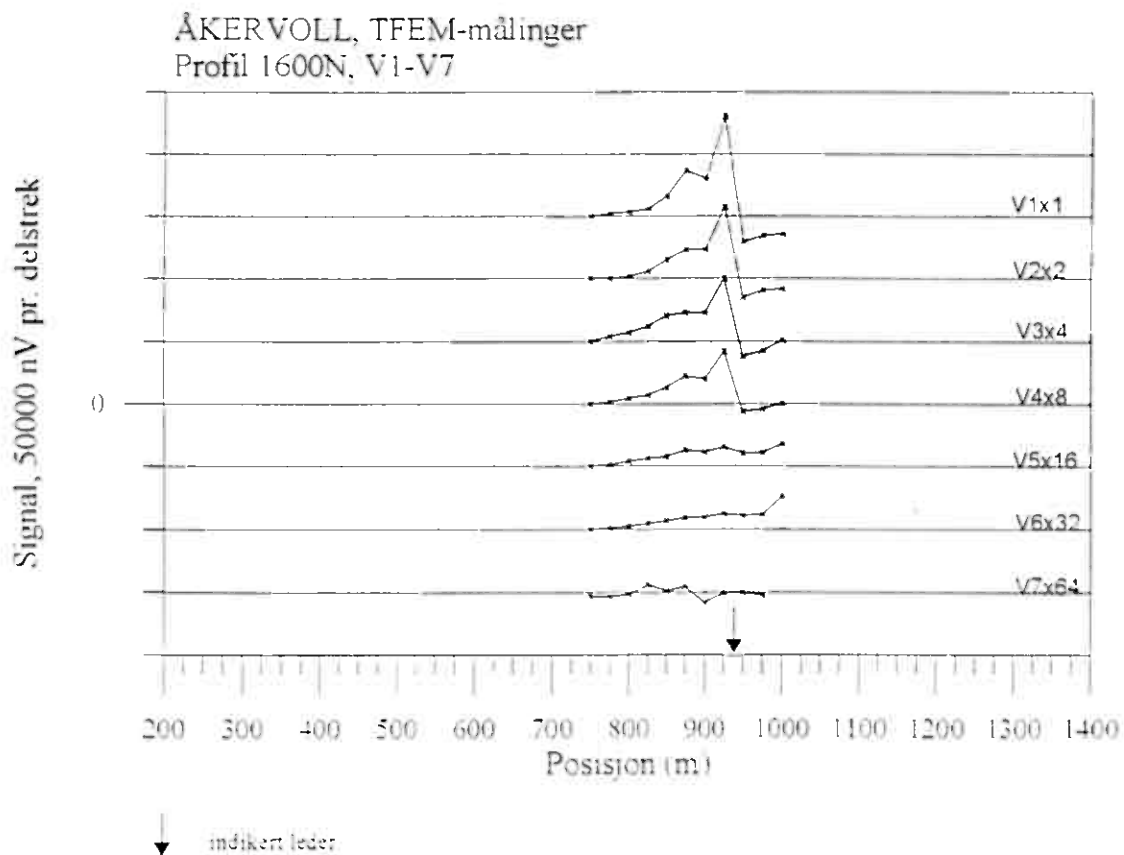
$$H = \frac{W^2}{2L} ,$$

der lengden (L) av malmen kan anslås ut fra potensialbildet. Denne formelen kan benyttes til å finne størrelsen på steiltstående (45-90°) plateformete ledere. Det forutsettes at ingen ledere opptrer nær lederen det er jordet i, slik at denne eventuelt kan påvirke potensialbildet. Dersom en kjenner ledningsevnen til omkringliggende bergart, kan også størrelsen på steiltstående plater beregnes ut fra oppladningspotensialet og strømtettheten rundt lederen (Eidsvig og Kihle 1978).

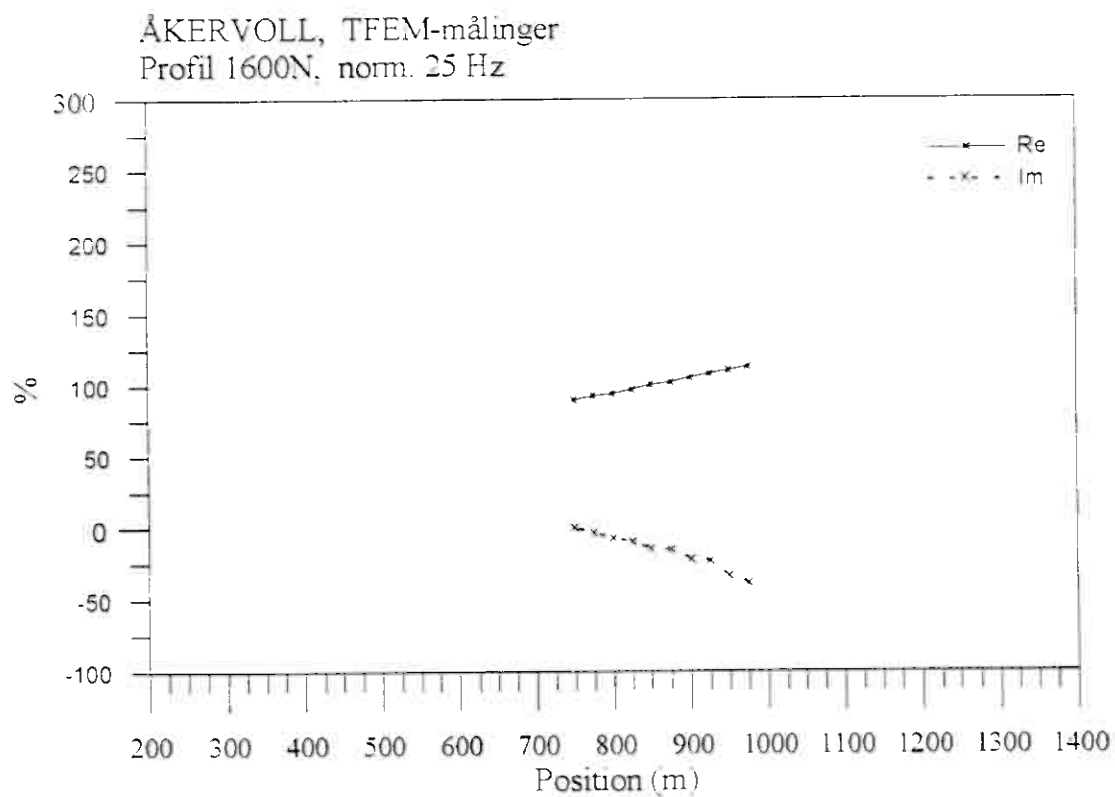
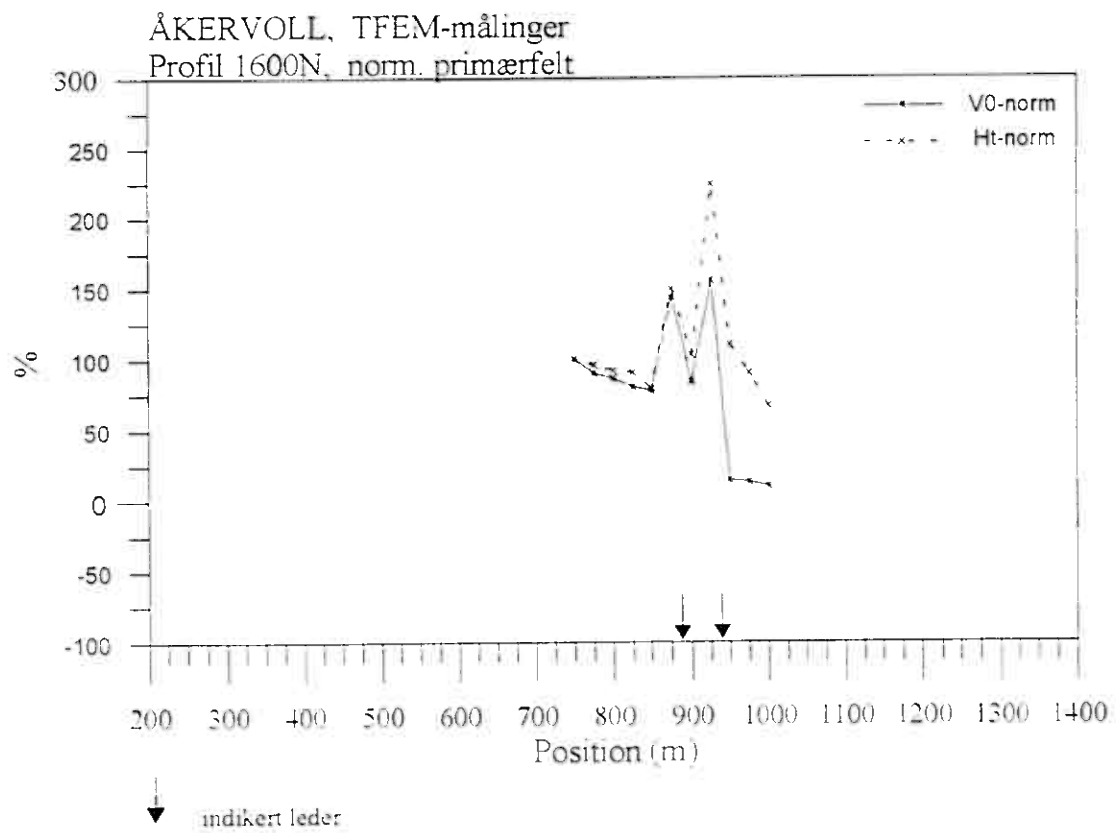
Dersom lederen er flattliggende, kan arealet tolkes direkte fra potensialbildet på bakken. Metoden kan ikke si noe om ledende soners mektighet.

Potensialet på leder målt i forhold til uendelig (oppladningspotensialet) kan benyttes til et grovt overslag for lederens størrelse. Figur 2 viser dette for en plateformet leder. Her er vist potensialkurven for et profil som krysser lederen. Halvverdbredden (W i figuren) måles som avstanden mellom de to punkter på potensialkurven der potensialet har en

- Databilag 1: Figur 1a-8a. TFEM, profilplott av V- og H-kanaler i tidsdomenet, fri jording
Figur 1b-8b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, fri jording
Figur 9-11. TFEM, transient decay-kurver for indikerte ledere, fri jording

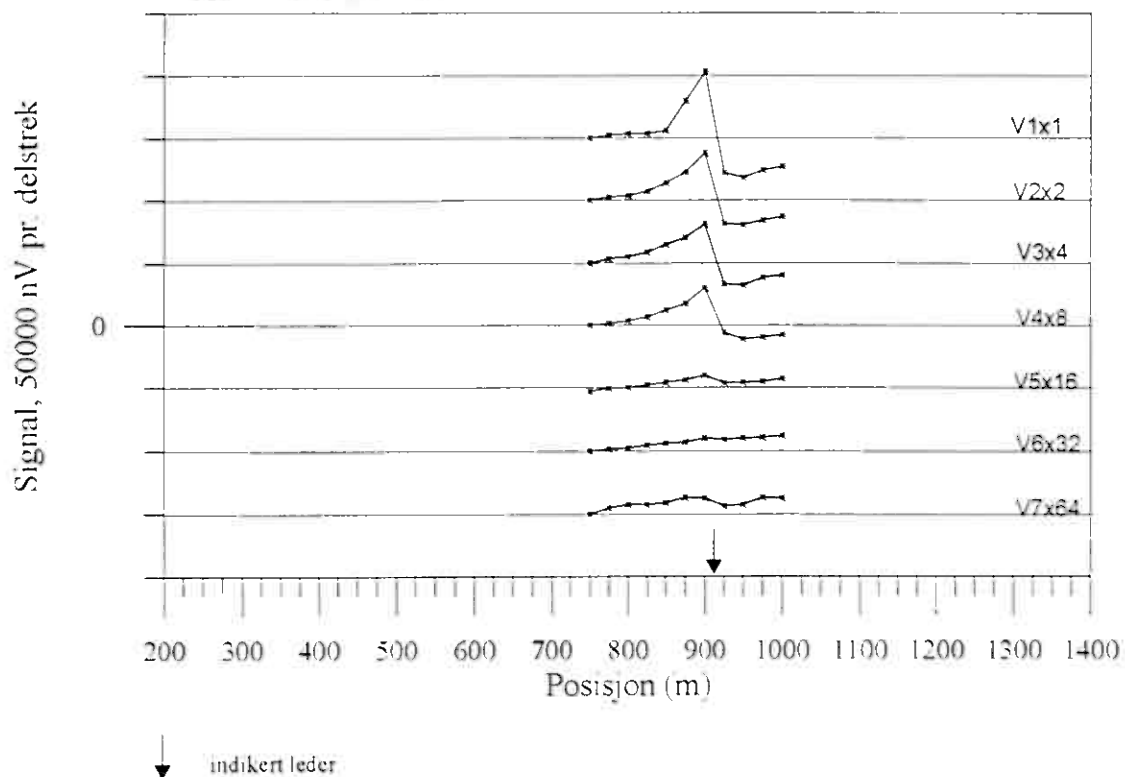


Figur 1a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1600N

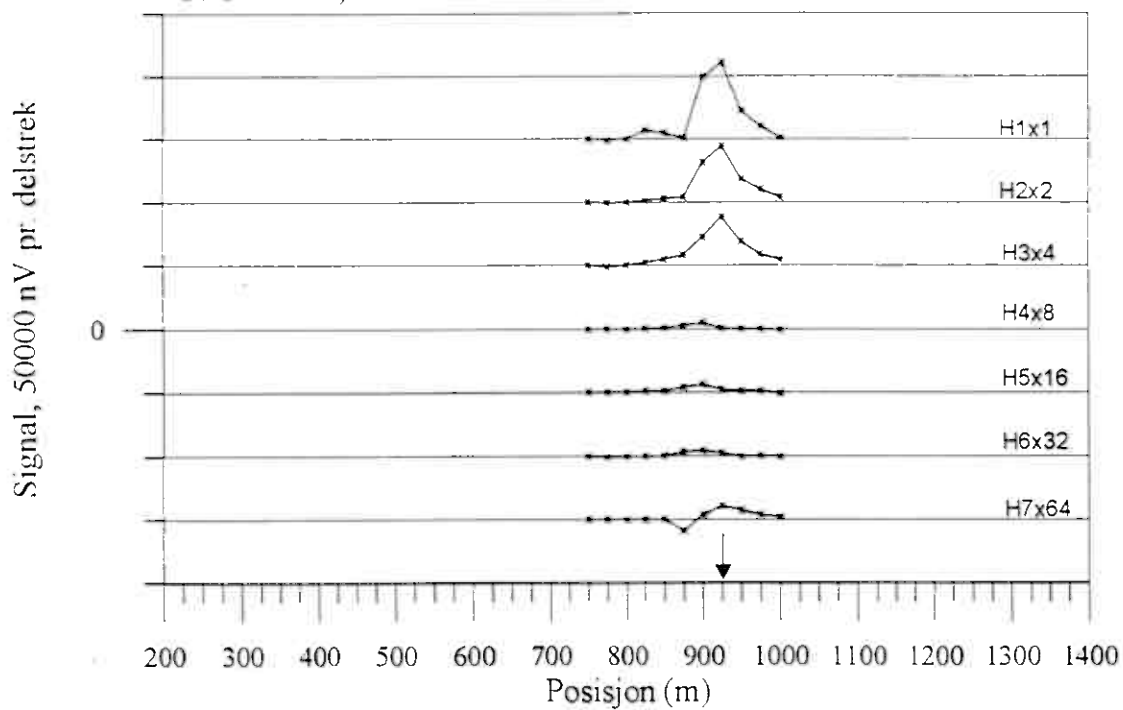


Figur 1b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1600N

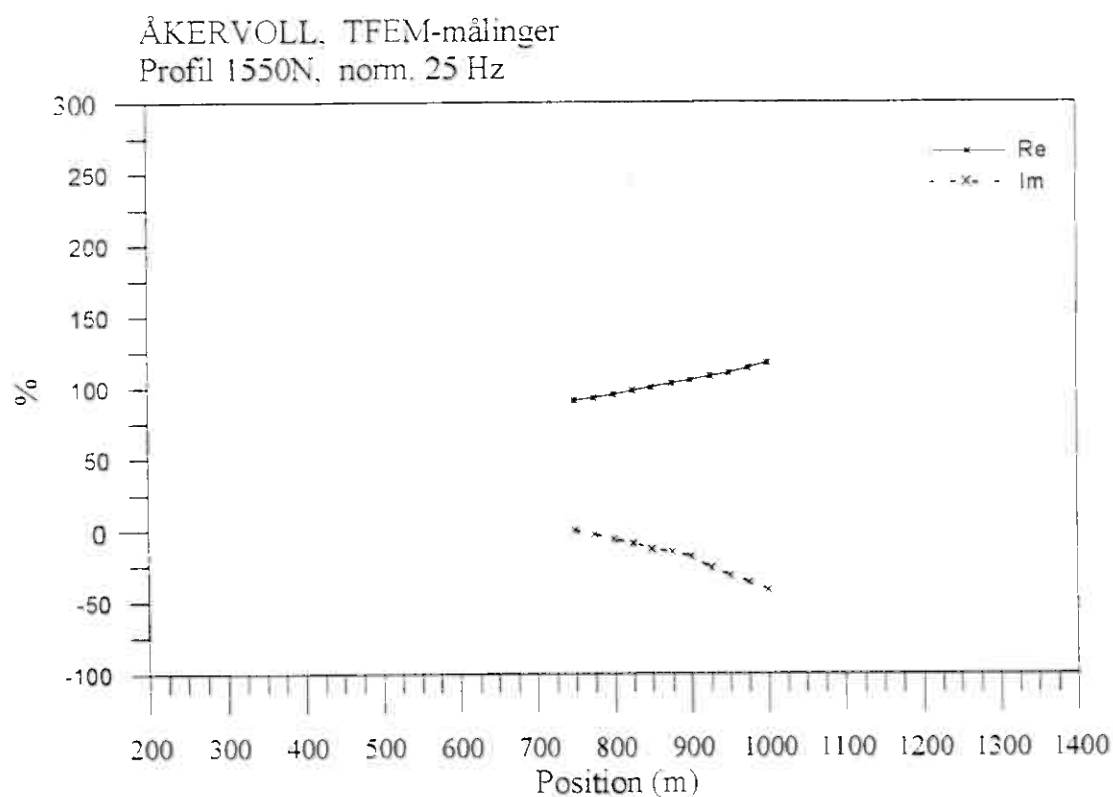
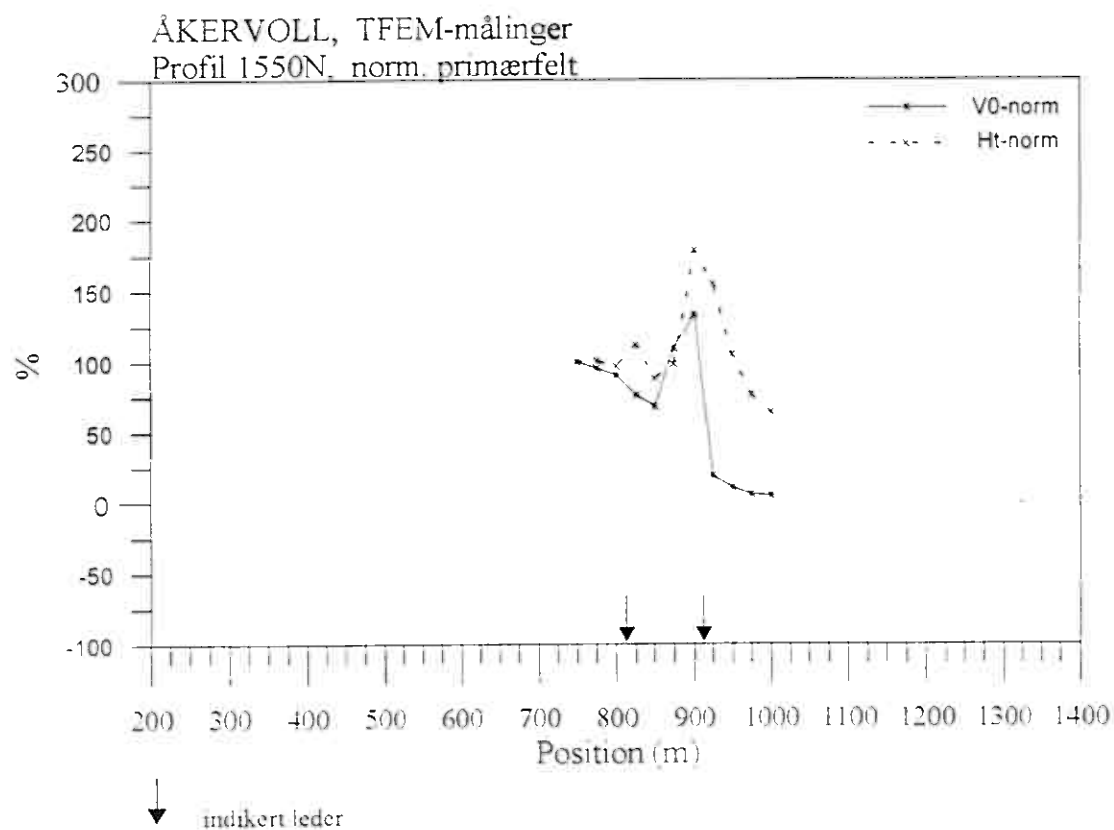
ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1550N, V1-V7



ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1550N, H1-H7

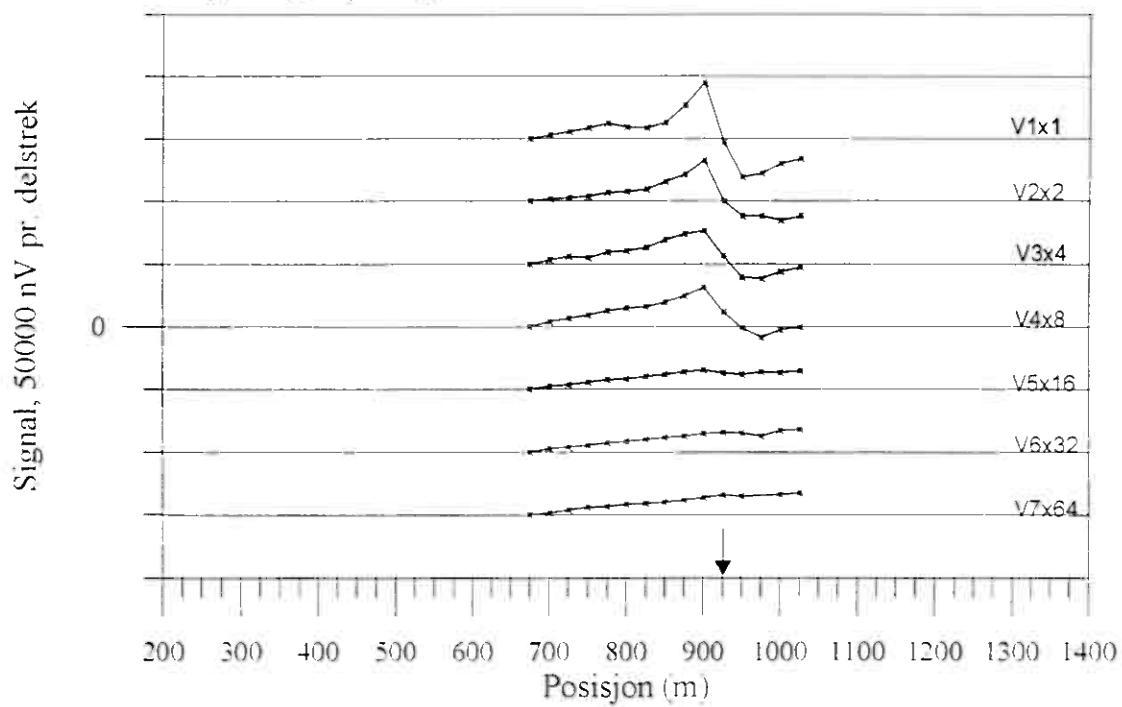


Figur 2a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1550N

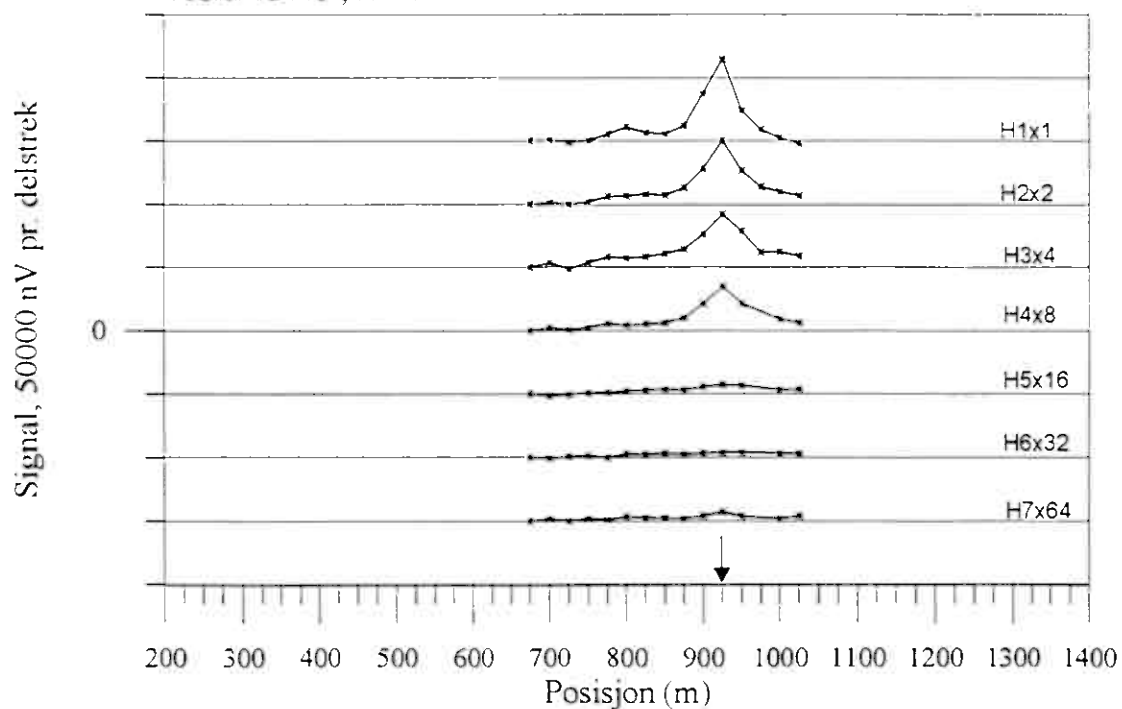


Figur 2b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1550N

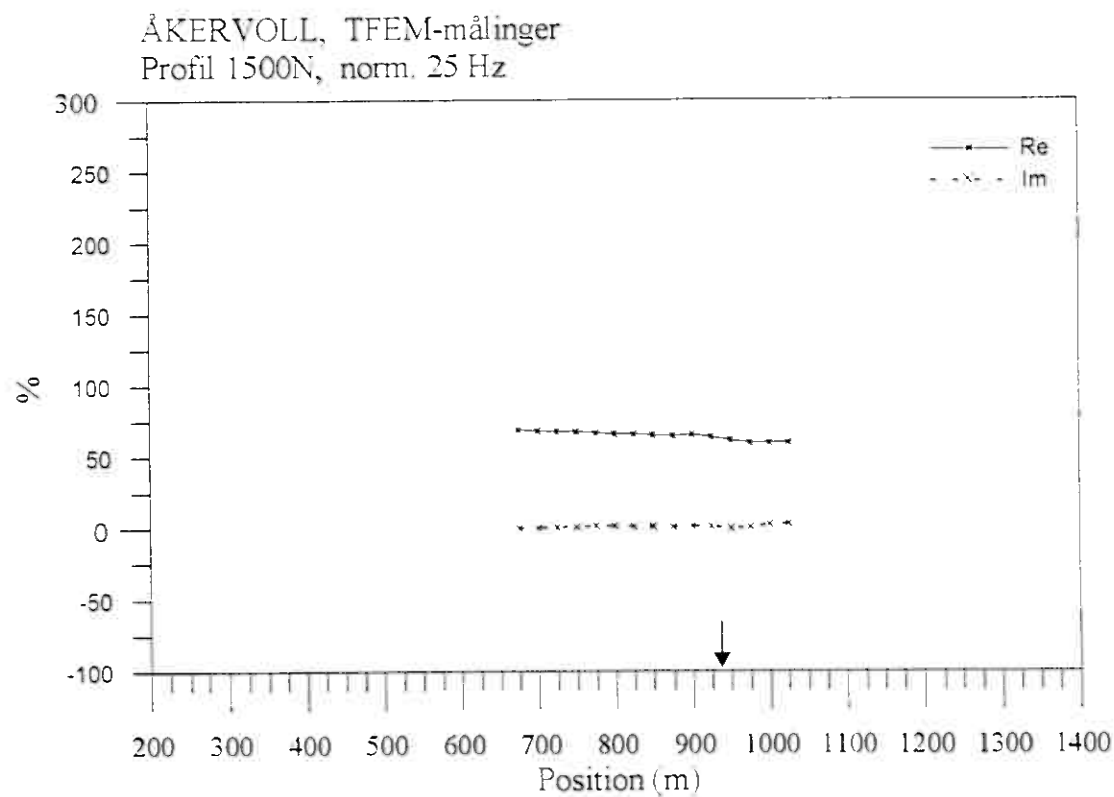
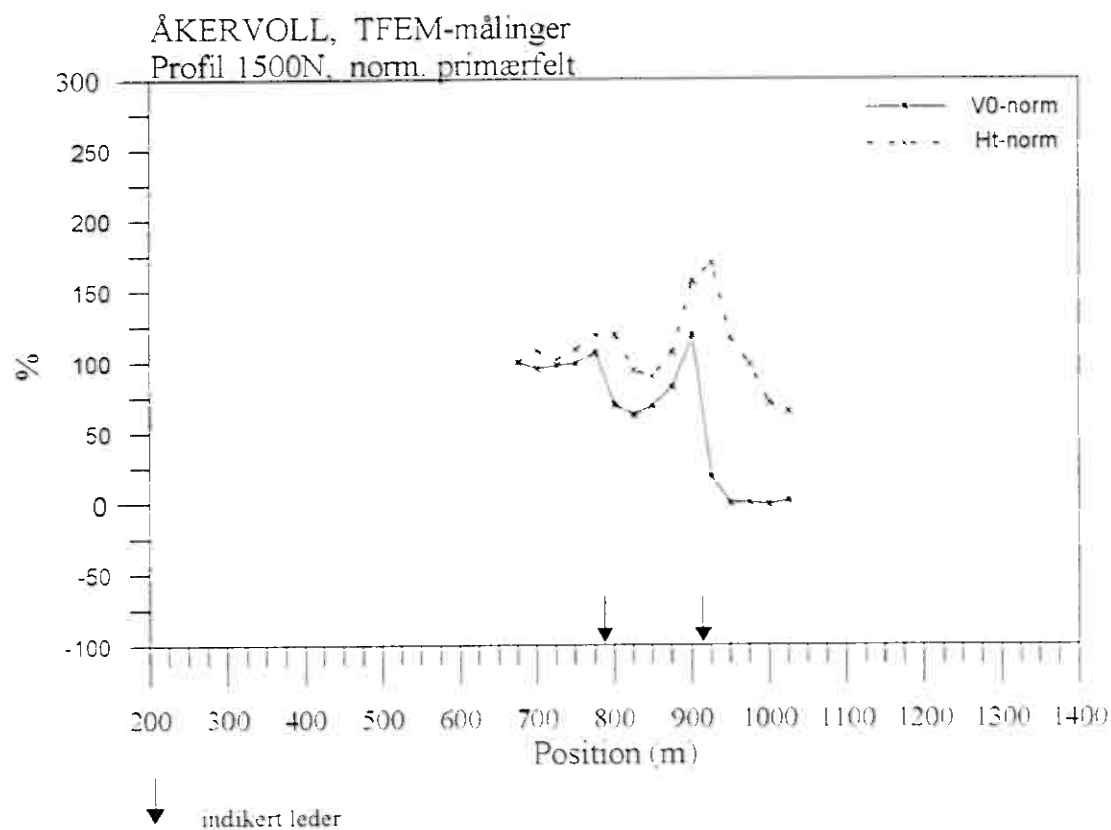
ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1500N, V1-V7



