

NGU Rapport 97.001

TFEM-målinger Storgaulstadhøgda og Møkk,
Steinkjer, Nord-Trøndelag

Rapport nr.: 97.001		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: TFEM-målinger Storgaulstadhøgda og Mokk, Steinkjer, Nord-Trøndelag			
Forfatter: Einar Dalsegg og Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: NGU v\Nord-Trøndelagsprogrammet	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Steinkjer	
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1722 I Vuku og 1723 II Snåsavatnet	
Forekomstens navn og koordinater: Storgaulstadhøgda 33W 3561 70995 Mokk 33W 3560 70960		Sidetall: 37	Pris: 121,-
Kartbilag: 3			
Feltarbeid utført: Juni-Sept. 1996	Rapportdato: 15.01. 1997	Prosjektnr.: 2509.33	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
Sammendrag:			
<p>I forbindelse med prosjektet oppfølgende malmundersøkelser i Nord-Trøndelag, har NGU utført TFEM-målinger ved Storgaulstadhøgda og Mokk i Steinkjer kommune.</p> <p>Ved Storgaulstadhøgda ble det påvist en meget godt ledende dypleder (100-200m) med utstrekning ut av måleområdet. Ut fra geologi, anomalistyrke og strøklengde er anomaliårsaken vurdert til grafittskifer. I tillegg ble det påvist flere soner i et anomaliområde i sør-øst. De fleste sonene er meget godt ledende, men kun en av sonene ser ut til å ha strøkutstrekning av betydning. Ellers i måleområdet ble det kun observert svake anomalier som trolig skyldes dårlig ledende og lite utholdende sulfidmineraliseringer.</p> <p>Ved Mokk ble det kun påvist et fåtall anomalier. Det ble ikke påvist noen dypanomalier og de fleste anomaliene som framkom skyldes trolig grunne og dårlig ledende sulfidmineraliseringer.</p>			
Emneord: Geofysikk	Elektromagnetisk måling	Sulfid	
		Fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	5
3. RESULTATER OG TOLKNING	5
3.1 Storgaulstadhøgda.....	6
3.1.1 Indikerte ledere	6
3.1.2 Beregning av tidskonstanter.....	8
3.2 Mokk.....	10
3.2.1 Indikerte ledere	10
3.2.2 Beregning av tidskonstanter.....	11
4. KONKLUSJON	12
5. REFERANSER.....	13

TABELLER

Tabell 1: Gradering av TFEM-anomalier	6
Tabell 2: Indikerte ledere i tidsdomenet, Storgaulstadhøgda.....	7
Tabell 3: Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Storgaulstadhøgda.....	8
Tabell 4: Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Storgaulstadhøgda	9
Tabell 5: Indikerte ledere i tidsdomenet, Mokk.....	10
Tabell 6: Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Mokk.....	11
Tabell 7: Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Mokk.....	11

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: TFEM, metode- og instrumentbeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1: Figur 1.1 - 1.21 Profilplott av tidsdomenet og primærfelt, Storgaulstadhøgda
Databilag 2: Figur 2.1 - 2.18 Profilplott av tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz, Mokk

KARTBILAG

97.001 -01 Oversiktskart
 -02 TFEM tolkningskart, Storgaulstadhøgda
 -03 TFEM tolkningskart, Mokk

1. INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet oppfølgende malmundersøkelser i Nord-Trøndelag, har NGU utført TFEM-målinger ved Storgaulstadhøgda og Mokka i Steinkjer kommune. De to områdene ligger innenfor det området mellom Helgådalen og Ogdalen som ble undersøkt med regionale geofysiske målinger fra helikopter i 1992 (Skilbrei 1993). Grunnen til at TFEM-målinger ble valgt som oppfølgingsmetode, var at denne metoden er best egnet for påvisning av eventuelle dyptliggende ledere.

Måleområdenes beliggenhet og utstrekning framgår av kartbilag -01.

Målingene ble utført i periodene 24.06-04.07, 15.07-16.07 og 16.09- 20.09 1996 av Harald Elvebakk og Einar Dalsegg med Oddvar Blokkum og Morten Staw som feltmedarbeidere.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

Den elektromagnetiske metoden TFEM (Time and Frequency Electro Magnetic) ble valgt som undersøkelsesmetode. Metoden har stor dybderekkevidde (400-500 m) i tillegg til at den gir grunnlag for å vurdere kvaliteten (ledningsevnen) til en leder. 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. Brukerdokumentasjon og dataprosessering for metoden er beskrevet av Elvebakk (1996).

TFEM-målingene ble utført med konduktiv energisering (jordet kabel). Strømstyrken var for området ved Storgaulstadhøgda 1.8 A. Profilene ble stukket samtidig med målingene, og målepunktavstanden var valgt til 25 m da oppdragsgiver også ønsket en nøyaktig kartlegging av de grunne sonene. Området ved Mokka ble målt med to forskjellige måleanlegg. Strømstyrken for anlegg 1, som omfattet profilene 1000 Y, 1400 Y og 1800Y, var 0.9 A. Strømstyrken for anlegg 2, som omfattet de øvrige profilene, var 1.1 A. Med unntak av profil 1000 Y ble målepunktavstanden valgt til 50 m da det primært var dype mineraliseringer som var av interesse. Med en så stor målepunktavstand vil også grunne ledere av betydning påvises, men en vil ikke få en så nøyaktig plassering av anomaliårsaken som en målepunktavstand på 25 m ville gitt. Profilene er for begge måleområdene merket i terrenget med trestikker med påførte koordinater for hver 50 m. Tolkingskartene (kartbilag -02 og -03) viser måleområdene med elektrodeplasseringer og alle målte profiler.

Tekniske problemer både på sender og mottaker førte til store forsinkelser. Disse ble løst etter hvert og er uten vesentlig betydning for tolkningen av de presenterte måledata.

3. RESULTATER OG TOLKNING

I det følgende blir resultatet fra målingene 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 tidkanaler og 25 Hz frekvensdomenet. Ut fra kurveform kan dypet til strømkonsentrasjon og lederens fall tolkes.

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 Storgaulstadhøgda

Uvisst av hvilken grunn var måledata i 25Hz frekvensdomenet dominert av støy og av den grunn ikke tolkbare. De er derfor ikke presentert i databilagene fra dette måleområdet. På grunn av kabelfeil mangler data for de tre første kanalene i tidsdomenet og primærfeltet for profilene 2400 Y, 2800 Y og 3200 Y.

3.1.1 Indikerte ledere

Som kartbilag -02 viser er anomalibildet dominert av en sterk dypleder like sør for kabelen, et område med flere ledende soner i øst og noen spredte anomalier i vest.

Dypanomalien har på samtlige profiler som er målt langt nok gitt meget sterke anomalier i tidsdomenet og sterke anomalier for primærfeltet. Sonen ligger så nært opp til kabelen at tolkingen av beliggenhet og dyp er mere usikkert enn vanlig. Sonen ligger utenfor det området som var ansett som geologisk interessant, og geologi, anomalistyrke og strøklengde indikerer at anomaliårsaken mest trolig er grafitt. Målingene indikerer et fall mot sørøst.

I anomaliområdet i øst er det bare en grunn sone ved ca. 1350 X og en noe dypere sone noe lengre sørøst som ser ut til å ha strøkutstrekning av betydning. Begge sonene er meget godt ledende. Med et fall på ca 45° kan den dypere anomalien tolkes som nedre kant og et bedre ledende parti av den grunne sonen. Blotningsgraden i dette området er stor og anomaliårsaken

til den grunne sonen vil derfor trolig kunne påvises ved enkel røsking. Ellers i området ser de påviste anomalierne ut til å representere korte mineraliseringer i varierende dyp.

I vest er det ikke påvist noen ledende soner som ser ut til å ha strøktutrekning av betydning. Anomaliårsakene er trolig svake og lite utholdende sulfidmineraliseringer.

Tabellene 2 og 3 viser alle indikerte ledere i tidsdomenet og ved primærfeltmålingene. Tabellene viser anomalistyrke, en kvalitativ vurdering av ledningsevnen ut fra hvor mange kanaler lederen indikeres på, stedsangivelse og tolket dyp.

Tabell 2. Indikerte ledere i tidsdomenet, Storgaulstadhøgda

Profil (Y)	Koordinat (X)	Signal H2 ($\mu\text{V/A}$)	Kanaler	Anomali-styrke	Lednings-evne	Dyp (m)
1400	1625	5.9	1 - 6	m. svak	m. god	0 - 12
1800	1275	2.5	1 - 6	m. svak	m. god	25 - 50
1800	1350	1.6	1 - 2	m. svak	dårlig	0 - 12
1800	2350	47.8	1 - 5	sterk	god	100 - 200
2000	1175	0.3	1 - 4	m. svak	dårlig	0 - 12
2200	1000		4 - 5		god	100
2200	2300	81.7	1 - 5	m. sterk	god	100 - 200
2600	2300	88.9	1 - 7	m. sterk	m. god	100 - 200
2800	1350		4 - 7		m. god	0 - 12
3000	1275		5 - 7		m. god	50 - 75
3000	1325	1.1	1 - 7	m. svak	m. god	0 - 12
3000	1425		3 - 7		m. god	0 - 12
3000	2300	89.5	1 - 7	m. sterk	m. god	100 - 200
3200	1237		4 - 7		m. god	25 - 50
3200	1287		4 - 7		m. god	0 - 12
3200	1650		4 - 7		m. god	0 - 12
3400	1250	17.2	1 - 7	svak	m. god	25 - 50
3400	1300		1 - 7	m. svak	m. god	0 - 12
3400	1600	5.8	1 - 4	m. svak	god	75 - 100
3400	1725	17.7	1 - 7	svak	m. god	0 - 25
3400	1775	32.3	1 - 6	sterk	m. god	0 - 12
3400	2350	89.4	1 - 7	m. sterk	m. god	100 - 200
3600	1100		4 - 7		m. god	50 - 75
3600	1375		3 - 7		m. god	0 - 12
3600	1675		3 - 7		m. god	50 - 75
3600	1775	22.8	1 - 7	svak	m. god	0 - 12
3800	1575	21.7	1 - 7	svak	m. god	0 - 12

Tabell 3. Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Storgaulstadhøgda

Profil (Y)	Koordinat (X)	Svekning (%)	Styrke	Dyp (m)
1400	962	43	m. svak	0 - 12
1400	1450	18	m. svak	50 - 75
1400	1637	86	svak	0 - 12
1800	1275	14	m. svak	12 - 25
1800	1350	9	m. svak	12 - 25
1800	2350		sterk	100 - 200
2000	1200	122	sterk	0 - 25
2200	1350	11	m. svak	25 - 50
2200	2300		sterk	100 - 200
2600	2287	100	sterk	100 - 200
3000	1362	26	m. svak	12 - 25
3000	1437	24	m. svak	0 - 12
3000	2300		sterk	100 - 200
3400	1275	31	m. svak	25 - 50
3400	1737	20	m. svak	0 - 12
3400	1787	31	m. svak	0 - 12
3400	2350		sterk	100 - 200
3600	1100	22	m. svak	50 - 75
3600	1275	17	m. svak	25 - 50
3600	1362	44	m. svak	0 - 12
3600	1662	14	m. svak	0 - 12
3600	1762	197	sterk	0 - 12
3800	1337	12	m. svak	0 - 12
3800	1412	15	m. svak	0 - 12
3800	1487	8	m. svak	0 - 12
3800	1587	203	m. sterk	0 - 12

3.1.2 Beregning av tidskonstanter

For å få en bedre vurdering av kvaliteten til en leder som er indikert i tidsdomenet, kan en studere tidskonstanten og «decay»-kurven til lederen, se tekstbilag 1.

Tidskonstanten beregnes etter formelen:

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

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

Tidskonstanten er et mål på hvor fort strømmen dør ut i en leder. Jo større tidskonstant jo lengre varer strømmen i lederen og jo bedre er ledningsevnen. Erfaring har vist at

tidskonstanter større enn 3 - 4 ms mellom kanal 6 og 7 (T6) kan indikere massiv kis. Grafittskifre vil selvsagt også ha stor tidskonstant, gjerne mye større enn for massive sulfider. En har ikke kriterier for å skille grafitt og sulfider ved hjelp av tidskonstantens størrelse.

Tabell 4. Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Storgaulstadhøgda

Profil (Y)	Koordinat (X)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1400	1625	0.19	0.30	0.79	0.66	2.05	
1800	1275	0.60	0.78	0.70	0.91	2.00	
1800	1350	0.09					
1800	2350	0.08	0.18	0.50	0.55		
2000	1150	0.27	0.23	-0.47			
2200	1000				2.46		
2200	2300	0.08	0.15	0.55	0.47		
2600	2250	0.09	0.17	0.49	0.51	1.03	2.58
2800	1350				1.46	1.32	3.36
3000	1275					2.69	3.19
3000	1325	0.13	-0.16	-1.26	1.55	1.38	2.51
3000	1425			-1.66	6.67	2.20	3.90
3000	2300	0.09	0.17	0.54	0.46	1.16	2.85
3200	1225					1.25	5.11
3200	1650				1.23	1.46	2.98
3400	1250	0.15	0.21	0.45	0.56	-6.08	6.80
3400	1600	-0.88	0.33	0.37			
3400	1725	-0.16	0.73	0.99	0.76	1.49	4.25
3400	1775	-0.21	0.82	1.12	0.63	0.84	
3400	2350	0.10	0.18	0.60	0.47	1.20	3.50
3600	1100				-4.74	2.47	4.87
3600	1375			-3.49	0.96		
3600	1675			1.23	0.74	1.20	6.34
3600	1775	0.26	0.36	0.81	0.67	1.26	3.12
3800	1575	-0.22	-3.44	1.45	0.55	0.74	2.74

Som tabellen viser er strømmen i flere av sonene utholdende (høye verdier for T6), noe som indikerer meget god ledningsevne. Dypanomaliens beliggenhet i forhold til kabelen gjør at beregningen av tidskonstanten for denne sonen er usikker. Med dette forbehold indikerer måledata at sonen har en meget god ledningsevne. Dette gjelder spesielt for de østligste profilene. I anomaliområdet i sørøst viser de fleste av sonene meget høye verdier for T6. Som tidligere nevnt har en ikke kriterier for å skille om disse høye tidskonstanter skyldes grafitt eller kompakt sulfidmineralisering.

3.2 Mekk

Også i dette måleanlegget var noen av profilene dominert av støy i 25 Hz frekvensdomenet, og av den grunn ikke presentert i databilagene.

3.2.1 Indikerte ledere

Som kartbilag -03 viser ble det kun påvist et fåtall anomalier. De fleste framkom som meget svake anomalier ved primærfeltmålingene. Det ble ikke påvist noen dypanomalier og de fleste anomaliene som framkom skyldes trolig grunne og dårlig ledende sulfidmineraliseringer. Noen av anomaliene ser ut til å falle sammen med gamle skjerp i området.

Anomaliene er lite markerte og dette i tillegg til stor profilavstand i deler av måleområdet, gjør at det er vanskelig å si om det er sammenheng mellom sonene.

Tabellene 4 og 5 viser alle indikerte ledere i tidsdomenet og ved primærfeltmålingene. Tabellene viser anomalistyrke, en kvalitativ vurdering av ledningsevnen ut fra hvor mange kanaler lederen indikeres på, stedsangivelse og tolket dyp.

Tabell 5. Indikerte ledere i tidsdomenet, Mekk

Profil (Y)	Koordinat (X)	Signal H2 ($\mu\text{V/A}$)	Kanaler	Anomali-styrke	Lednings-evne	Dyp (m)
1600	1600	8.3	1 - 5	m. svak	god	0 - 25
1800	1550		1 (vert.)		m. dårlig	25 - 50
1800	1750	15.6	1 - 2	svak	dårlig	0 - 25
2000	1700	10.1	1 - 2	svak	dårlig	0 - 25
3000	1850		1		m. dårlig	0 - 25

Tabell 6. Indikerte ledere ved primærfeltmålinger, Mokka

Profil (Y)	Koordinat (X)	Svekning (%)	Styrke	Dyp (m)
1000	1800	9	m. svak	0 - 25
1600	1625	20	-"	0 - 25
1600	1775	11	-"	25 - 50
1800	1550	30	-"	50 - 75
1800	1775	40	-"	0 - 25
2000	1725	40	-"	0 - 25
2200	1625	18	-"	0 - 25
2200	1750	36	-"	50 - 75
2600	1400	22	-"	50 - 75
2600	1550	22	-"	50 - 75
2600	1775	15	-"	25 - 50
3000	1275	18	-"	0 - 25
3000	1525	9	-"	0 - 25
3000	1850	15	-"	25 - 50
3400	1275	15	-"	0 - 25
3400	1450	28	-"	50 - 75

3.2.2 Beregning av tidskonstanter

Tabell 7. Beregnede tidskonstanter, horisontalfeltet, Mokka

Profil (Y)	Koordinat (X)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1600	1600	0.05	0.28	0.83	0.56		
1800	1750	0.05					
2000	1700	0.04					

Som tabellen viser er strømmen i de få sonene som ble påvist i tidsdomenet lite utholdende. Dette indikerer at anomaliårsaken trolig er dårlig ledende sulfidmineraliseringer.

4. KONKLUSJON

Ved Storgaulstadhøgda ble det påviste en meget godt ledende dypleder (100-200m) med utstrekning ut av måleområdet. Ut fra geologi, anomalistyrke og strøklengde er anomaliårsaken vurdert til grafittskifer. I tillegg ble det påvist flere soner i et anomaliområde i sør-øst. De fleste sonene er meget godt ledende, men kun en av sonene ser ut til å ha strøkutstrekning av betydning. Ellers i måleområdet ble det kun observert svake anomalier som trolig skyldes dårlig ledende og lite utholdende sulfidmineraliseringer.

Ved Mokka ble det kun påvist et fåtall anomalier. Det ble ikke påvist noen dypanomalier og de fleste anomaliene som framkom skyldes trolig grunne og dårlig ledende sulfidmineraliseringer.

5. REFERANSER

Elvebakk, H. 1996: NGU-TFEM, brukerdokumentasjon og dataprosessering.

NGU Internrapport 96.015

Skilbrei, J.R. 1994: Helikoptermålinger i Vuku-området, Steinkjer og Verdal kommuner,

Nord-Trøndelag. *NGU Rapport 93.104.*

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 indukere sekundære strømmer 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 tidskanaler (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 strømbrydd (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 instruksjoner gitt av operatøren
- behandler "overflows"
- lagrer data i bobleminne
- overfører data til PC

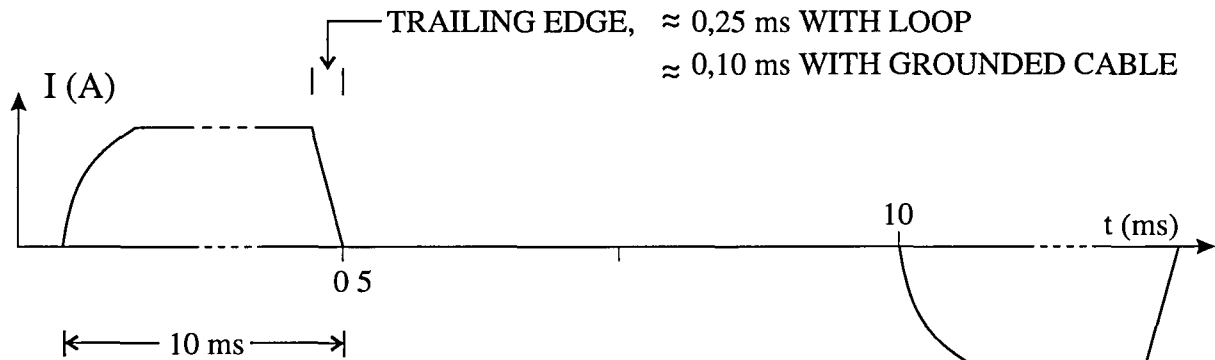
Koblingen mellom sender og mottaker er etablert ved hjelp av høyfrekvente oscillatorer koblet opp mot tellere både i sender og mottaker. Ved å nullstille tellerne ved målingenes start (synkronisering), vet mottakeren til enhver tid hvordan strømforløpet er, og kan styre måleprosessen ut fra dette.

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 tidskanalene måles i forhold til strømpulsene. For å tilfredsstillere 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.

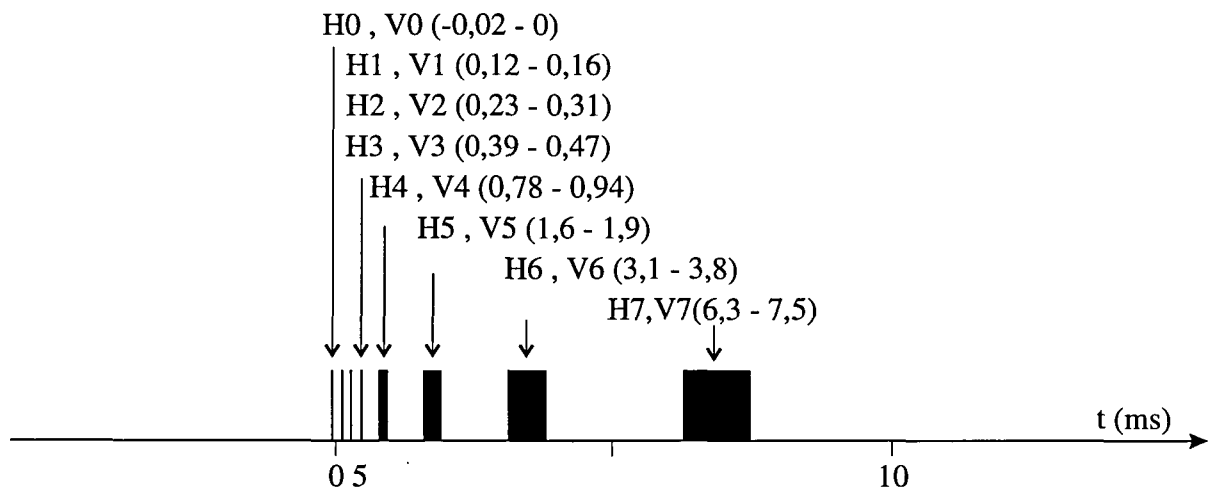
Figur B3 viser datastrømmen fra målespoler frem til presentasjon av data. Hele måleprosessen og all dataoverføring styres av den sentrale prosessoren. Fra målespolen går data via prosessoren til midlertidig lagring i RAM. Under måling utføres kontinuerlig statistiske beregninger, og data overvåkes slik 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:

- middelvei 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, $T = 40 \text{ ms}$ ($f = 25 \text{ Hz}$)

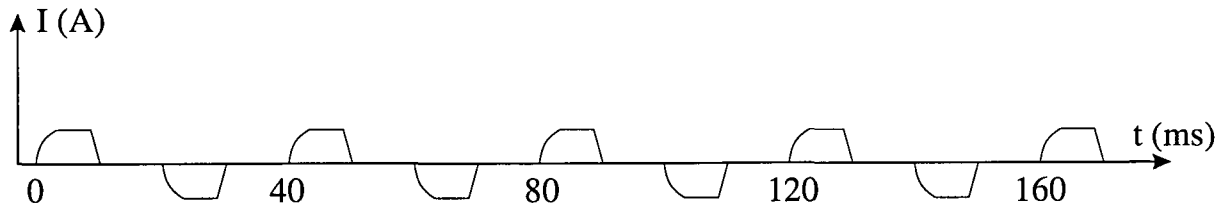


MEASURING TIME (TIME DOMAIN)