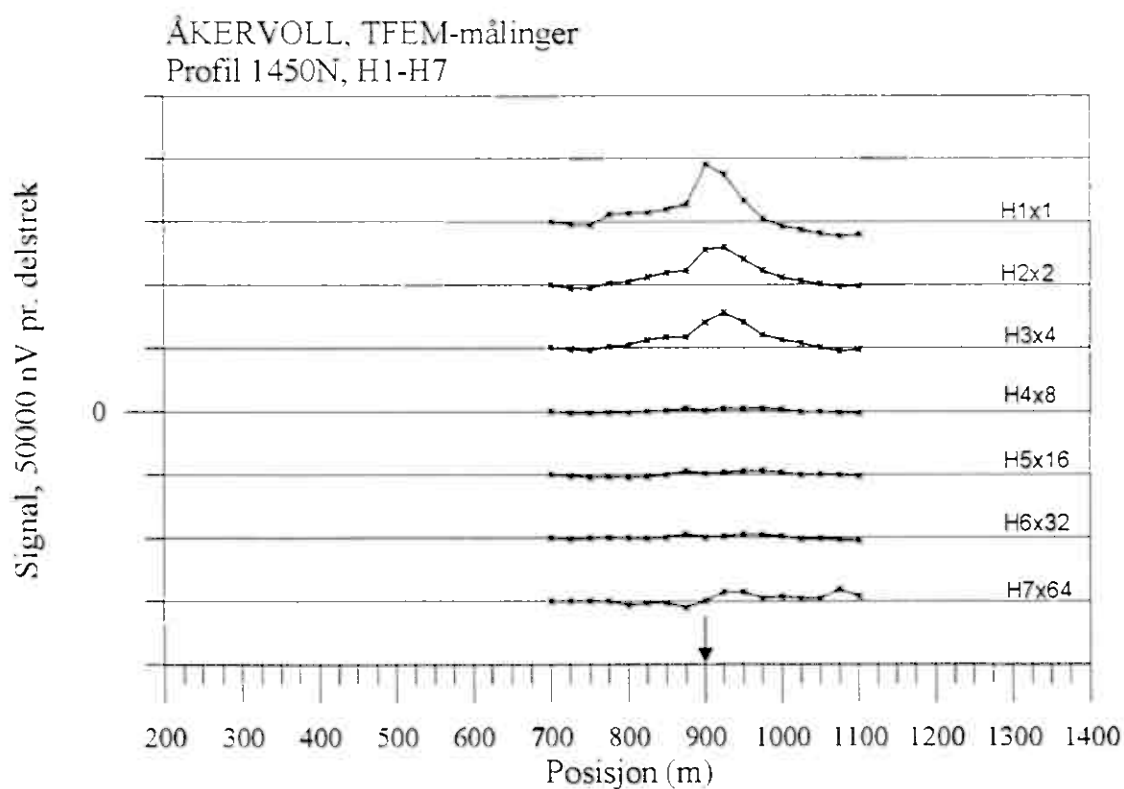
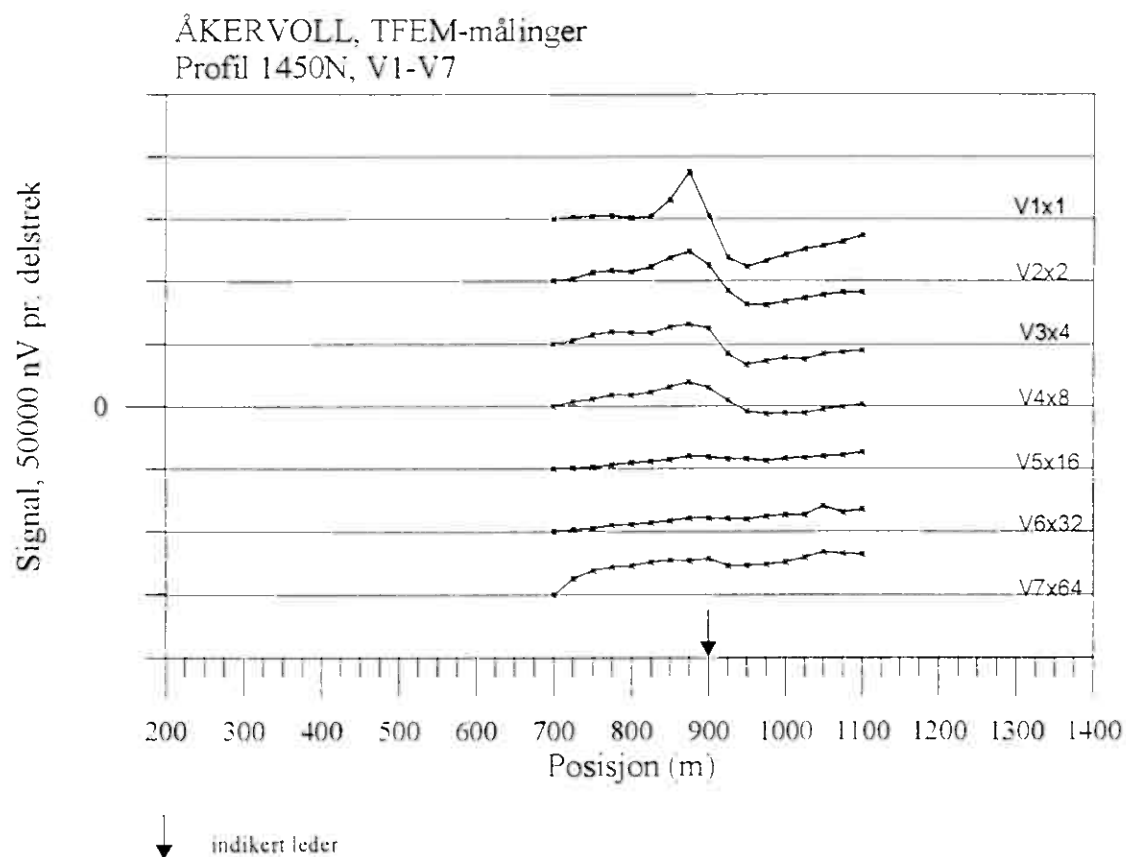
ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1500N, H1-H7



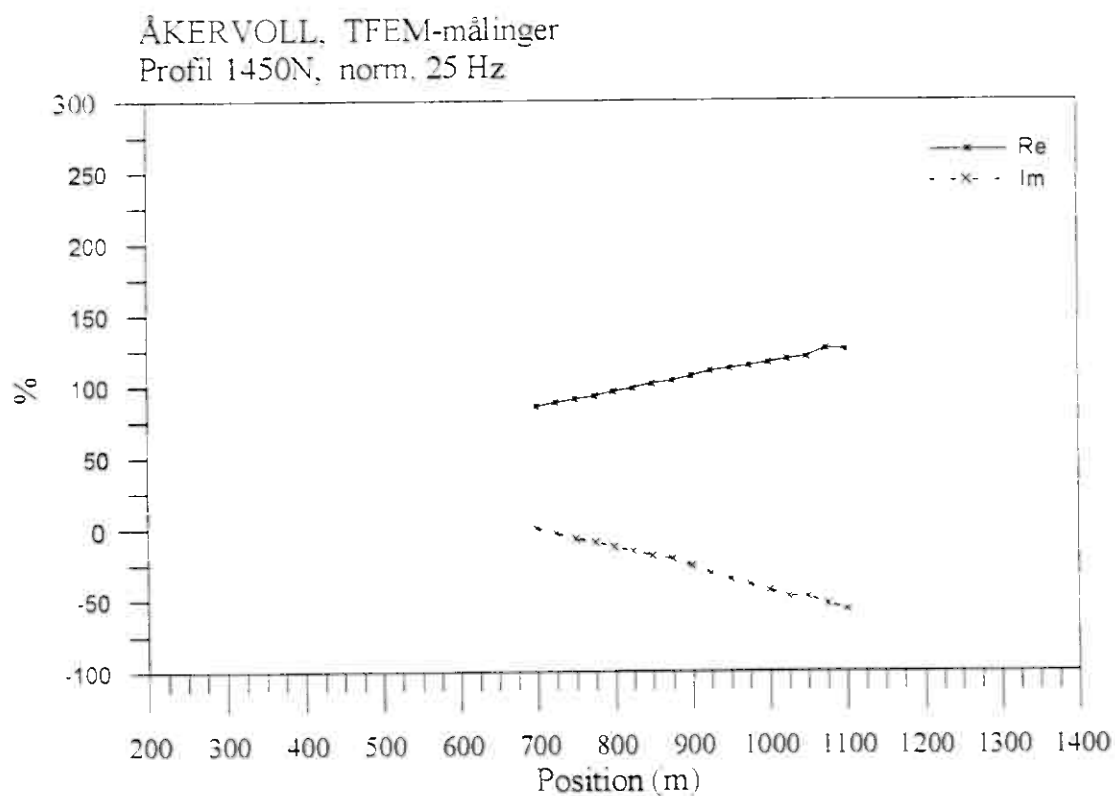
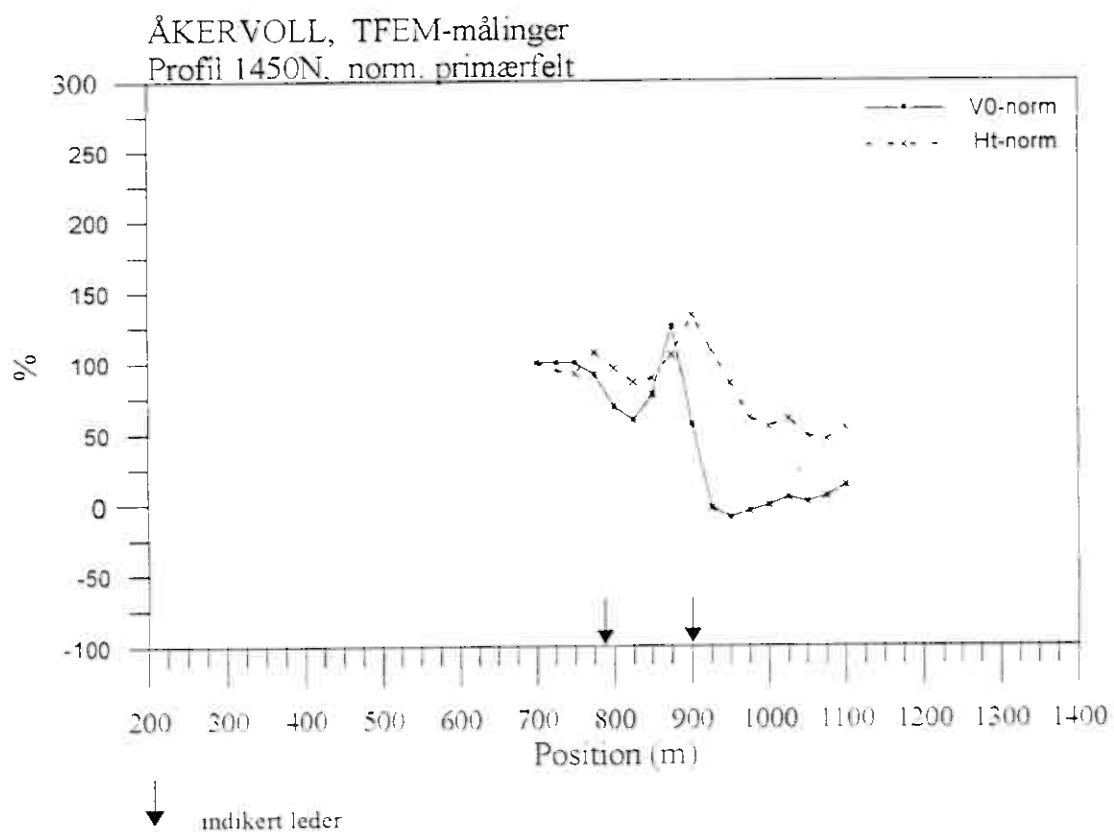
Figur 3a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1500N



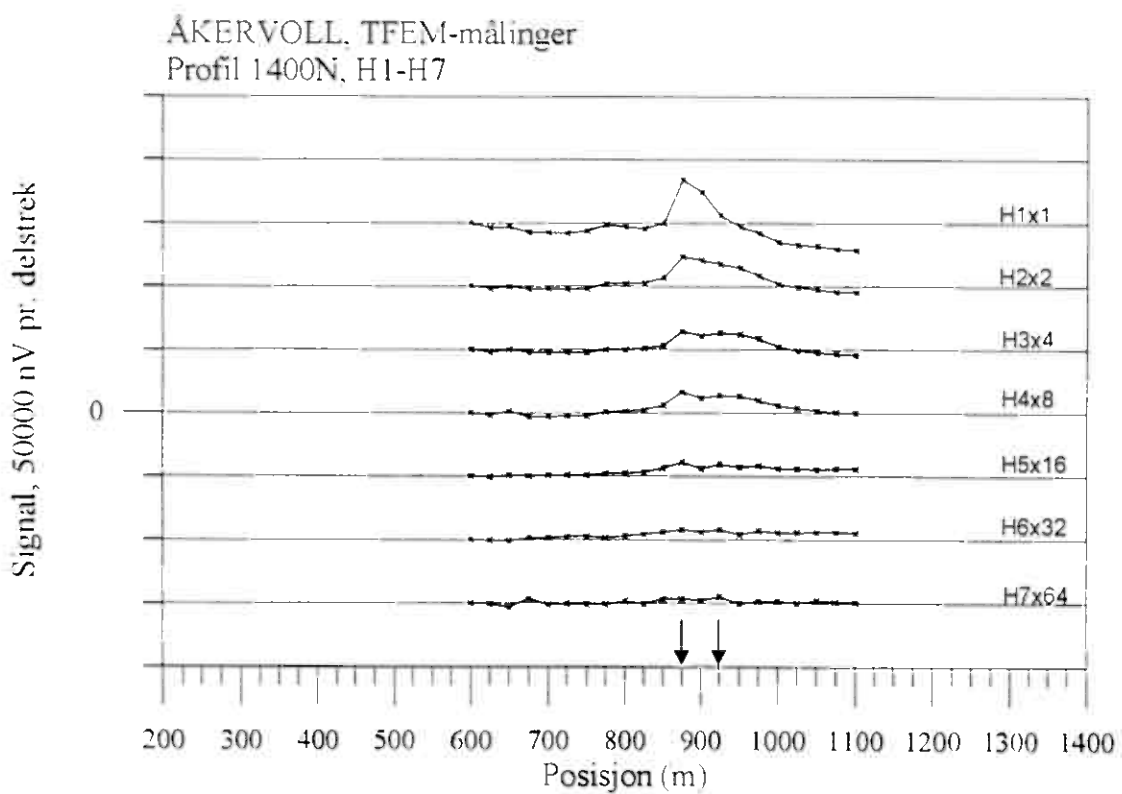
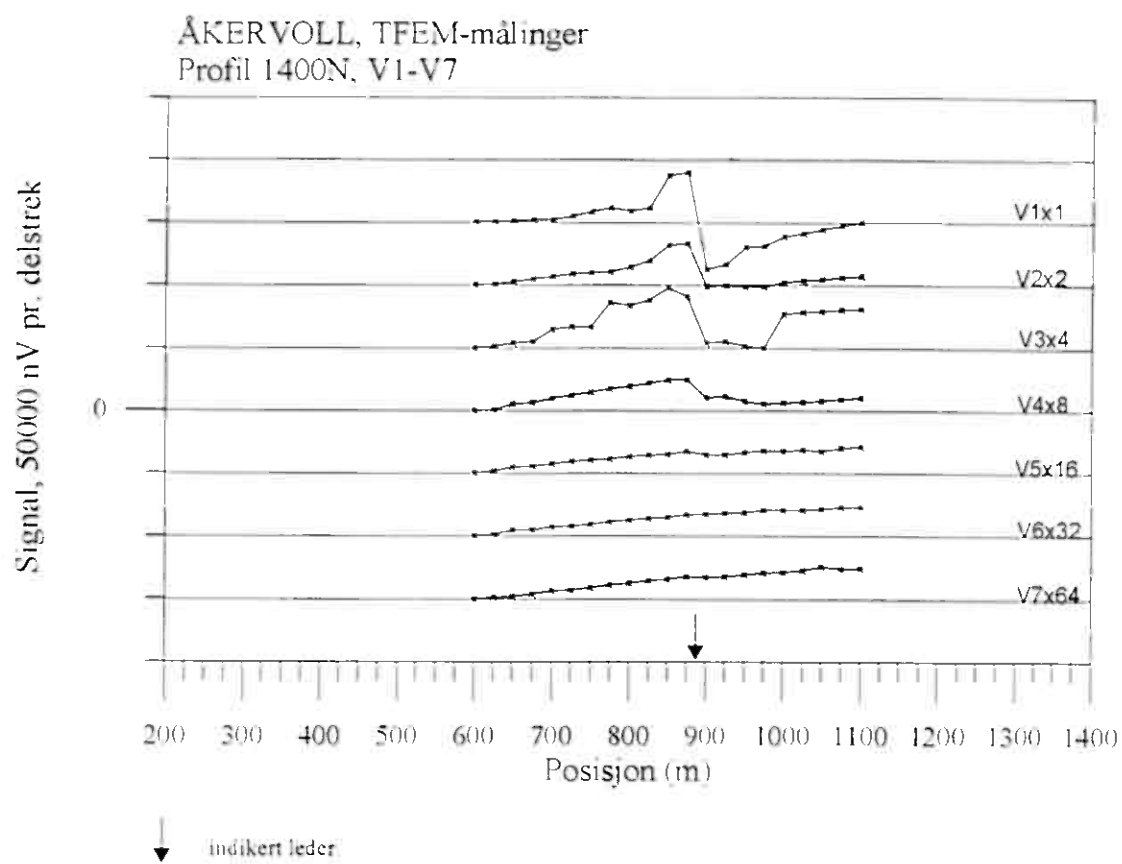
Figur 3b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1500N



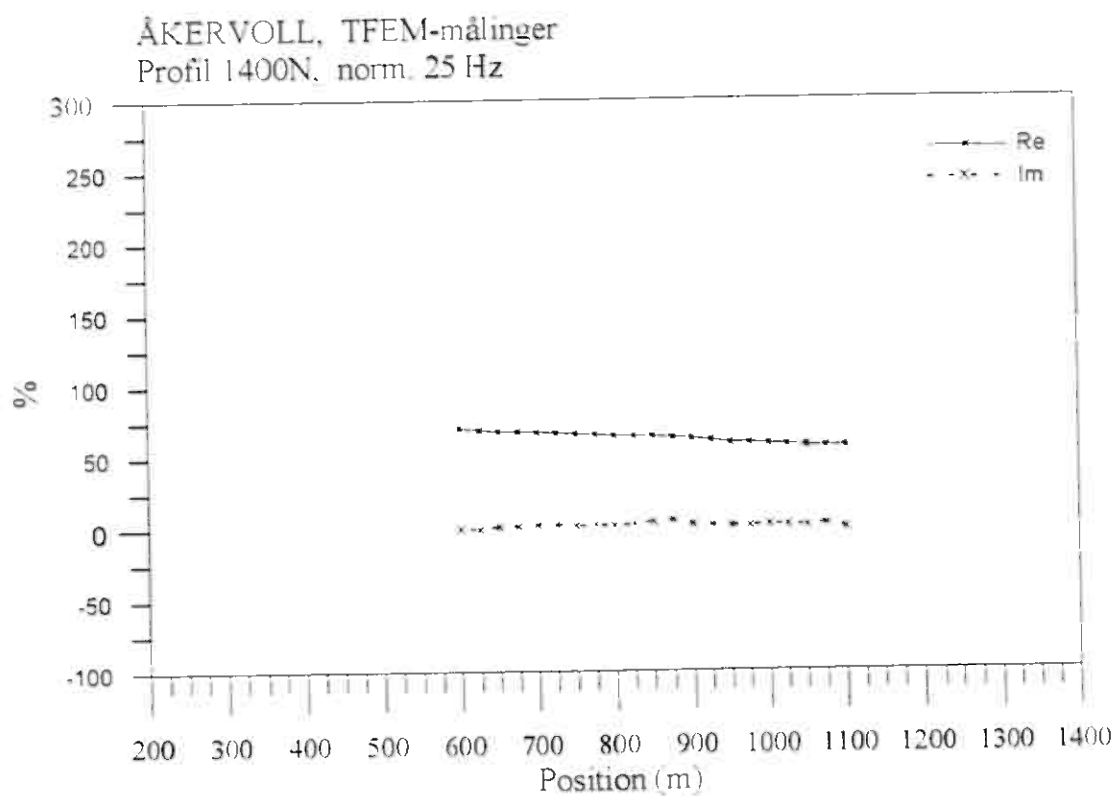
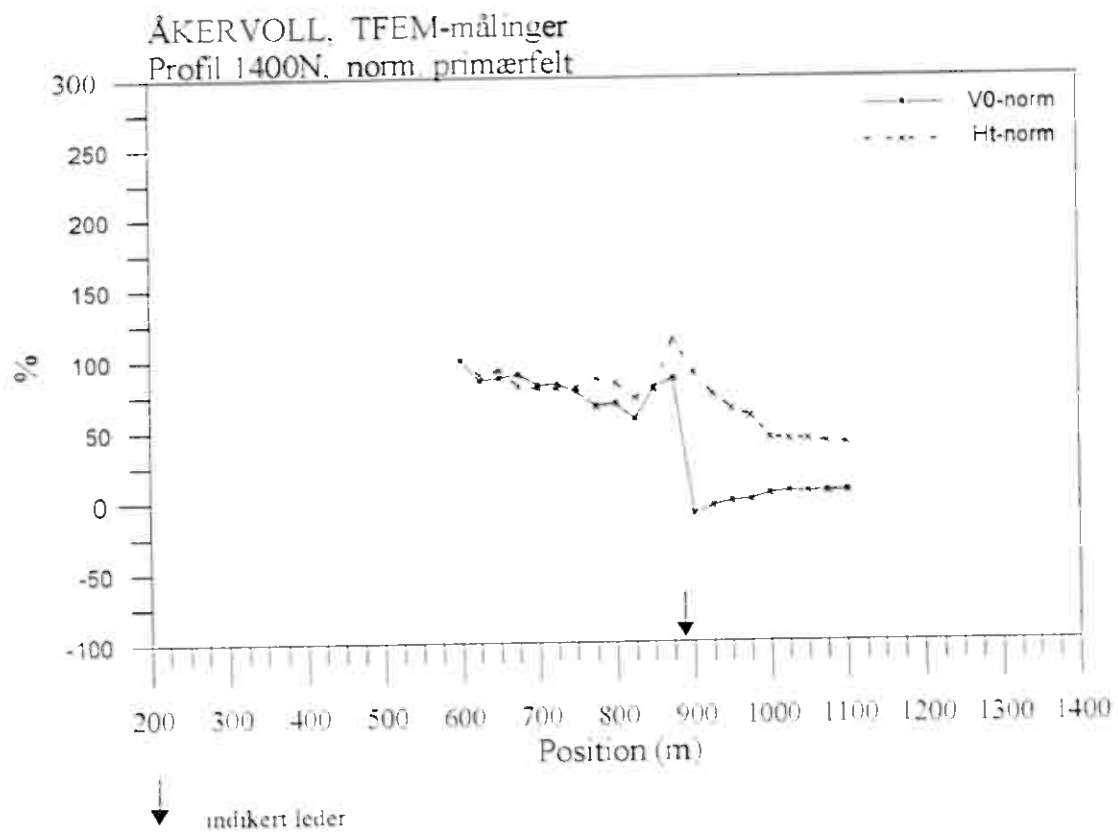
Figur 4a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1450N



Figur 4b. Normalisert primærfelt og 25Hz, profil 1450N

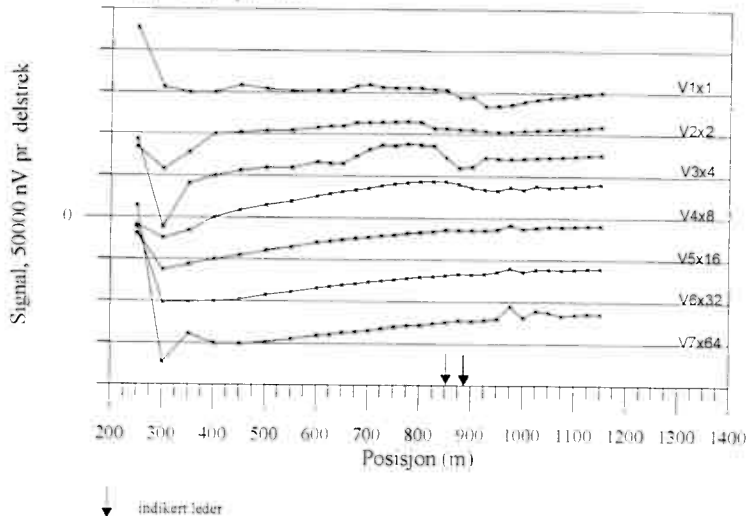


Figur 5a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1400N

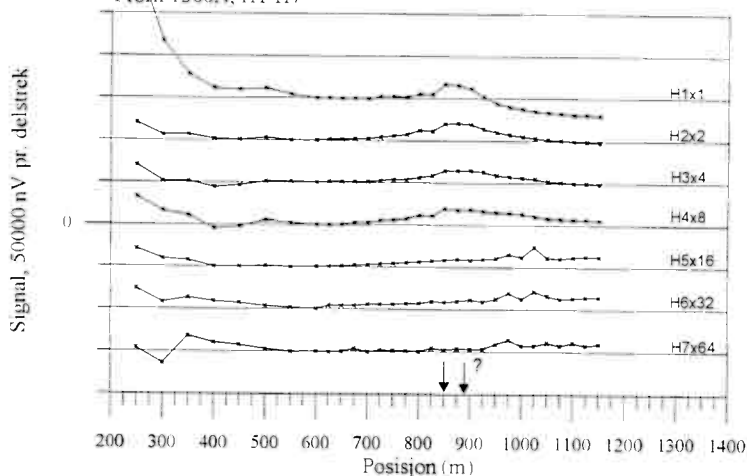


Figur 5b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1400N

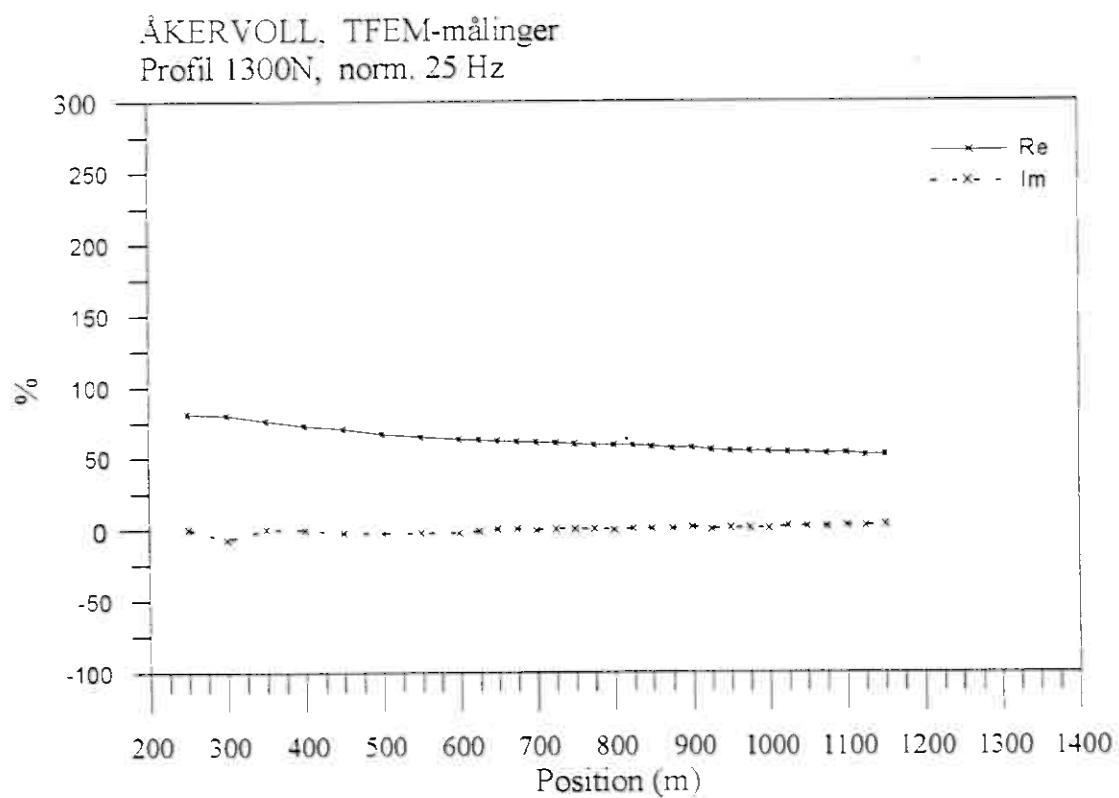
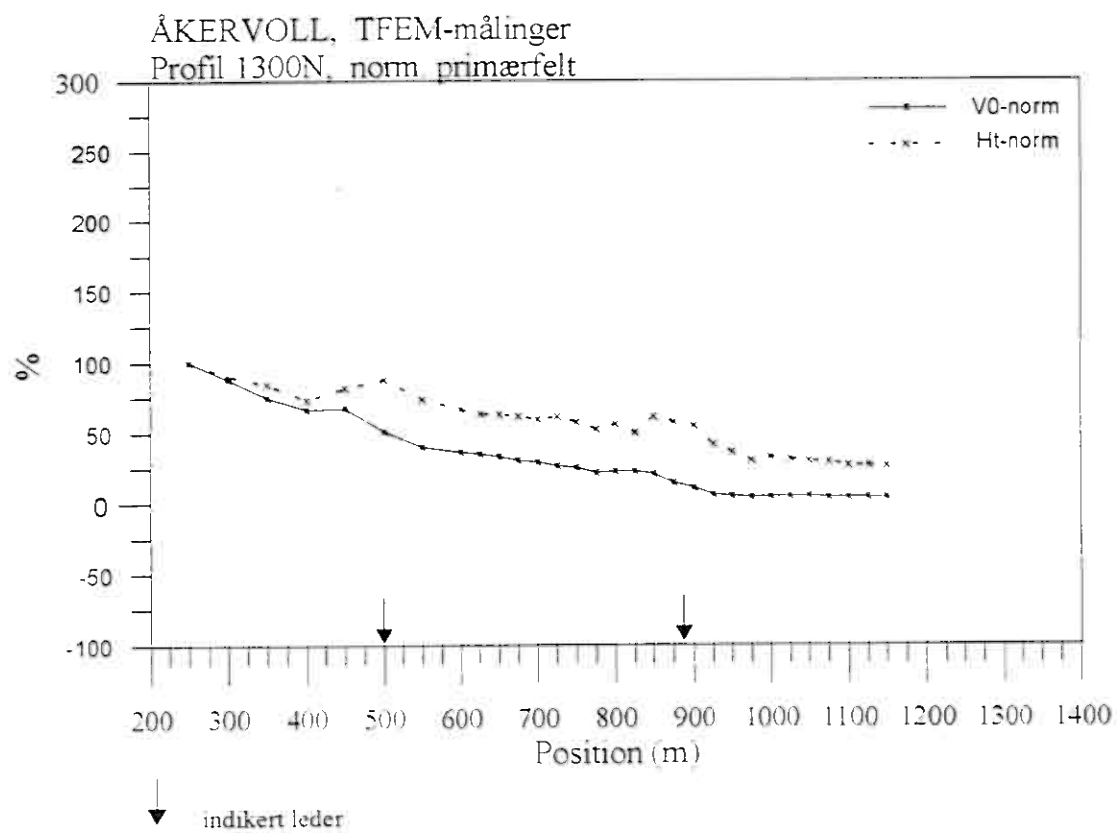
ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1300N, V1-V7