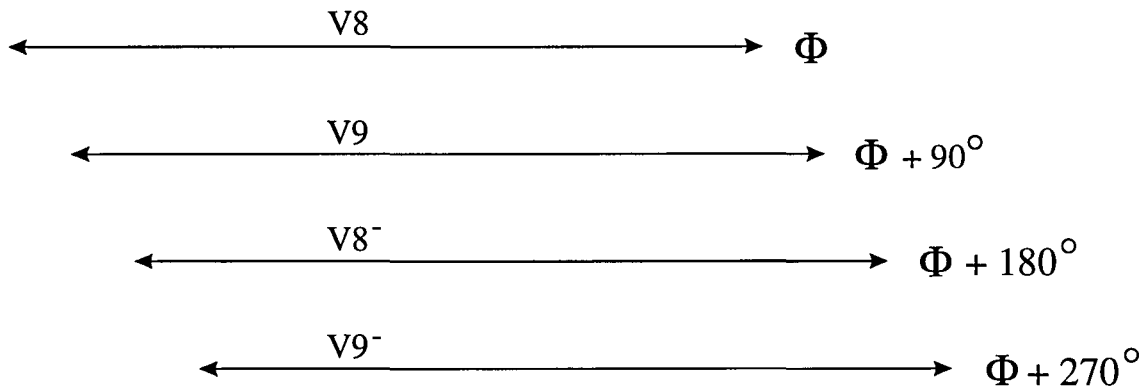


Figur B1. Strømforløp og måletidspunkt for tidsdomenekanalene

CURRENT TIME,



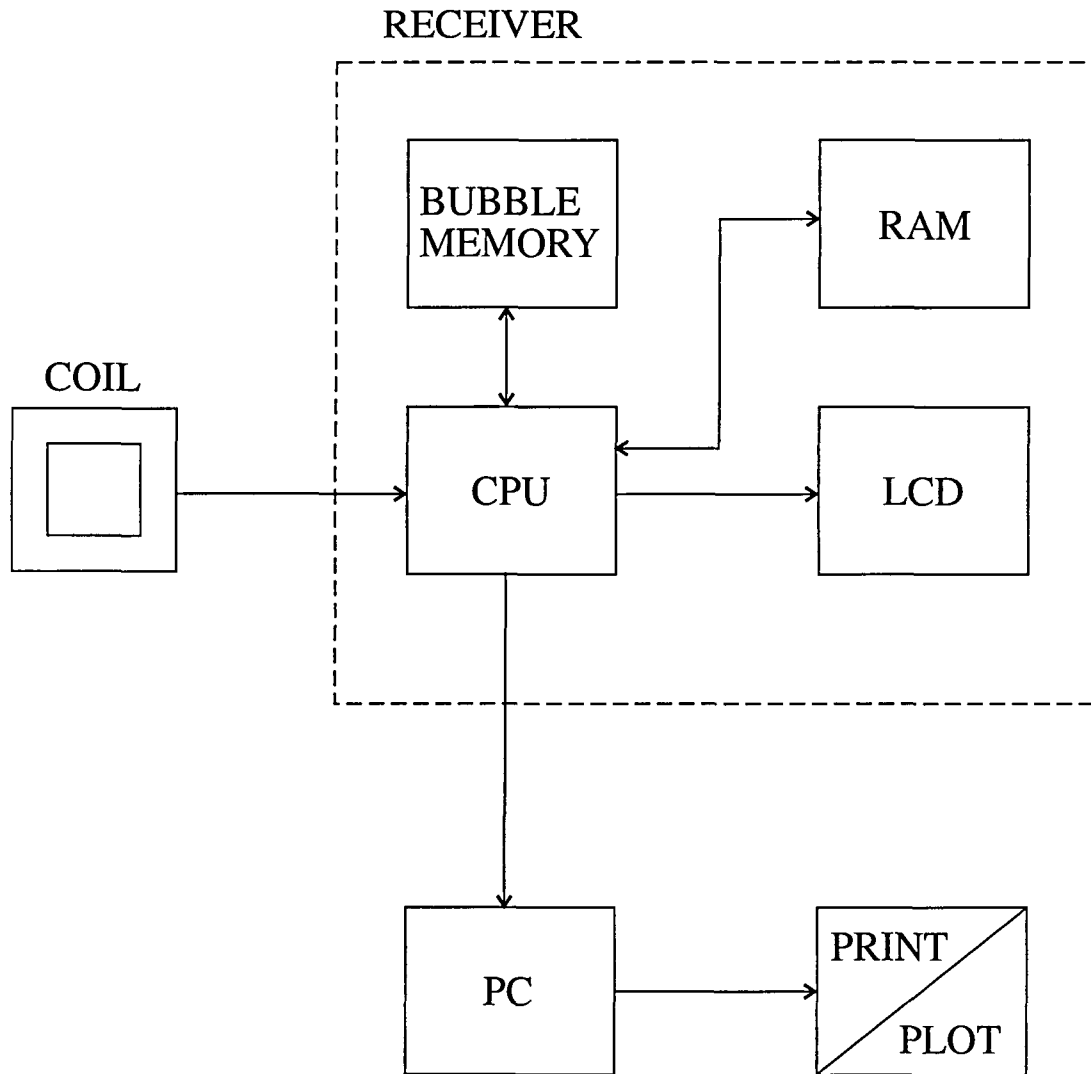
MEASURING TIME (FREQUENCY DOMAIN)



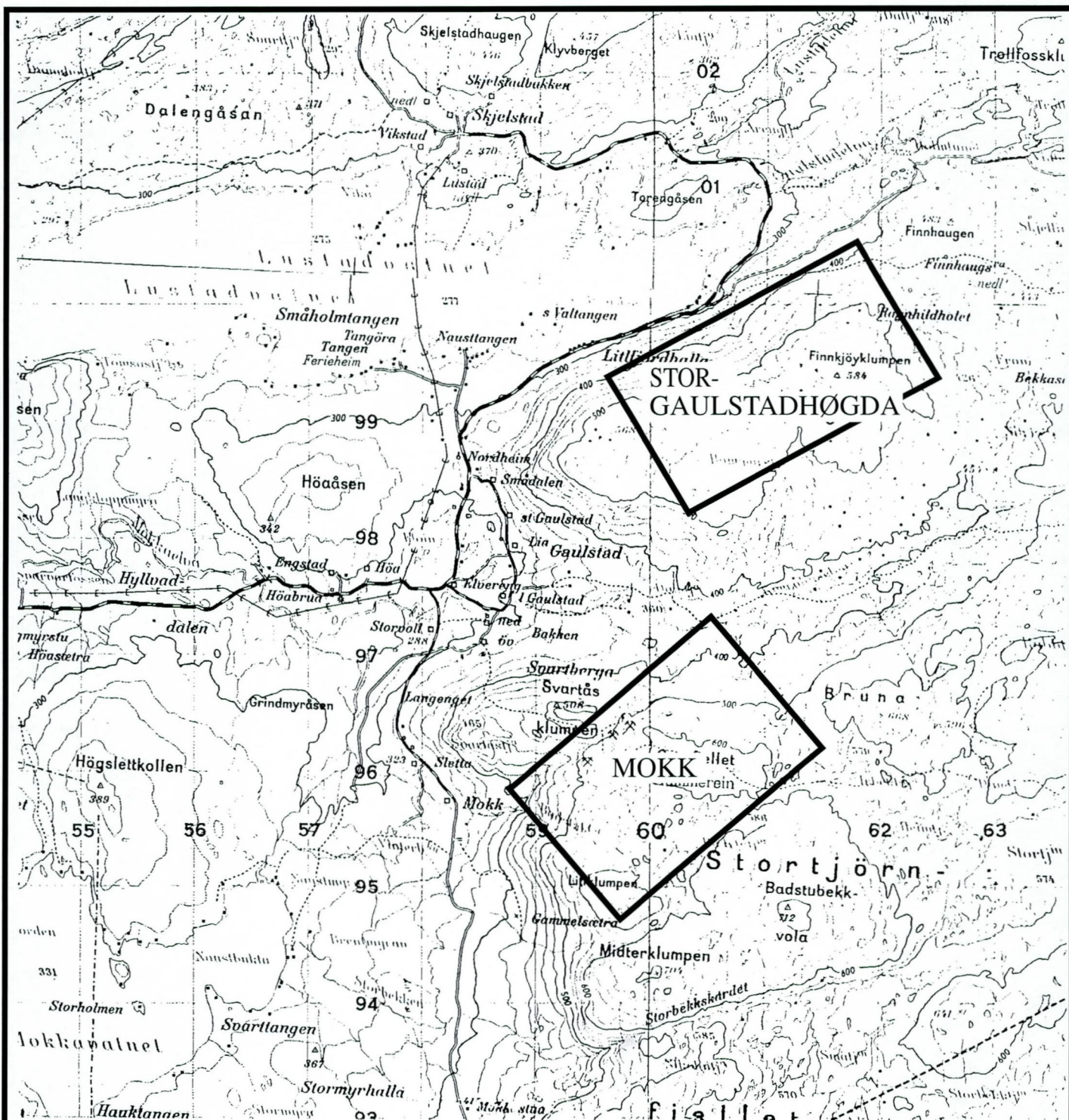
$$V_8 = V_8 - V_8^- \quad (\approx \text{IN PHASE})$$

$$V_9 = V_9 - V_9^- \quad (\approx \text{OUT OF PHASE})$$

Figur B2. Strømforsløp og måletidspunkt for frekvensdomenekanale



Figur B3. Flytskjema for måleprosessen ved fem-målinger



MÅLEOMRÅDER

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET

OVERSIKTSKART

STORGAULSTADHØGDA OG MOKK

STEINKJER, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 50.000

MÅLT ED-HE

TEGN E.D.

TRAC

KFR

Juni/Sept. -96

Nov.. -96

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR

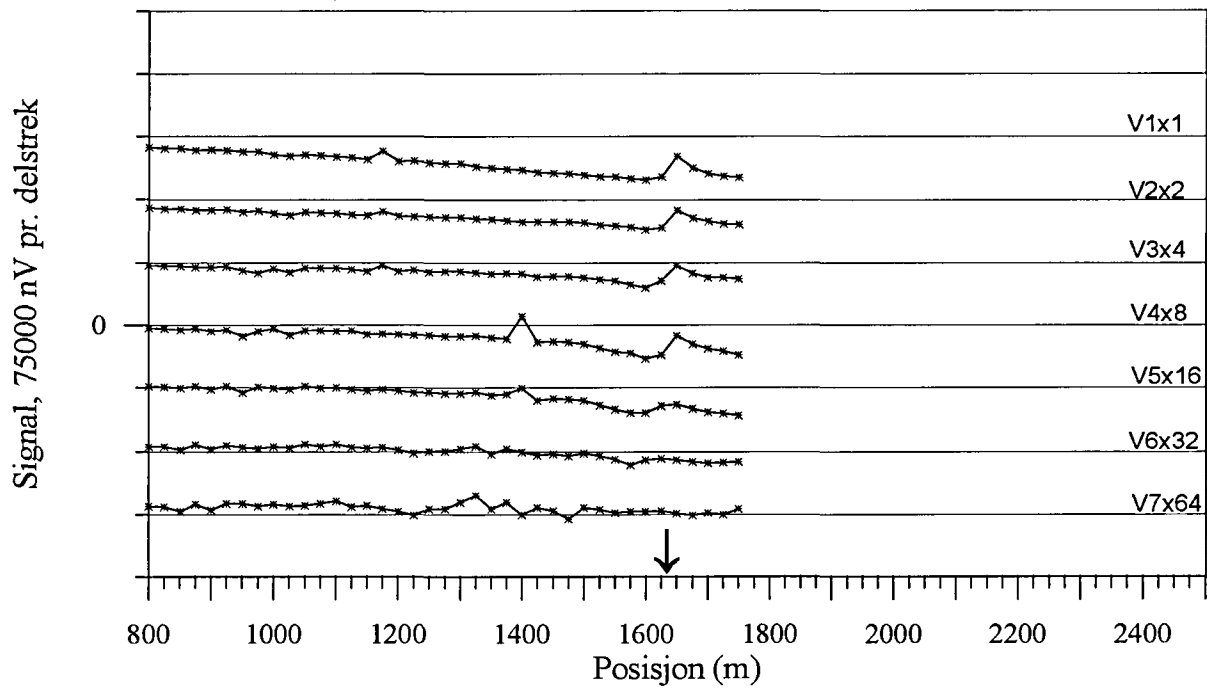
97.001-01

KARTBLAD NR

1722 I/1723 II

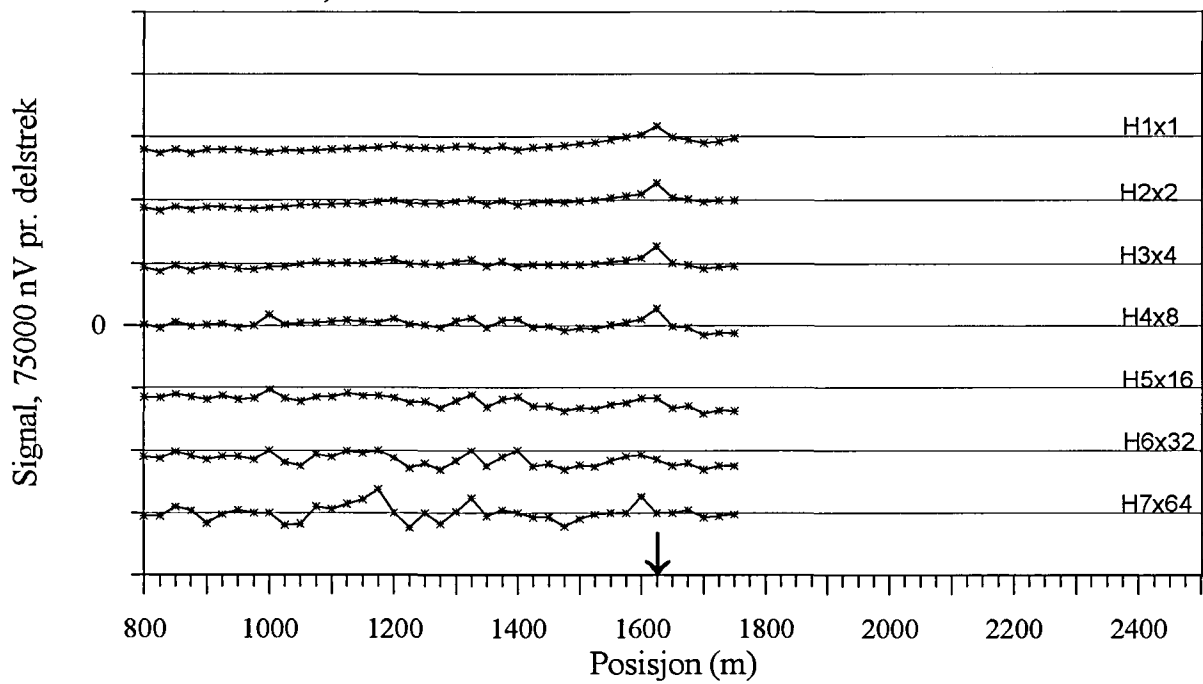
Databilag 1: Figur 1.1 - 1.21 TFEM profilplott av tidsdomenet og primærfelt,
Storgaulstadhøgda

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 1400Y, V1-V7

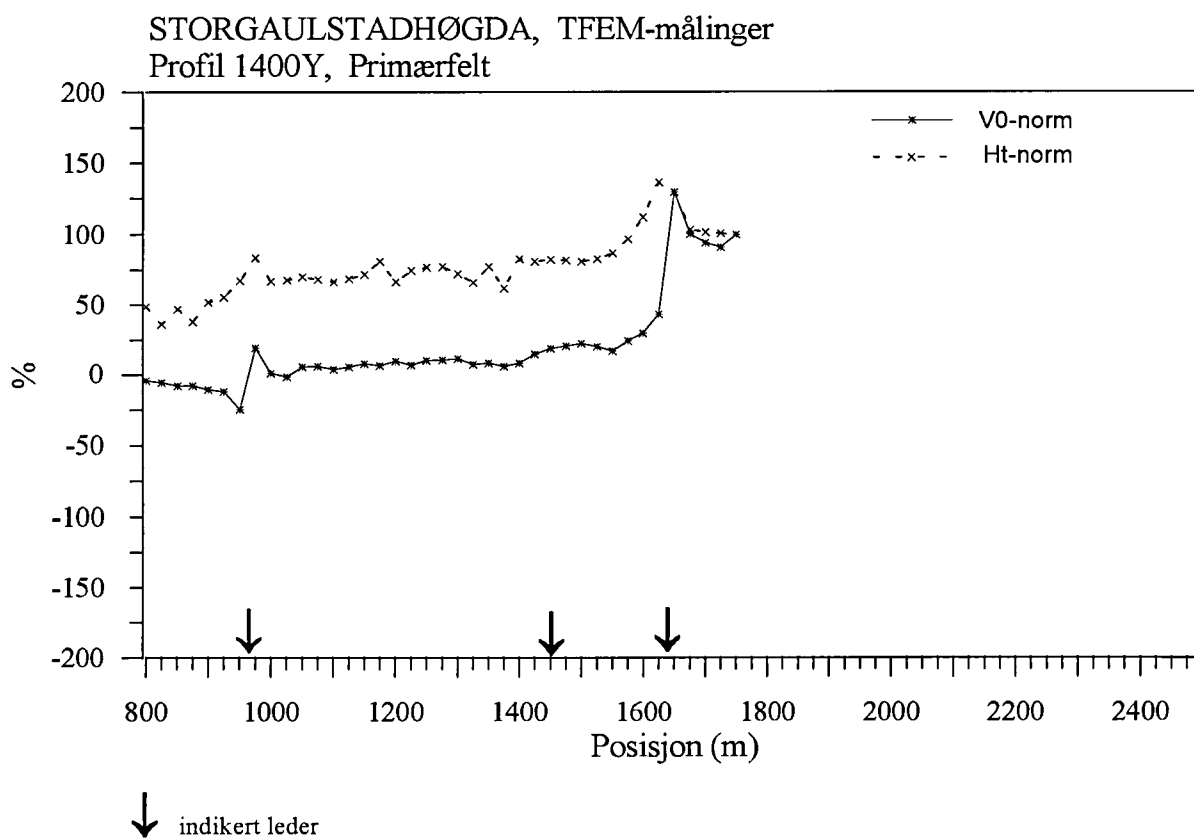


↓ indikert leder

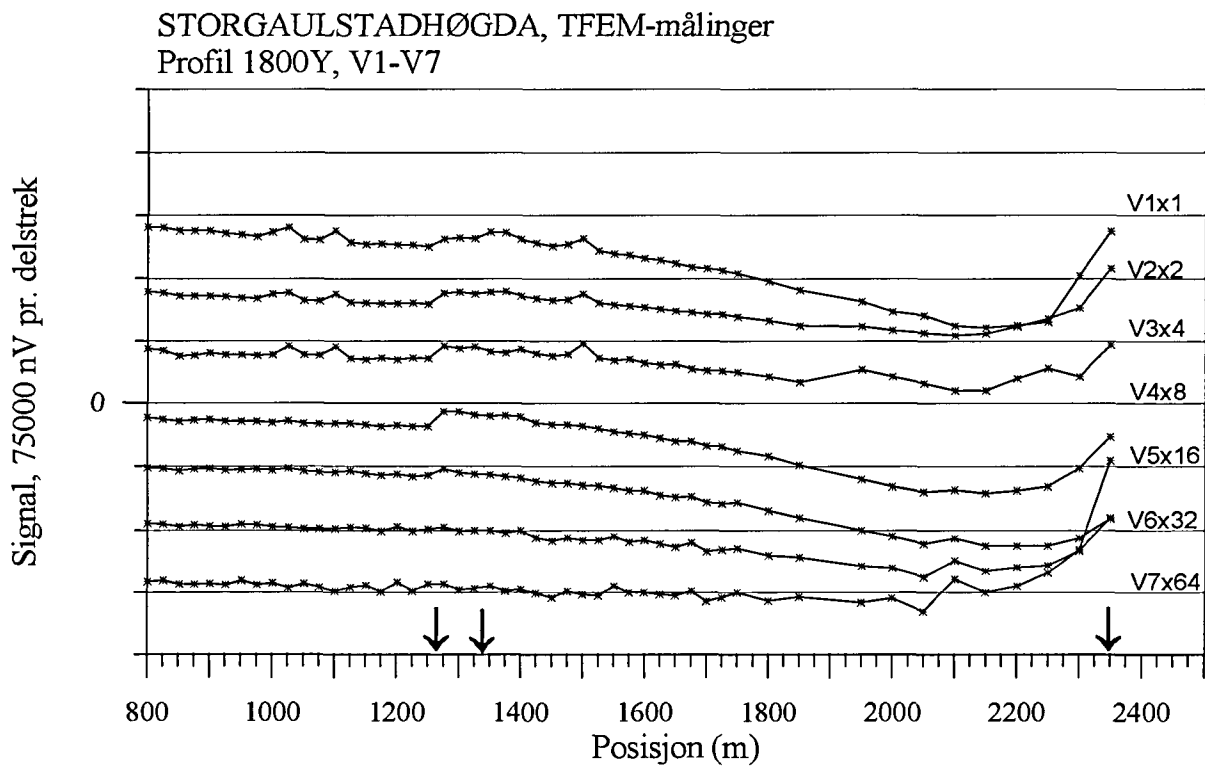
STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 1400Y, H1-H7



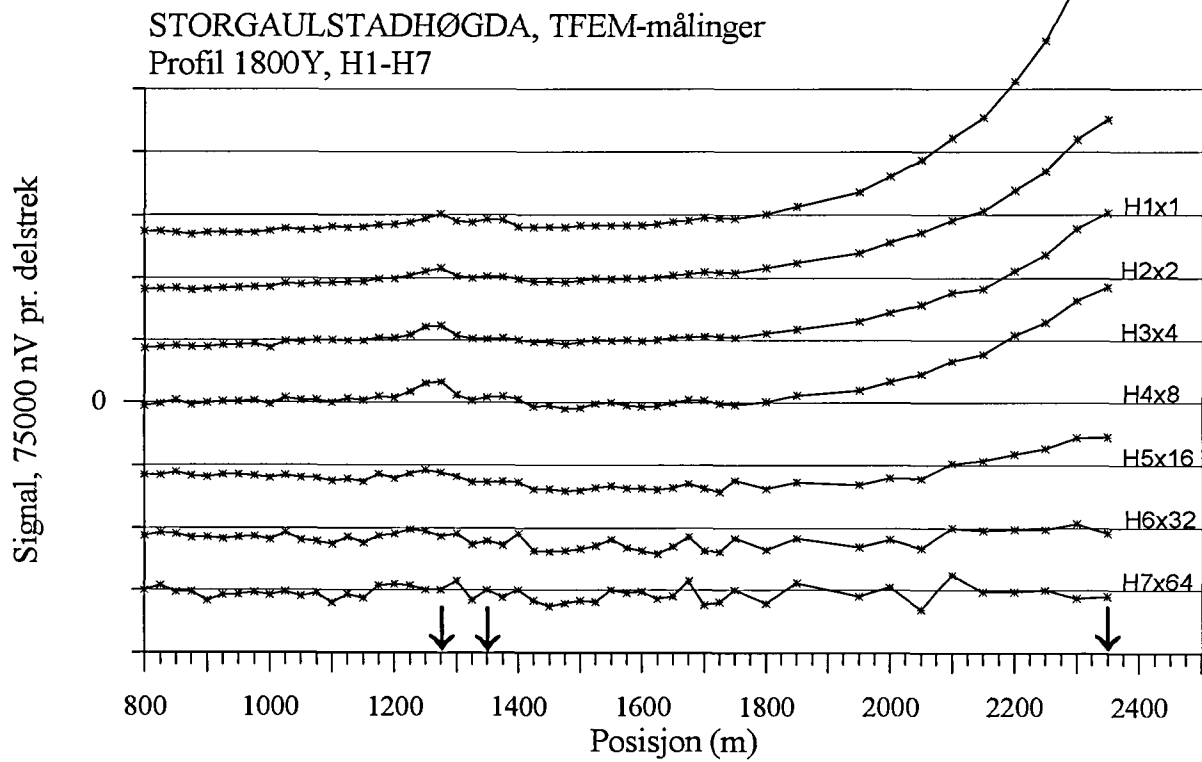
Figur 1.1 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1400Y



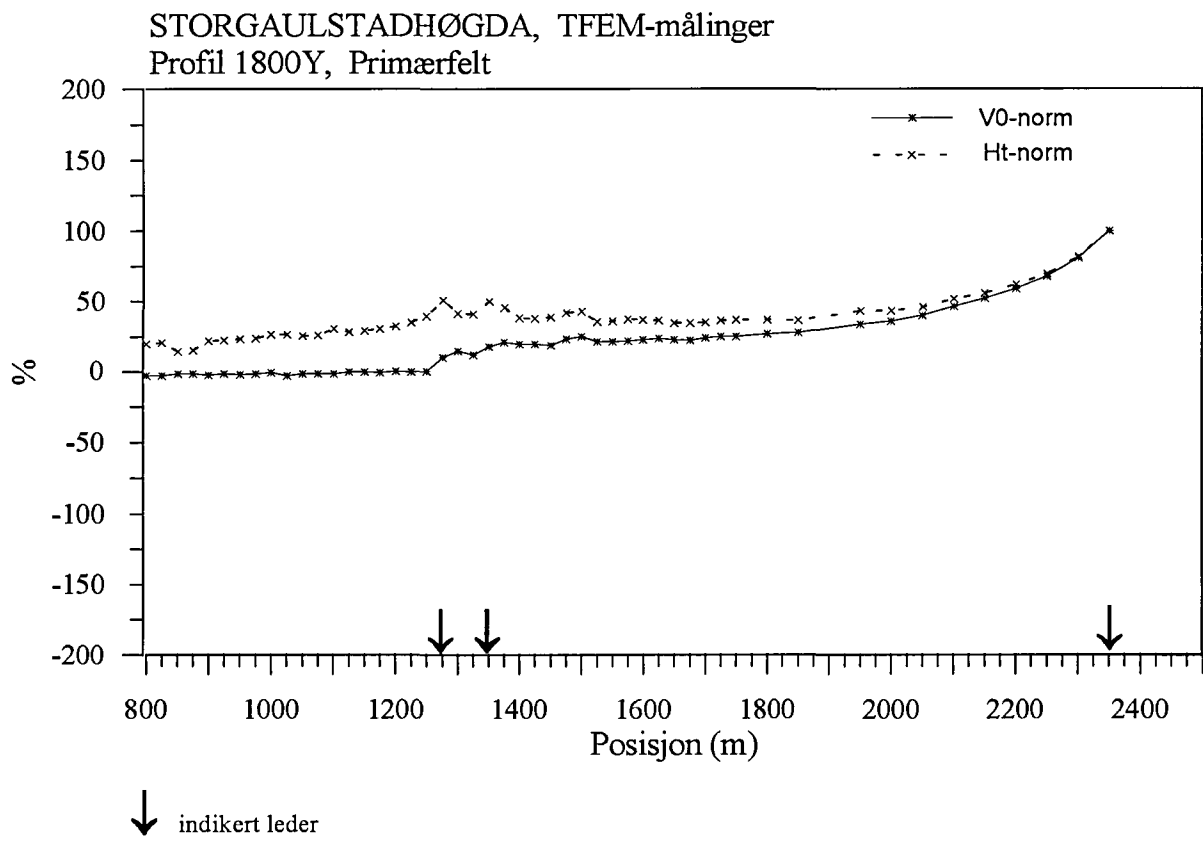
Figur 1.2 Normalisert primærfelt, profil 1400Y



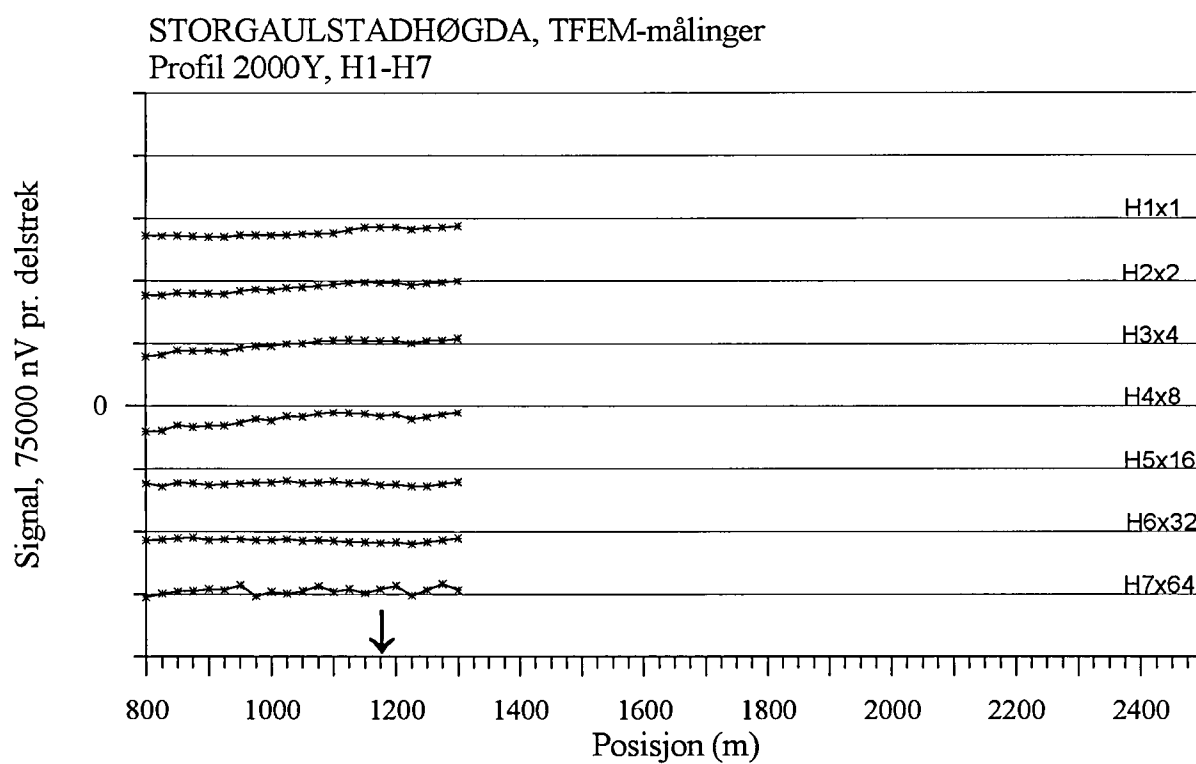
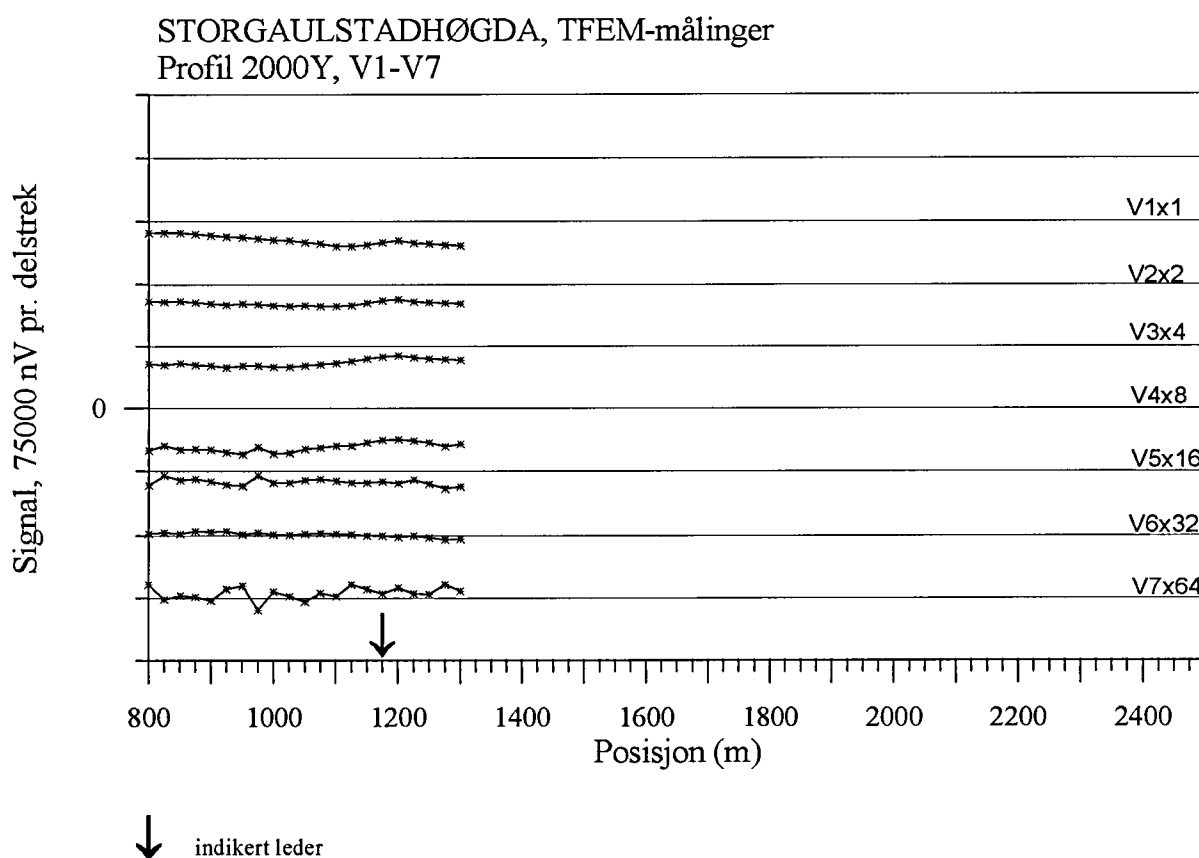
↓ indikert leder



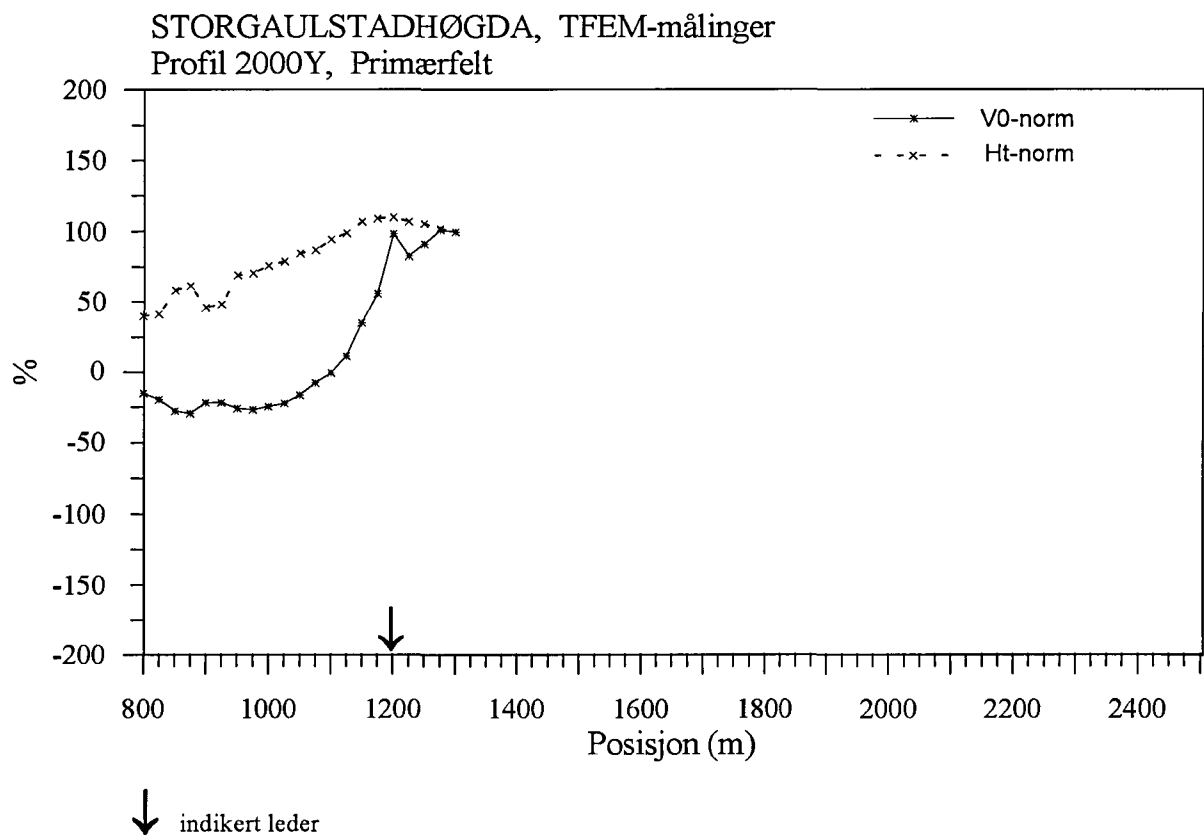
Figur 1.3 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1800Y



Figur 1.4 Normalisert primærfelt, profil 1800Y

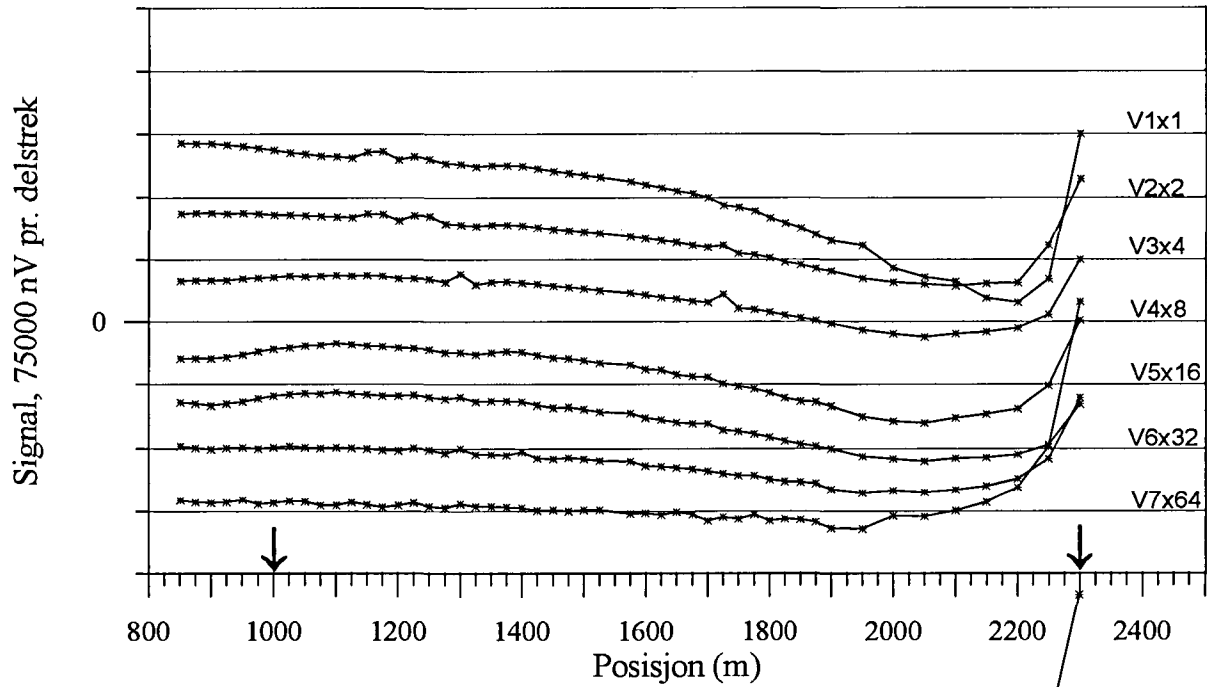


Figur 1.5 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2000Y



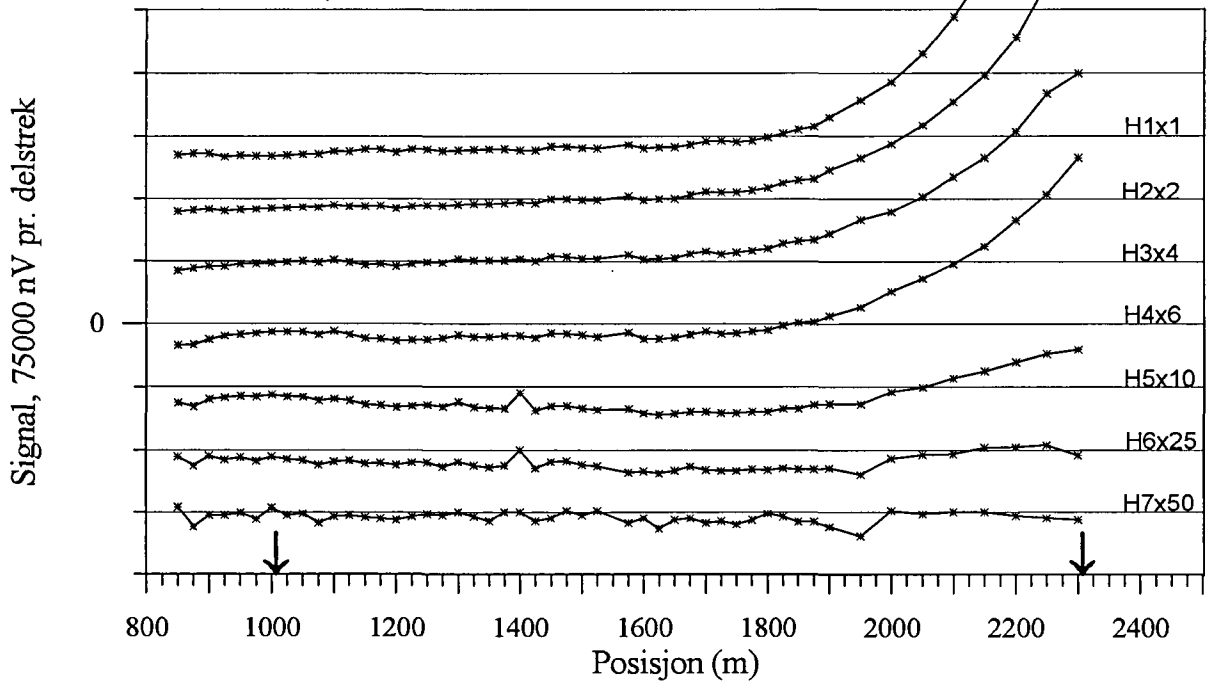
Figur 1.6 Normalisert primærfelt, profil 2000Y

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 2200Y, V1-V7

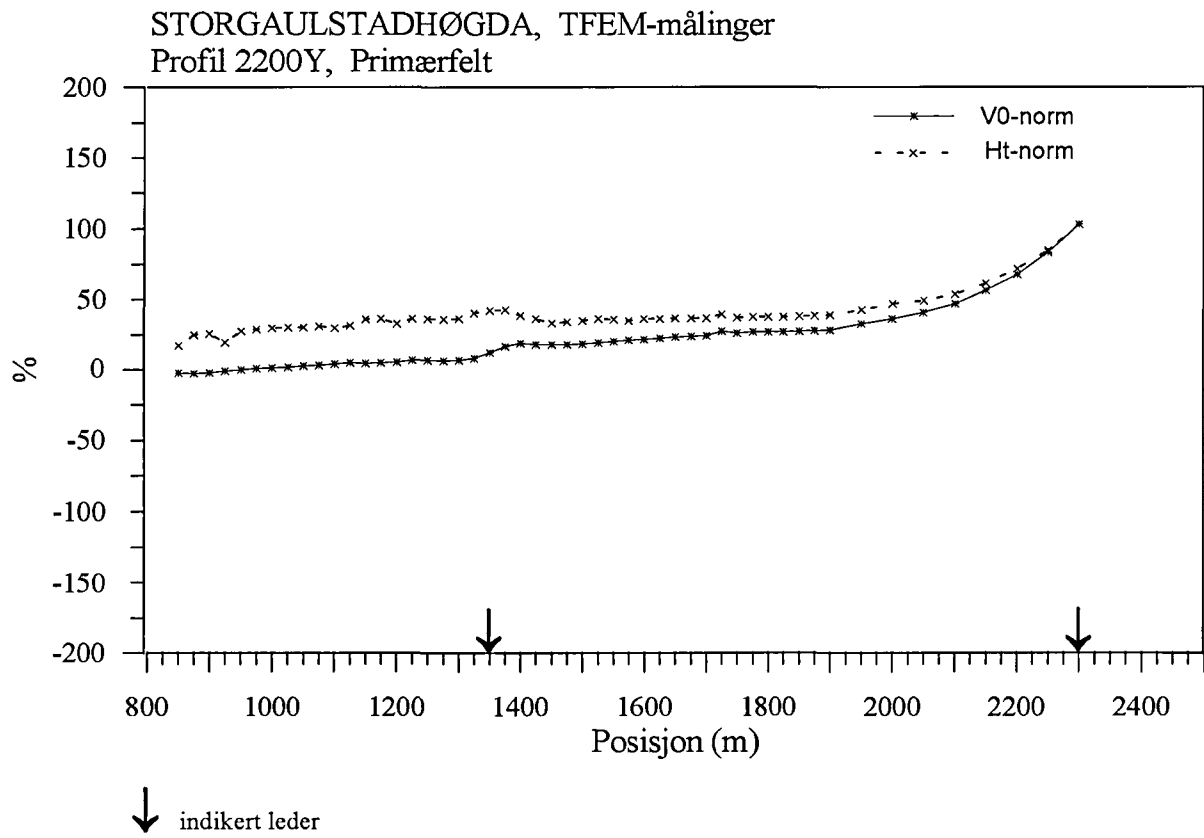


↓ indikert leder

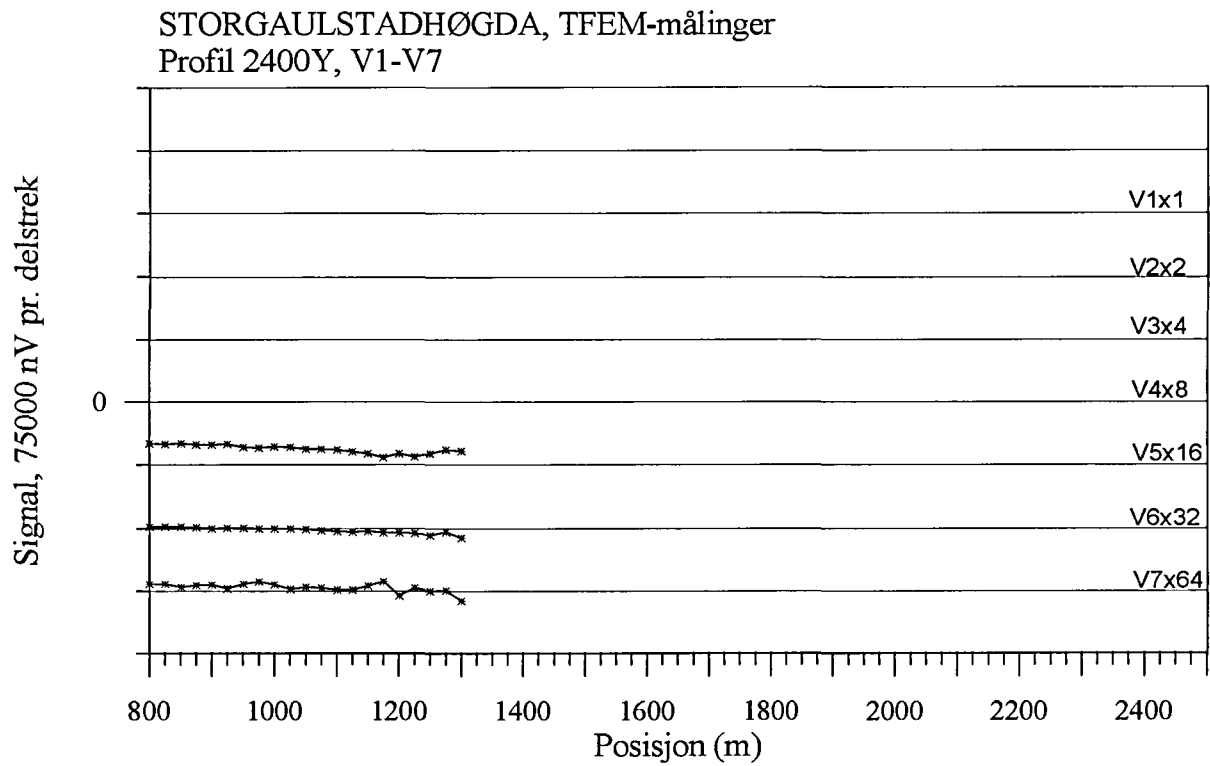
STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 2200Y, H1-H7



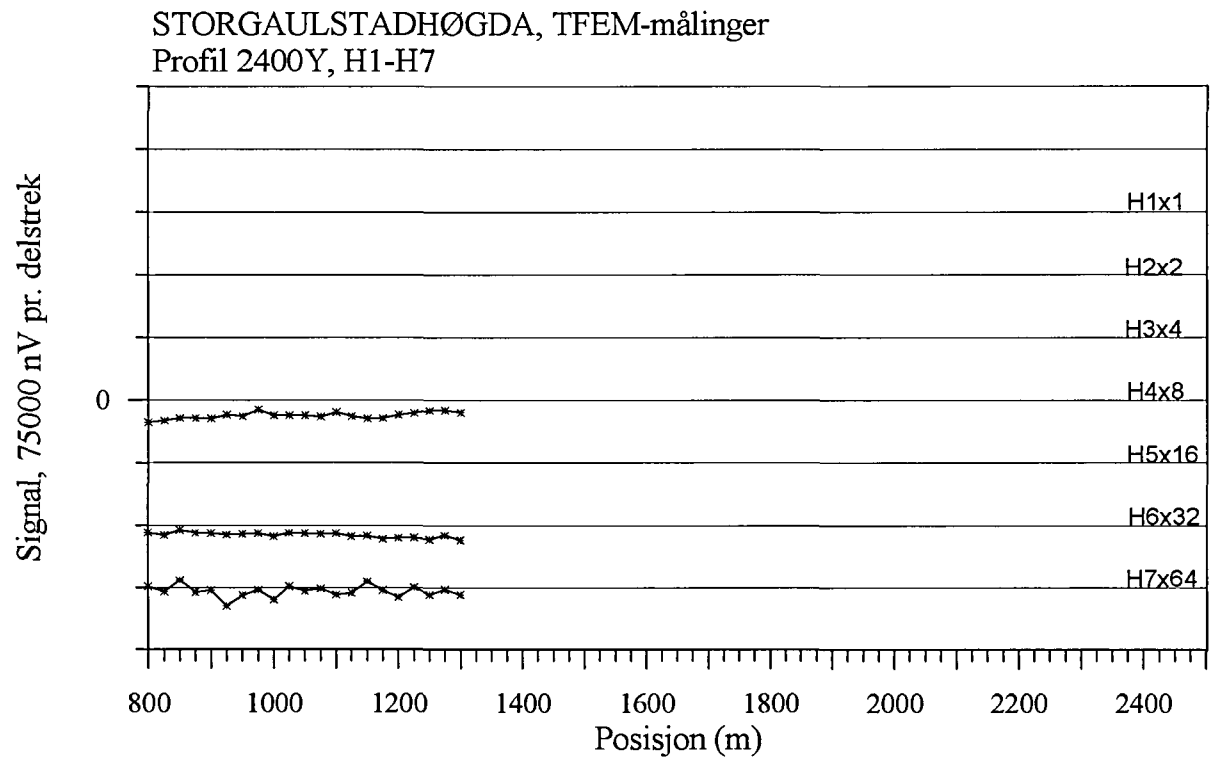
Figur 1.7 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2200Y