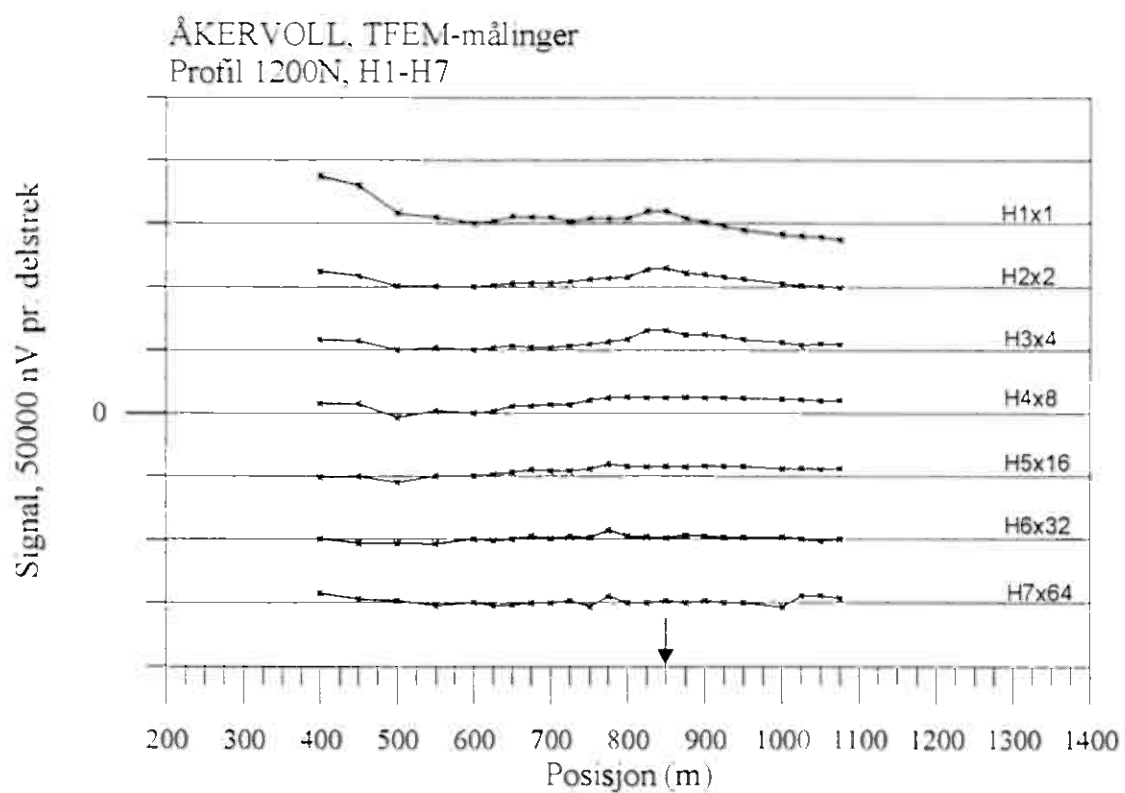
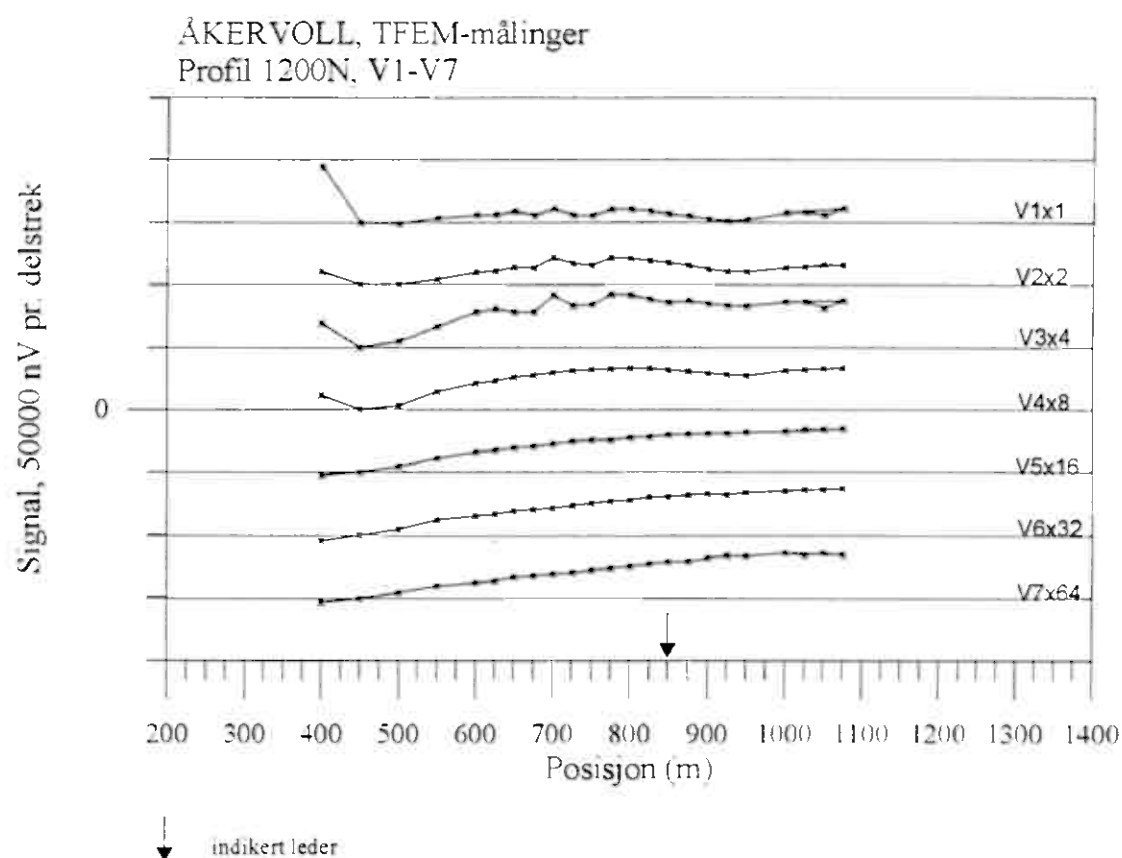
ÅKERVOLL, TFEM-målinger
Profil 1300N, H1-H7



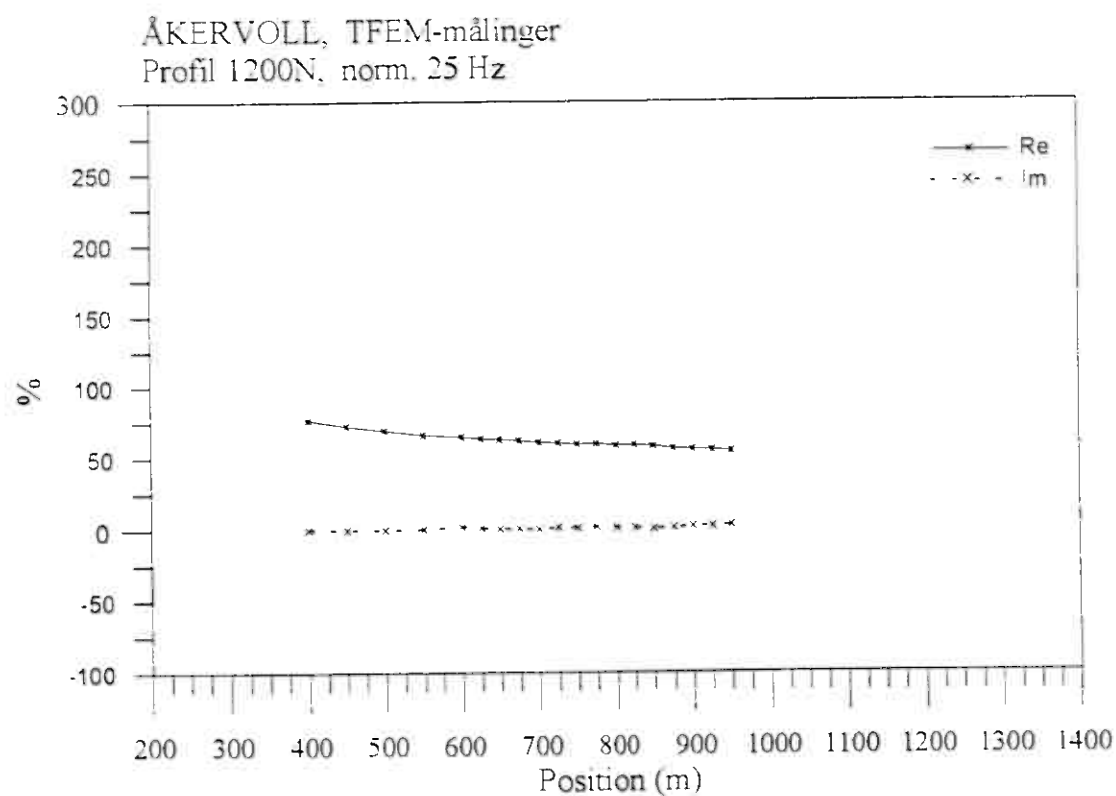
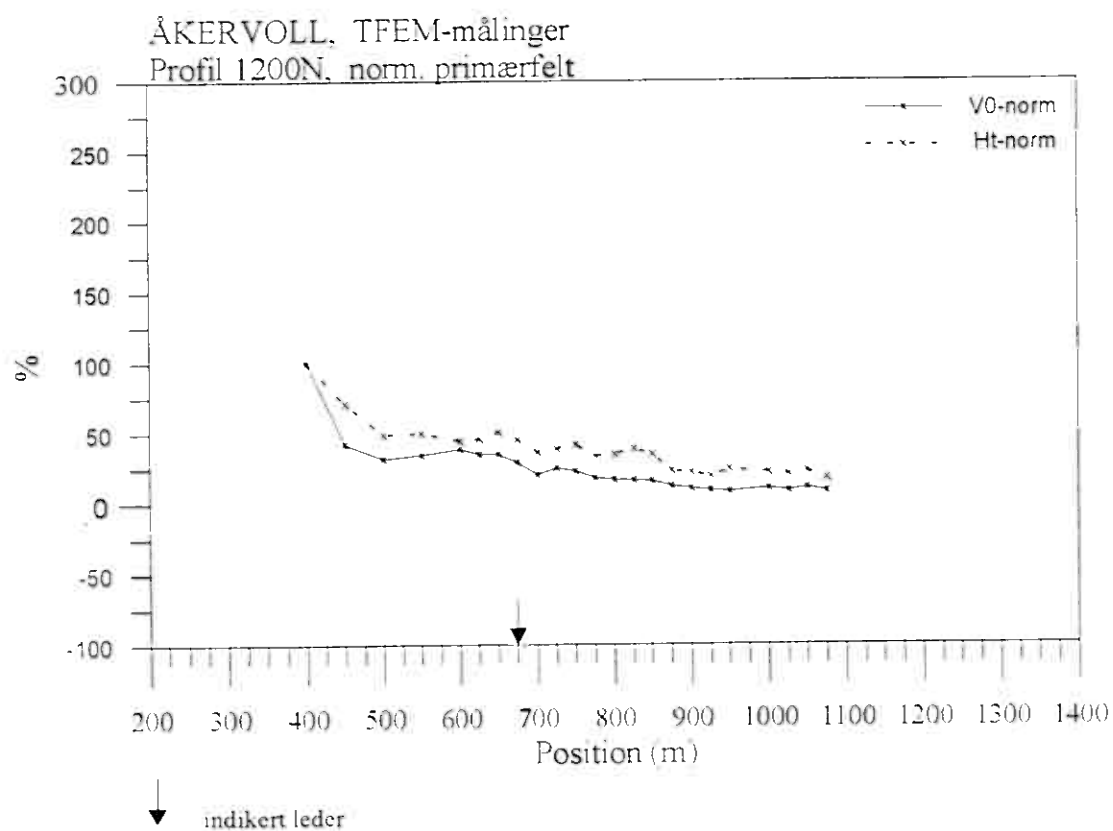
Figur 6a Vertikal og horisontalkanaler profil 1300N



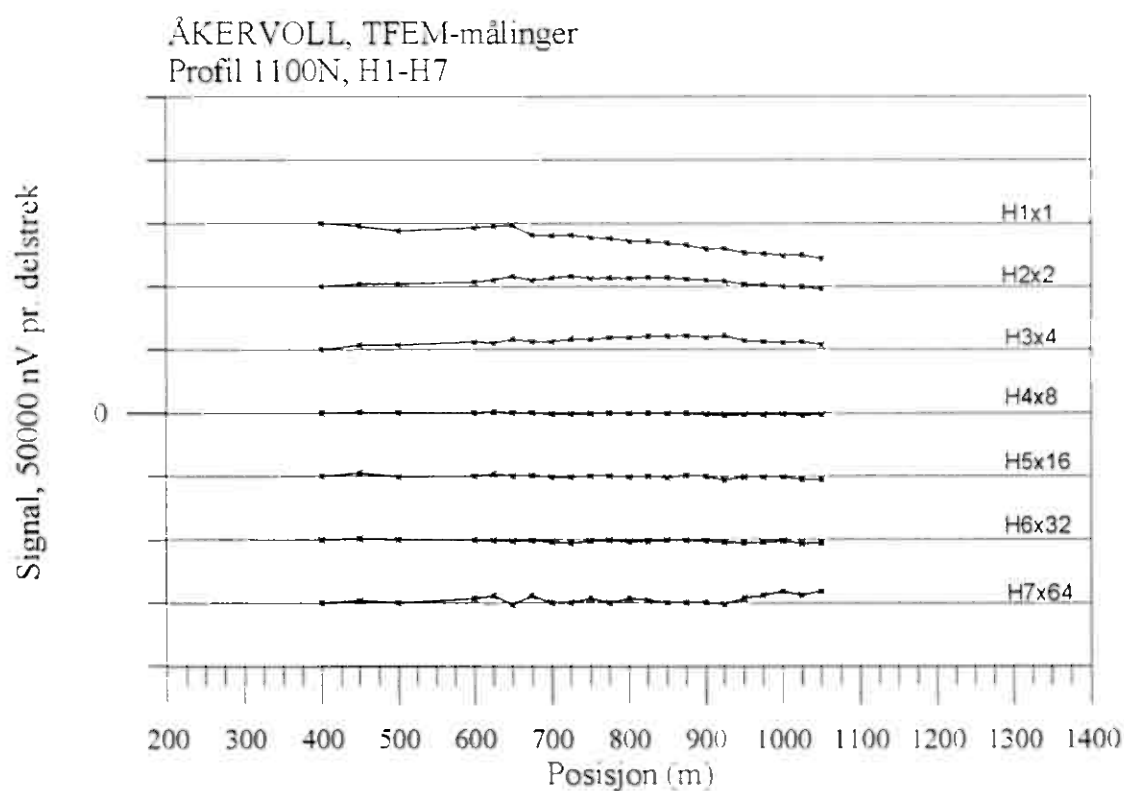
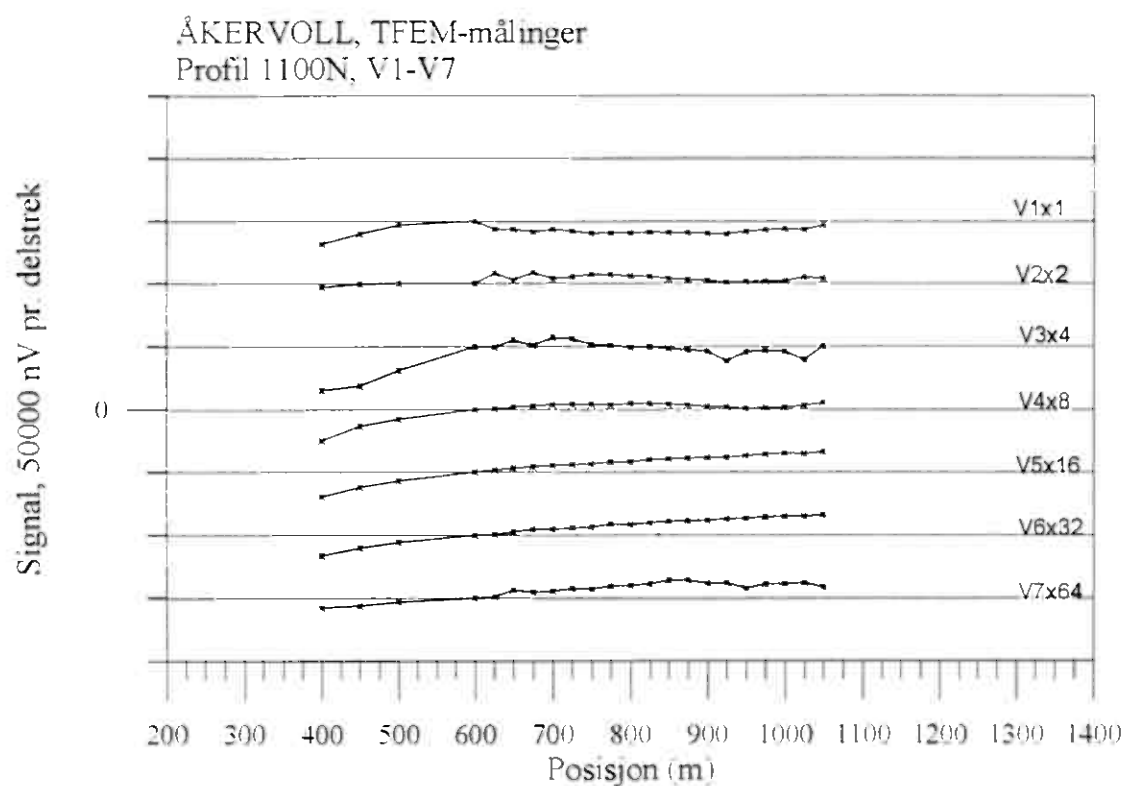
Figur 6b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1300N



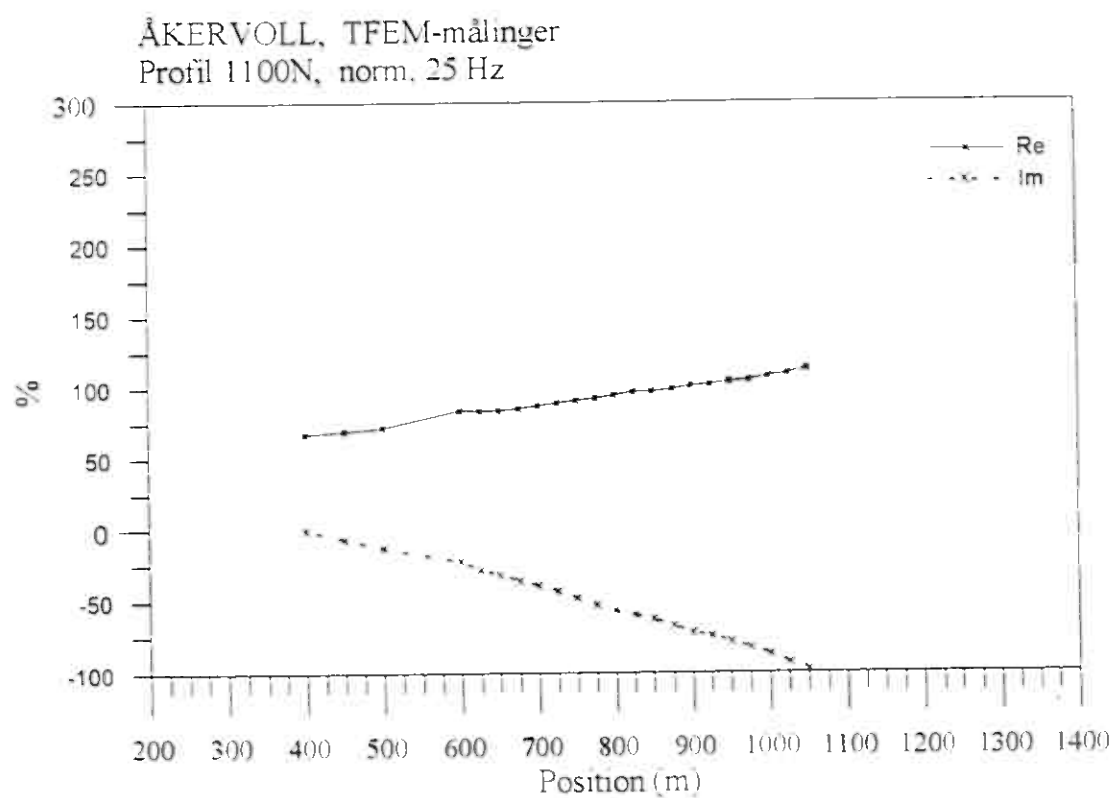
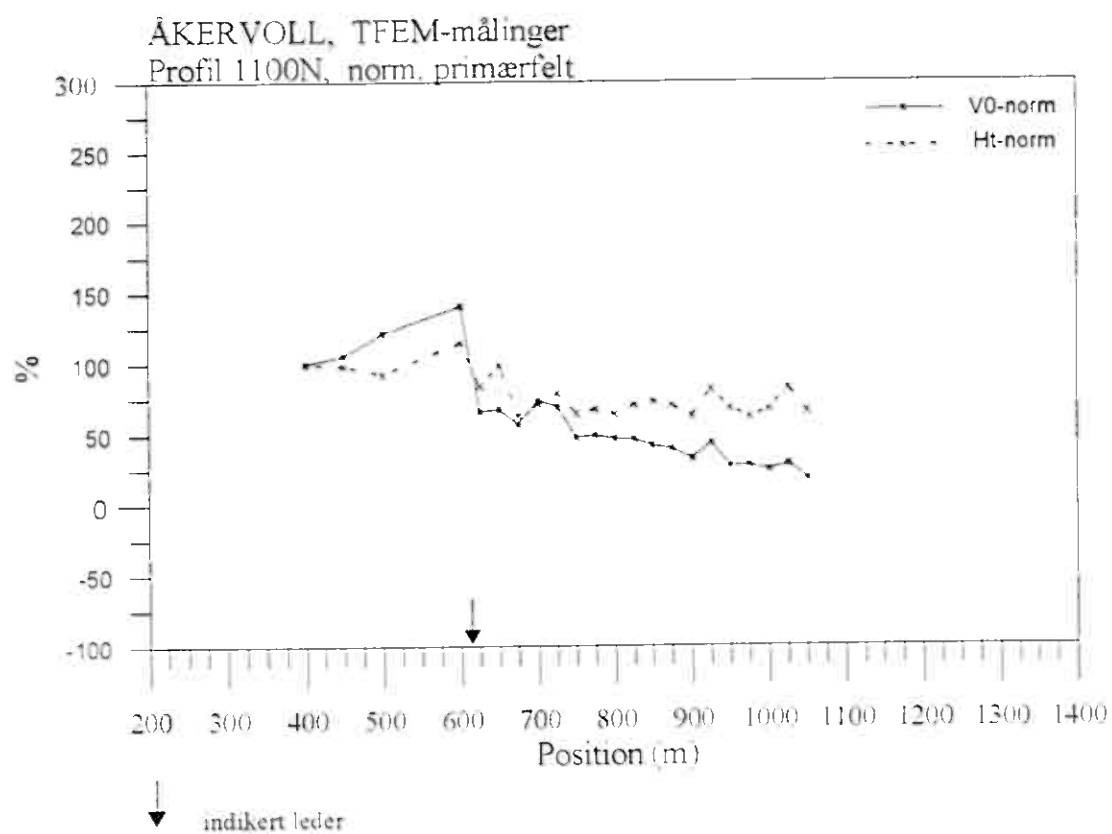
Figur 7a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1200N



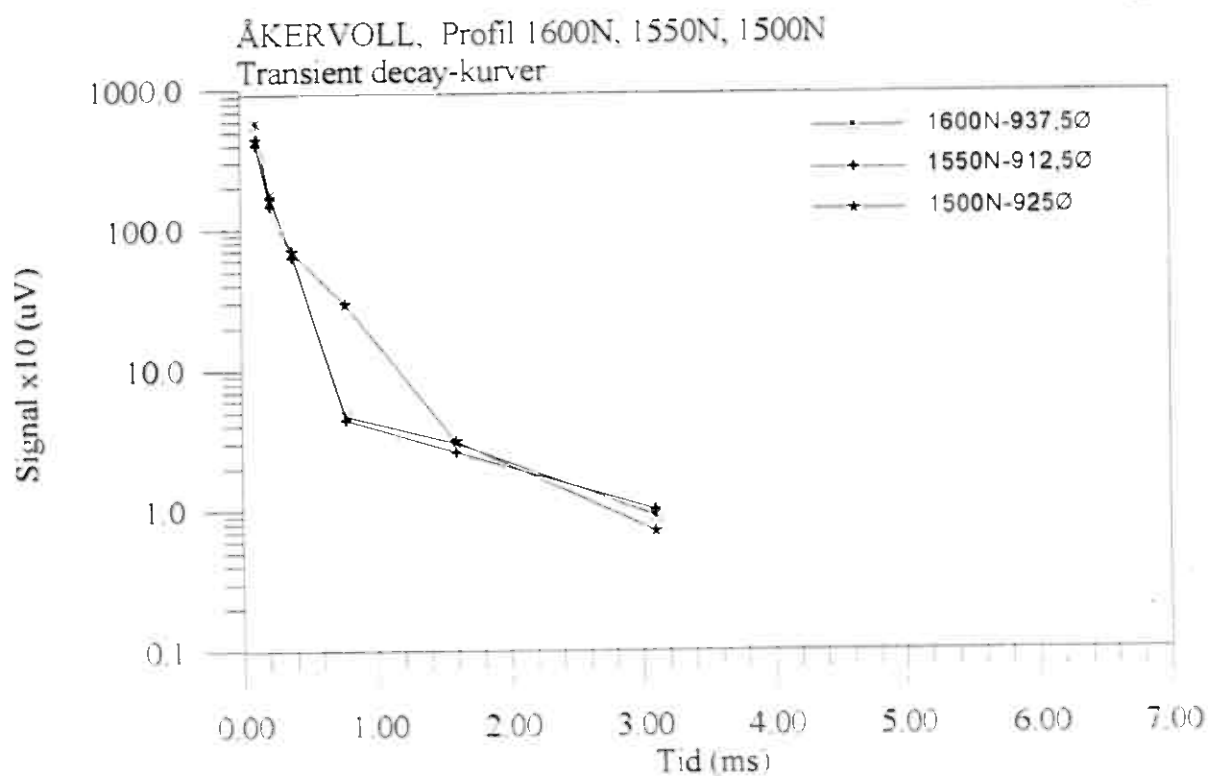
Figur 7b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1200N