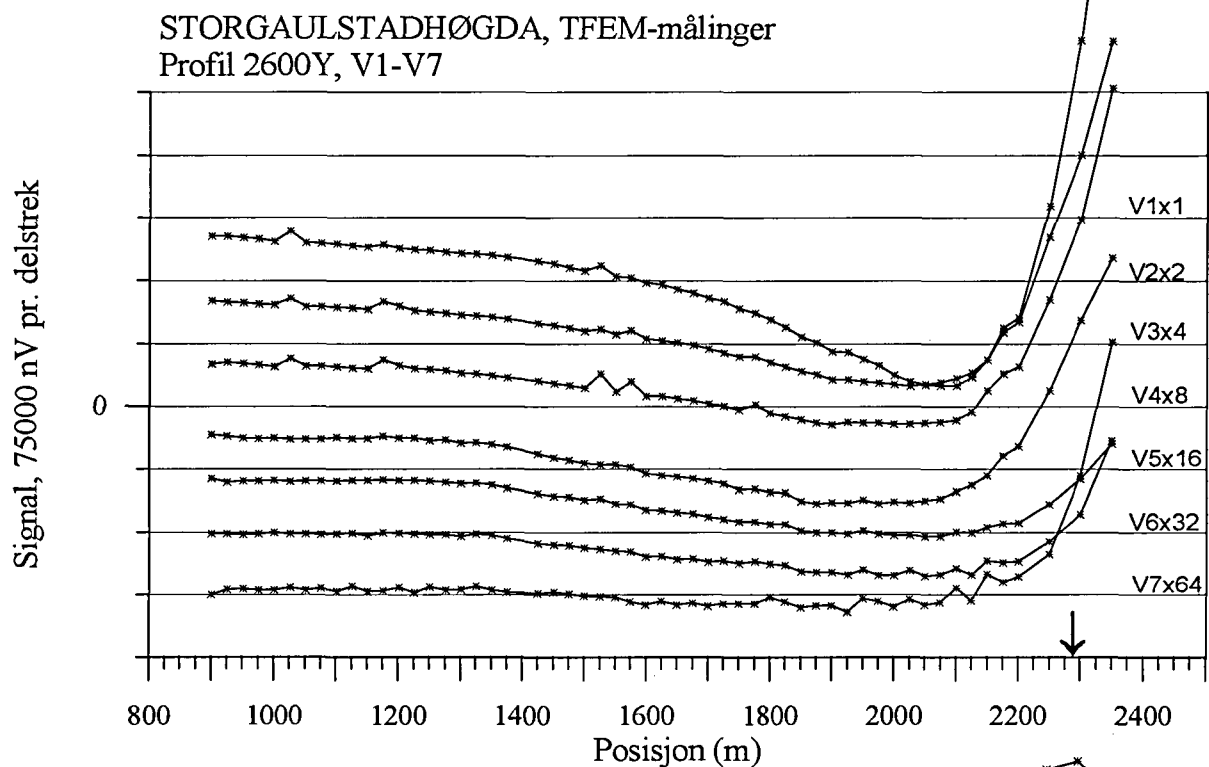
Figur 1.8 Normalisert primærfelt, profil 2200Y



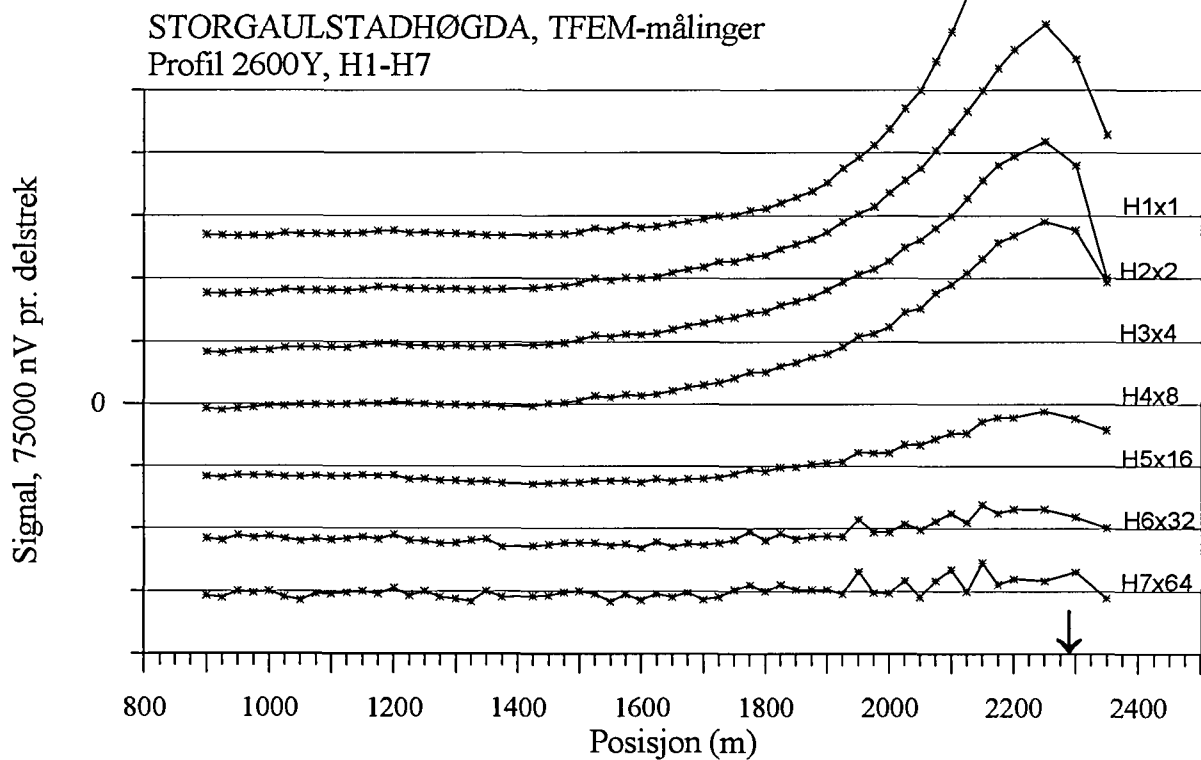
↓ indikert leder



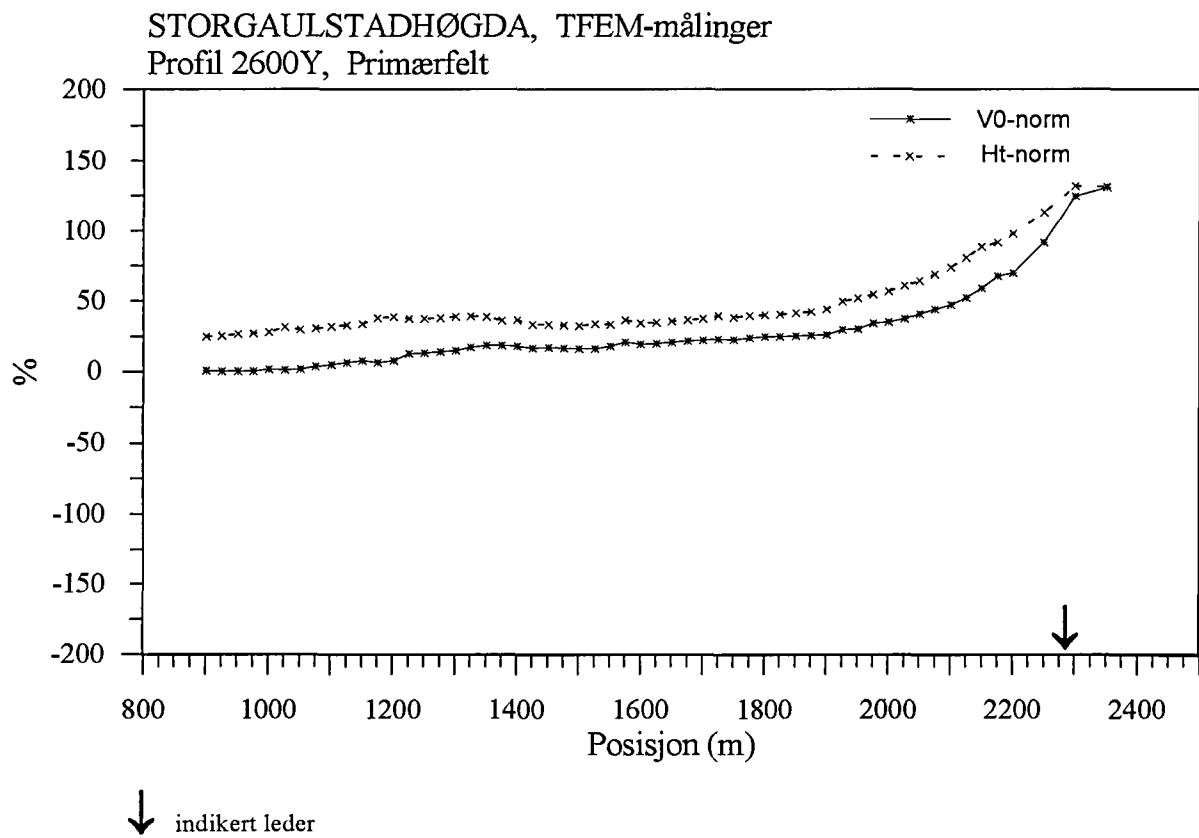
Figur 1.9 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2400Y



↓ indikert leder

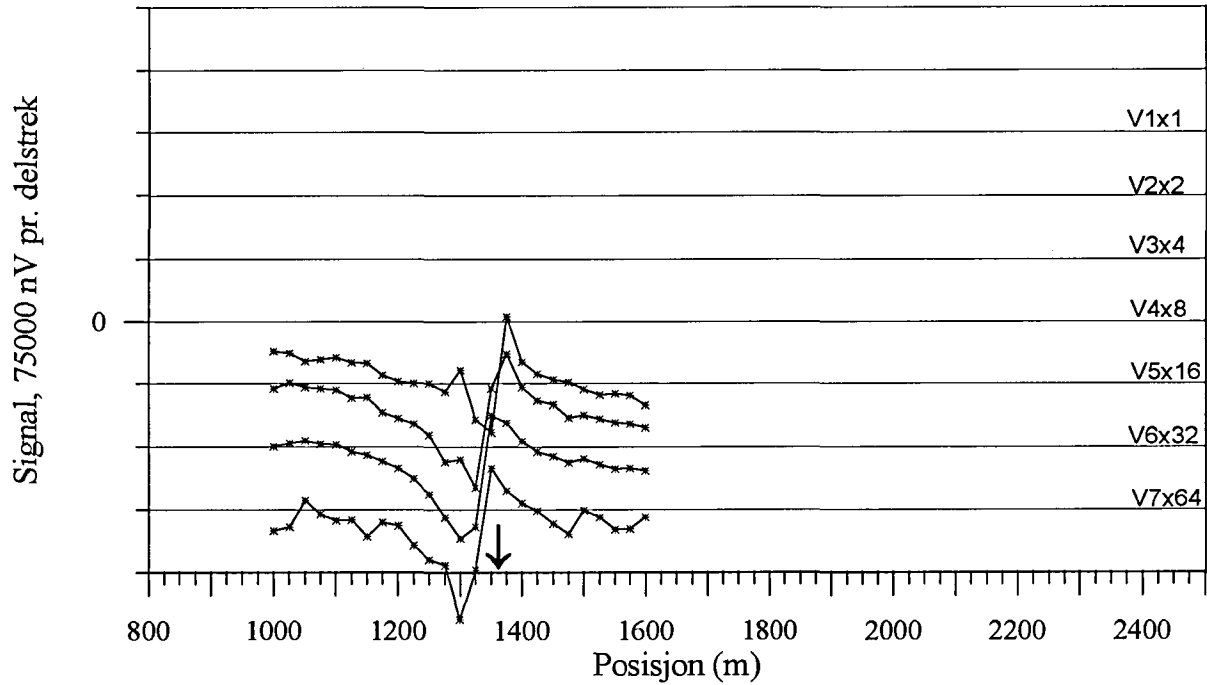


Figur 1.10 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2600Y



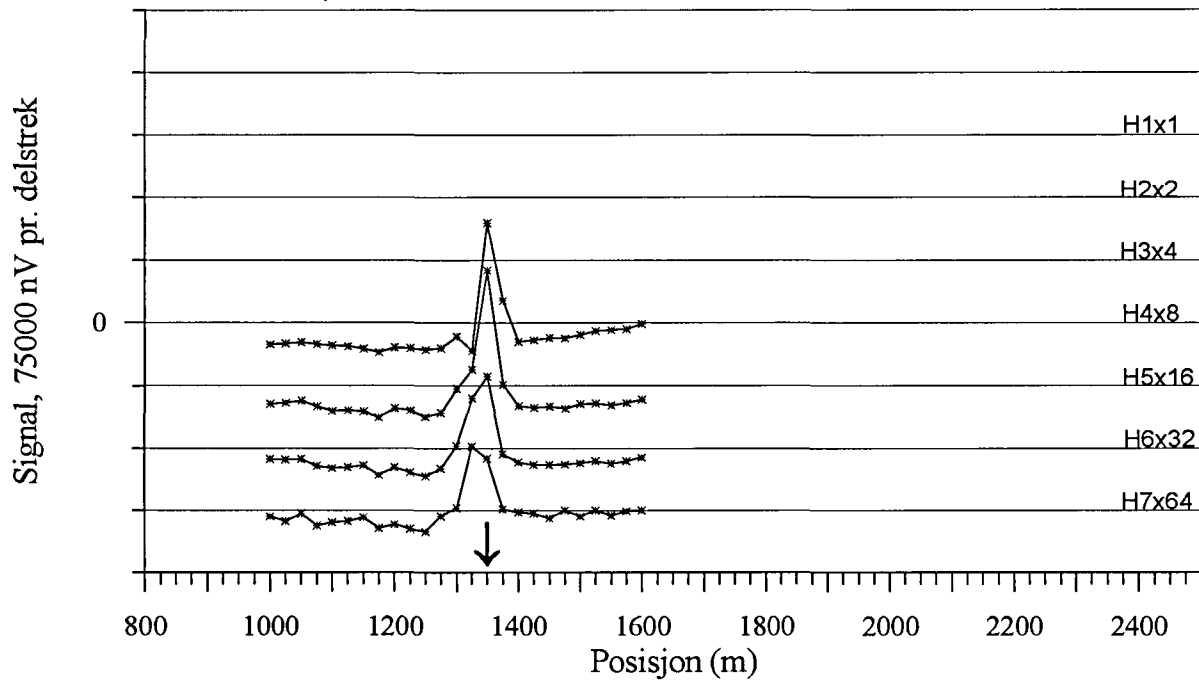
Figur 1.11 Normalisert primærfelt, profil 2600Y

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 2800Y, V1-V7

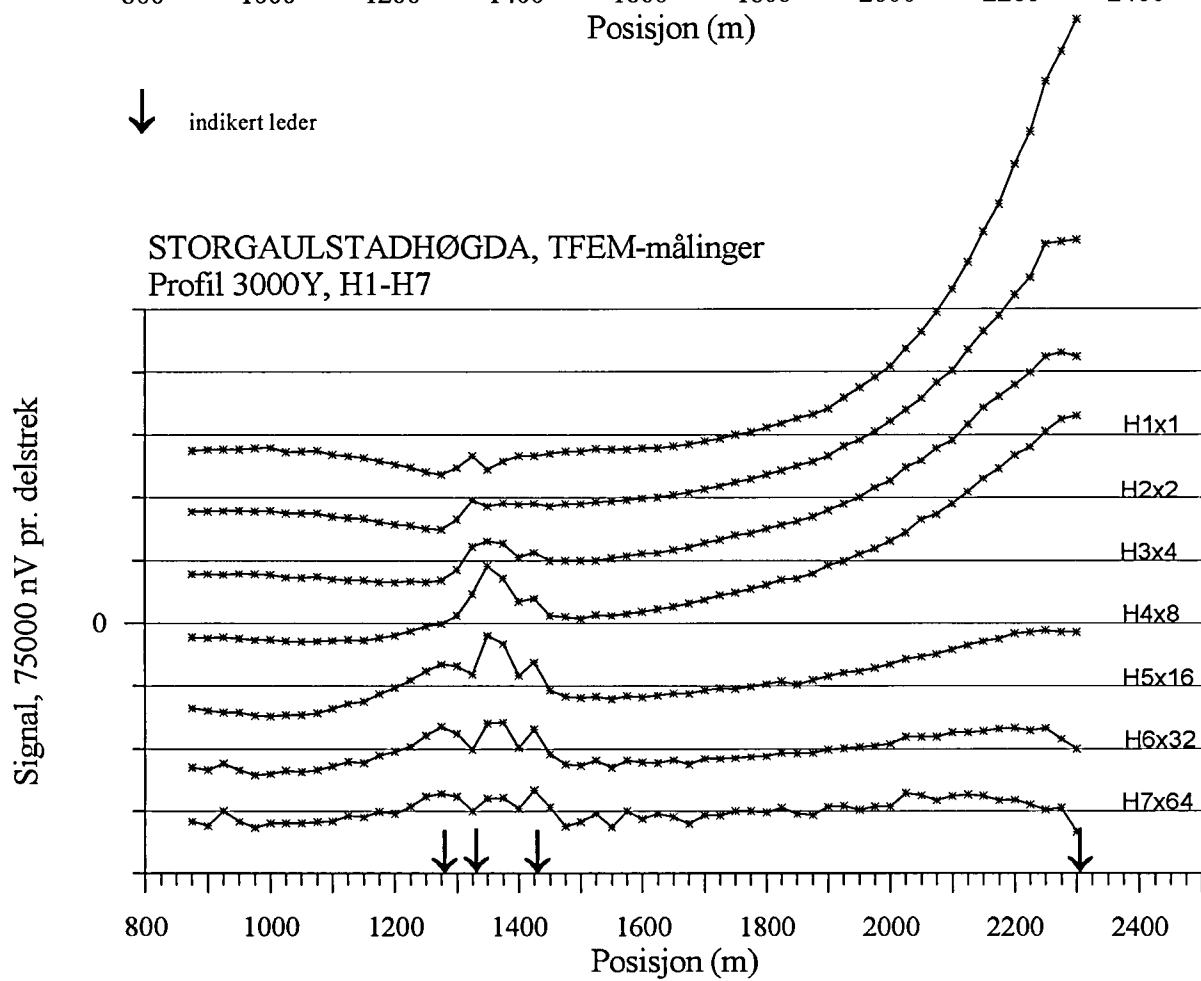
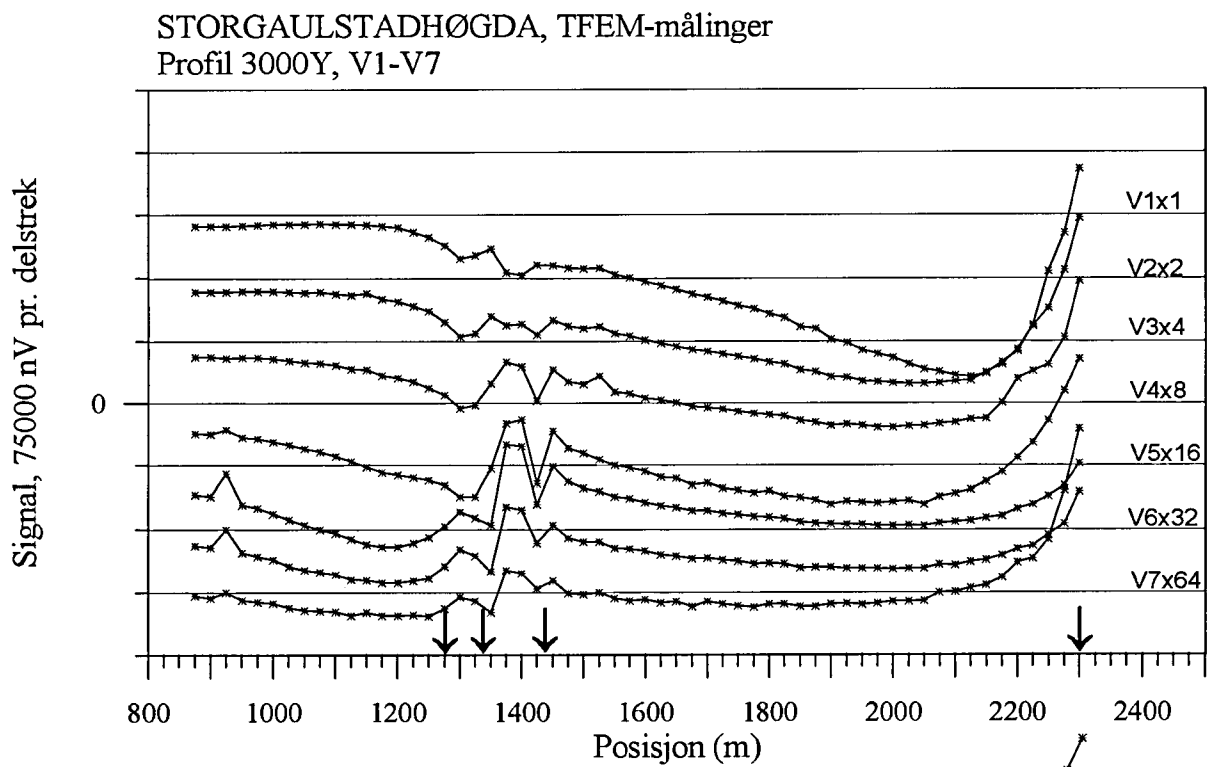


↓ indikert leder

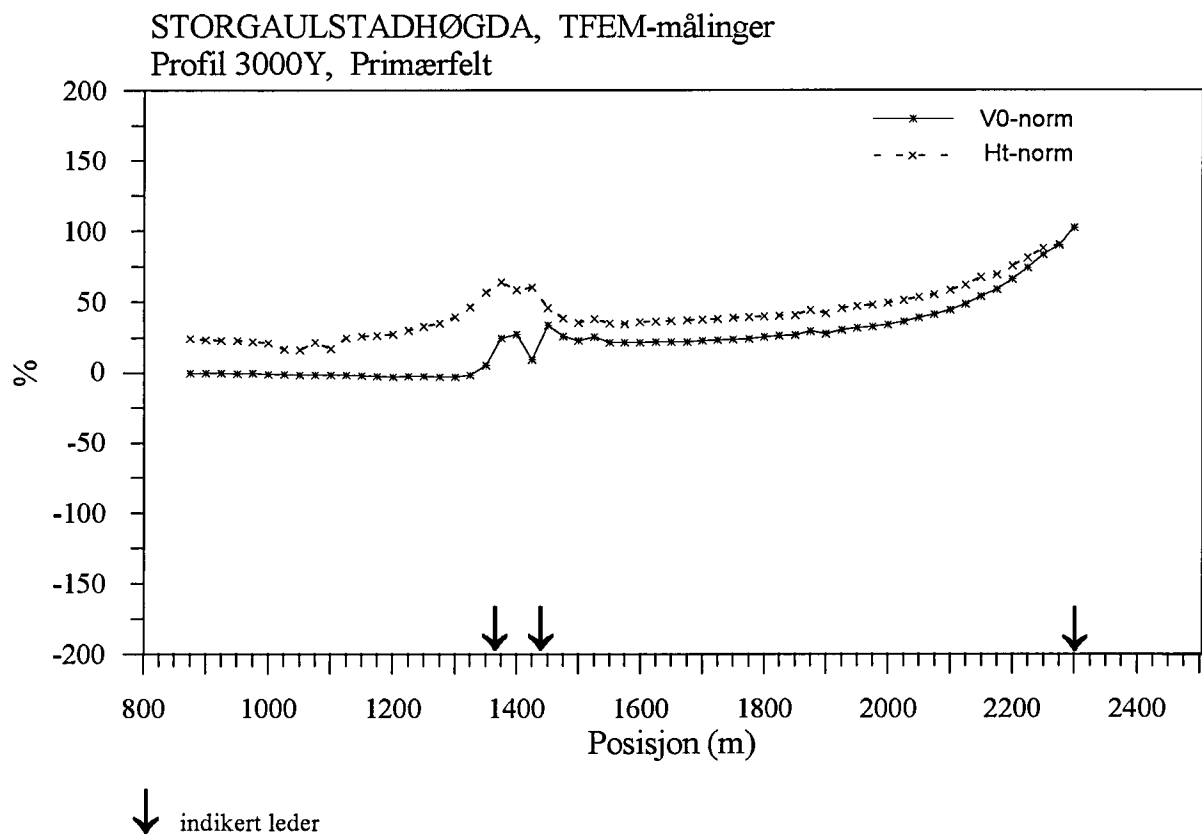
STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 2800Y, H1-H7



Figur 1.12 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2800Y

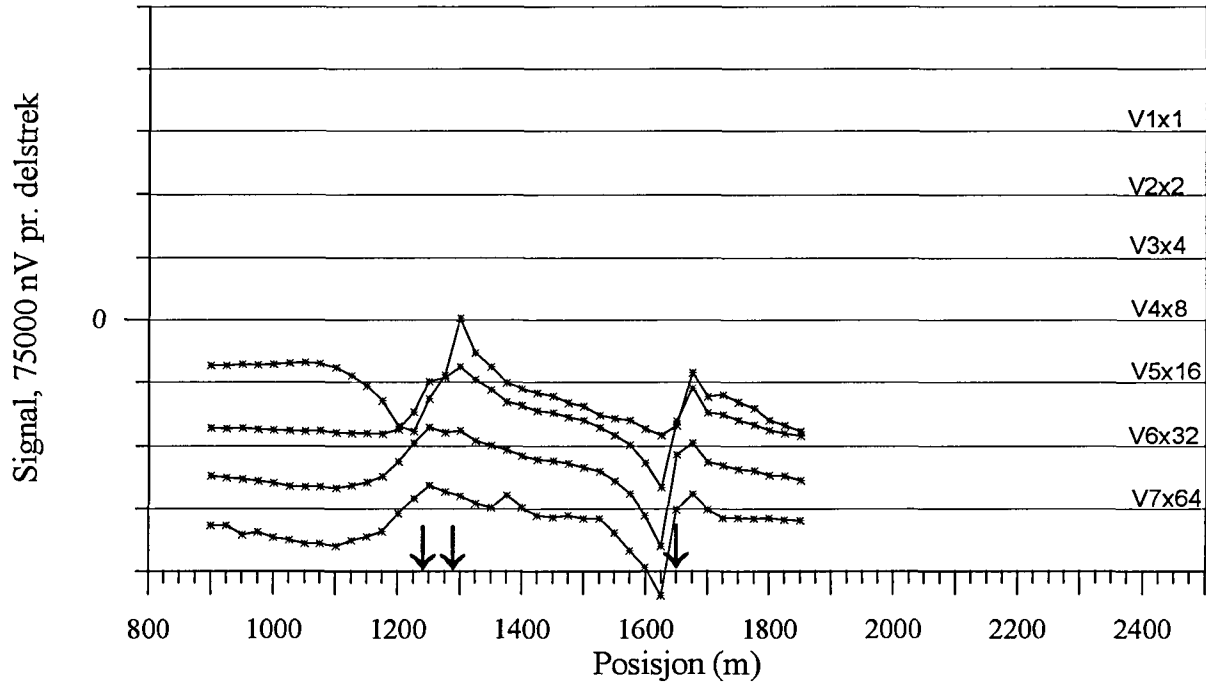


Figur 1.13 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3000Y



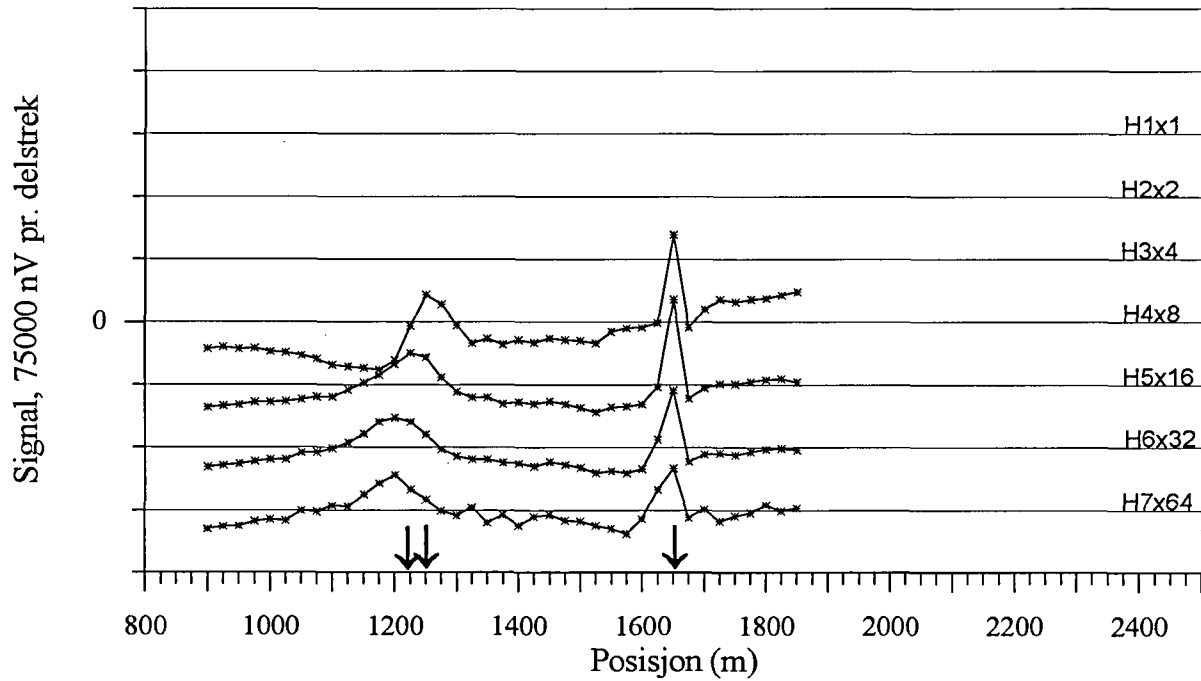
Figur 1.14 Normalisert primærfelt, profil 3000Y

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 3200Y, V1-V7



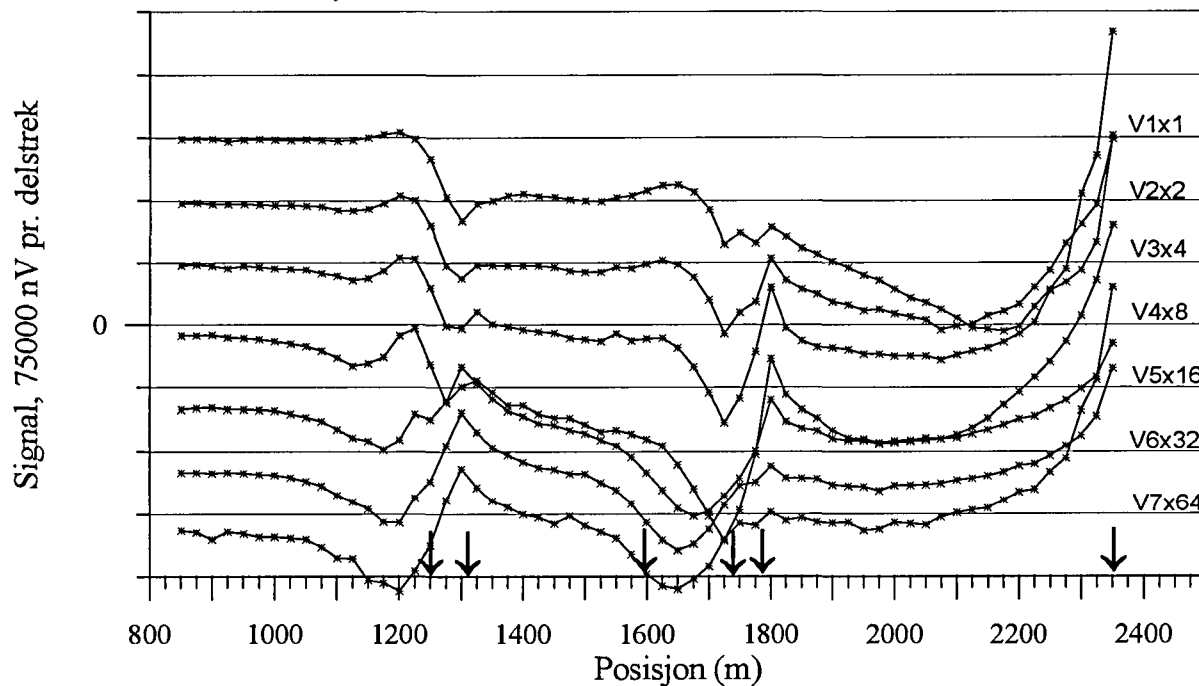
↓ indikert leder

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 3200Y, H1-H7

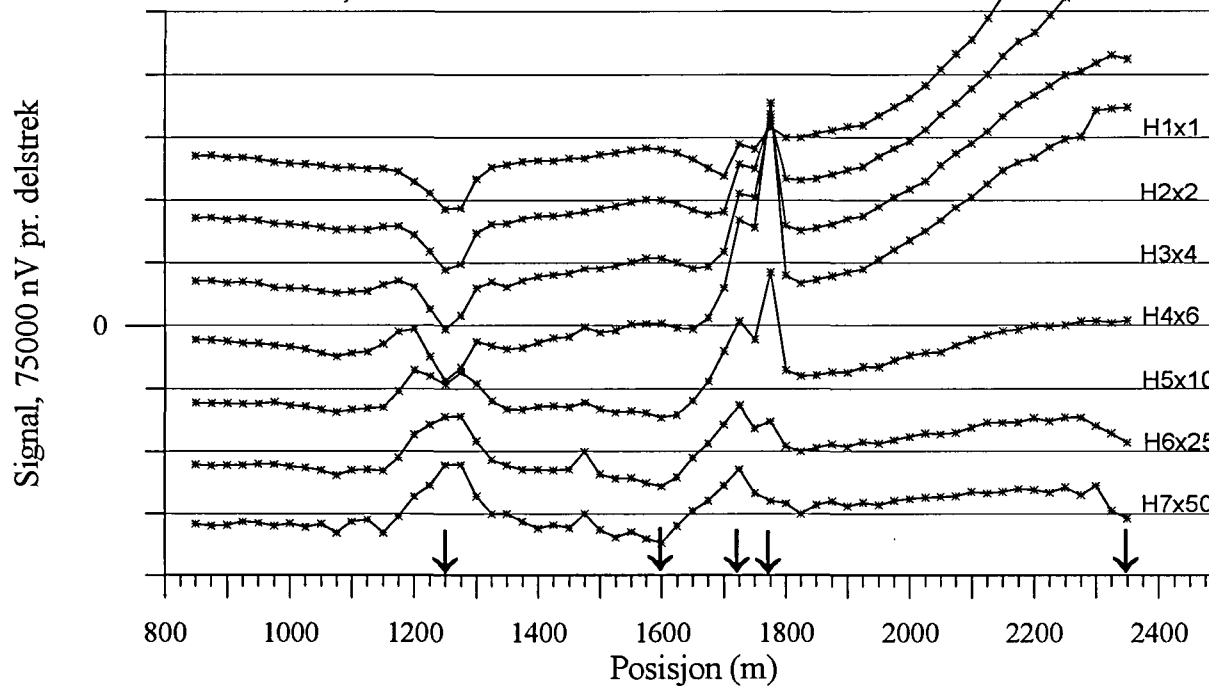


Figur 1.15 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3200Y

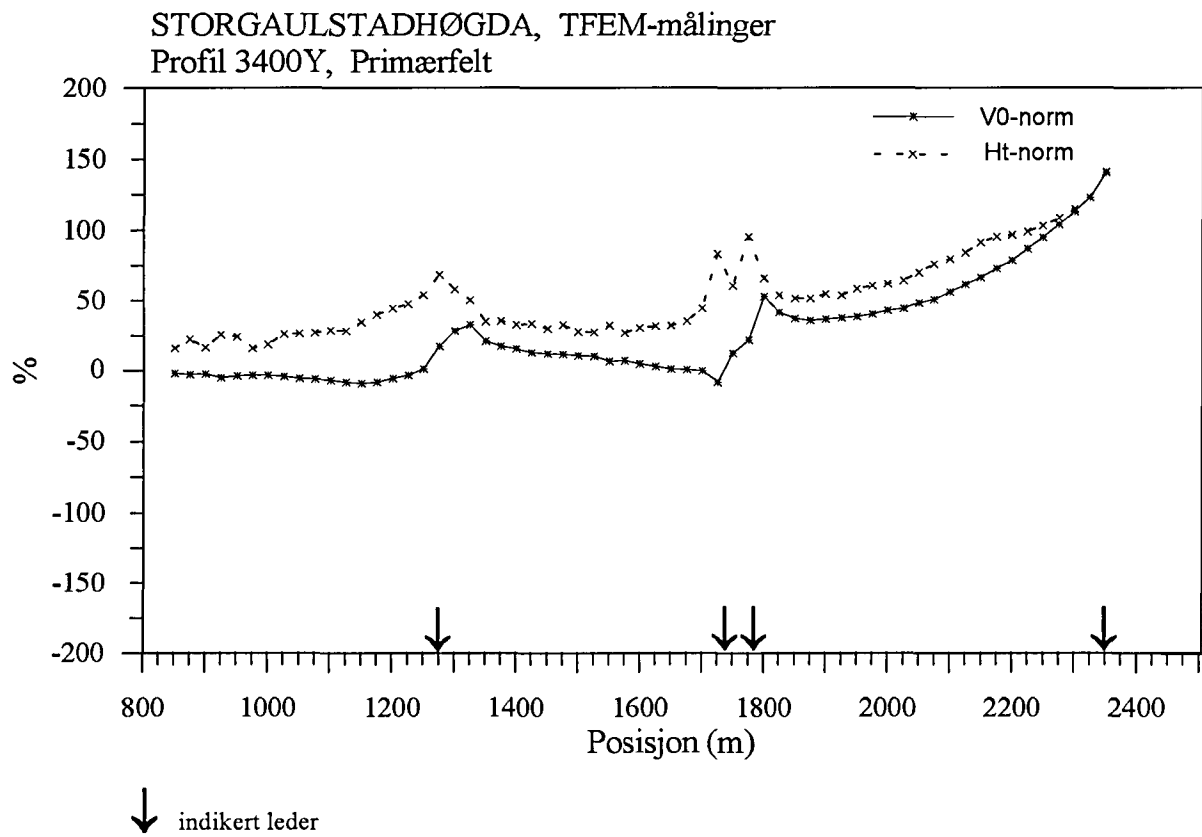
STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 3400Y, V1-V7



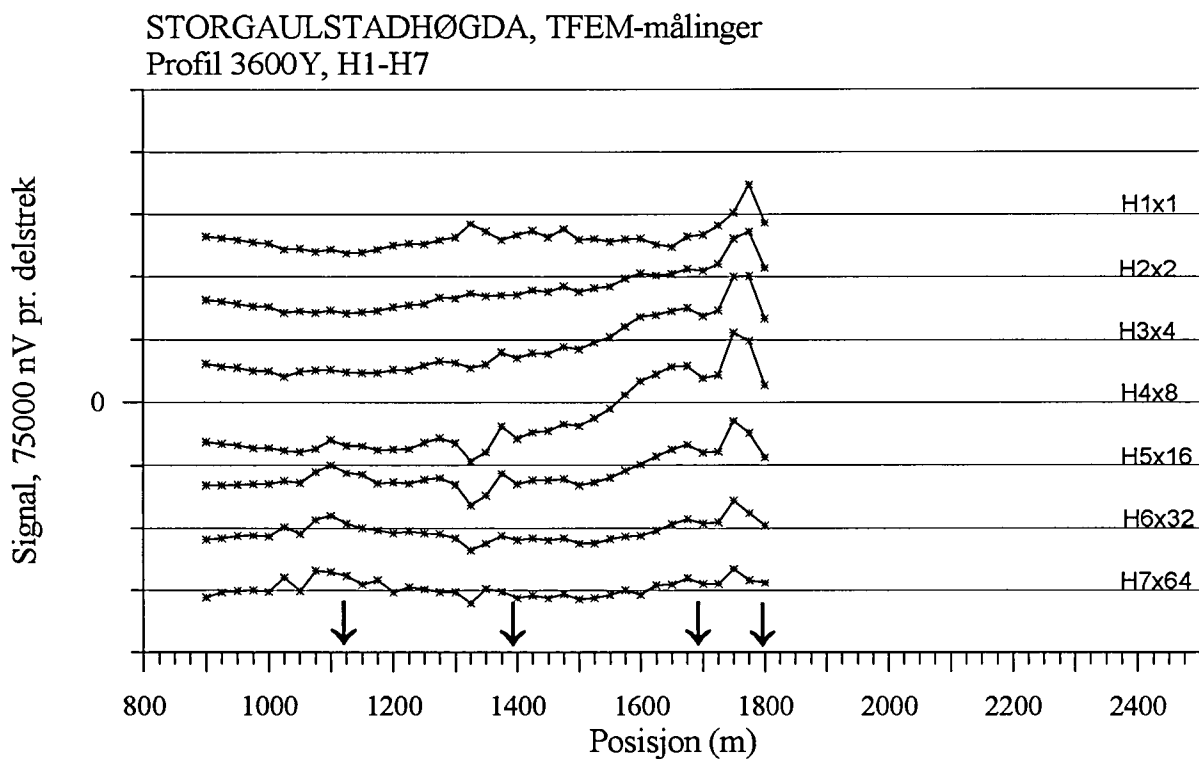
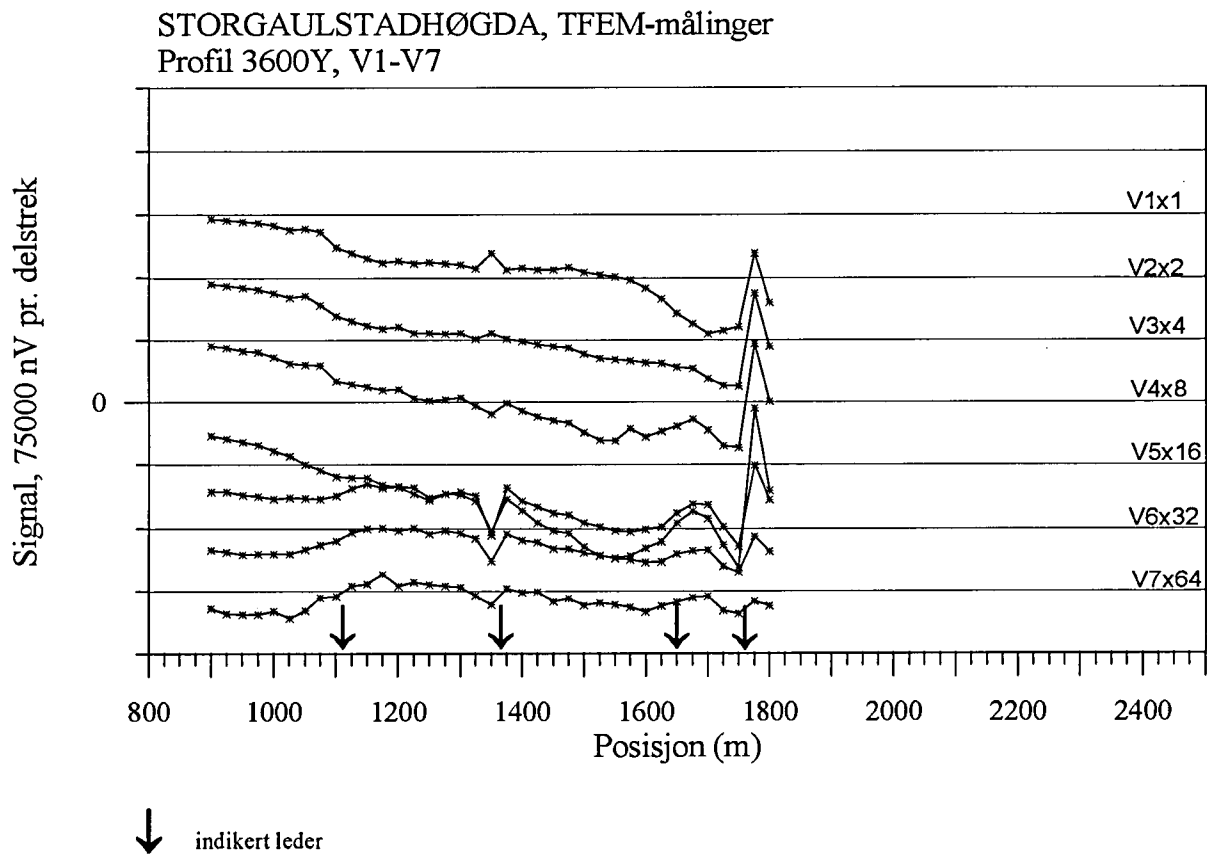
STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 3400Y, H1-H7



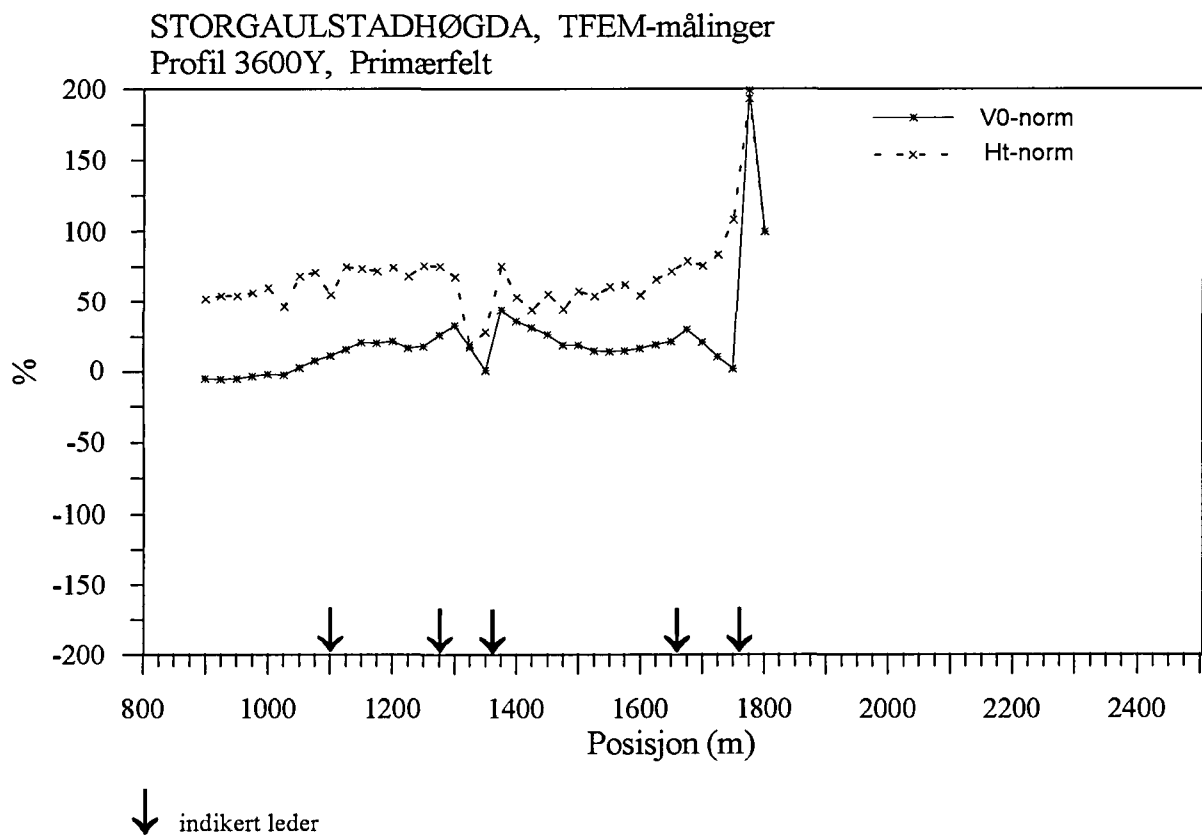
Figur 1.16 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3400Y



Figur 1.17 Normalisert primærfelt, profil 3400Y

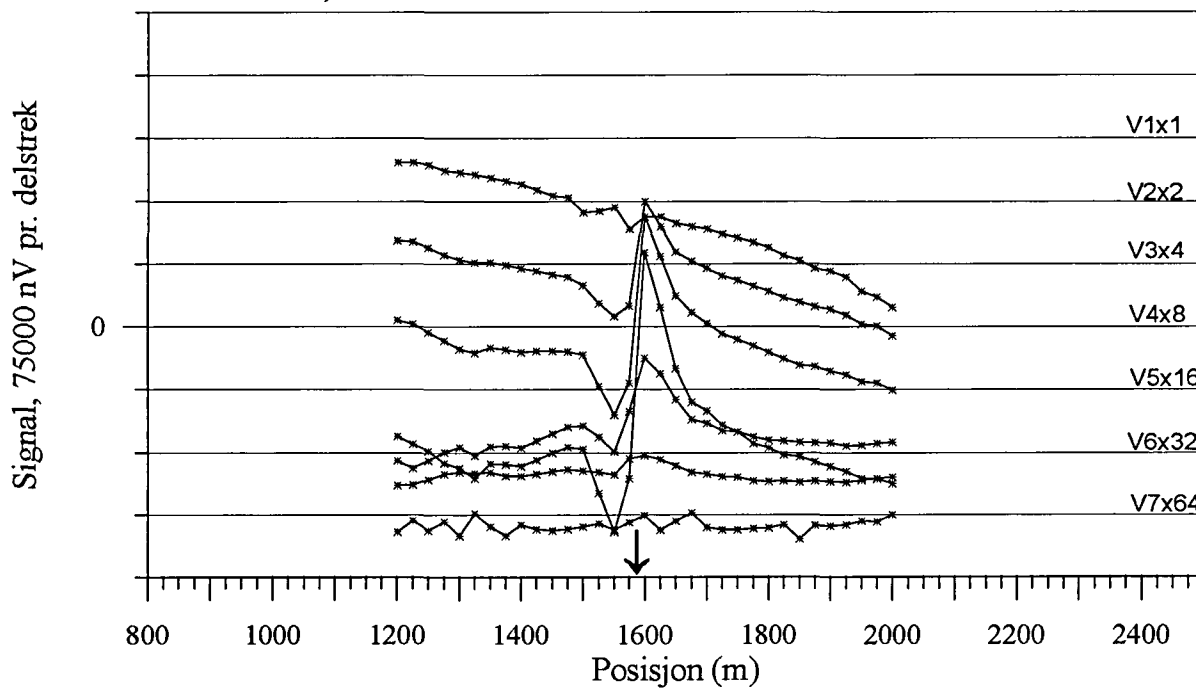


Figur 1.18 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3600Y



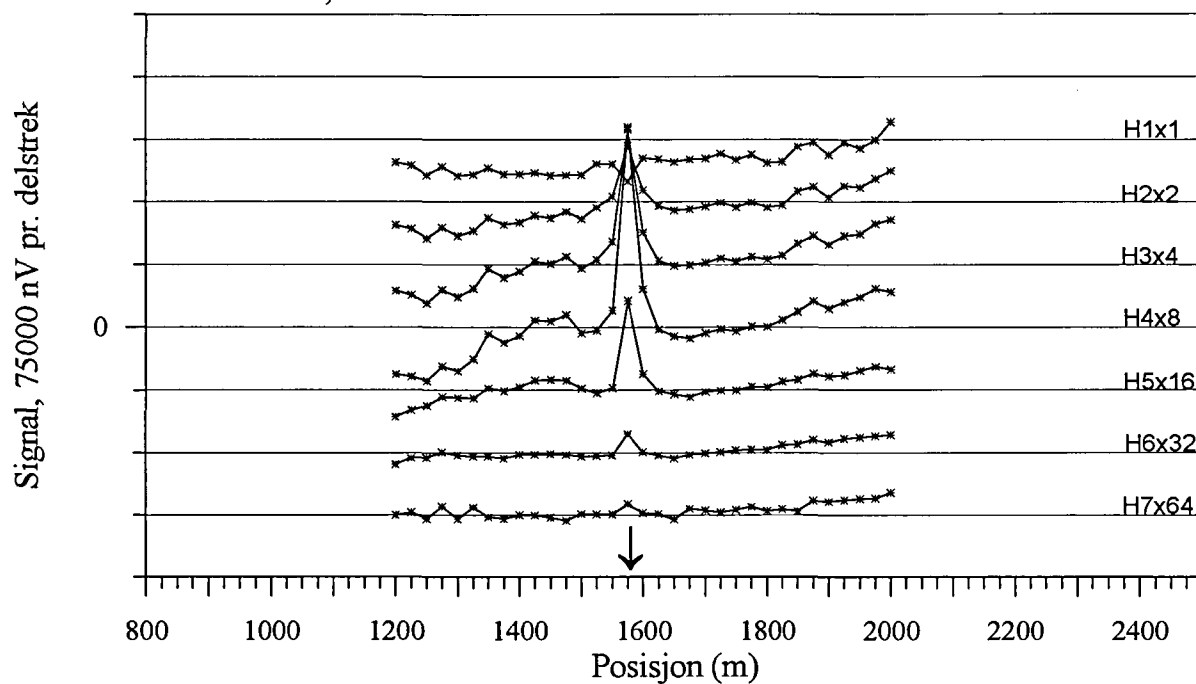
Figur 1.19 Normalisert primærfelt, profil 3600Y