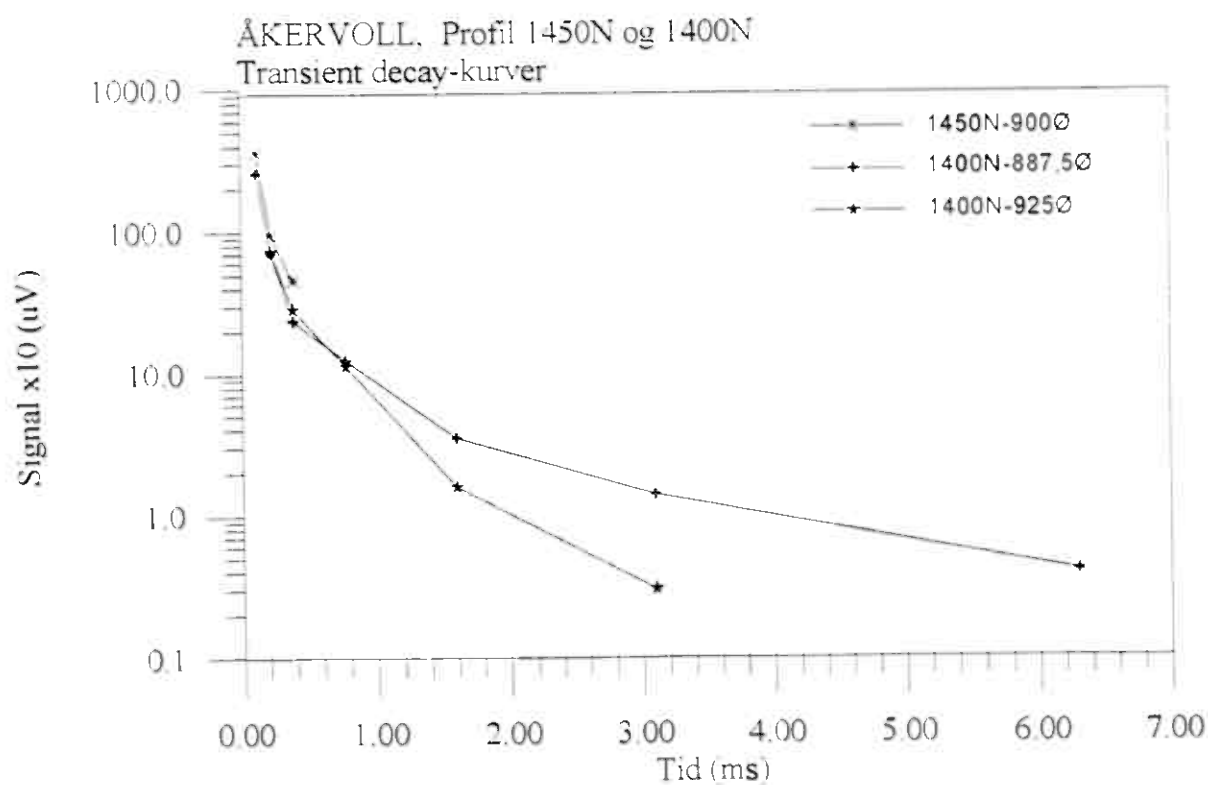
Figur 8a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1100N



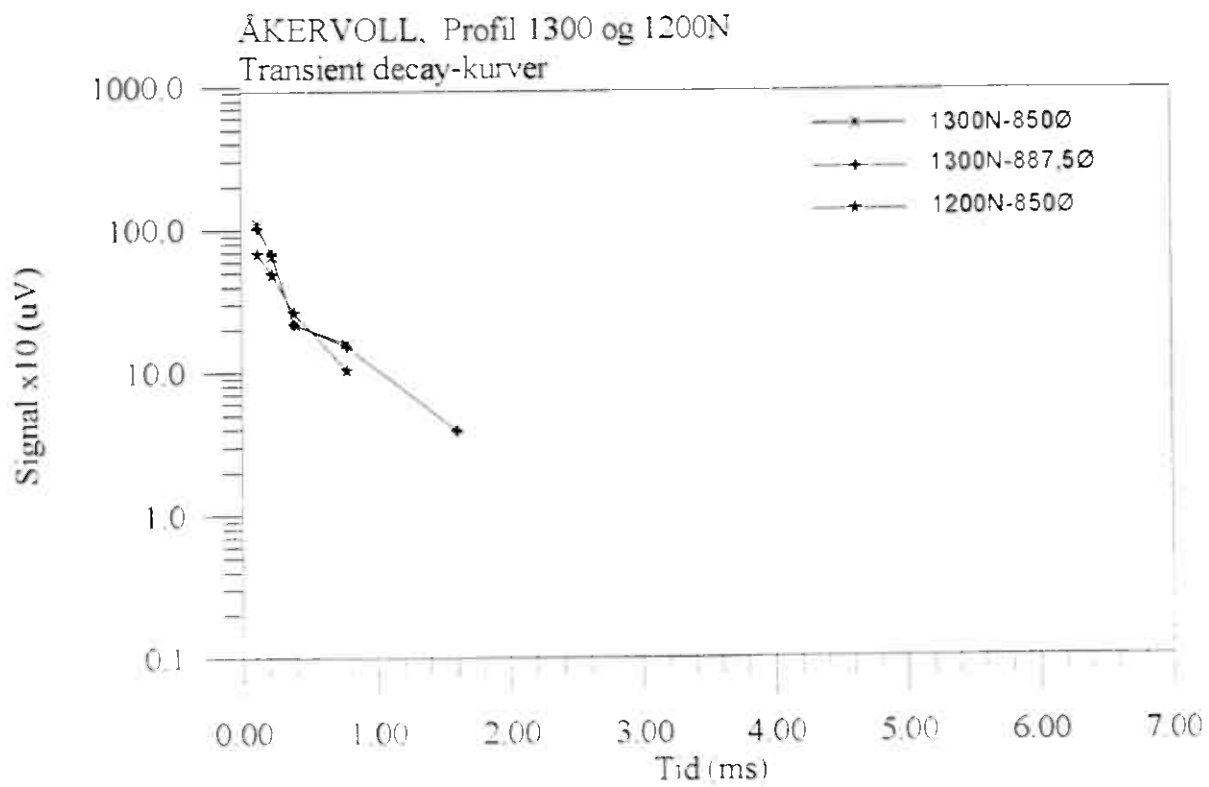
Figur 8b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1100N



Figur 9. Transient decay-kurver for H1- H7 for ledere på profil 1600N, 1550N og 1500N.



Figur 10. Transient decay-kurver for H1- H7 for ledere på profil 1450N og 1400N



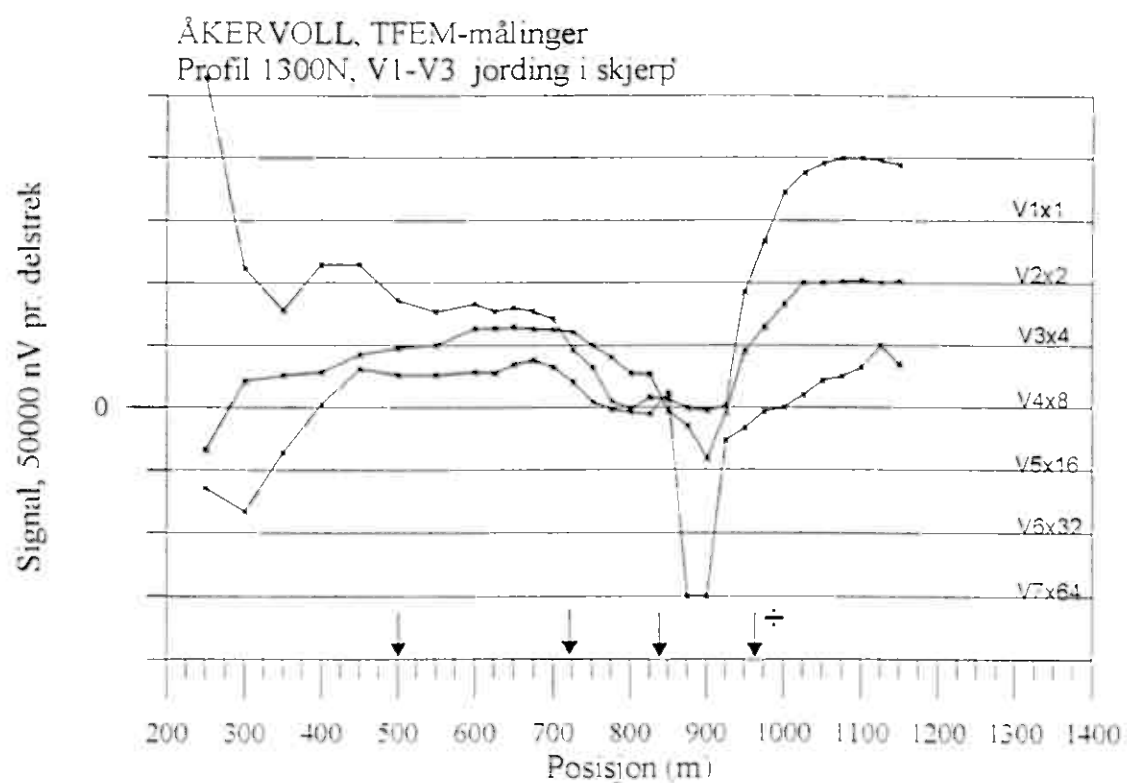
Figur 11. Transient decay-kurver for H1-H5 for ledere på profil 1300N og 1200N

Databilag 2: Figur 12a-16a. TFEM, profilplott av V- og H-kanaler i tidsdomenet, jording i skjerp

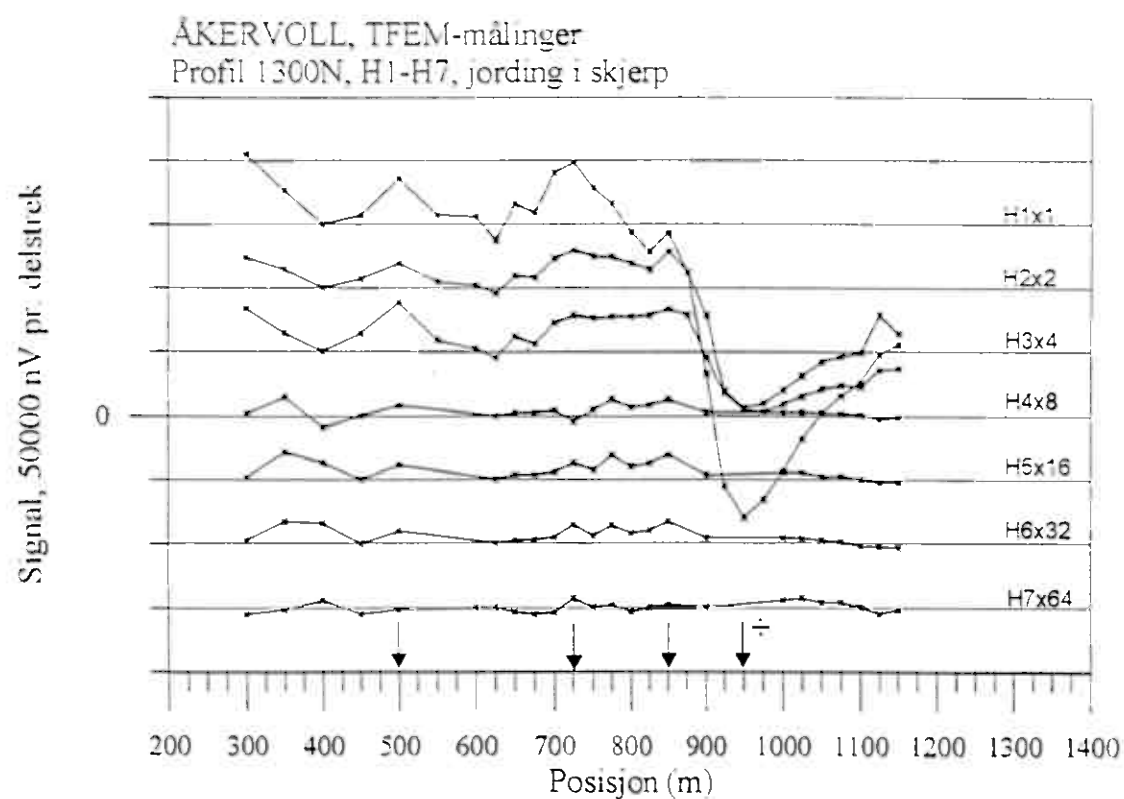
Figur 12b-16b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, jording i skjerp

Figur 17a-19a. TFEM, profilplott av V- og H-kanaler i tidsdomenet, jording bh 2/140 m

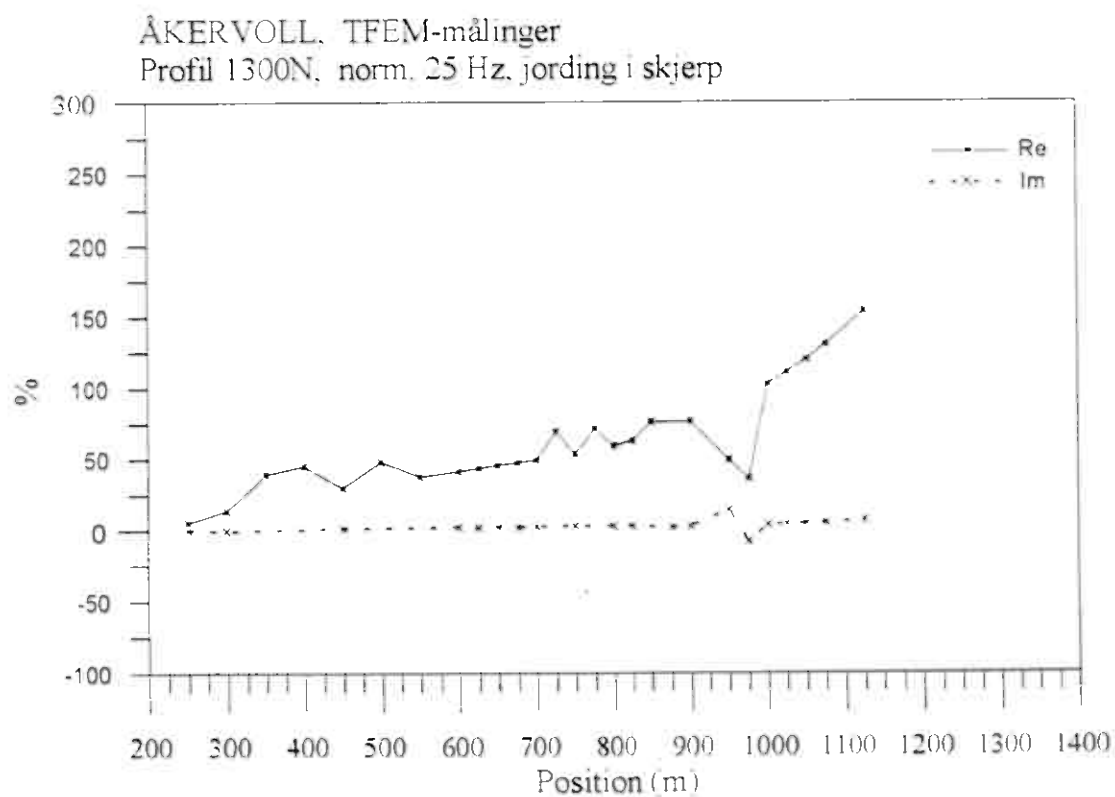
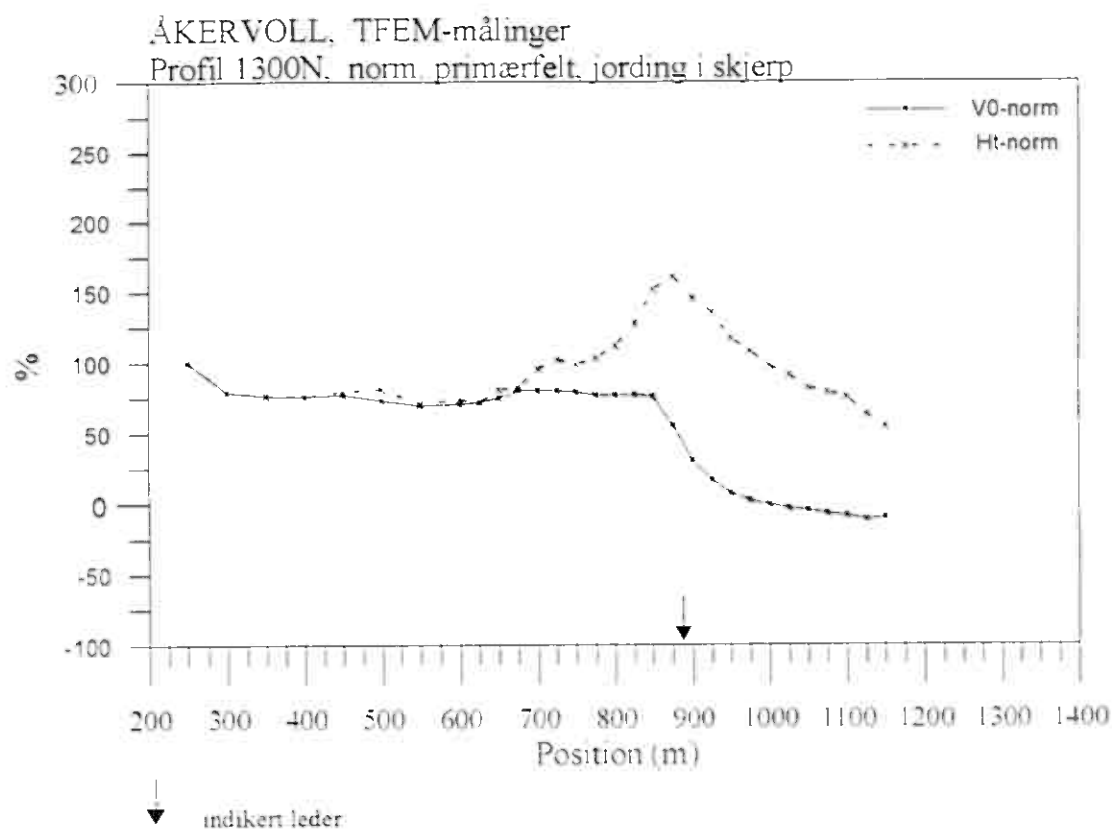
Figur 17b-19b. TFEM, profilplott norm. primærfelt og 25 Hz frek.domenet, jording bh 2/140 m



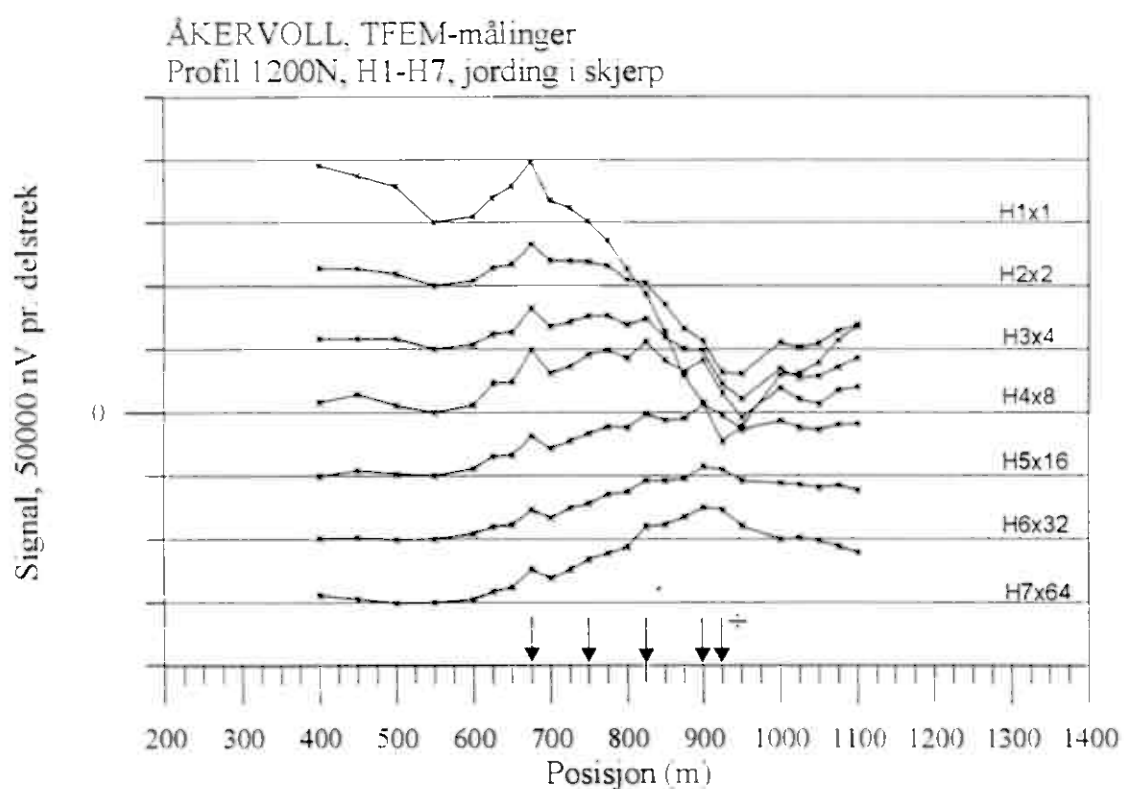
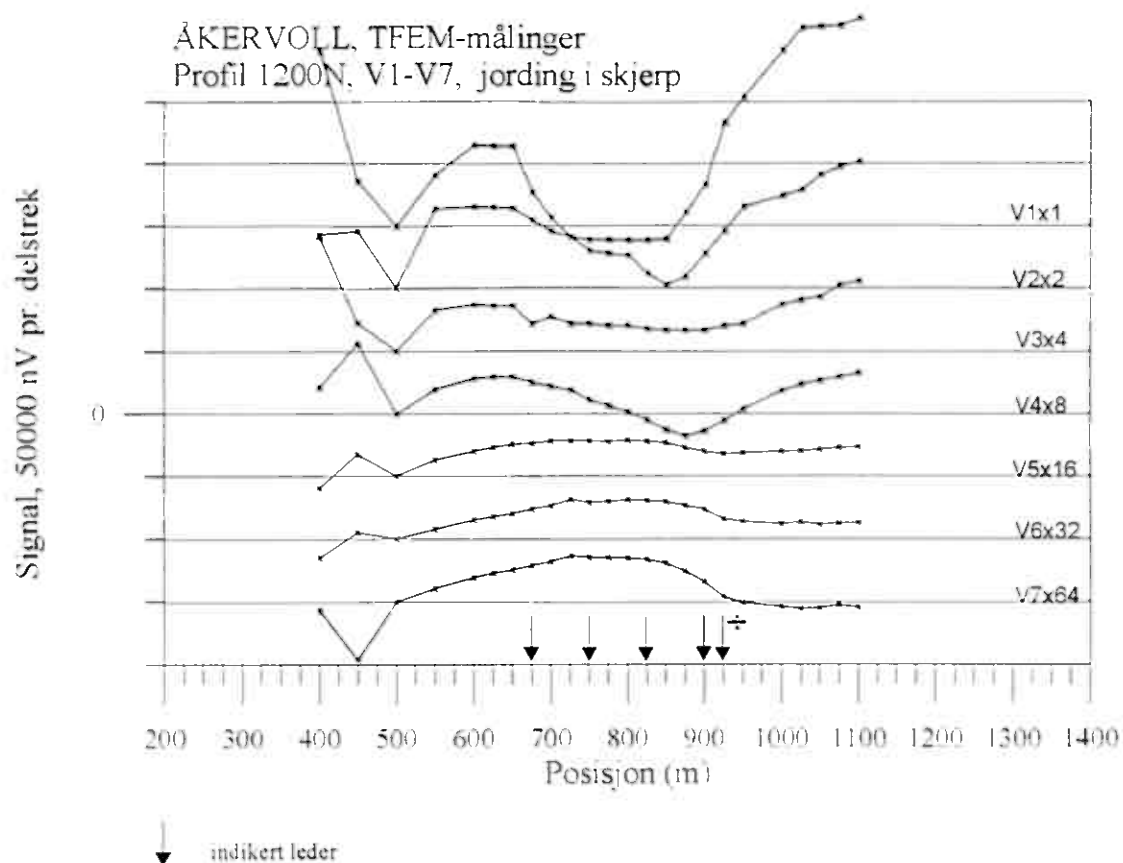
↓ Indikert leder



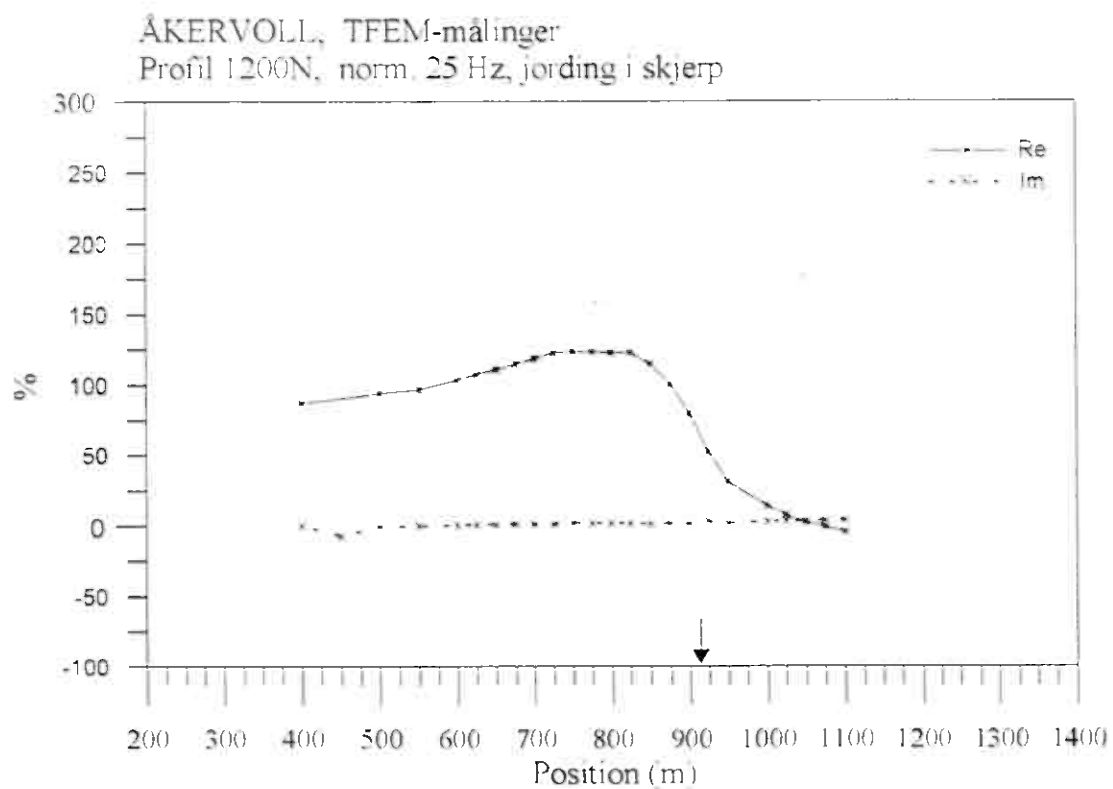
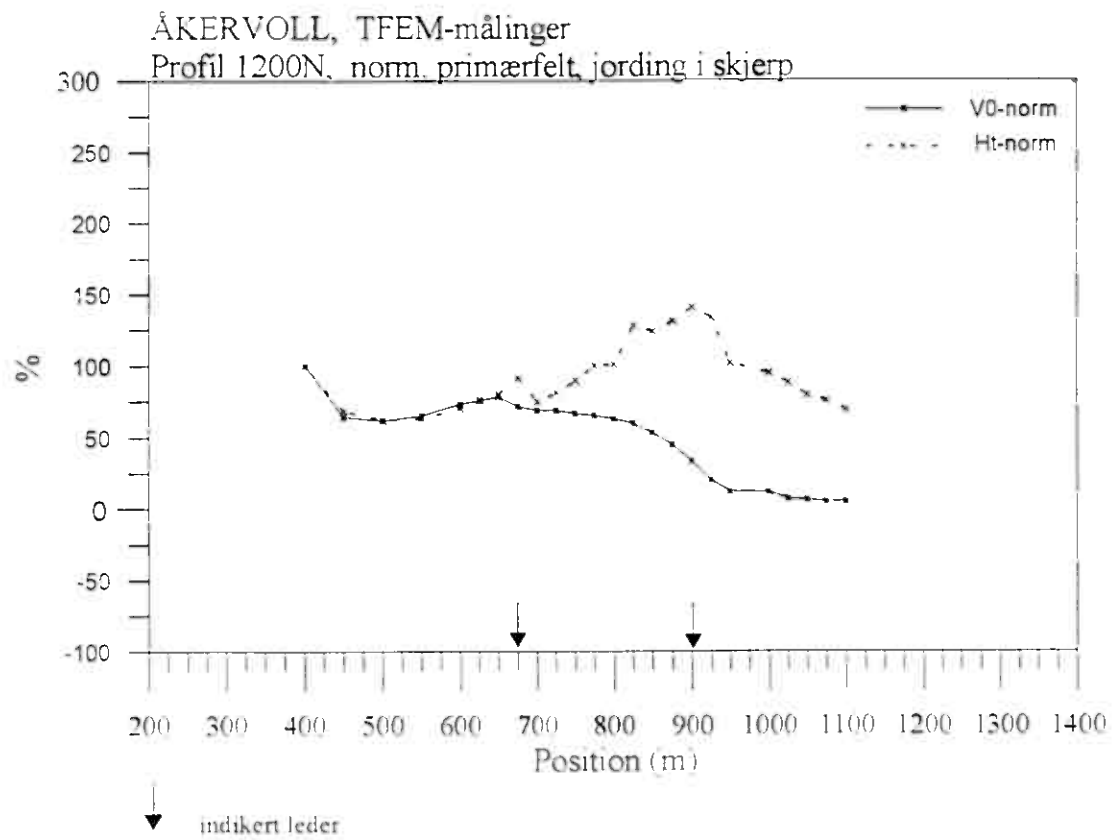
Figur 12a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1300N, jording i skjerp



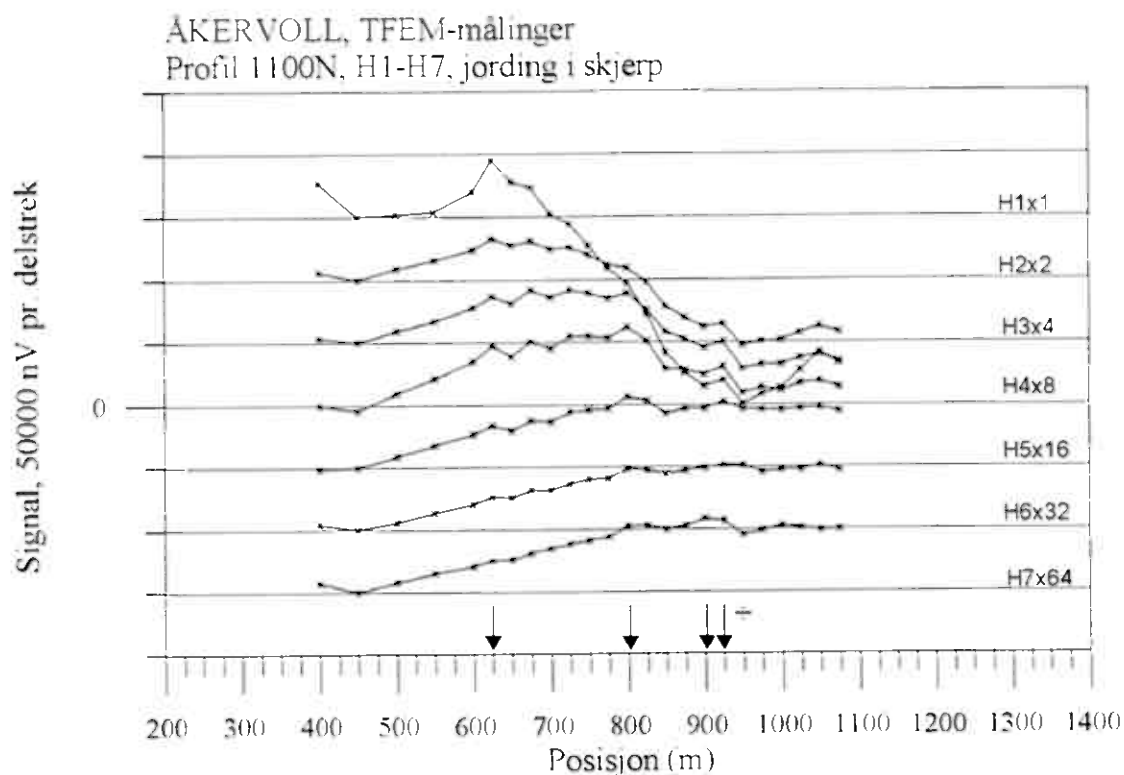
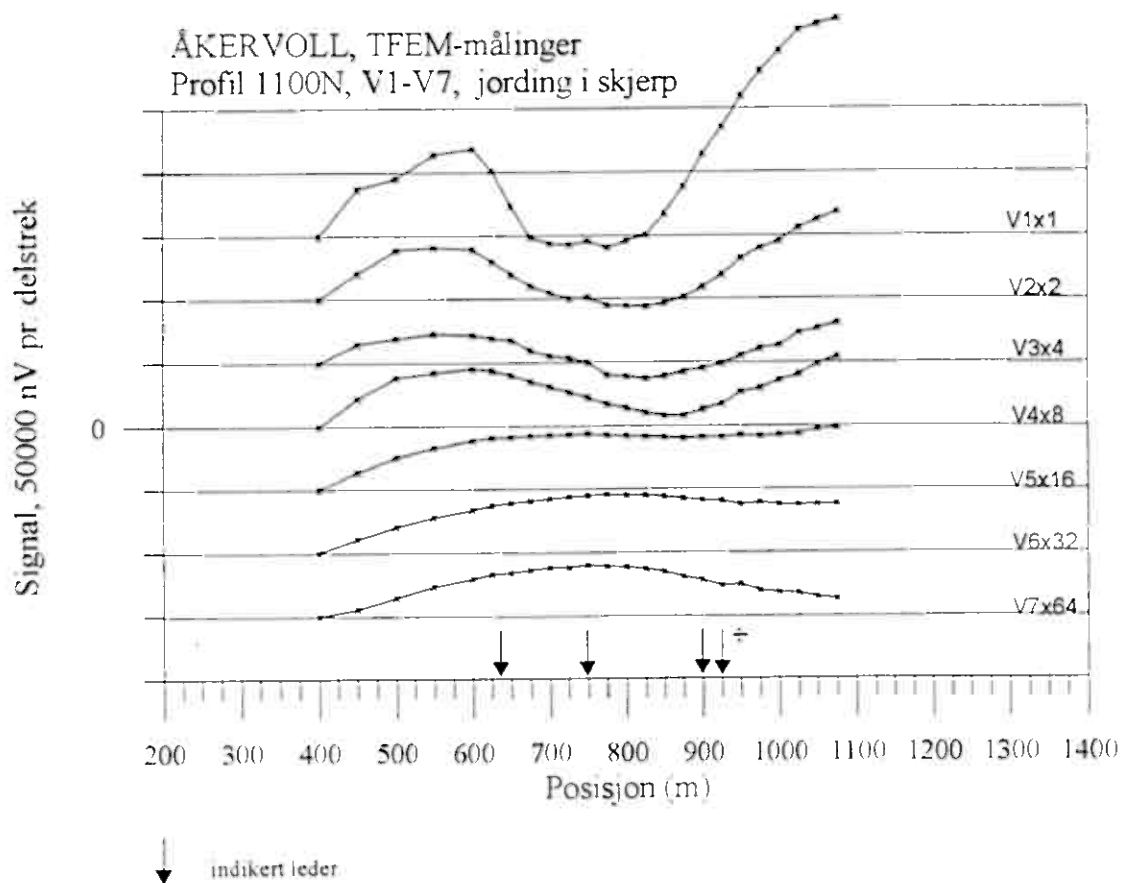
Figur 12b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1300N, jording i skjerp



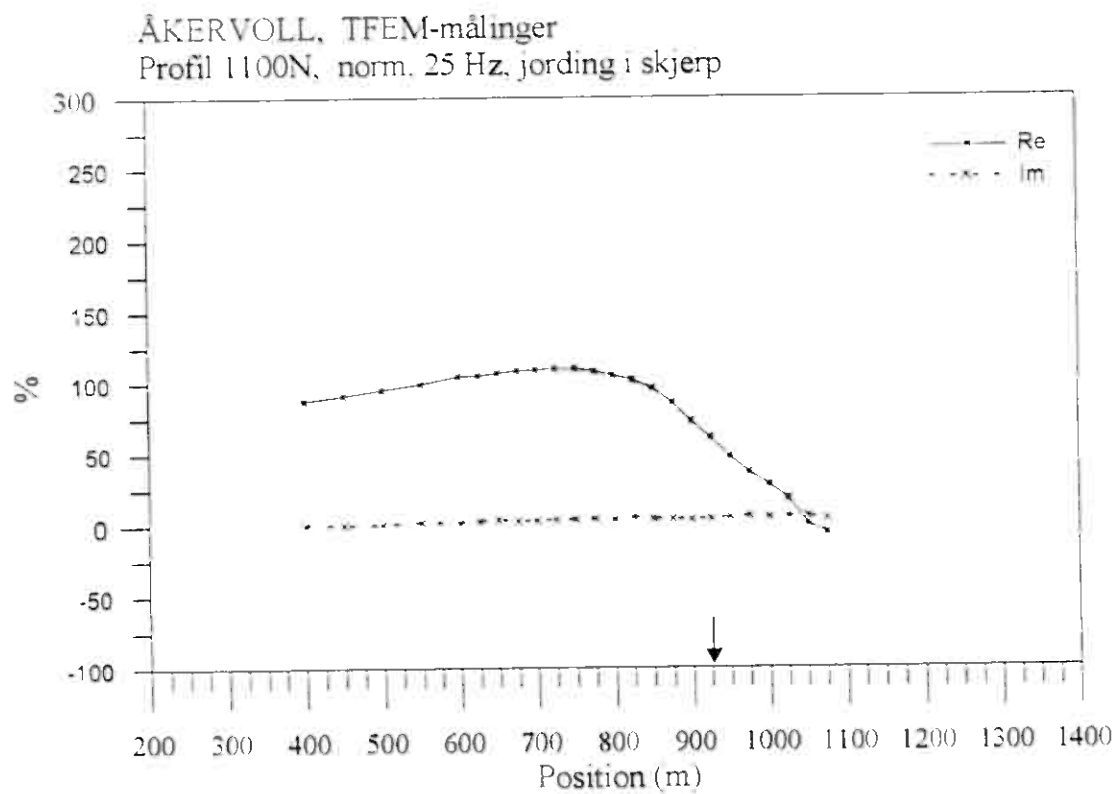
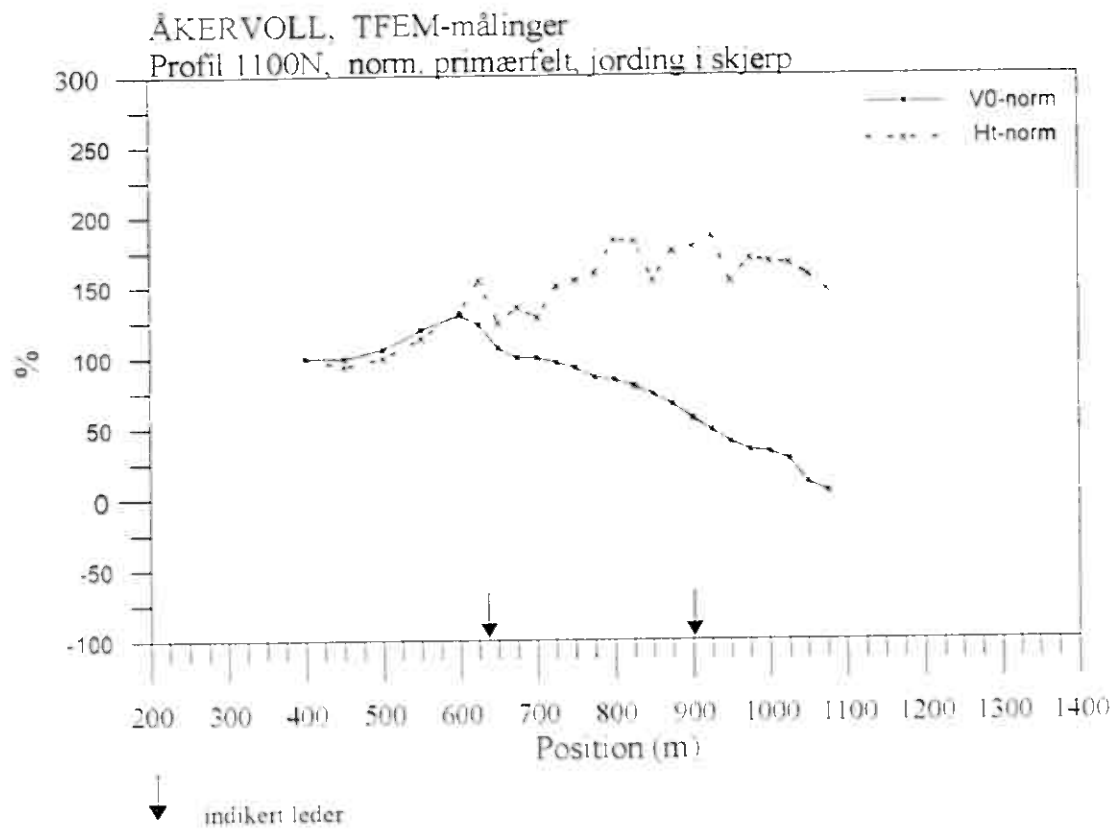
Figur 13a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1200N, jording i skjerp



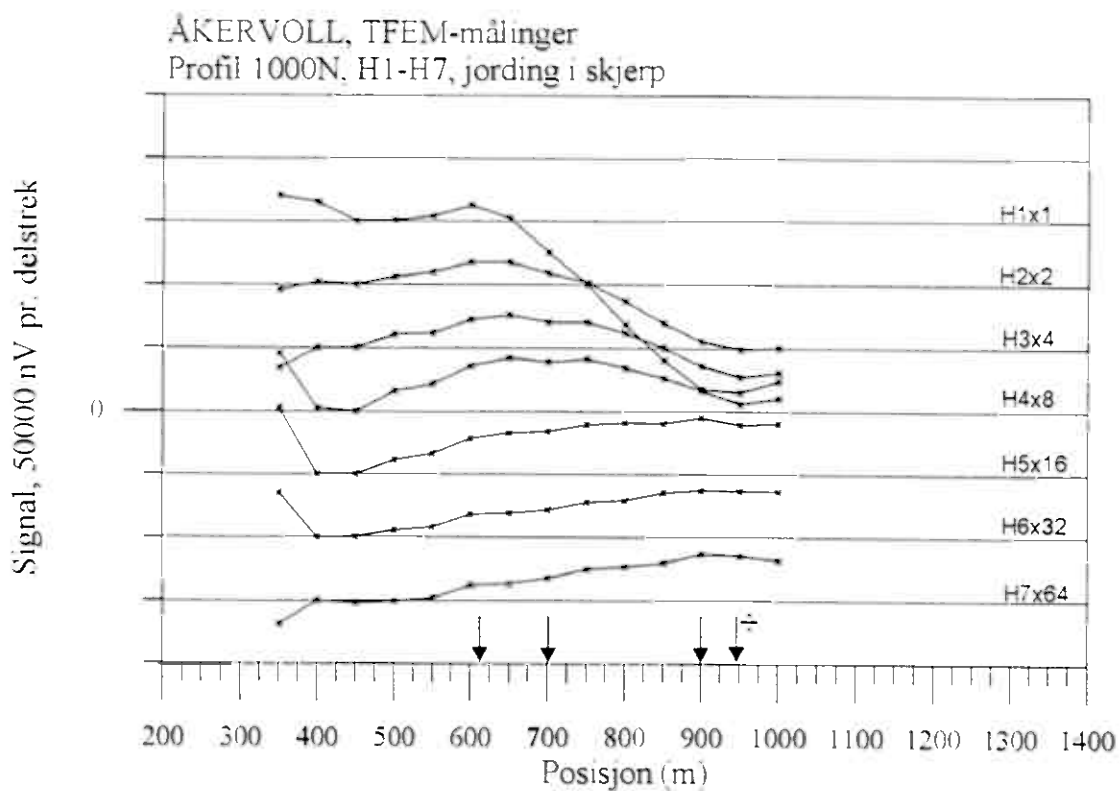
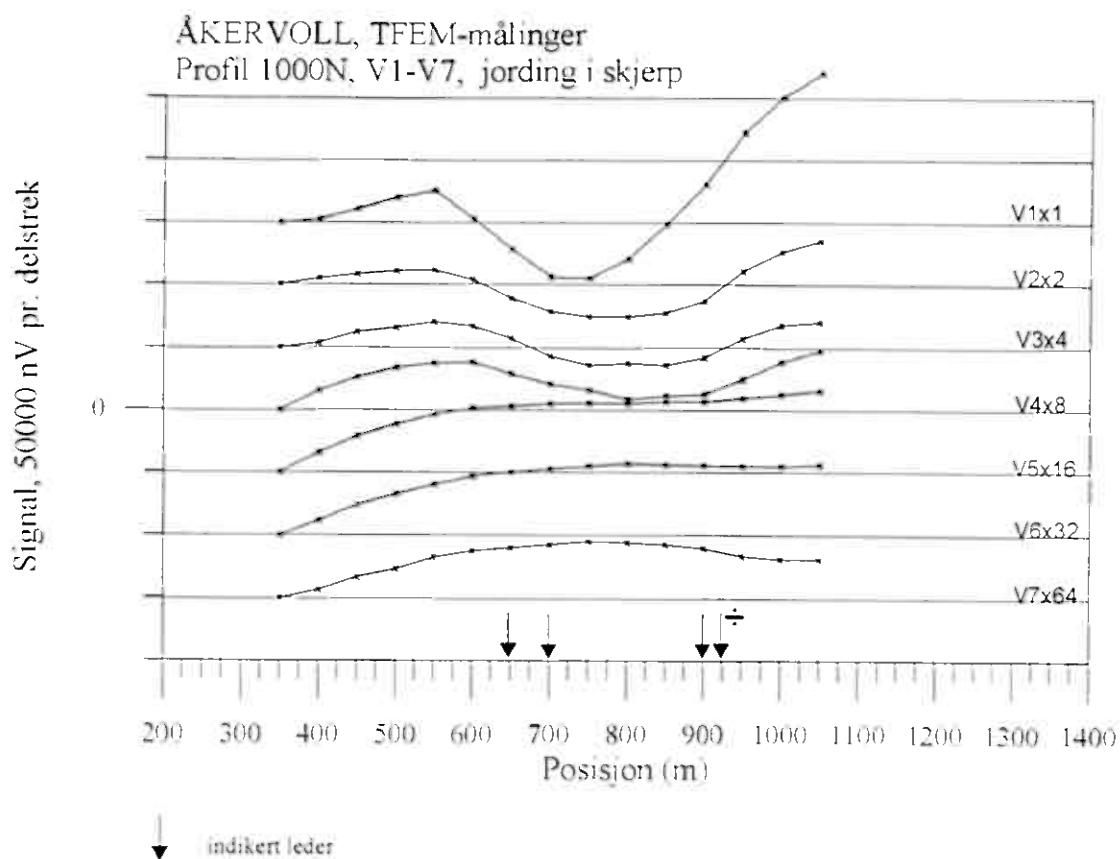
Figur 13b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1200N, jording i skjerp



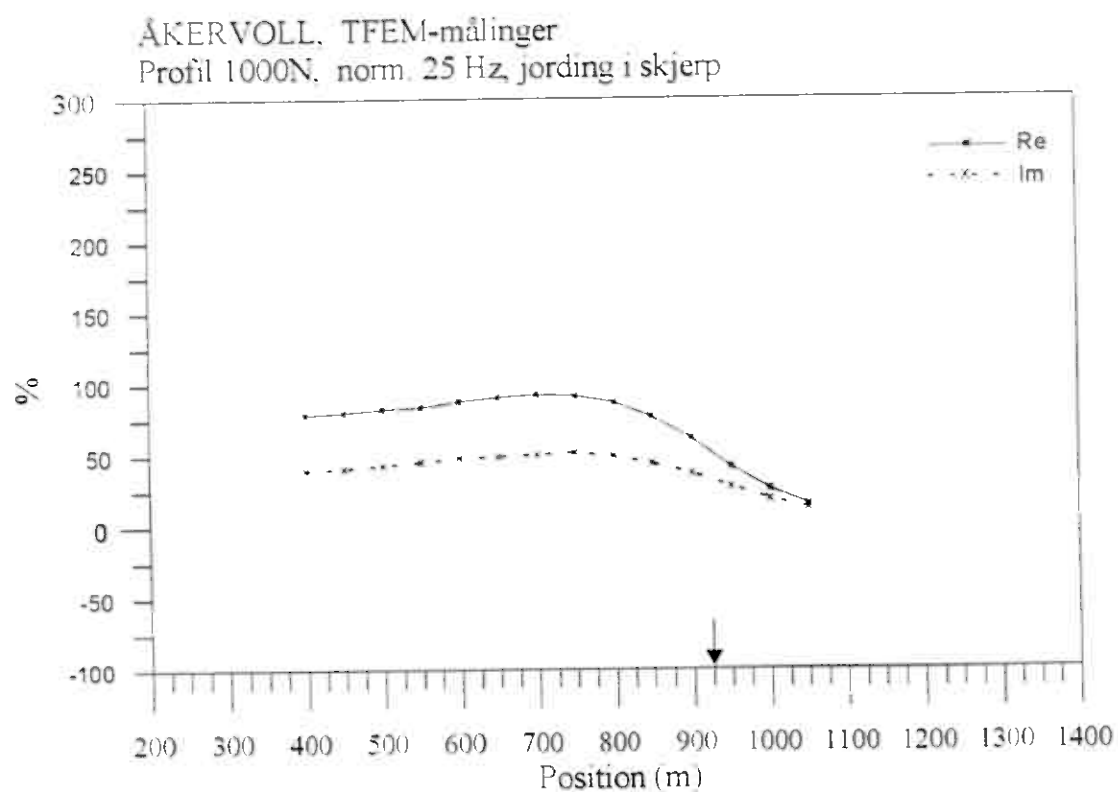
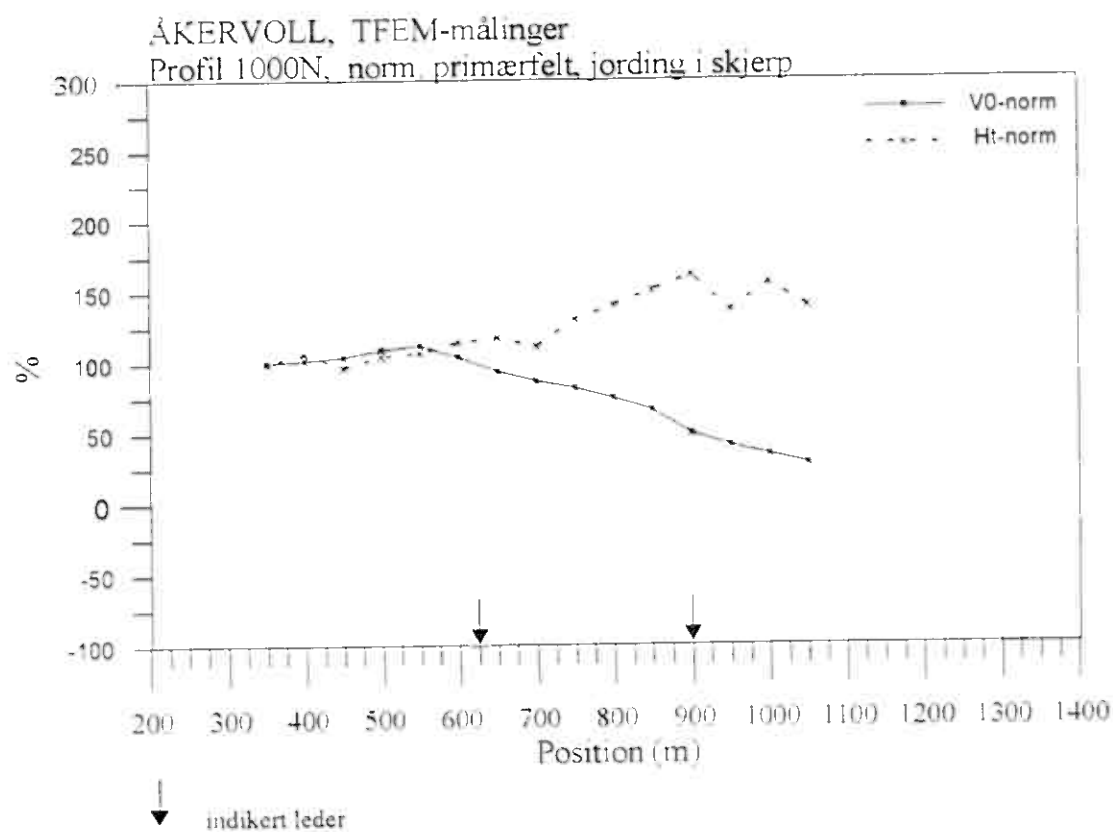
Figur 14a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1100N, jording i skjerp



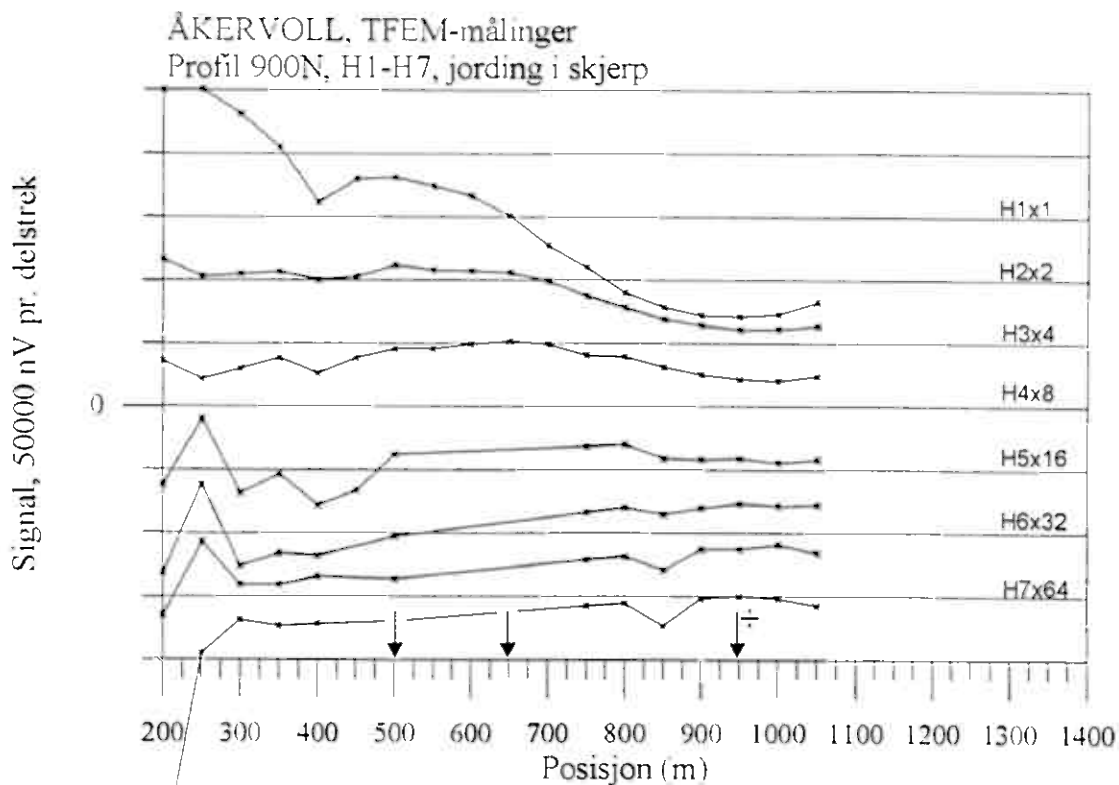
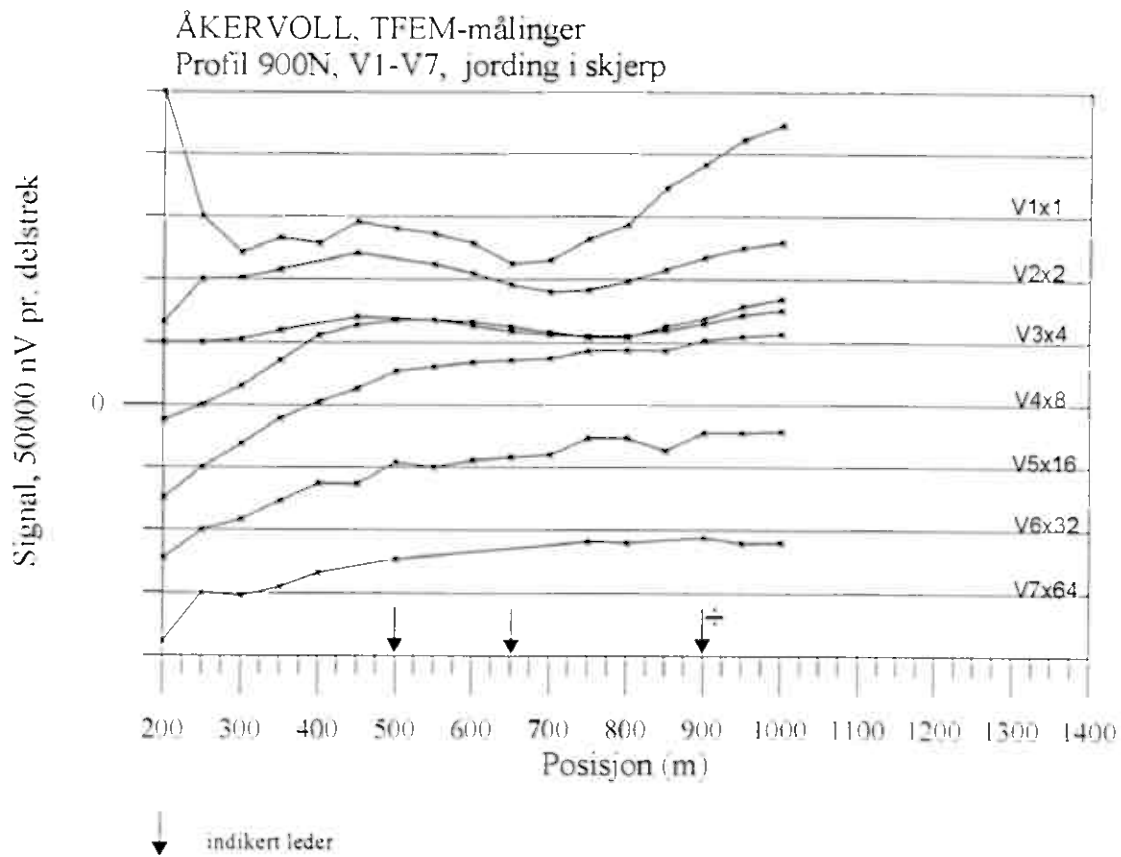
Figur 14b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1100N, jording i skjerp