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil3800Y, V1-V7

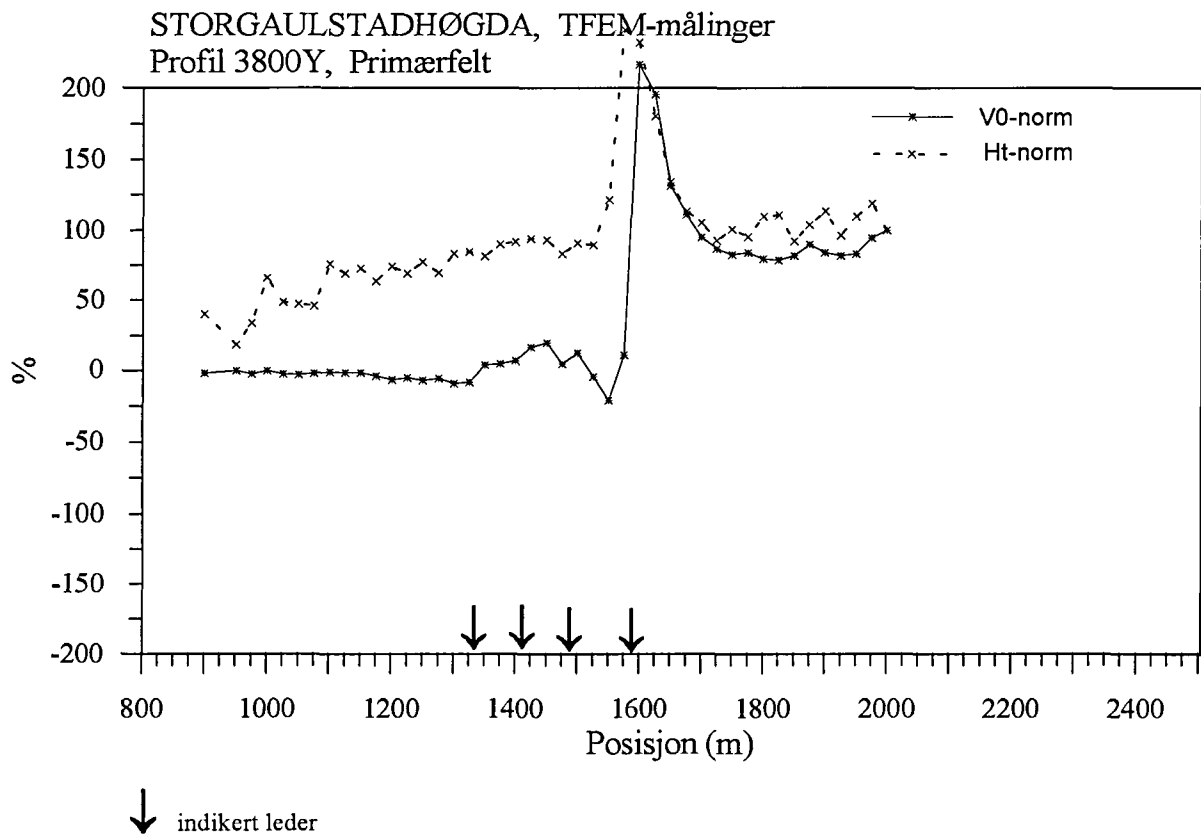


↓ indikert leder

STORGAULSTADHØGDA, TFEM-målinger
Profil 3800Y, H1-H7

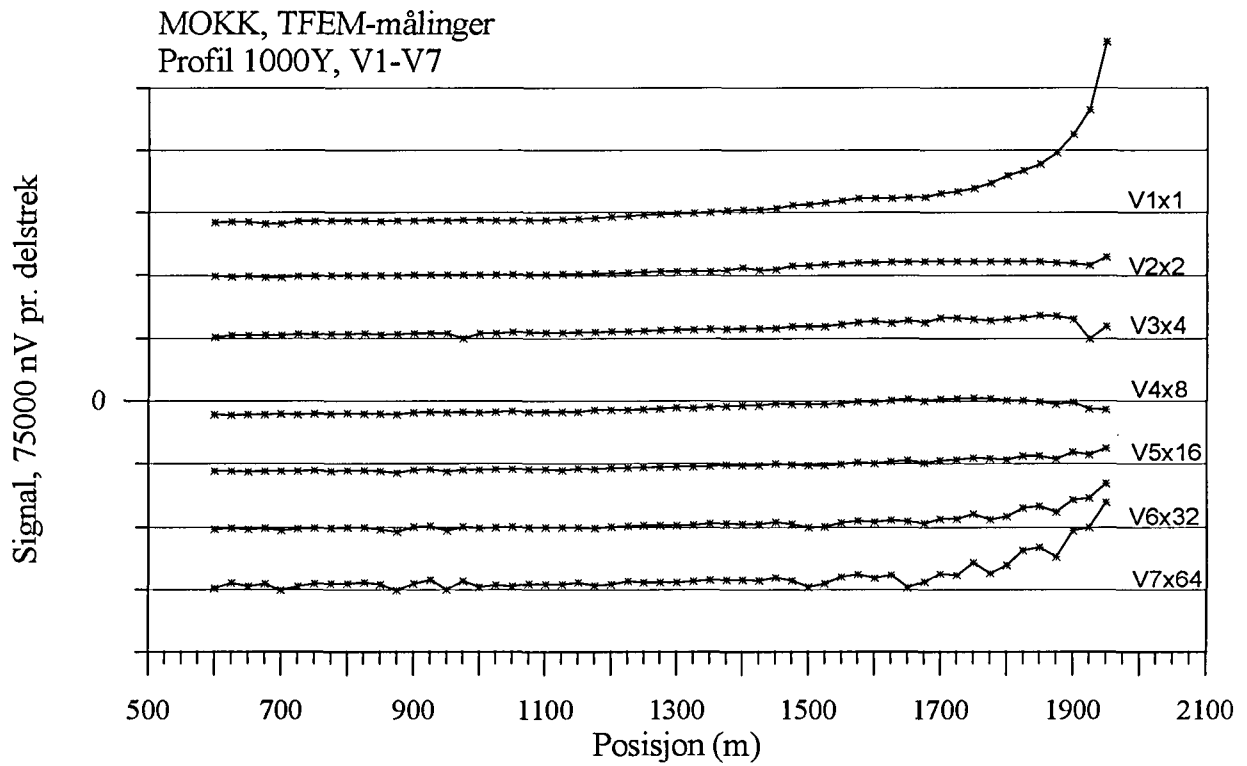


Figur 1.20 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3800Y

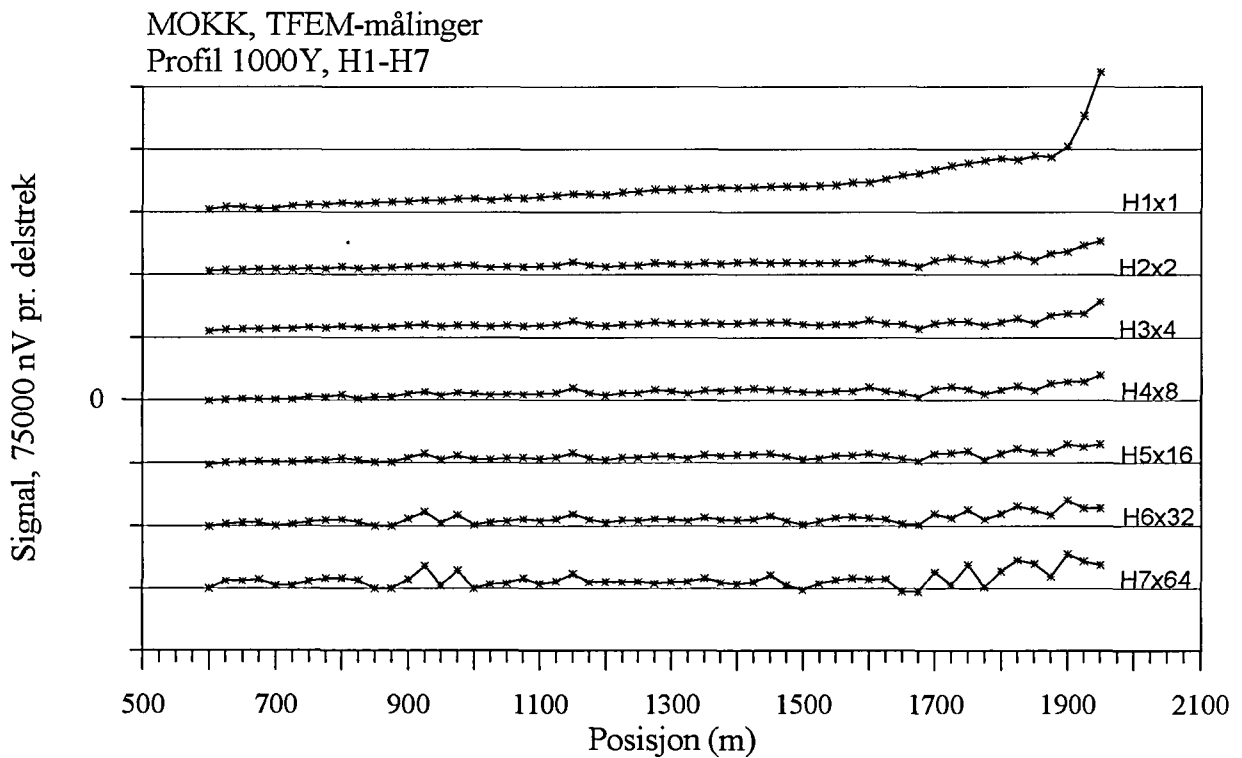


Figur 1.21 Normalisert primærfelt, profil 3800Y

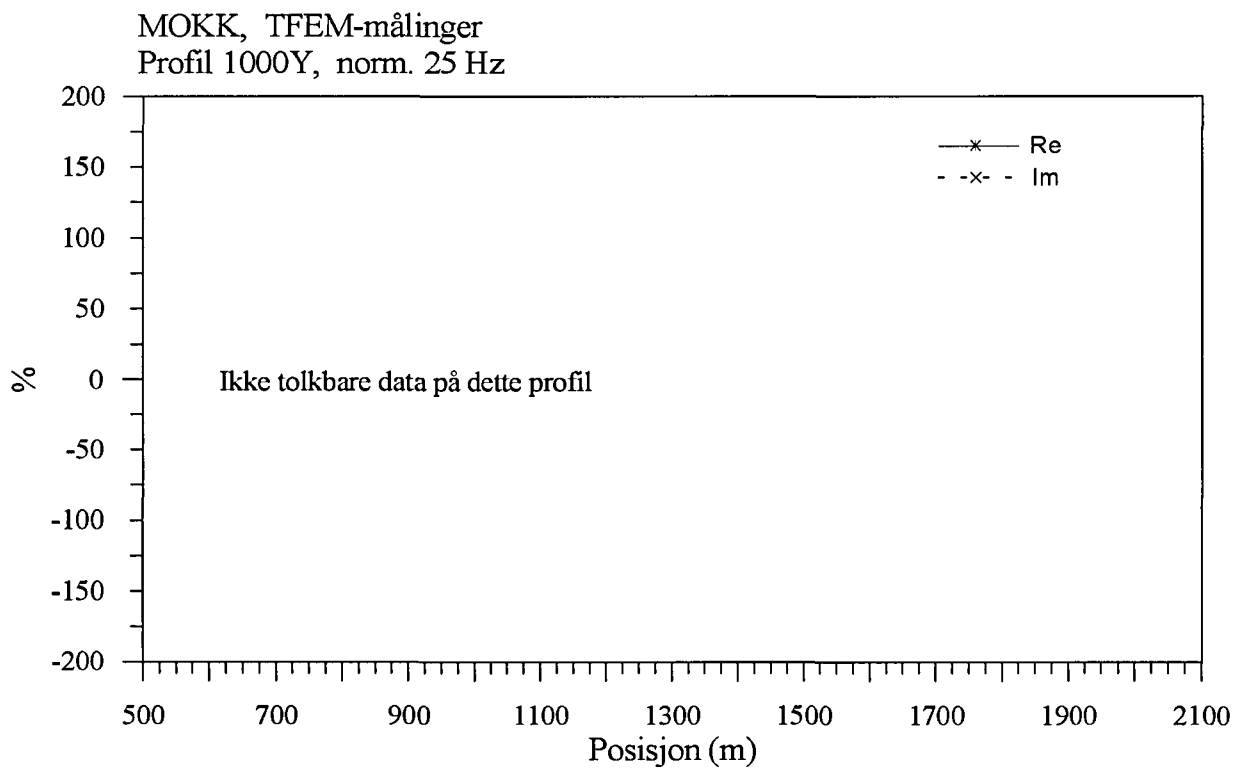
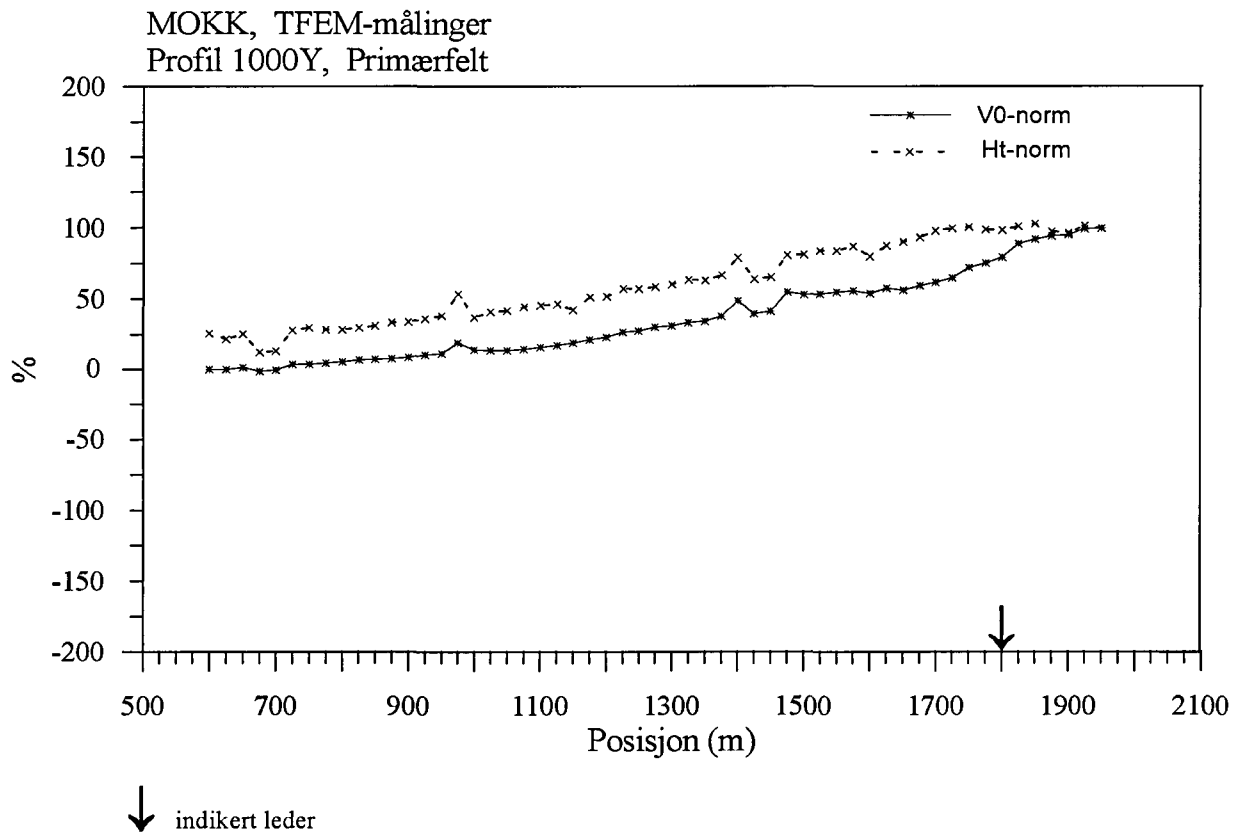
Databilag 2: Figur 2.1 - 2.18 Profilplott av tidsdomenet, primærfelt og 25 Hz, Møkk



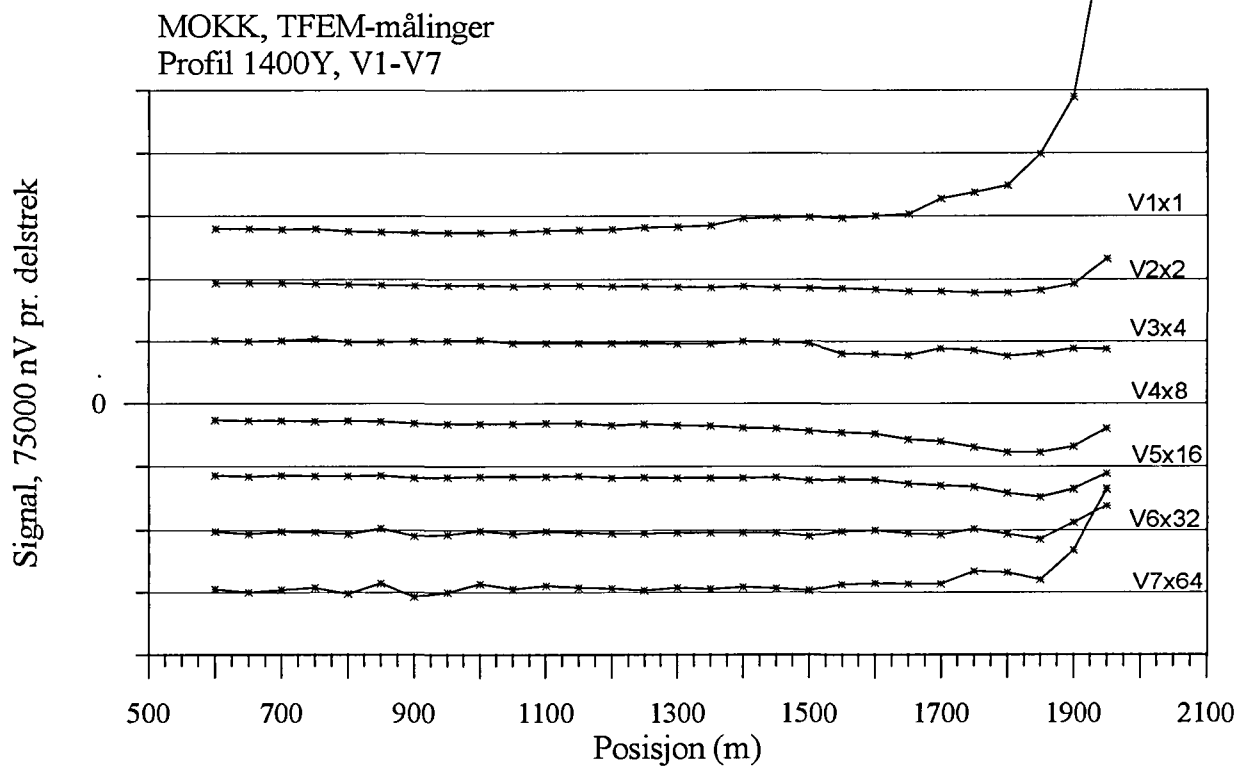
↓ indikert leder



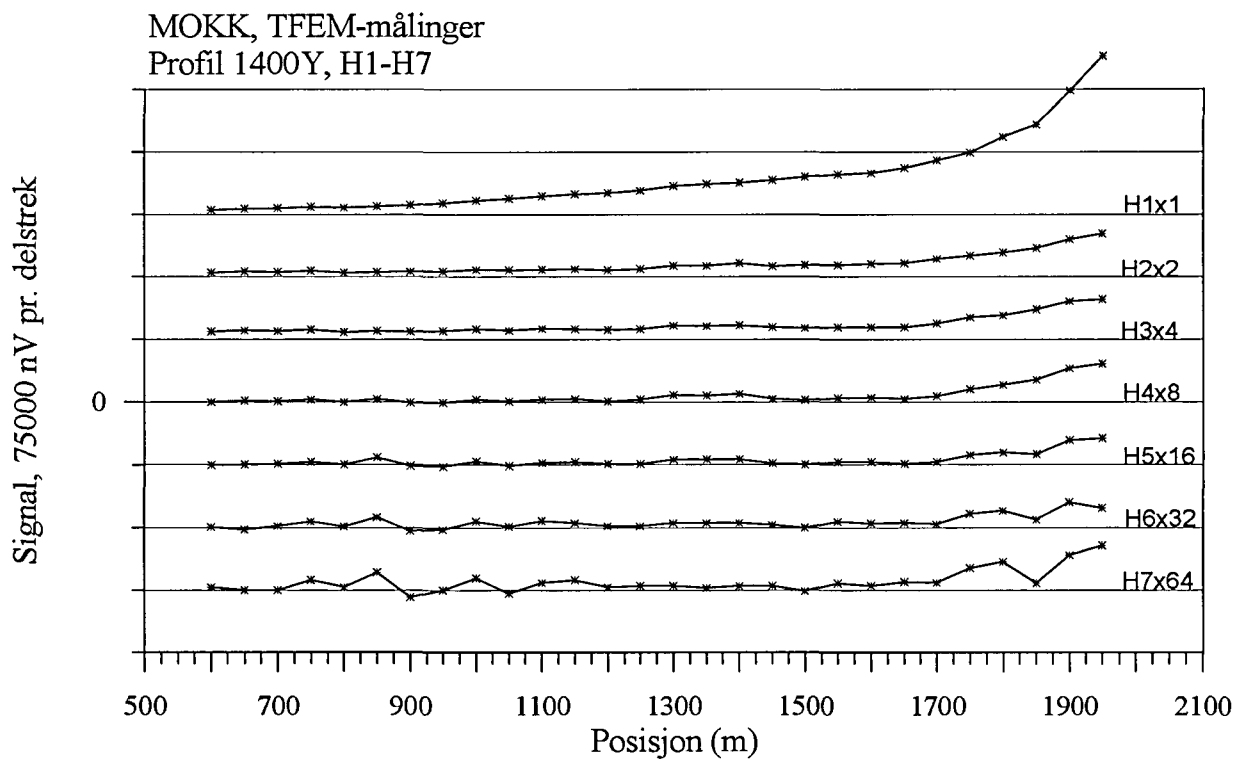
Figur 2.1 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1000Y



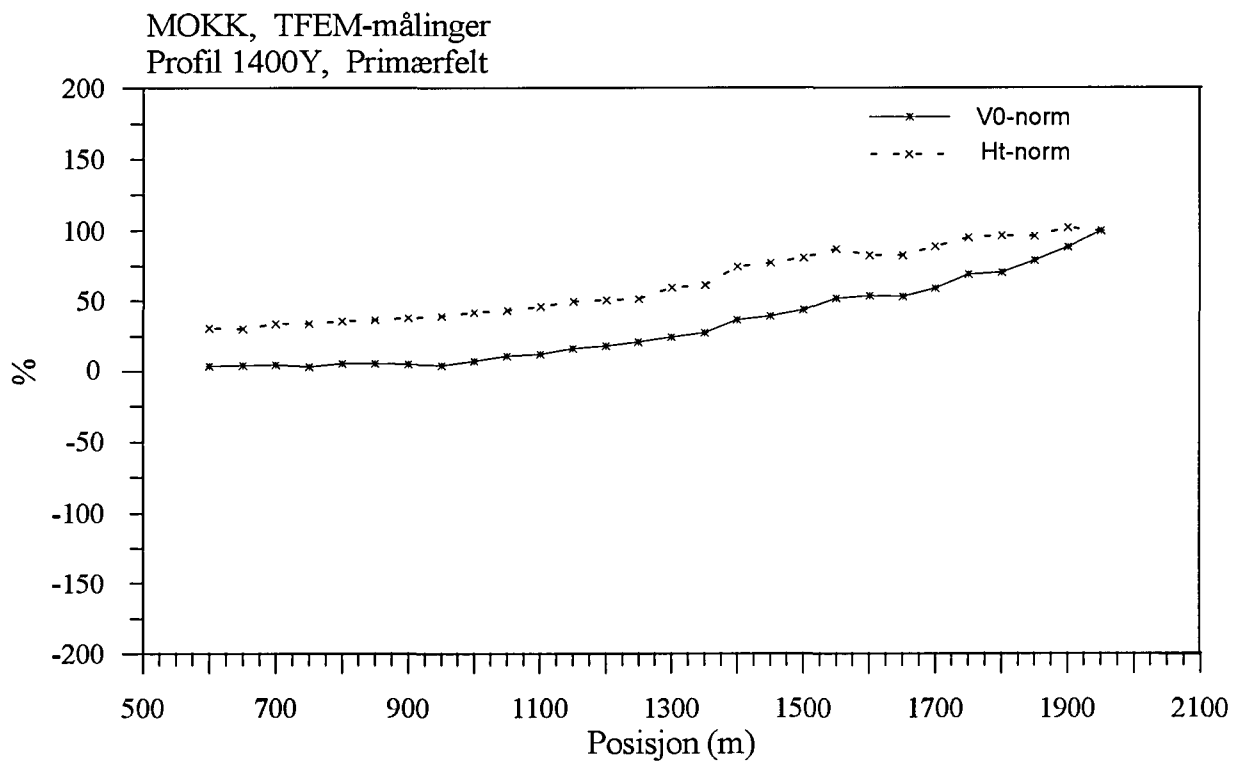
Figur 2.2 Normalisert primærfelt, profil 1000Y