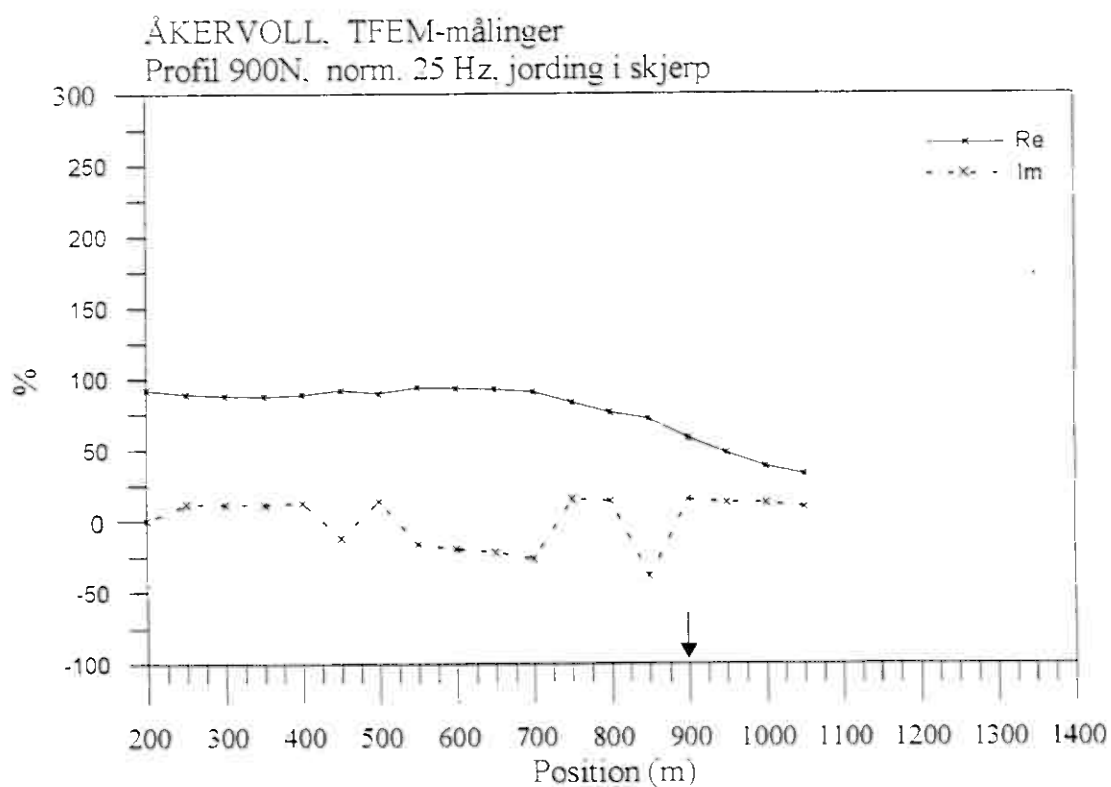
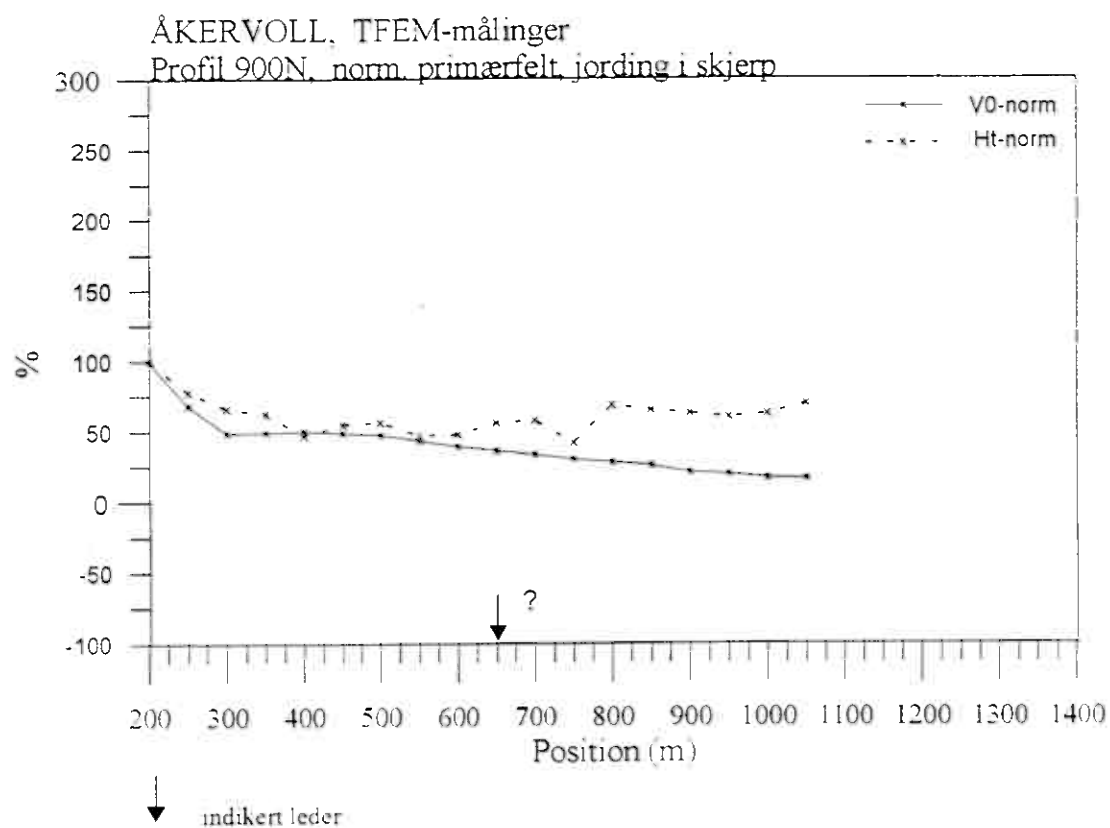
Figur 15a. Vertikal og horisontalkanaler, profil 1000N, jording i skjerp



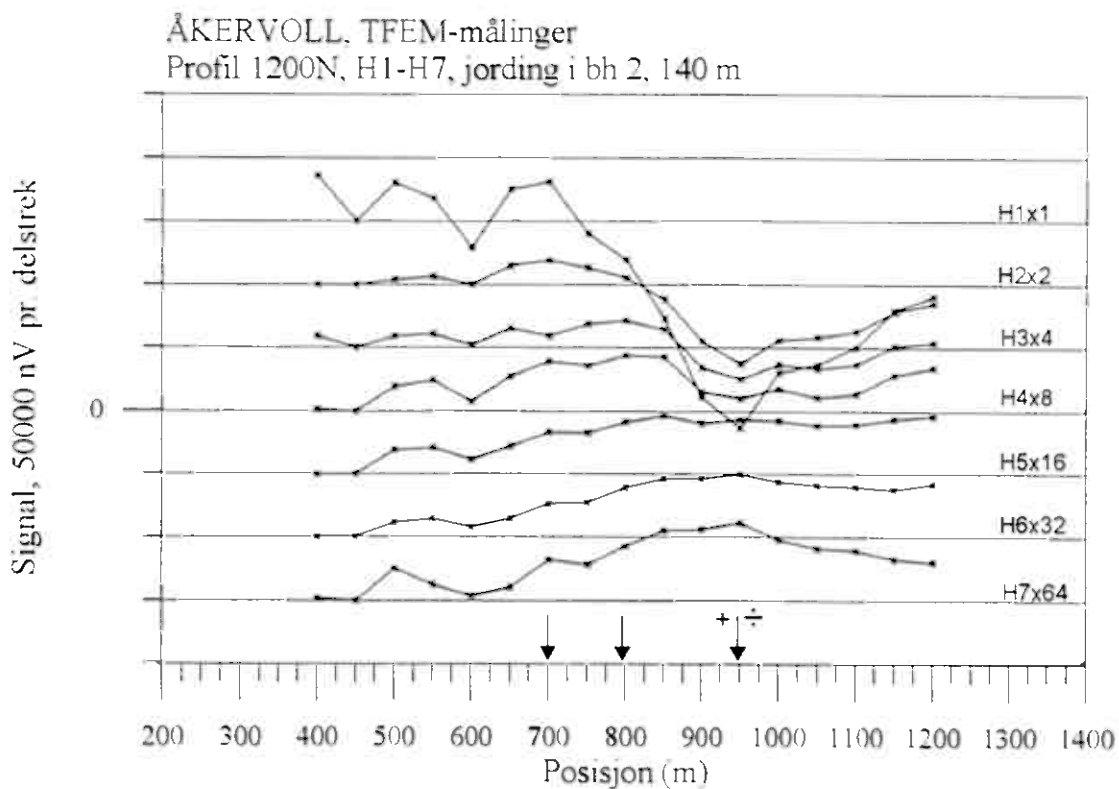
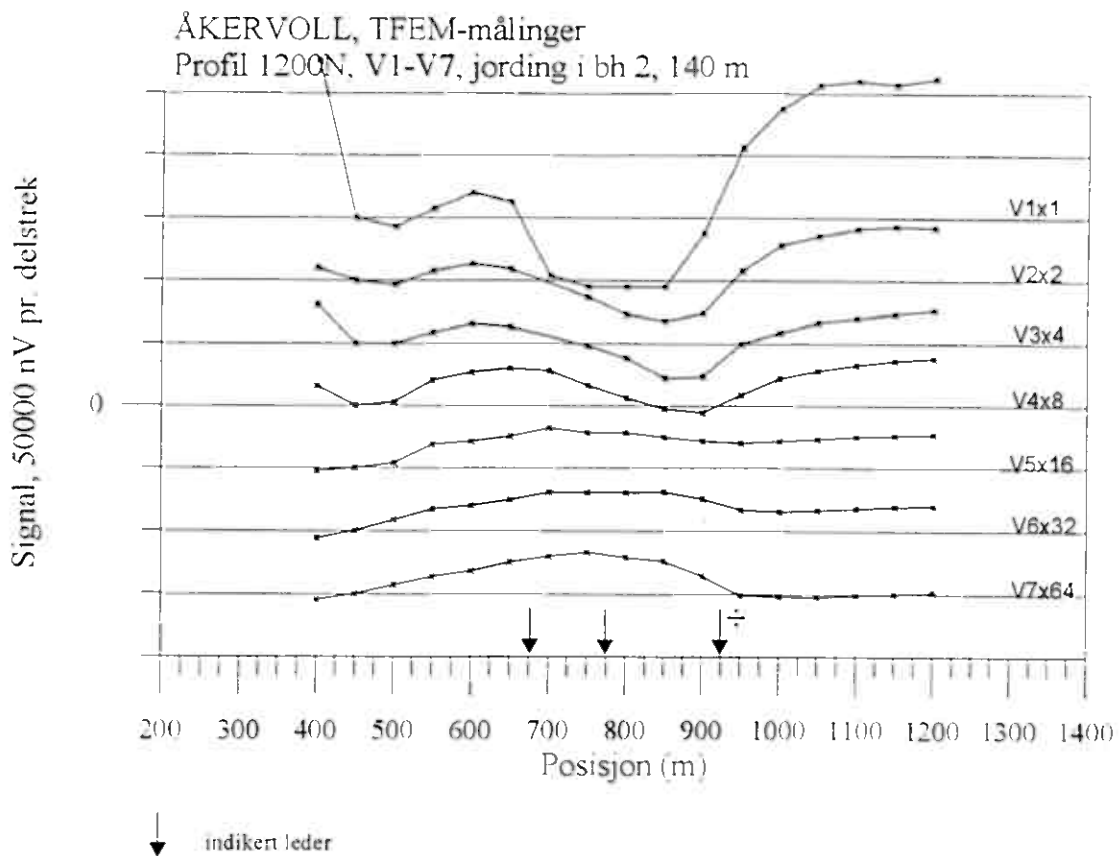
Figur 15b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1000N, jording i skjerp



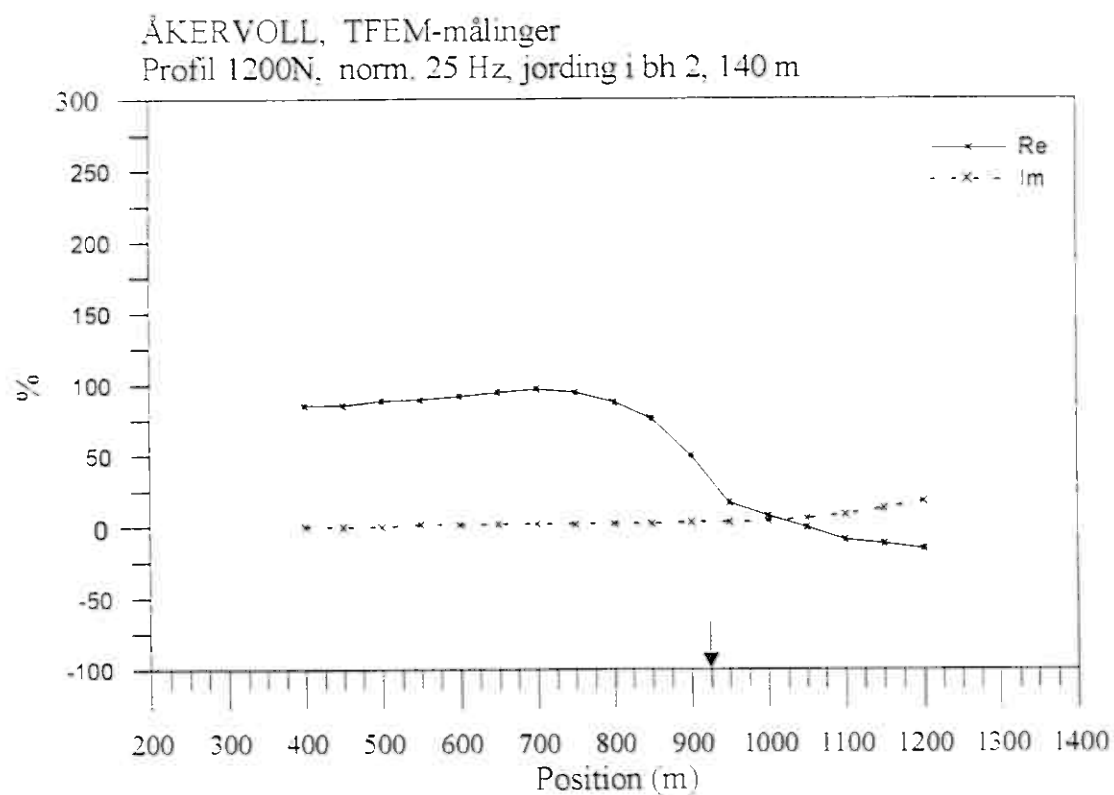
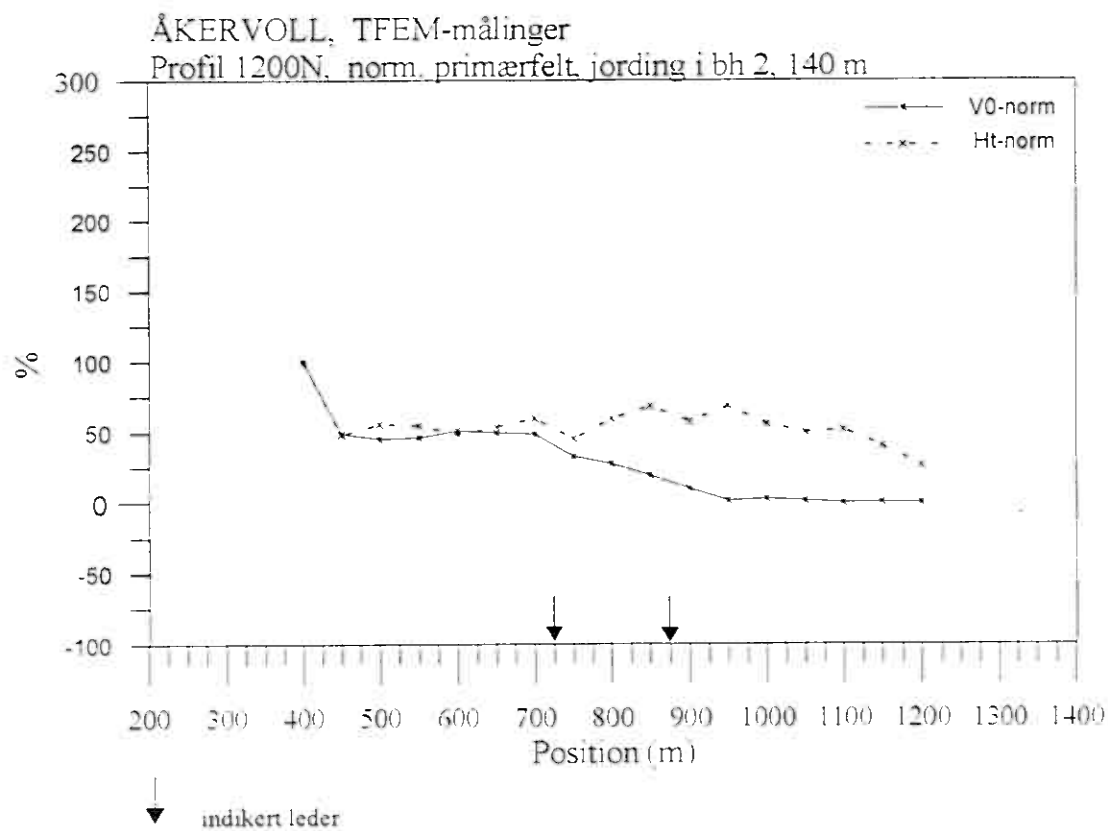
Figur 16a. Vertikal og horisontalkanaler, profil 900N, jording i skjerp



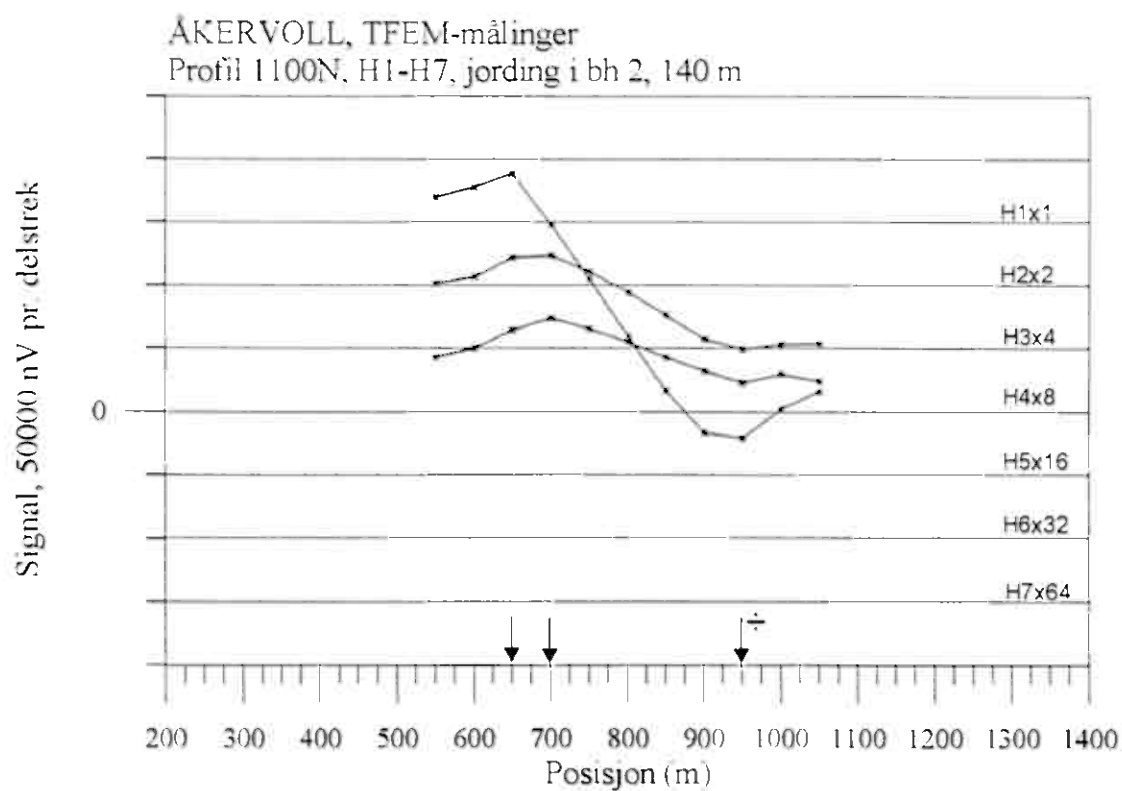
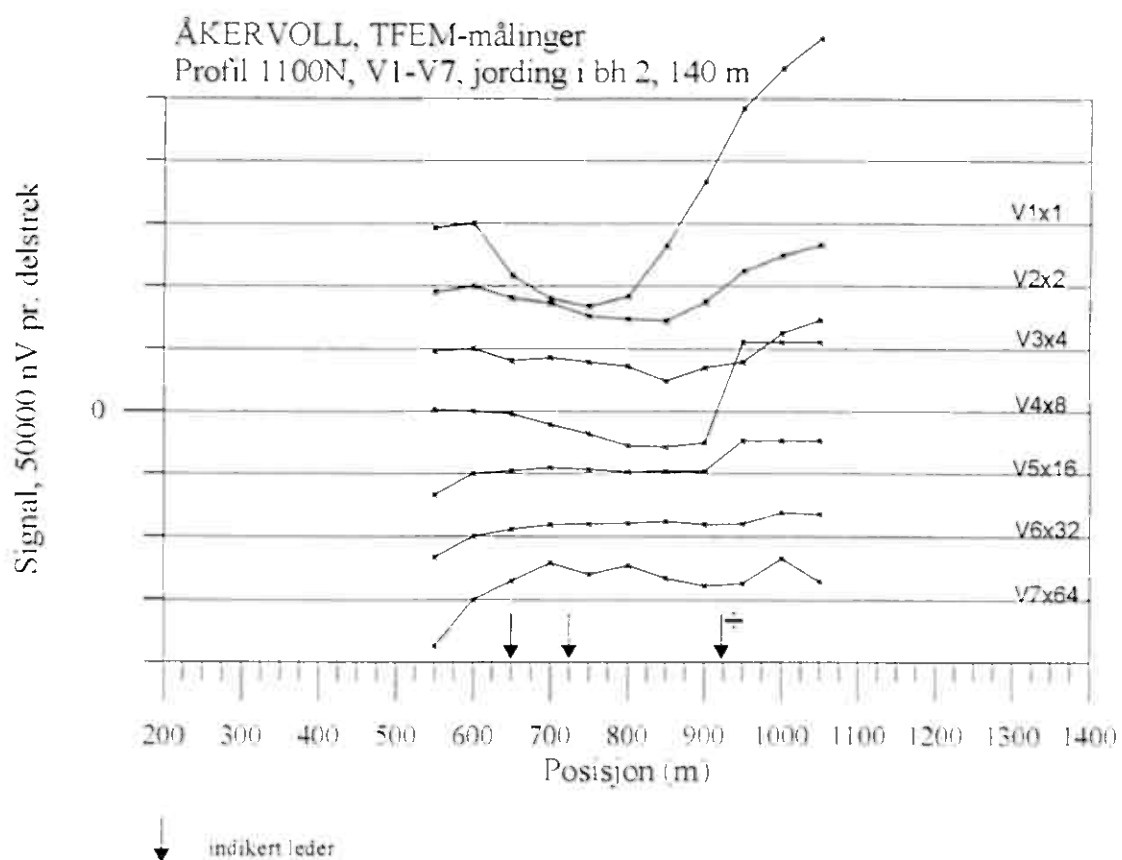
Figur 16b. Normalisert primærfelt og 25 Hz. profil 900N, jording i skjerp



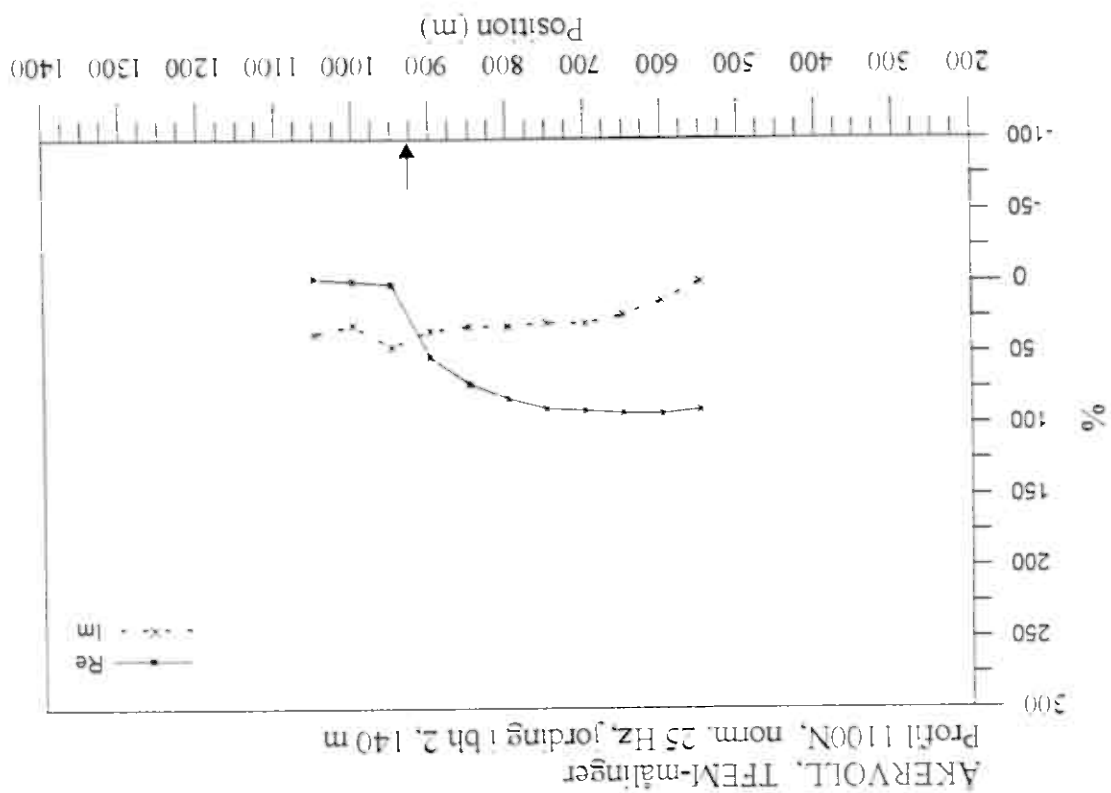
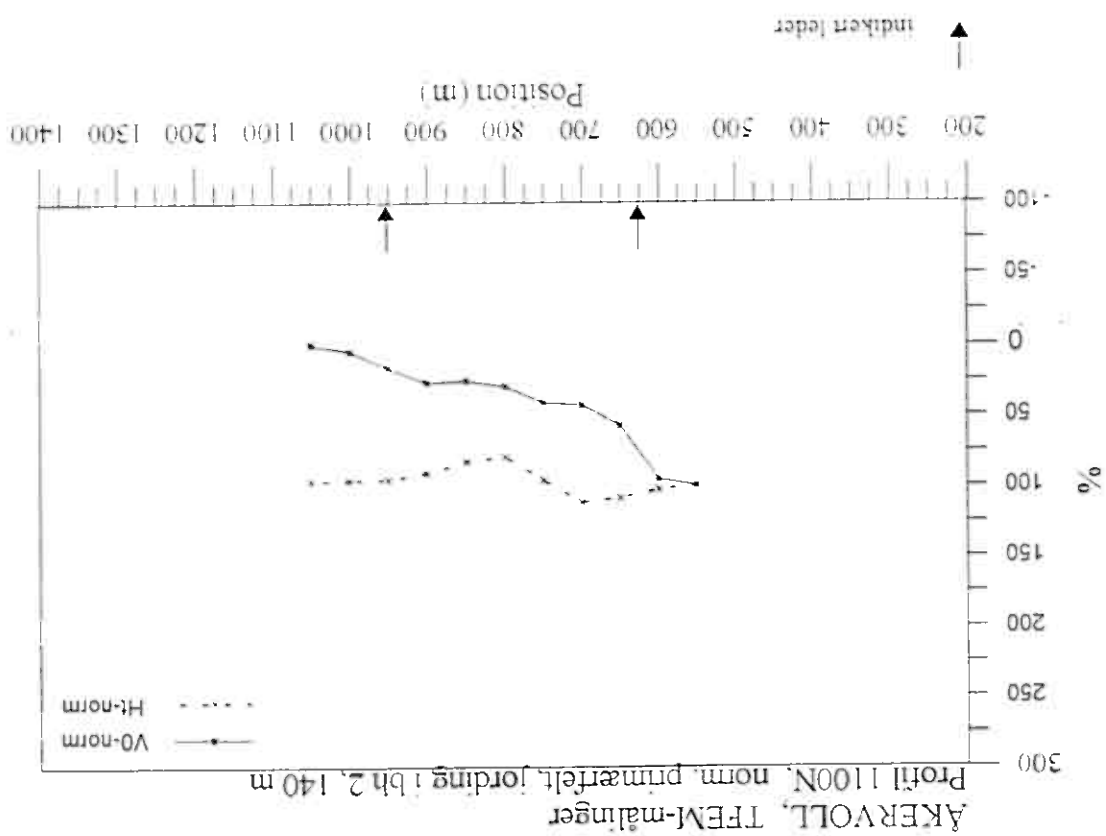
Figur 17a. Vertikal og horisontalkanaler, profil 1200N, jording i bh 2, 140 m



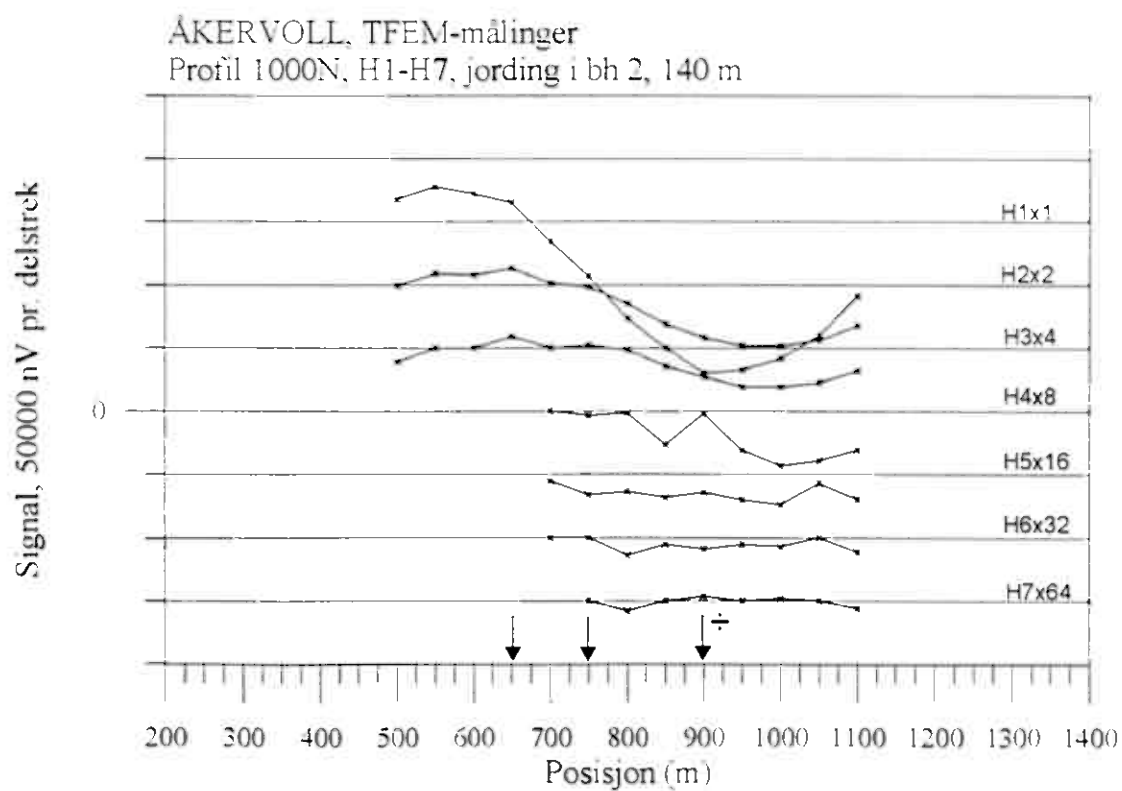
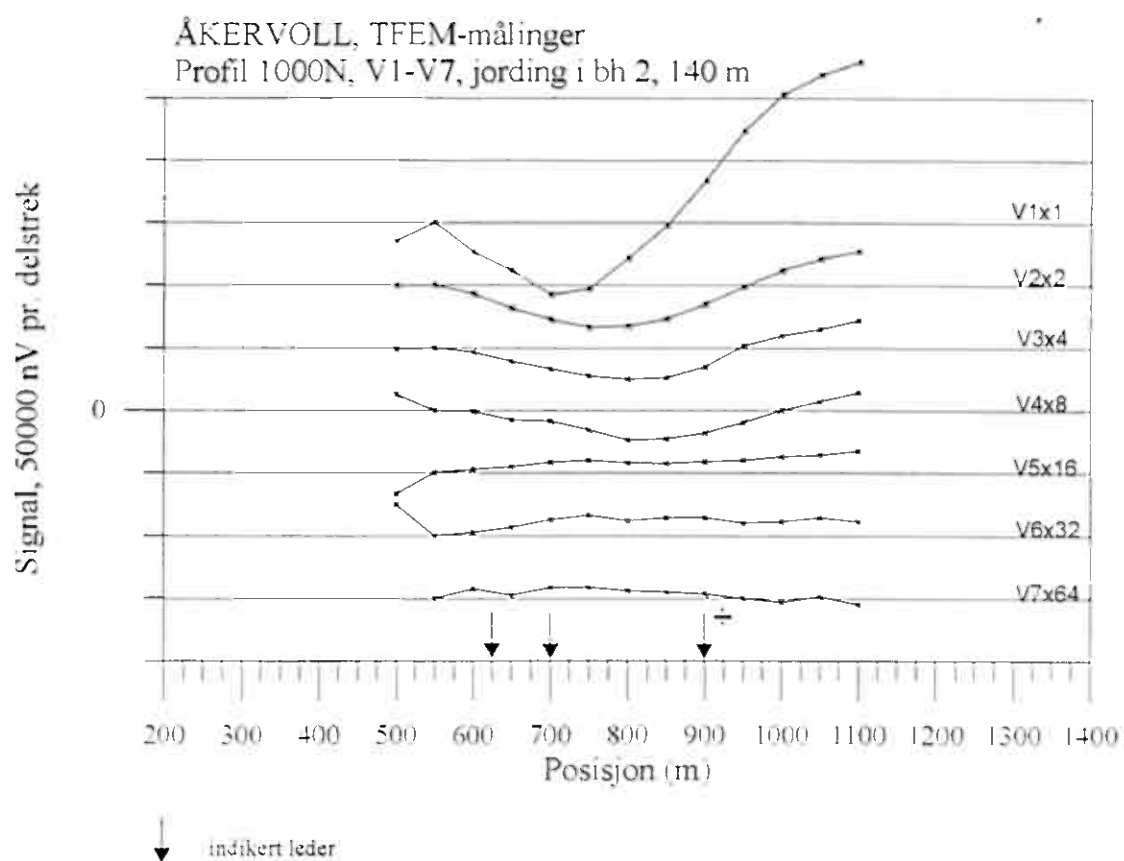
Figur 17b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1200N, jording bh 2, 140 m



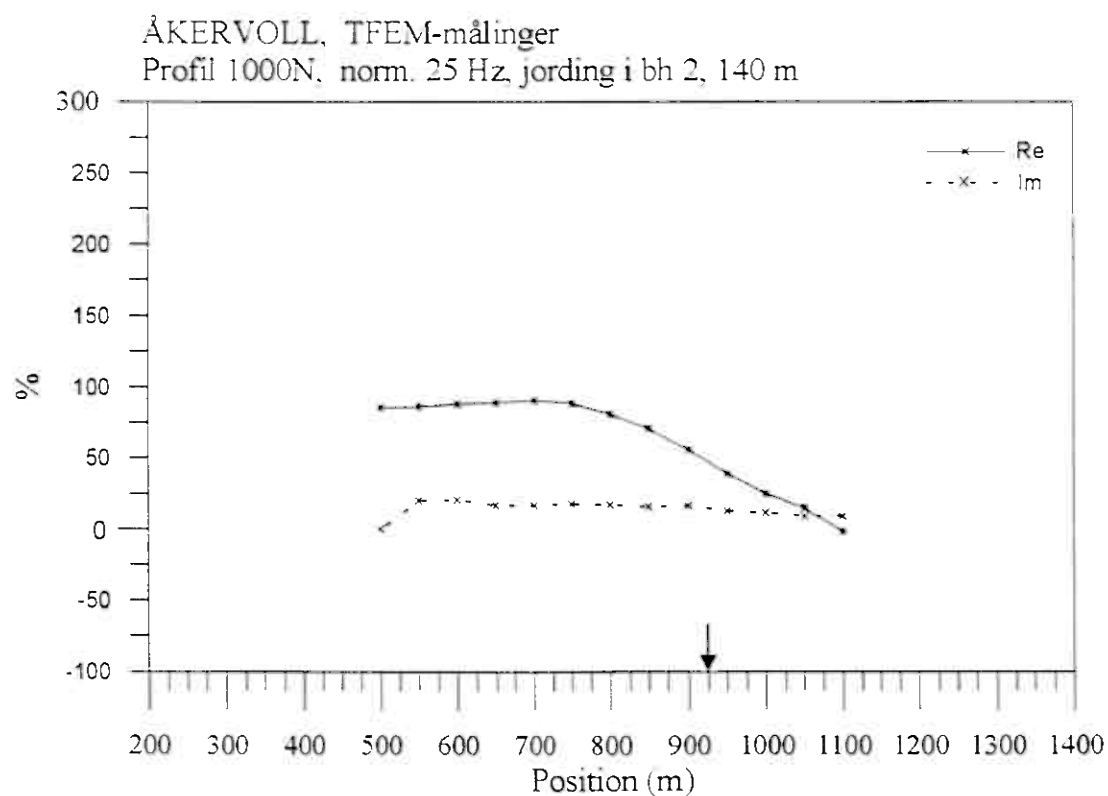
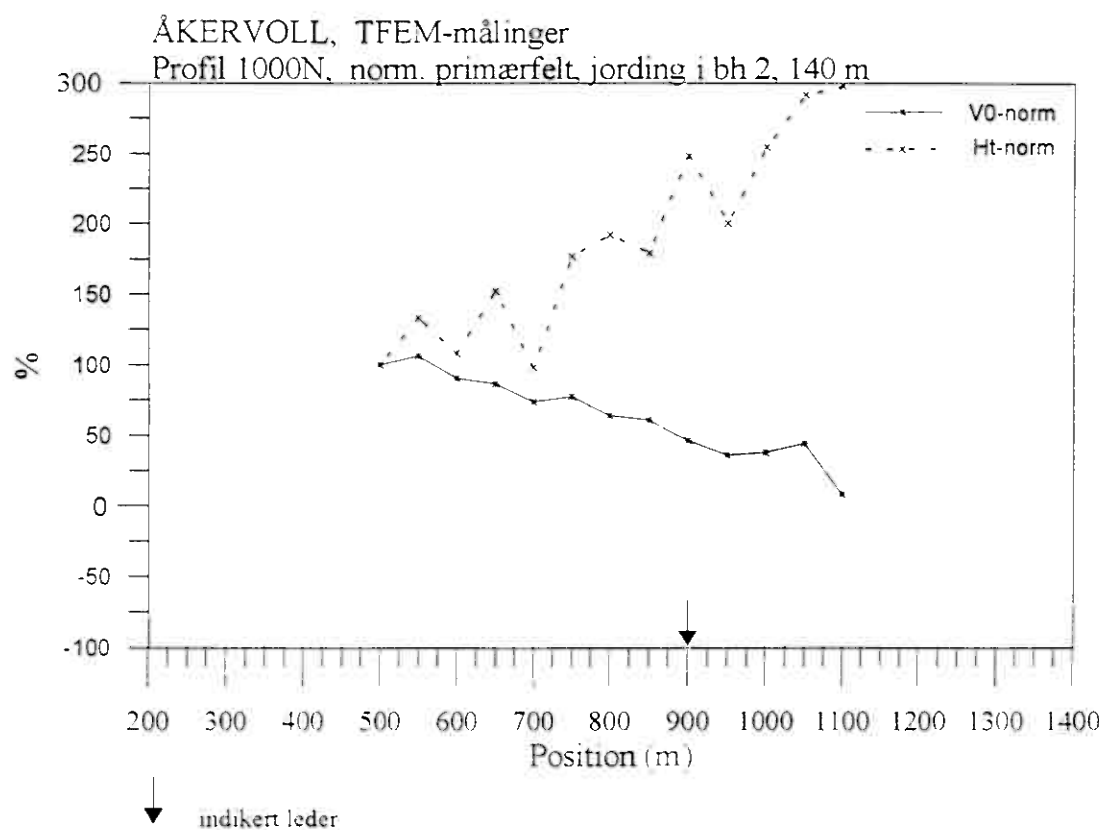
Figur 18a. Vertikal og horisontalkanaler, profil 1100N, jording i bh 2, 140 m



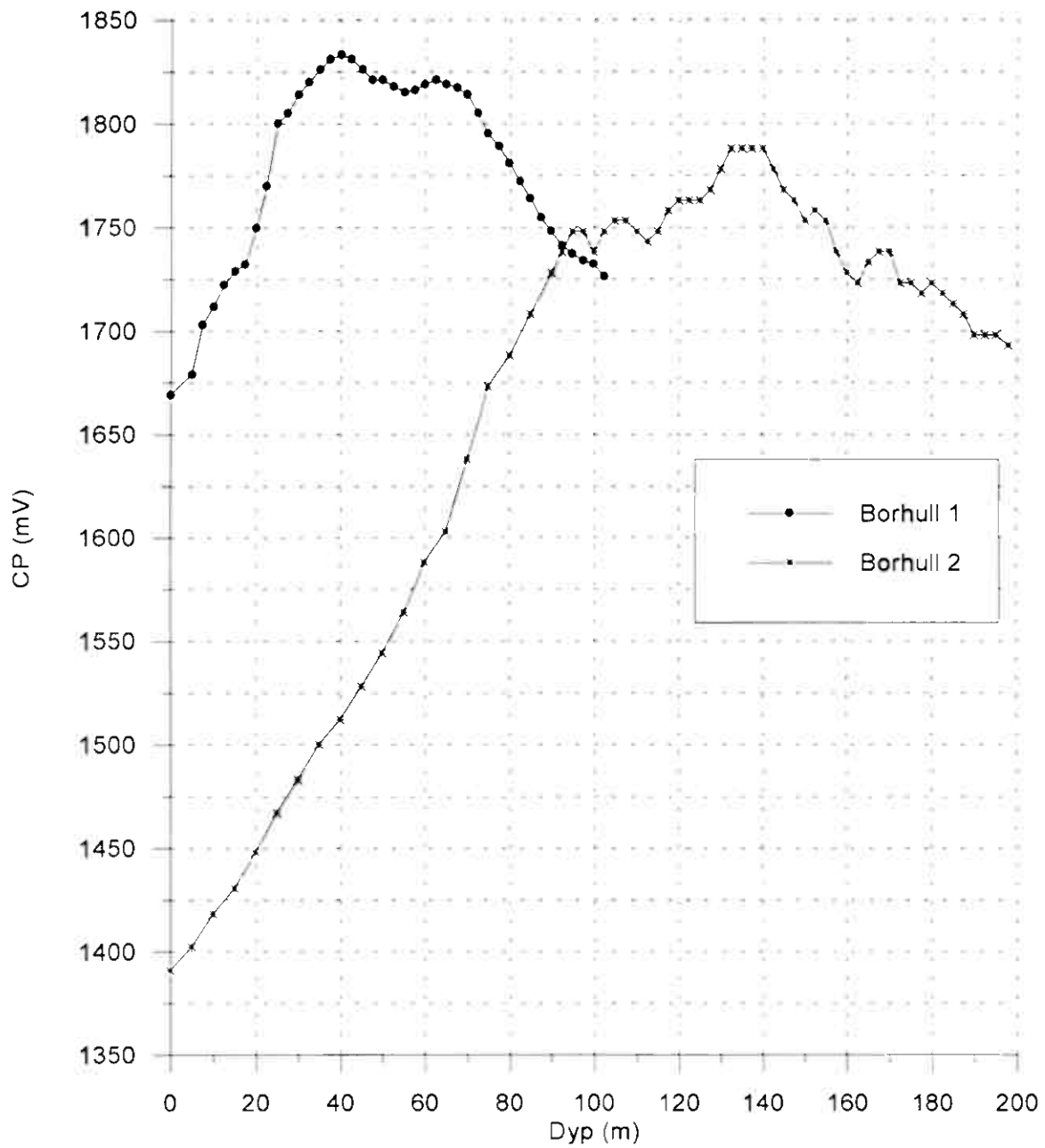
Figur 18b. Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1100N, jording i bh 2, 140 m



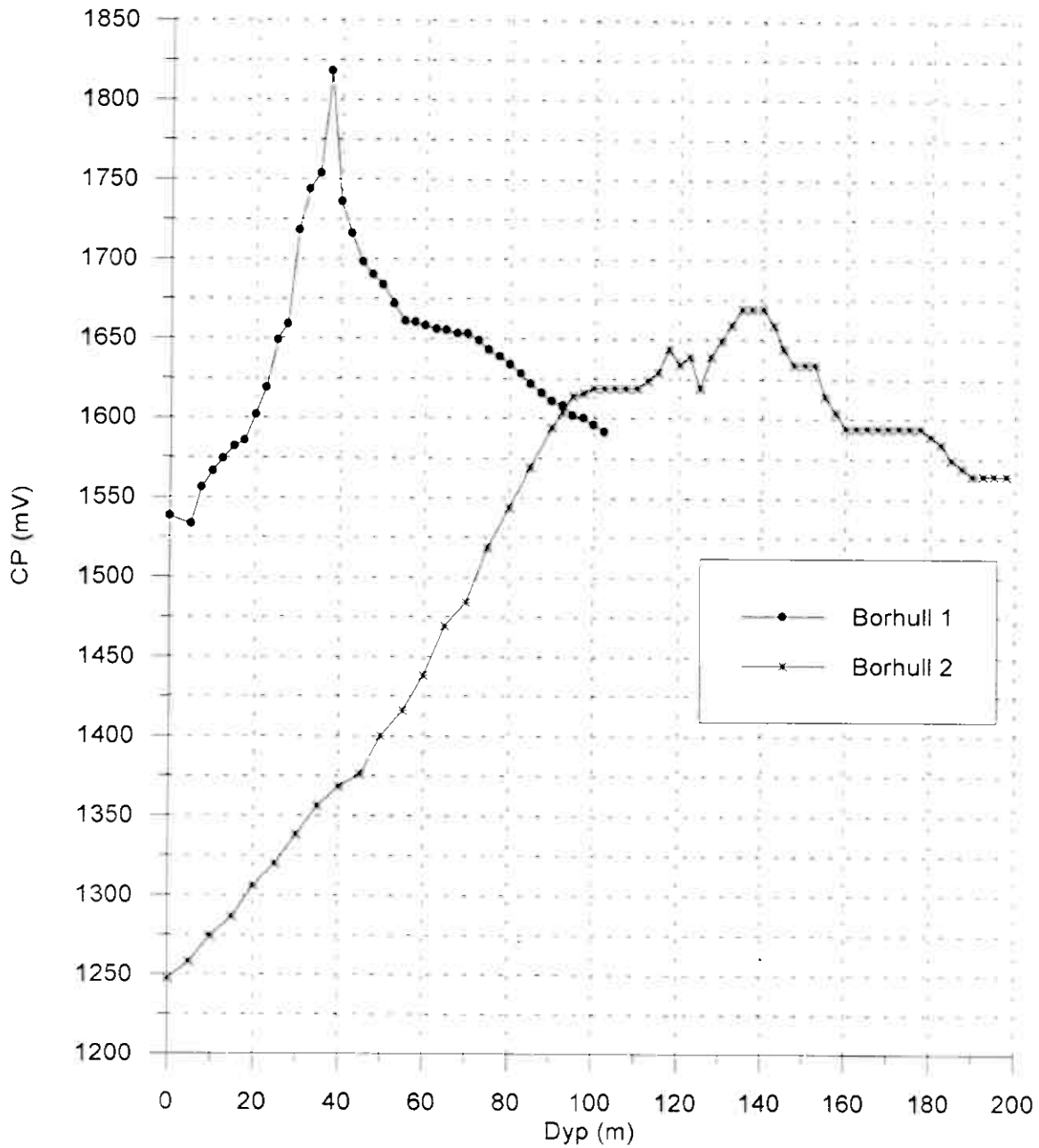
Figur 19a. Vertikal og horisontalkanaler profil 1000N, jording i bh 2, 140 m



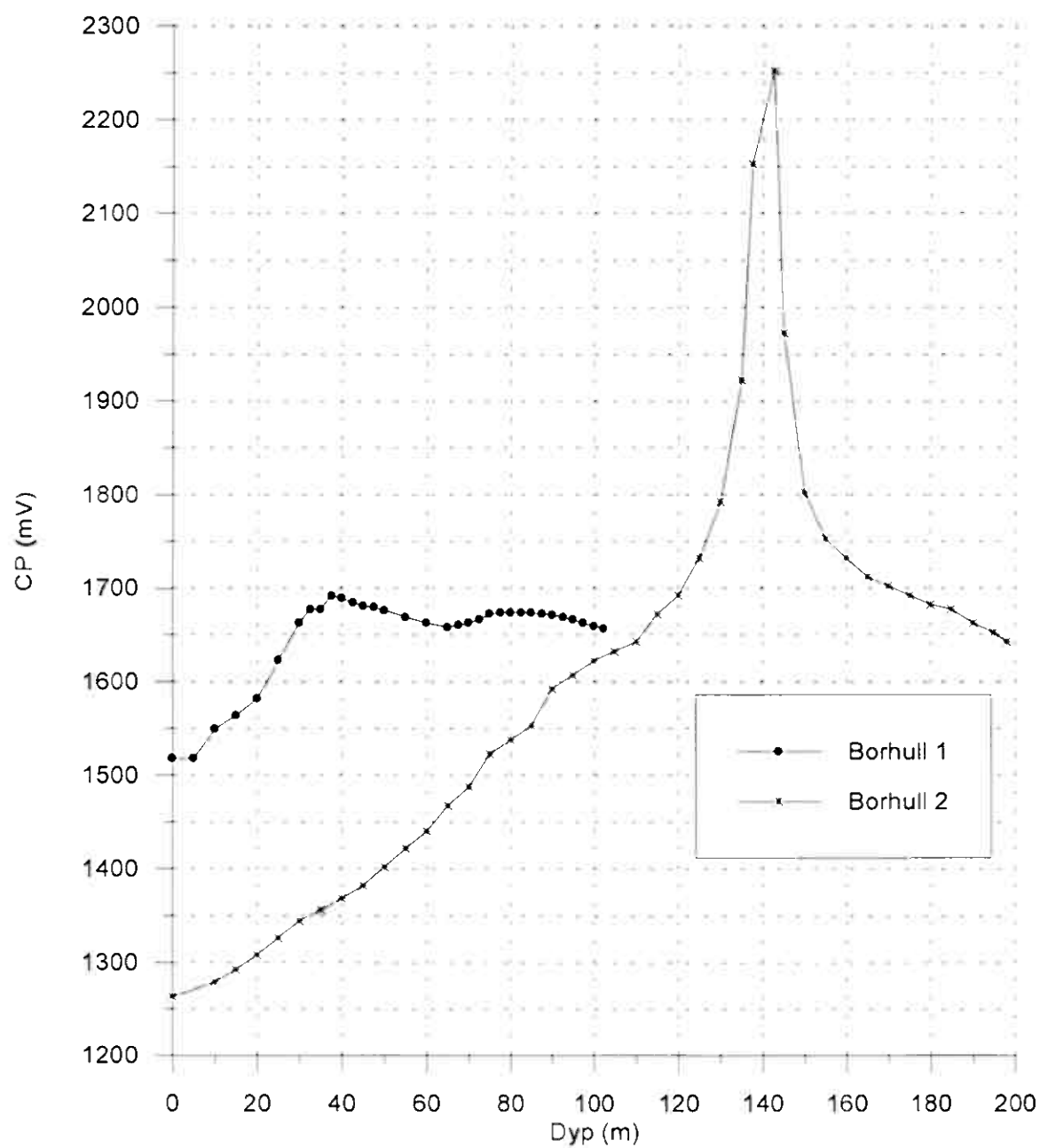
Figur 19b. Normalisert primærfelt og 25 Hz. profil 1000N, jording i bh 2, 140 m



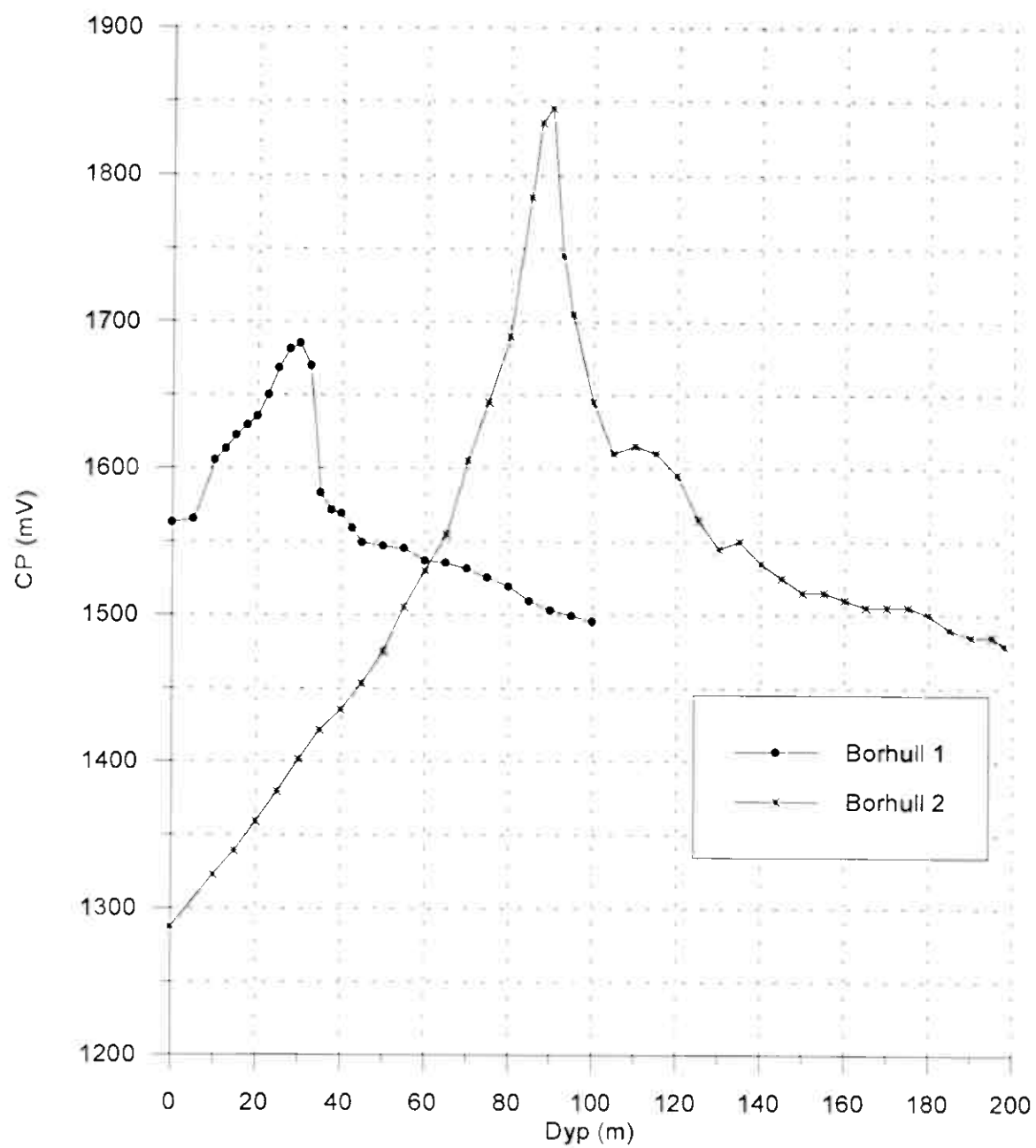
Figur 20. CP, borhull 1 og 2 med C1 i hovedskjerpet



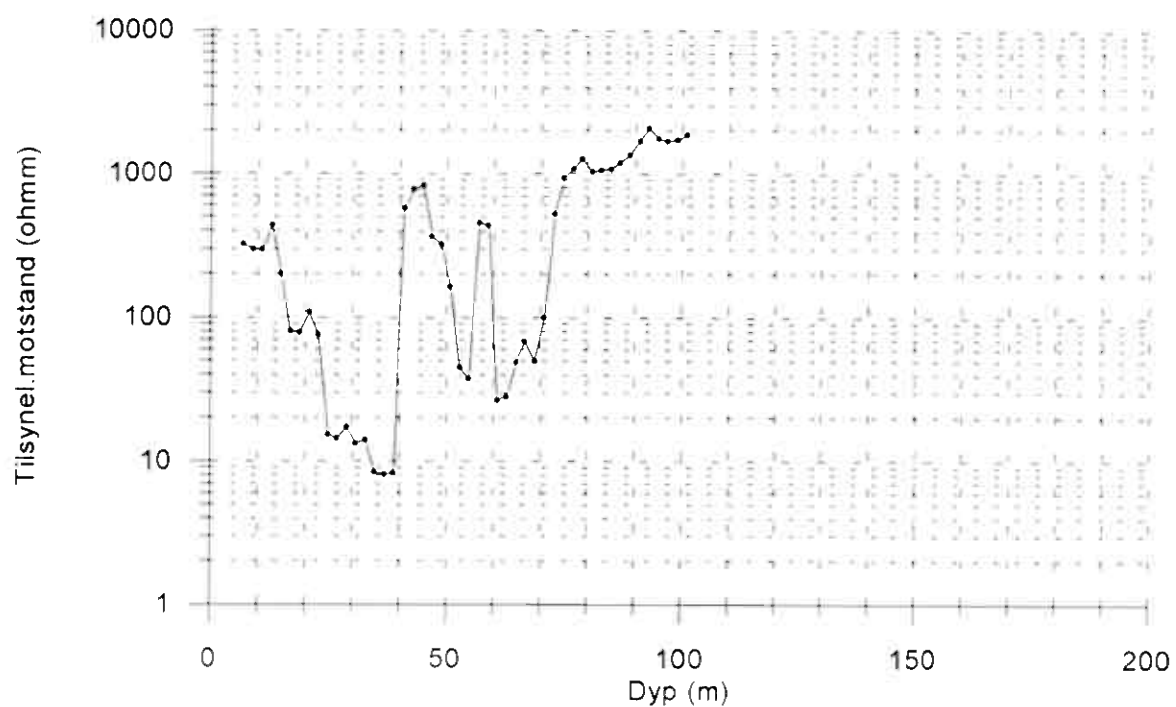
Figur 21. CP, borhull 1 og 2 med C1 på 37m. dyp i borhull 1.



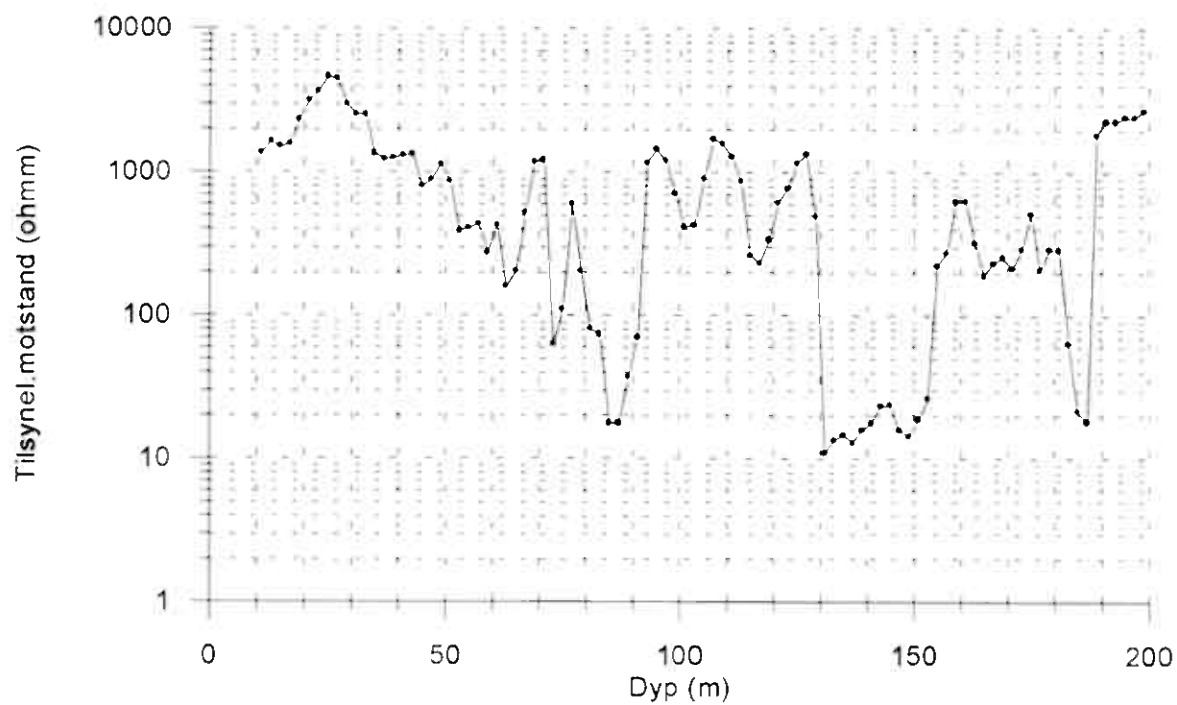
Figur 22. CP, borhull 1 og 2 med C1 på 140m, dyp i bh. 2.



Figur 23. CP, borhull 1 og 2 med C1 i skjerp ved 1415N - 865Ø.