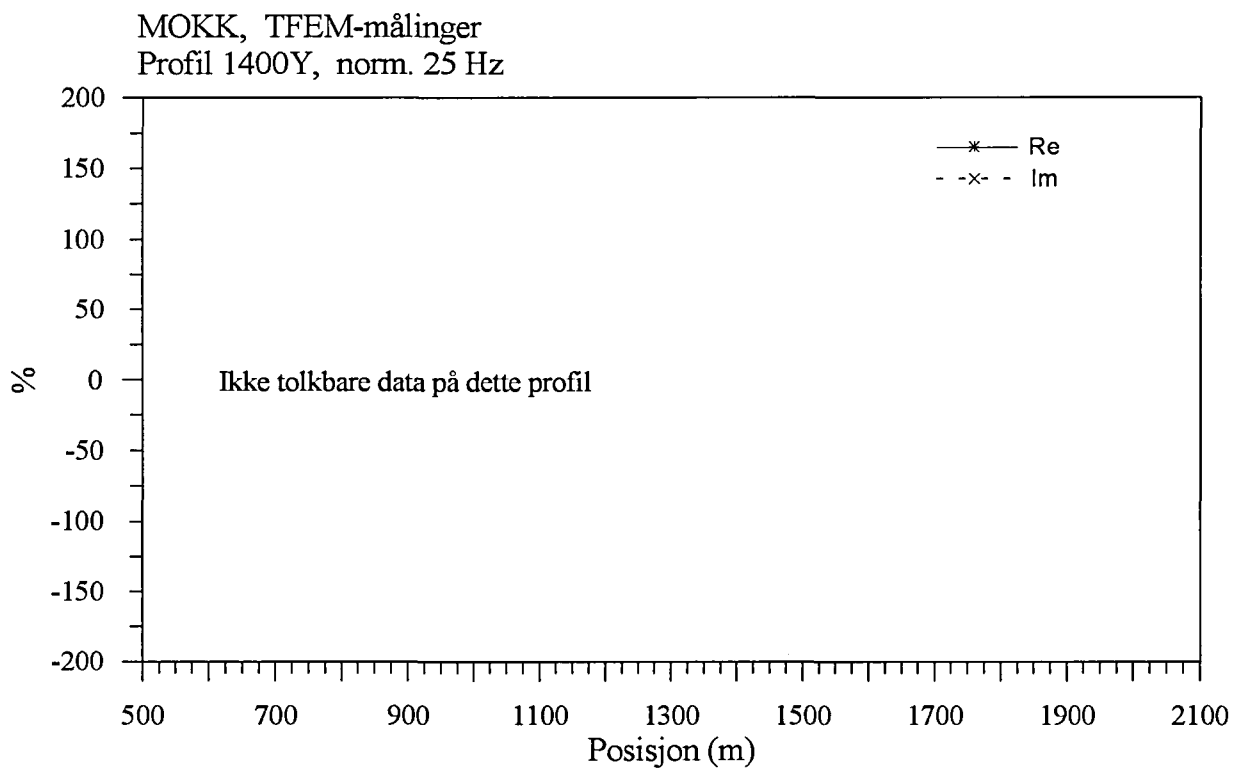
↓ indikert leder



Figur 2.3 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1400Y

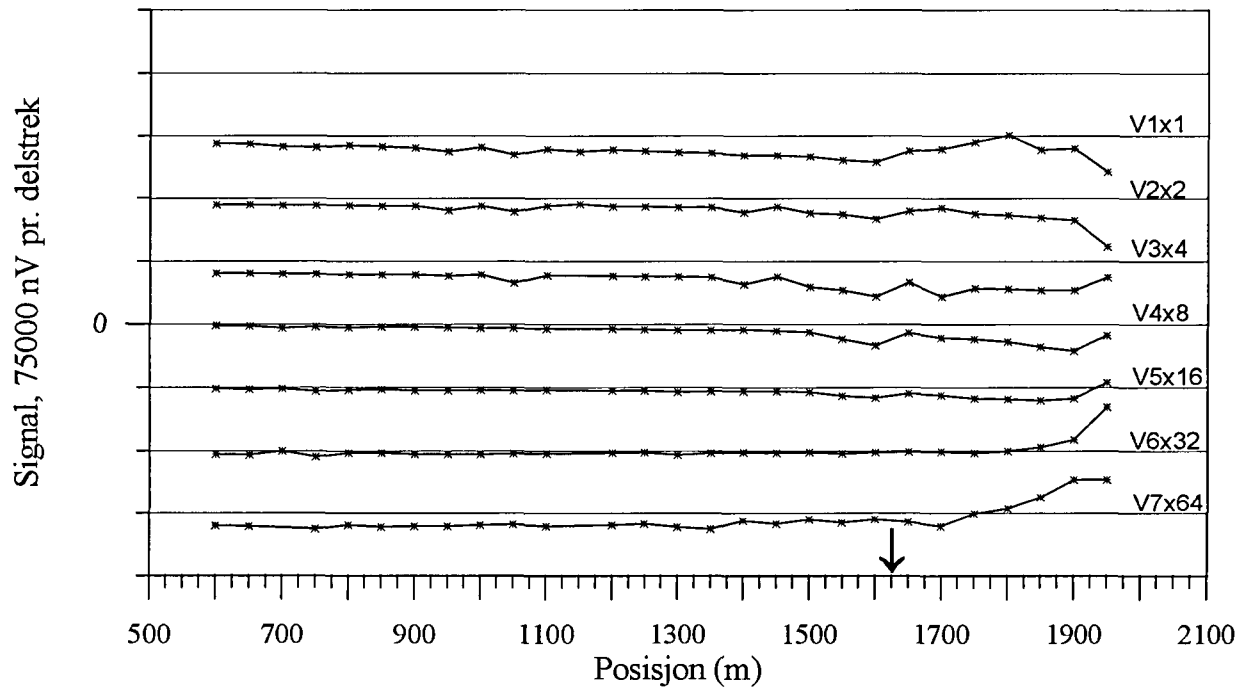


↓ indikert leder



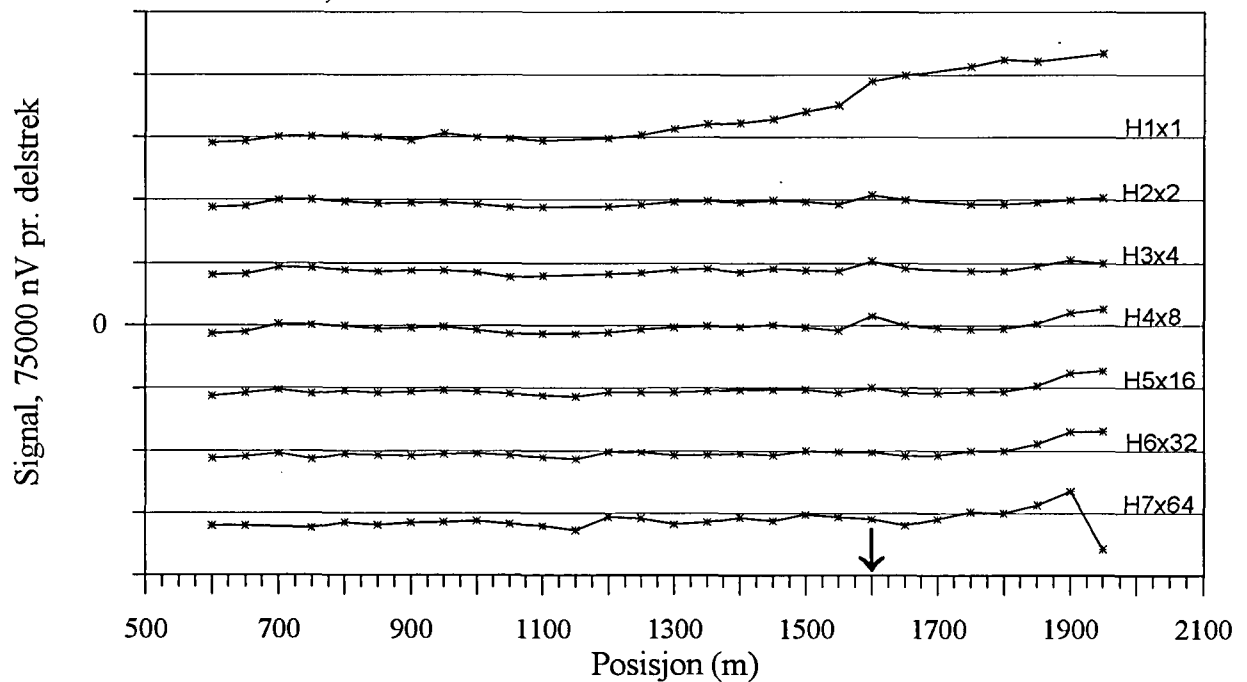
Figur 2.4 Normalisert primærfelt, profil 1400Y

MOKK, TFEM-målinger
Profil 1600Y, V1-V7

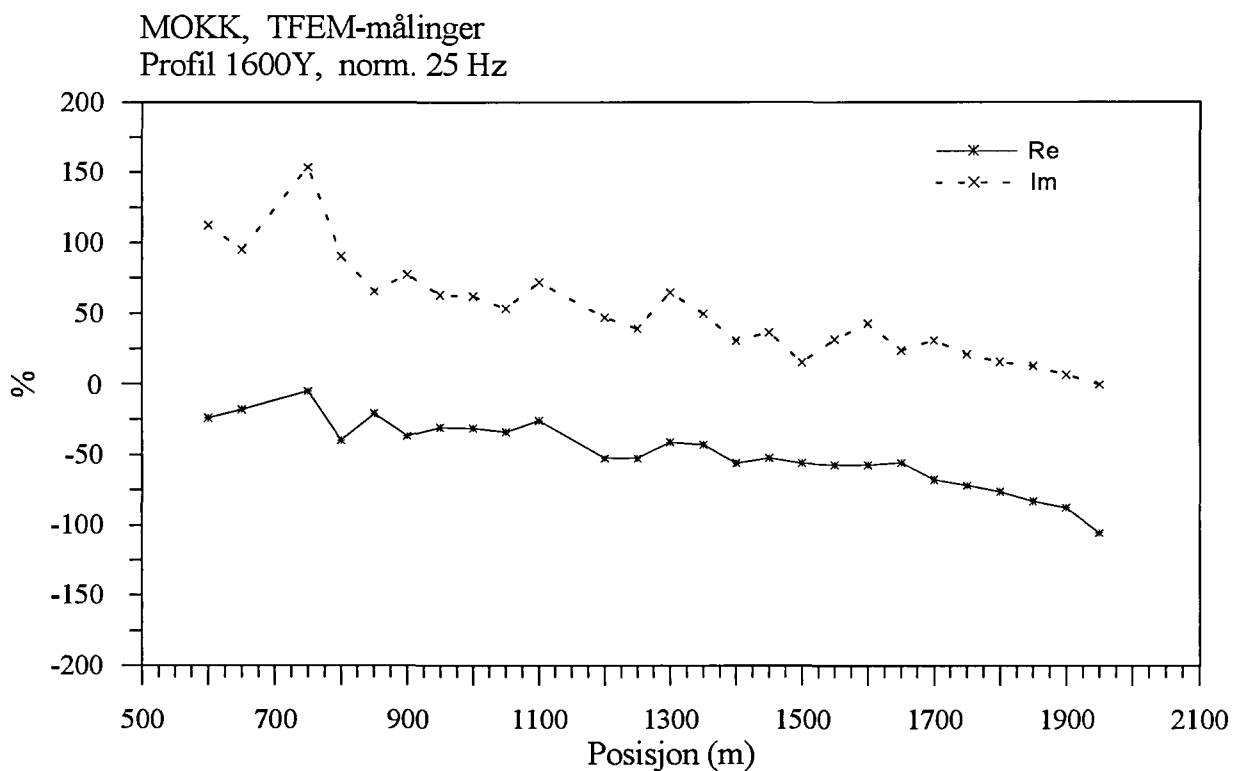
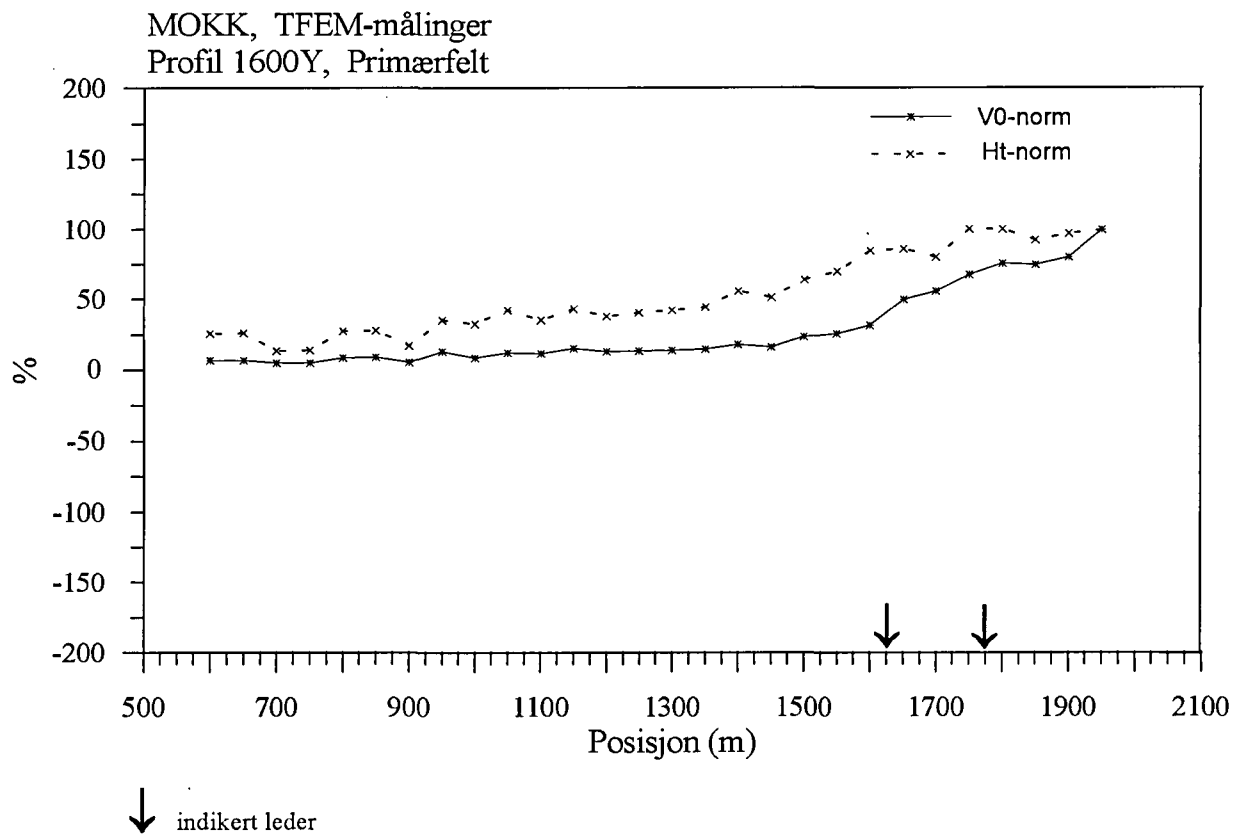


↓ indikert leder

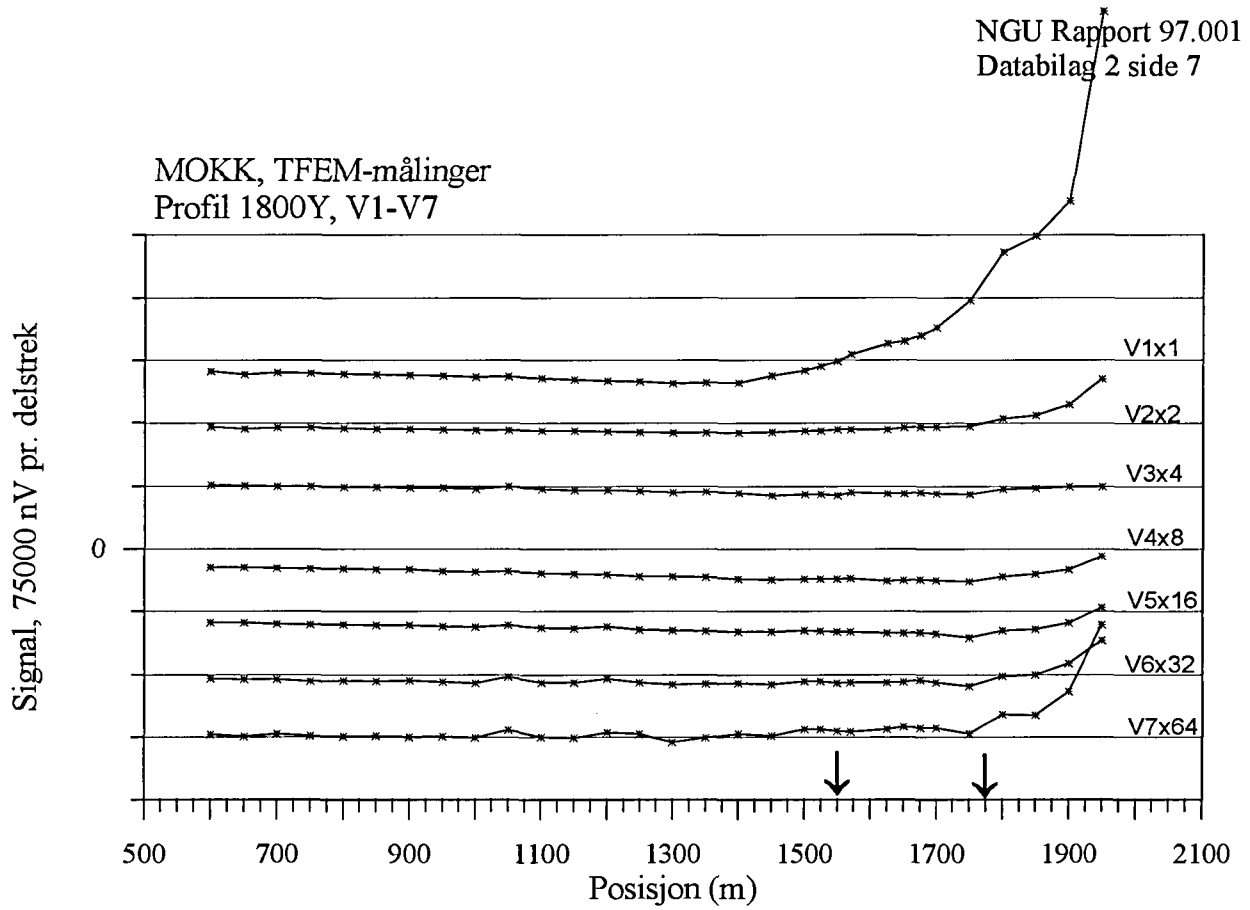
MOKK, TFEM-målinger
Profil 1600Y, H1-H7



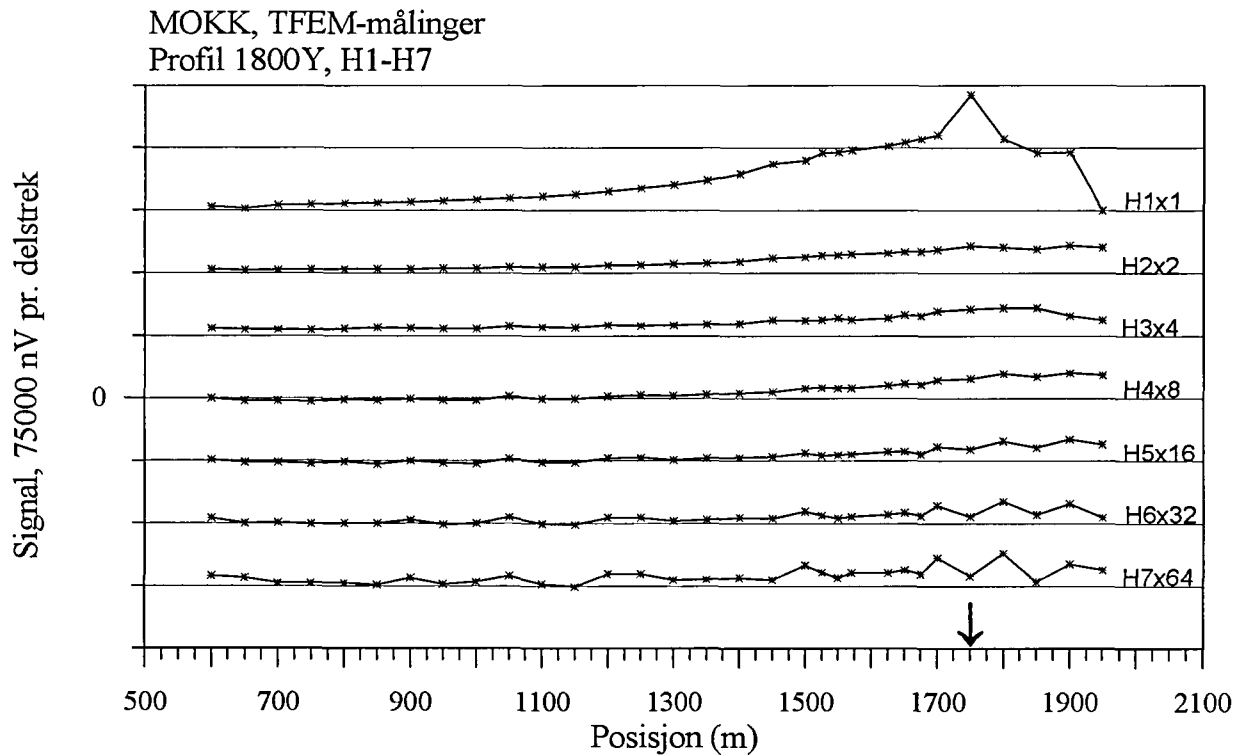
Figur 2.5 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1600Y