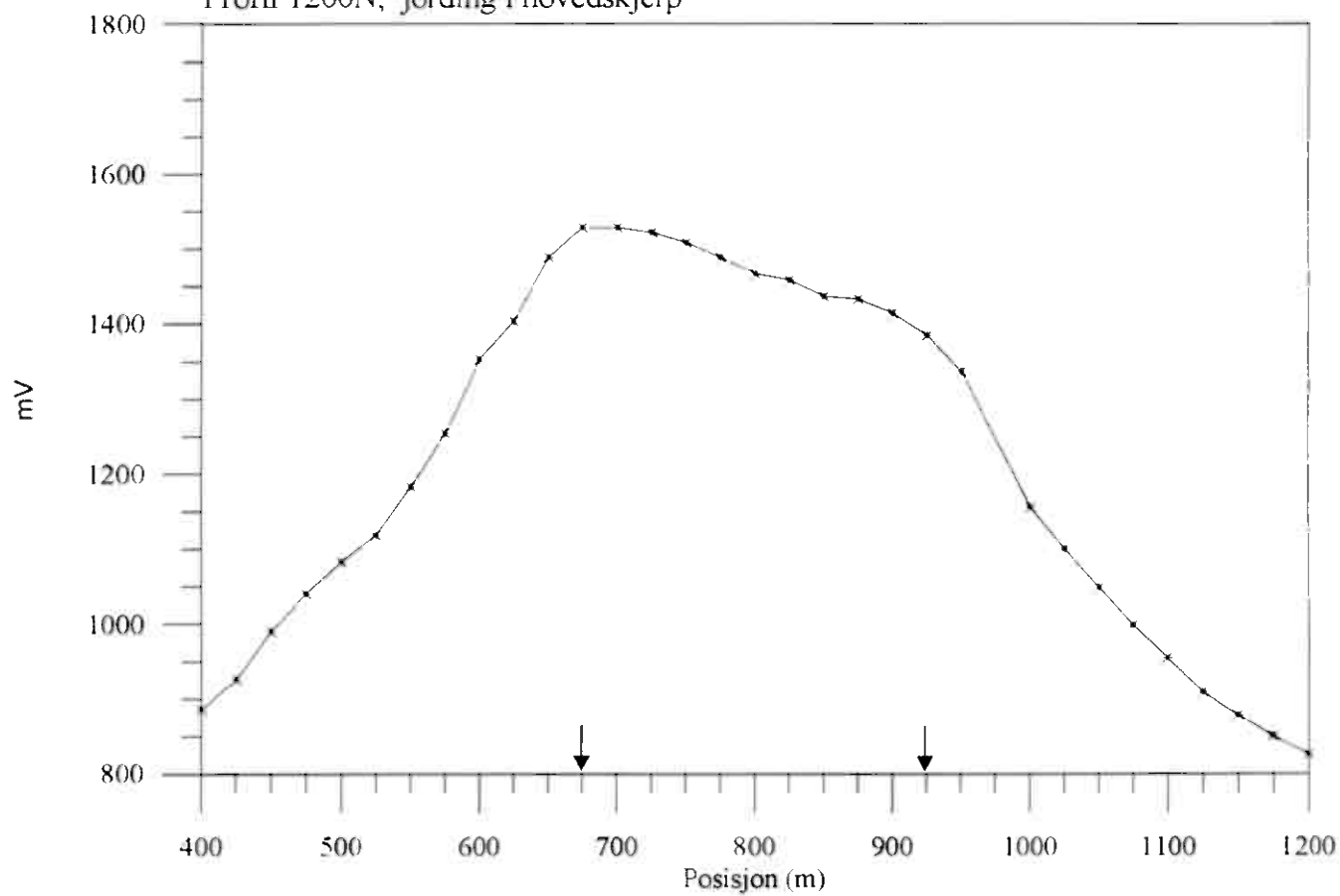


Figur 24. Tilsynelatende motstand borhull 1



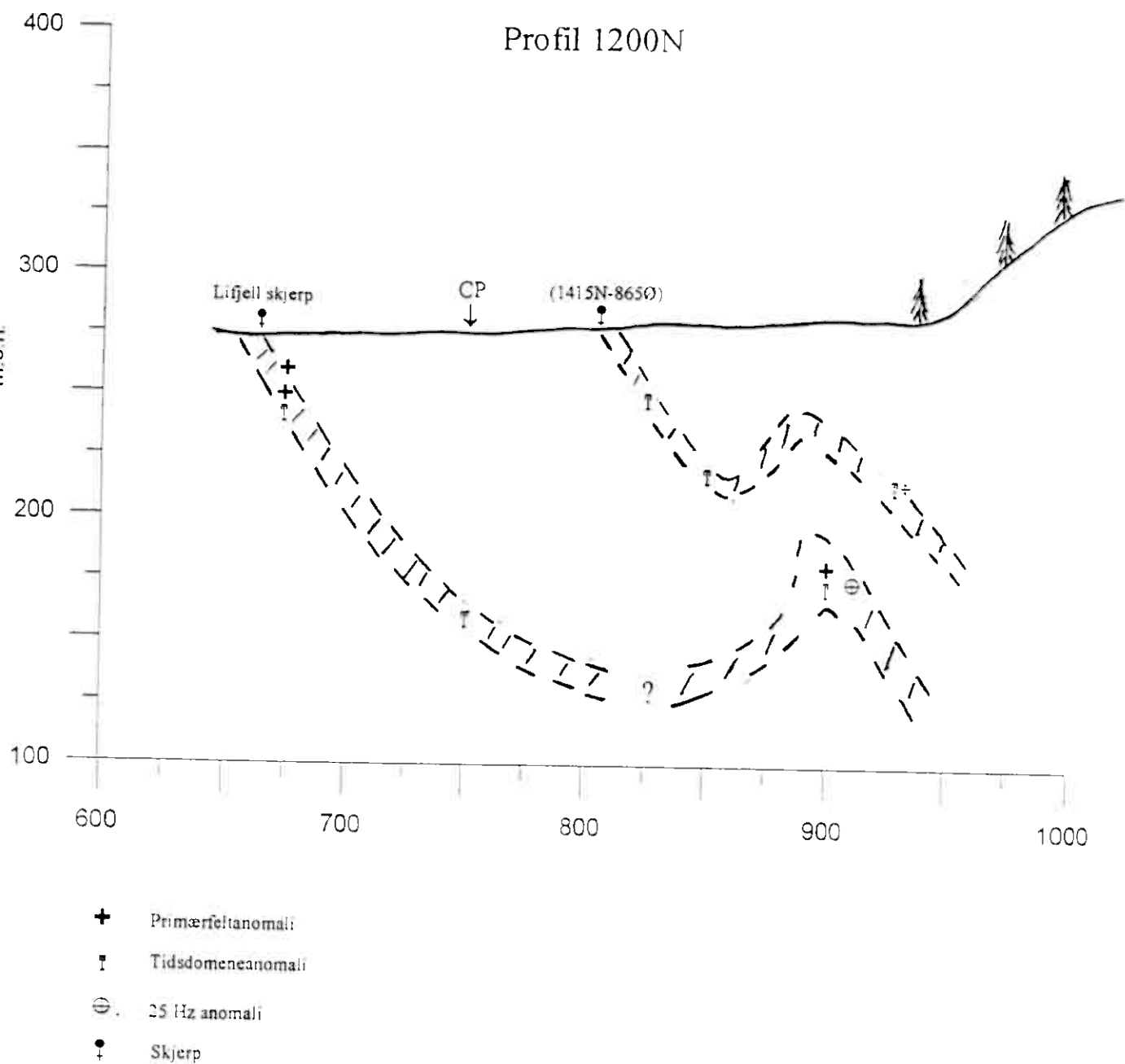
Figur 25. Tilsynelatende motstand borhull 2

ÅKERVOLL, CP potensialkurve
Profil 1200N, jording i hovedskjerp

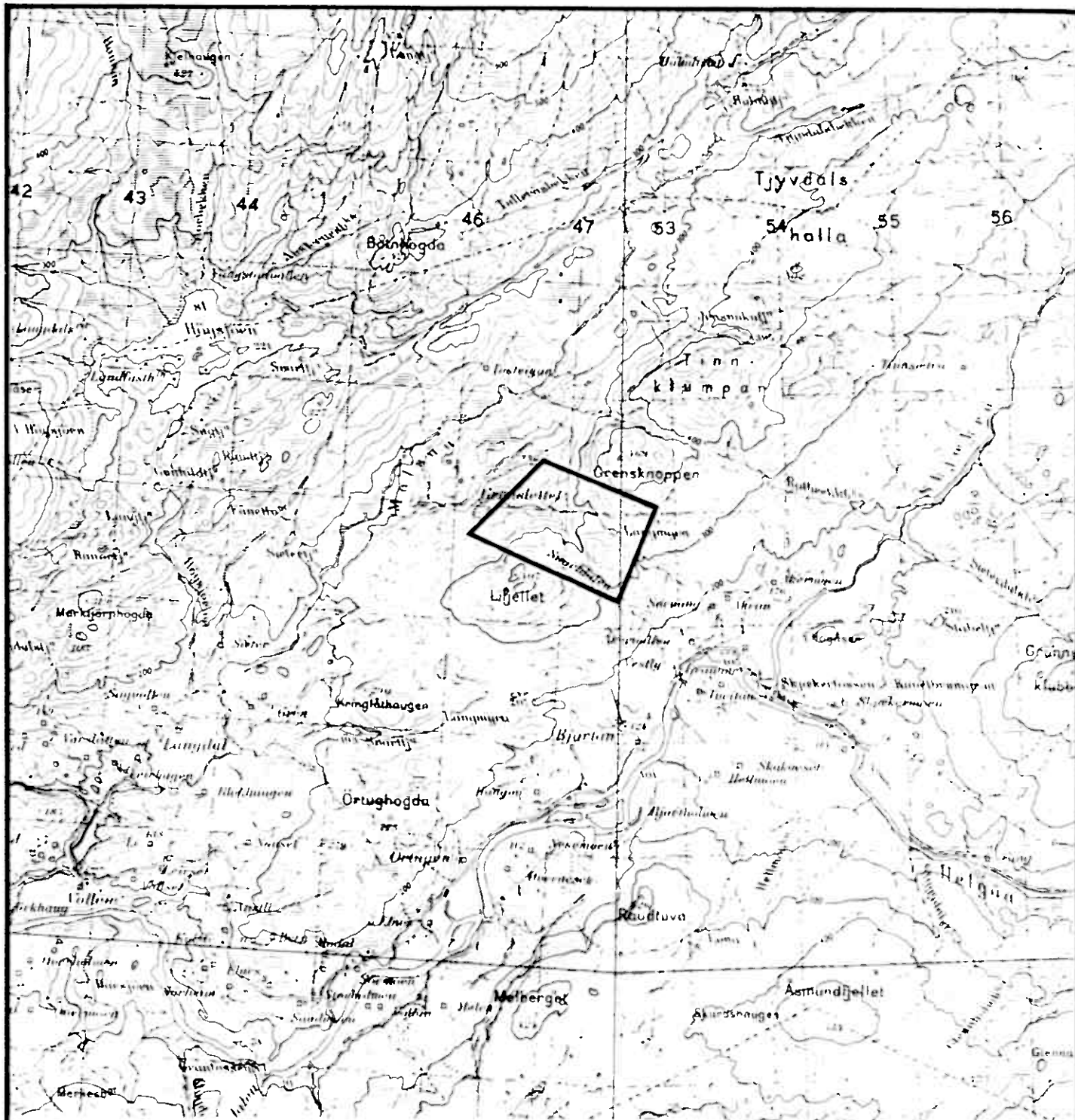


Figur 26. CP potensialkurve, profil 1200, jording i hovedskjerp

Profil 1200N



Figur 27. Vertikalsnitt profil 1200N med geofysiske indikasjoner og foreslått tolkning



UNDERSØKT OMRÅDE

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET
 OVERSIKTSKART
 ÅKERVOLLEN GRUVE
 VERDAL, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1:50000

MÅLT H.E.D. JUNI - 95

TEGN E.D. OKT. - 95

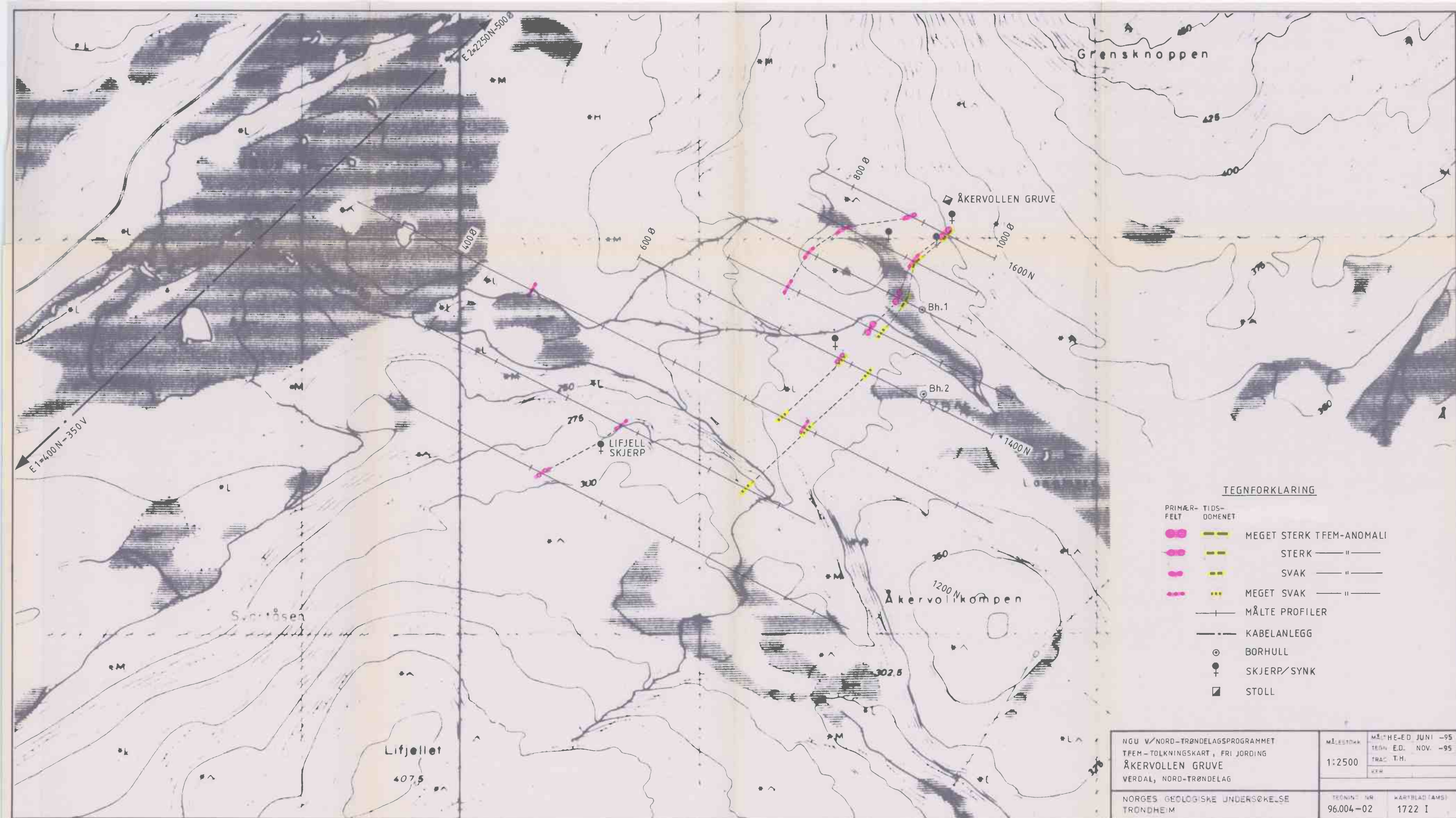
TRAC

KFR

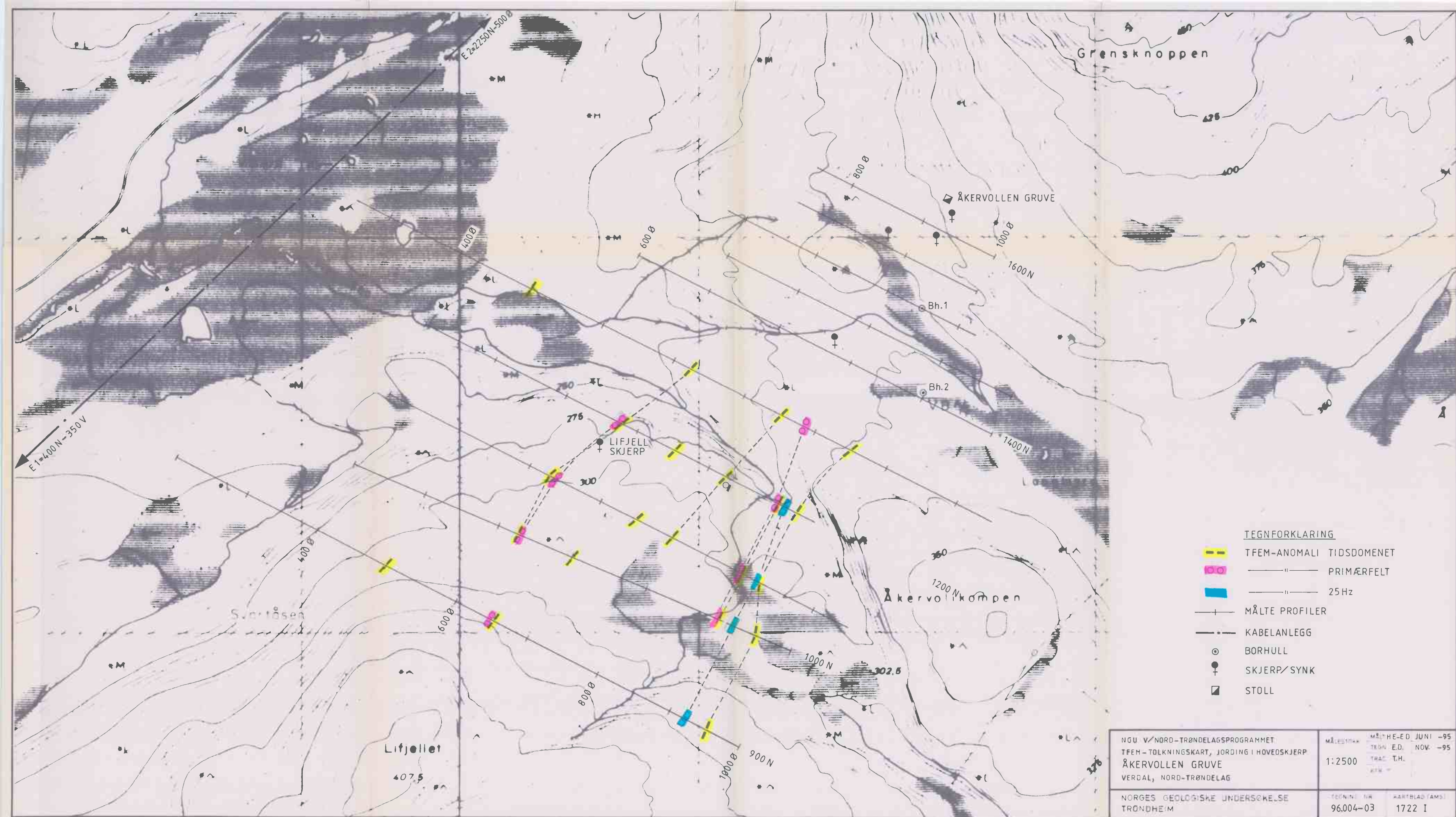
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

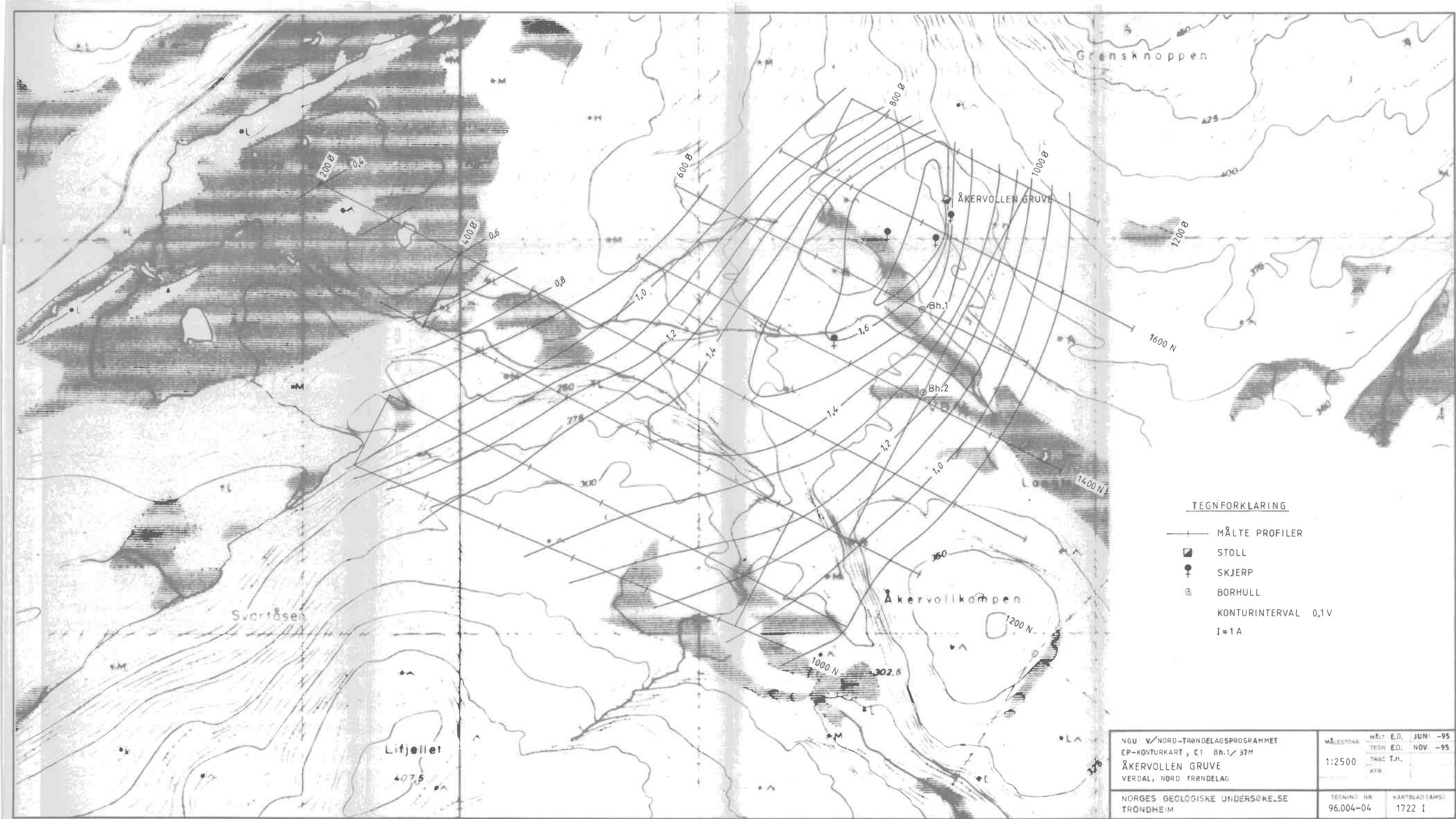
TEGNING NR.
 96.004-01

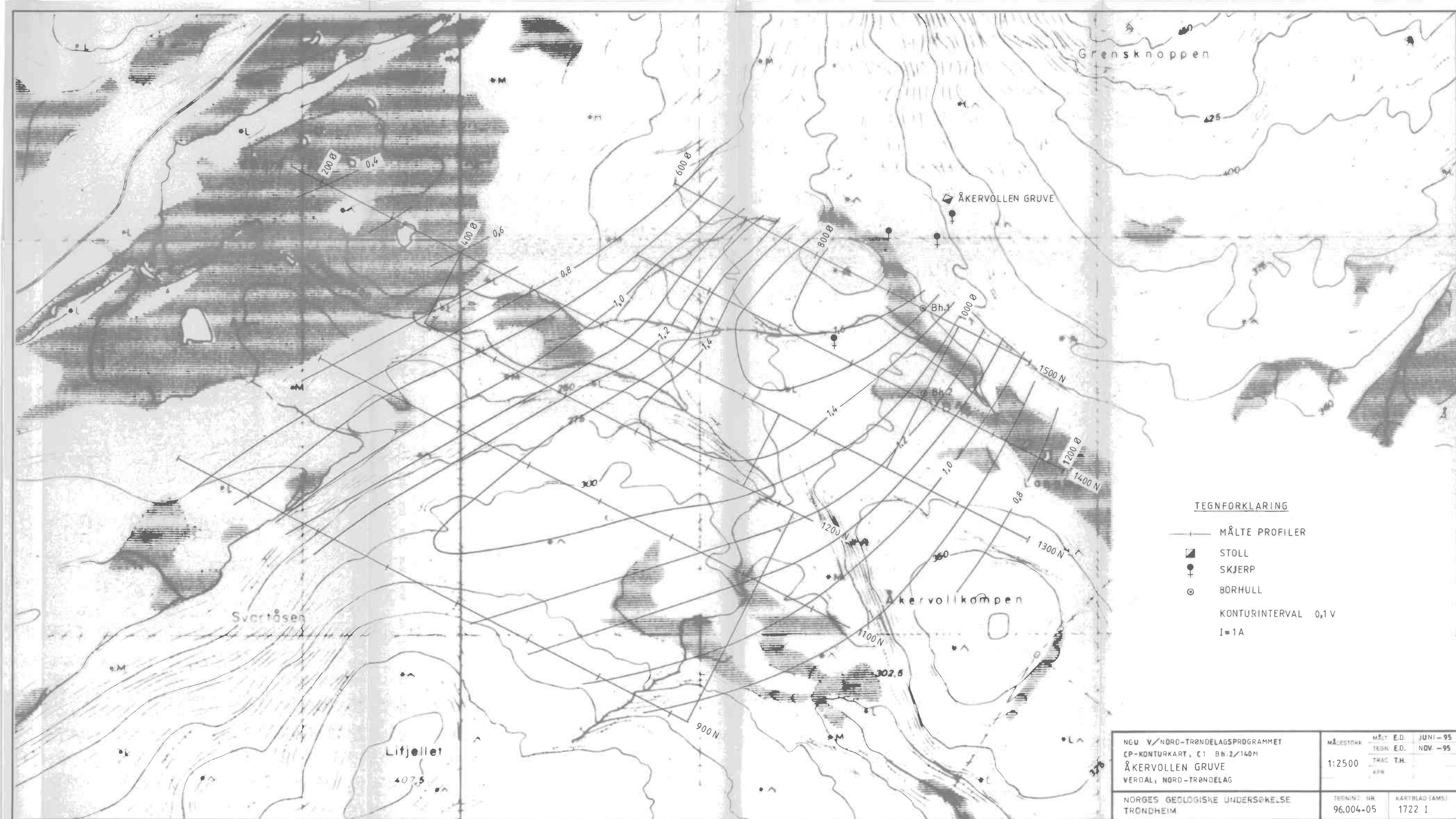
KARTBLAD NR.
 1722 I

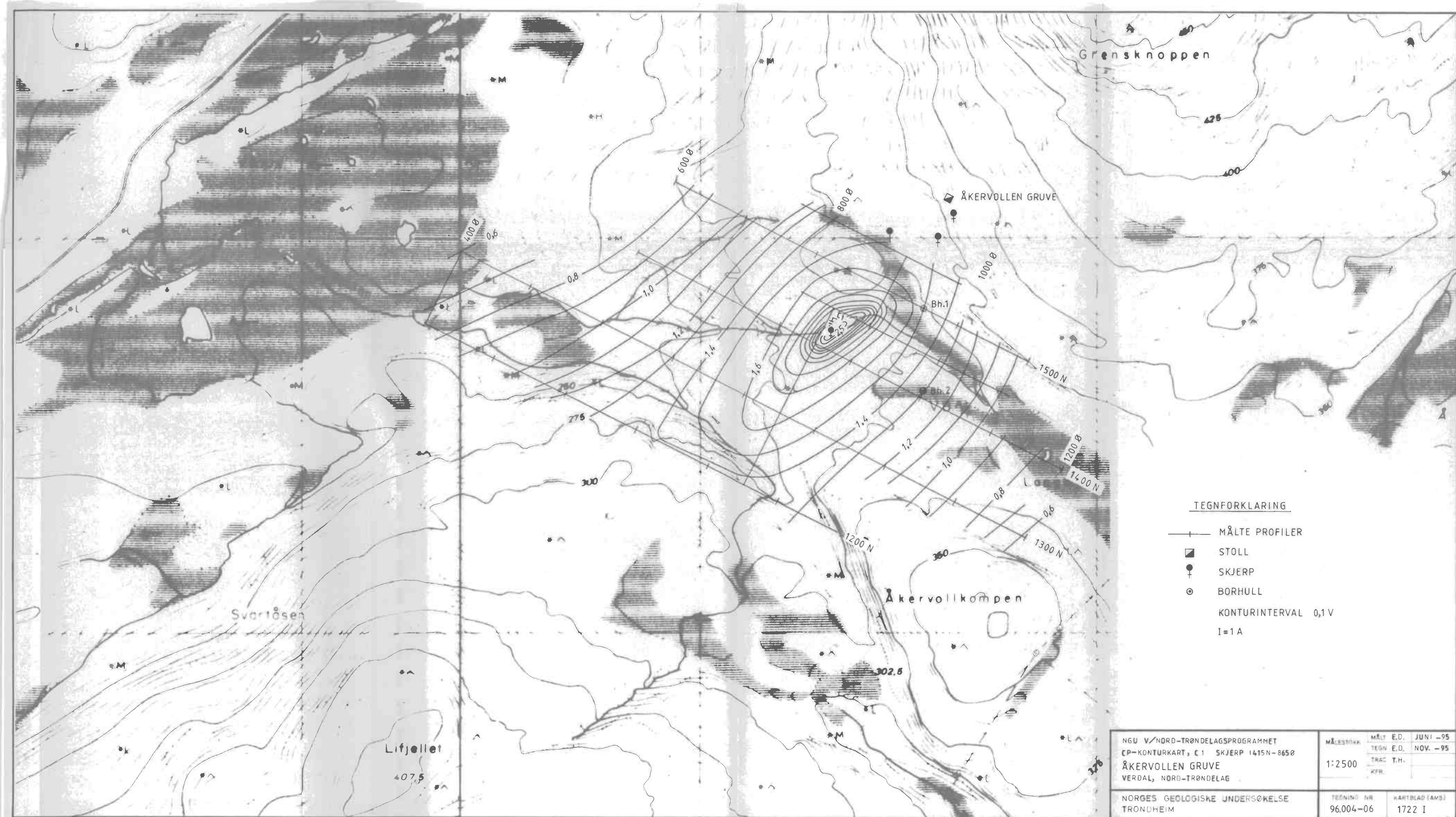


NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET TFEM-TOLKNINGSKART, FRI JORDING ÅKERVOLLEN GRUVE VERDAL, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1:2500	MÅLTHE-ED JUNI -95 TEGN E.D. NOV. -95 TRAC T.H.
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 96.004-02 KARTBLAD (AMS) 1722 I











Leiv Eirikssons vei 39
Postboks 3006, Lade
7002 Trondheim
Tlf: 07 90 40 11
Telefax: 07 92 16 20
Telex: 55417 NGU N