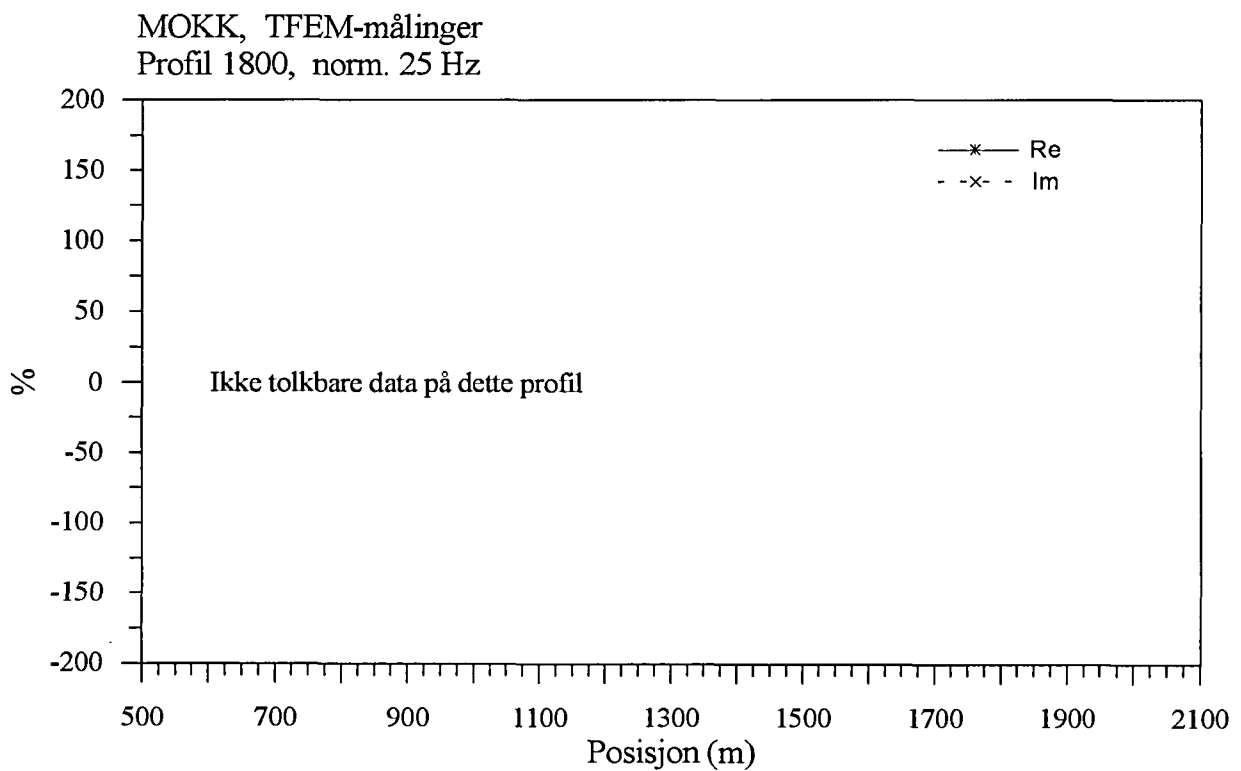
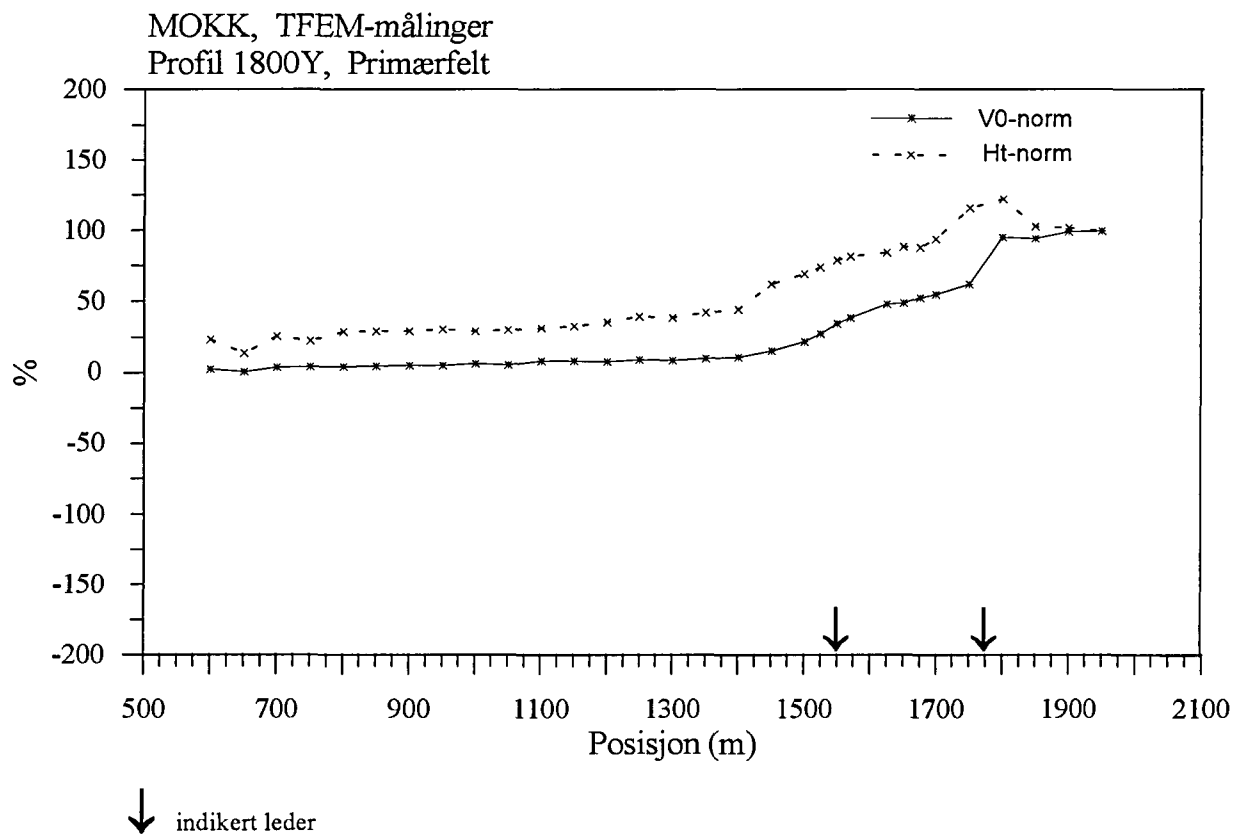
Figur 2.6 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 1600Y



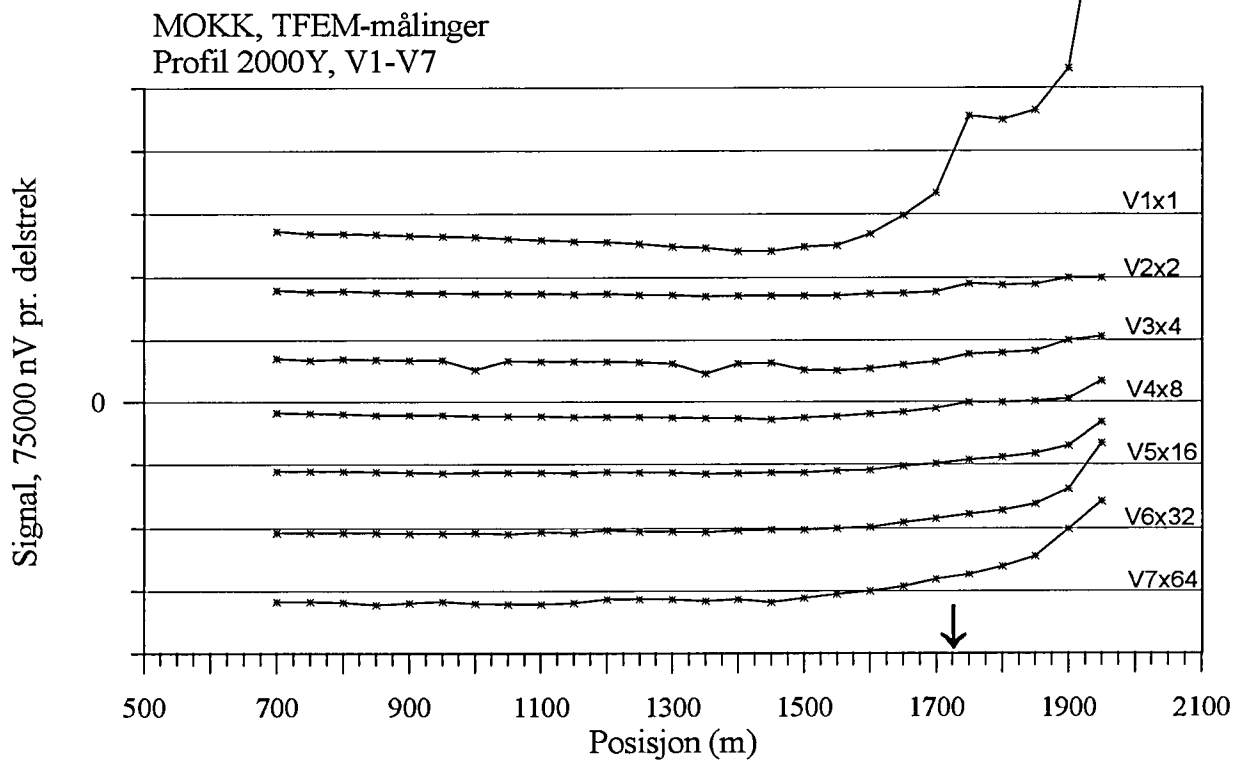
↓ indikert leder



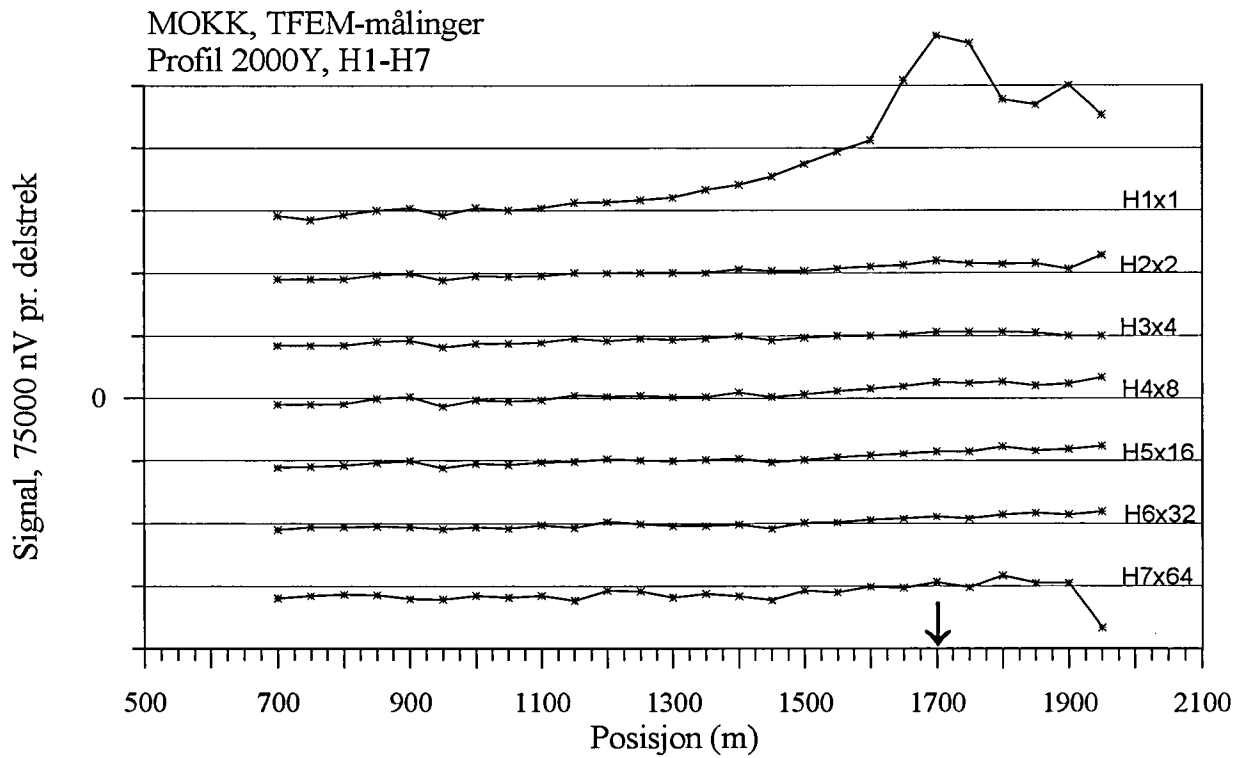
Figur 2.7 Vertikal og horisontalkanaler, profil 1800Y



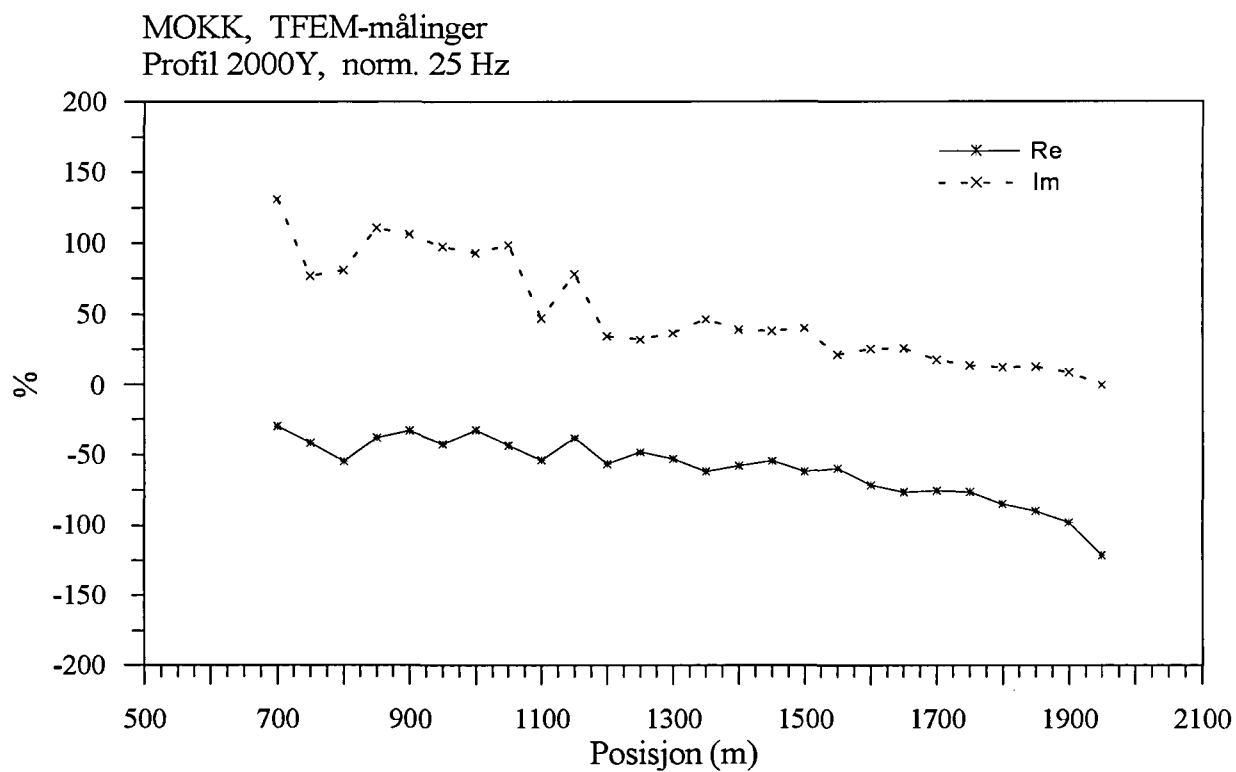
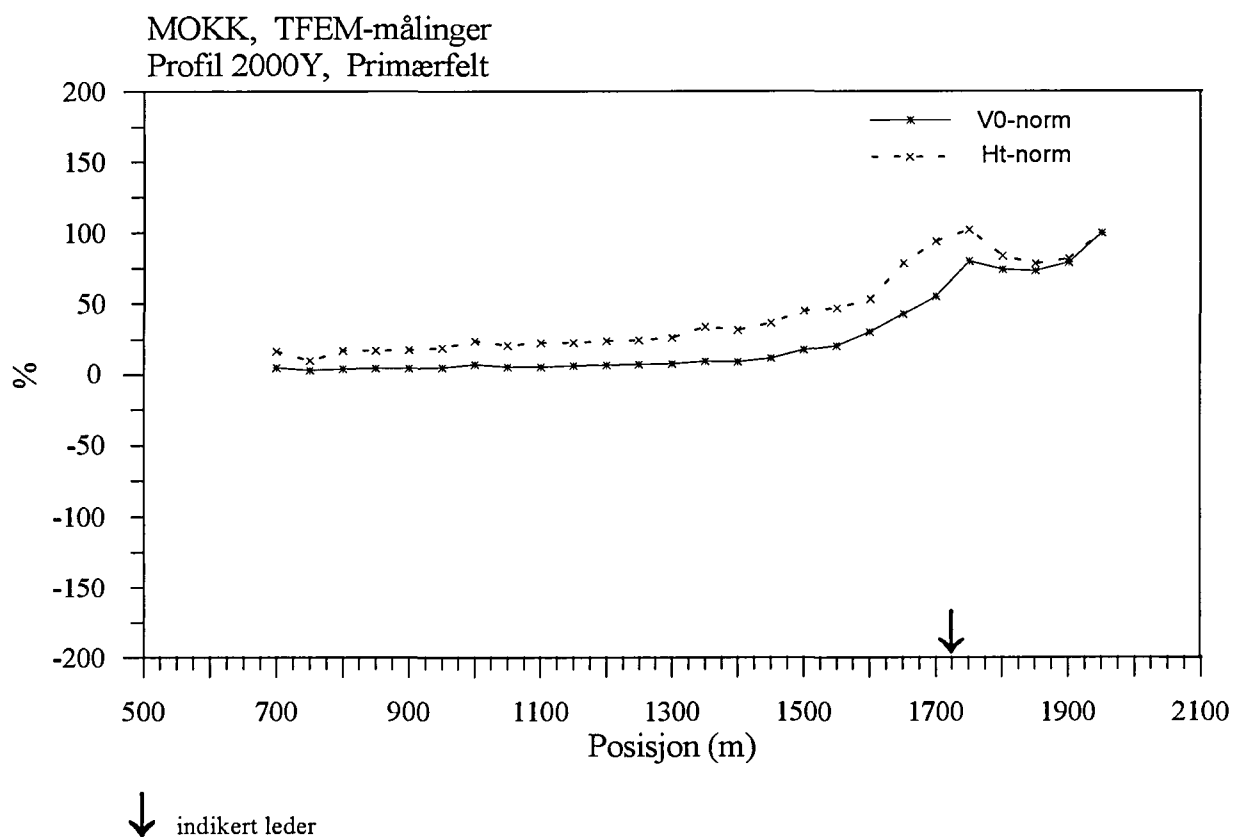
Figur 2.8 Normalisert primærfelt, profil 1800Y



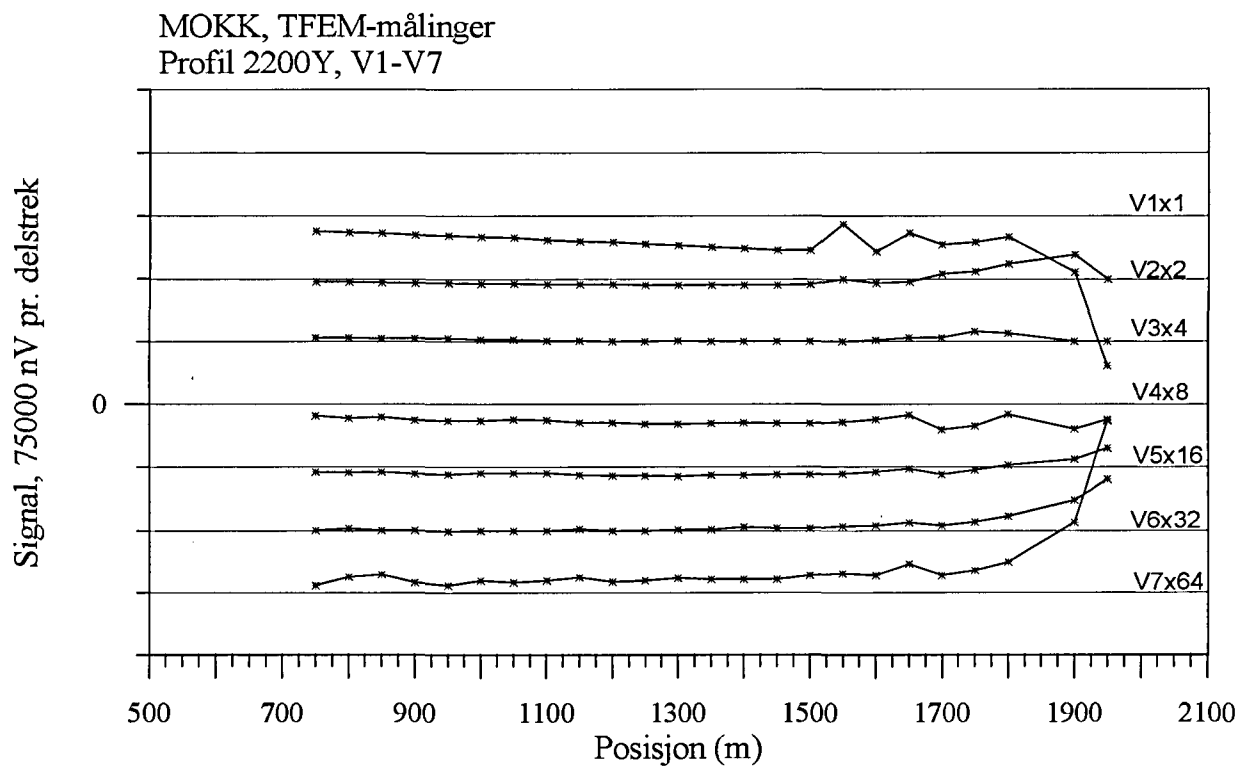
↓ indikert leder



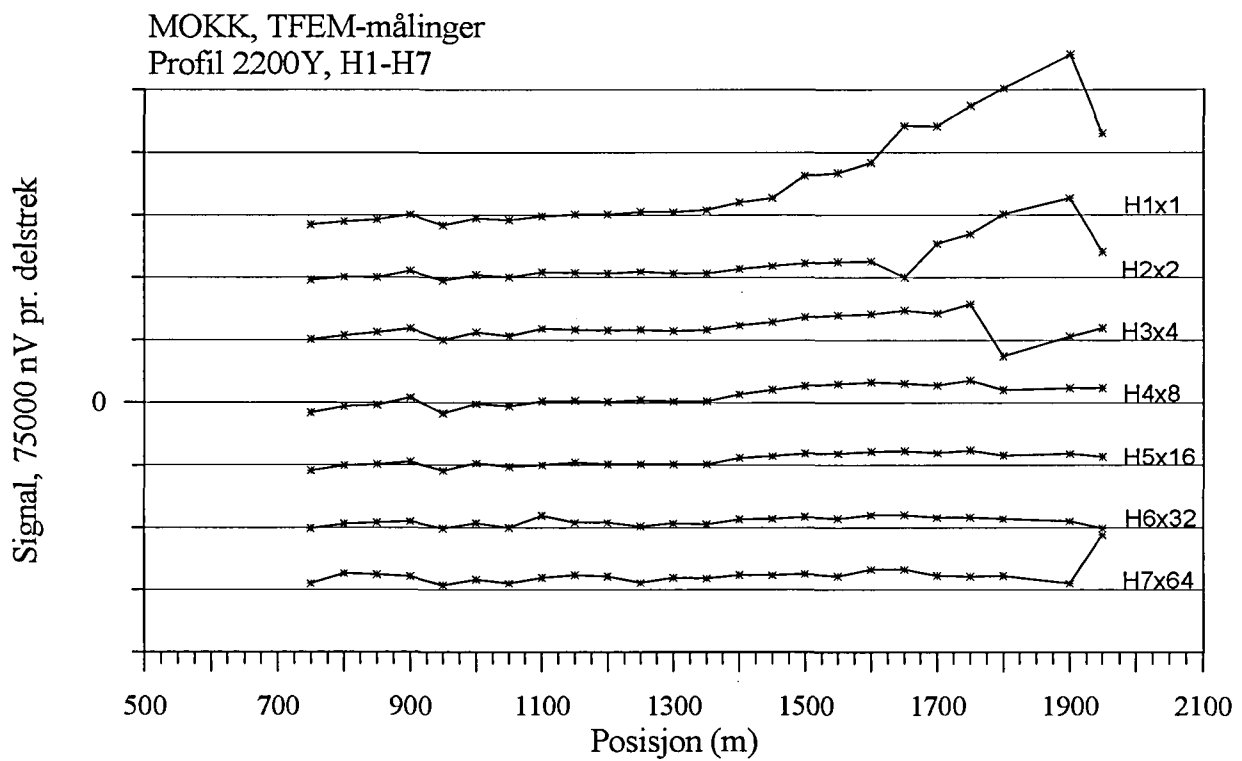
Figur 2.9 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2000Y



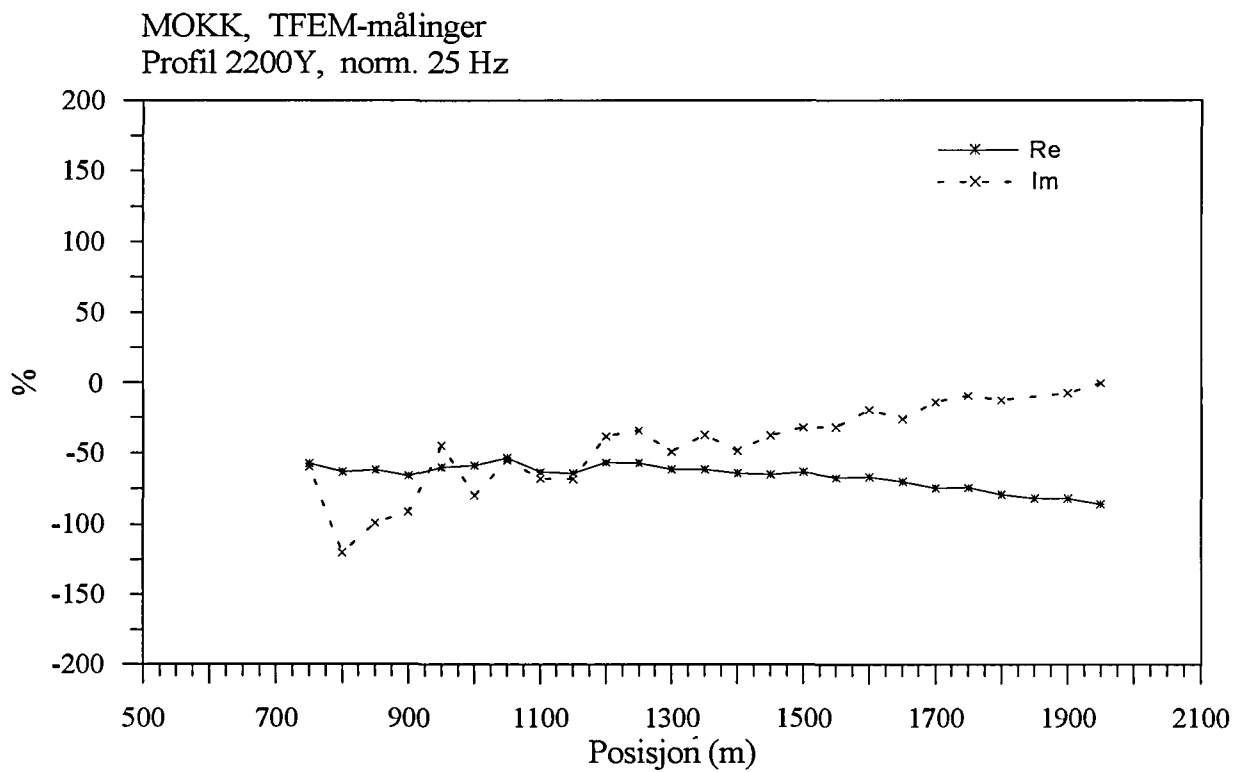
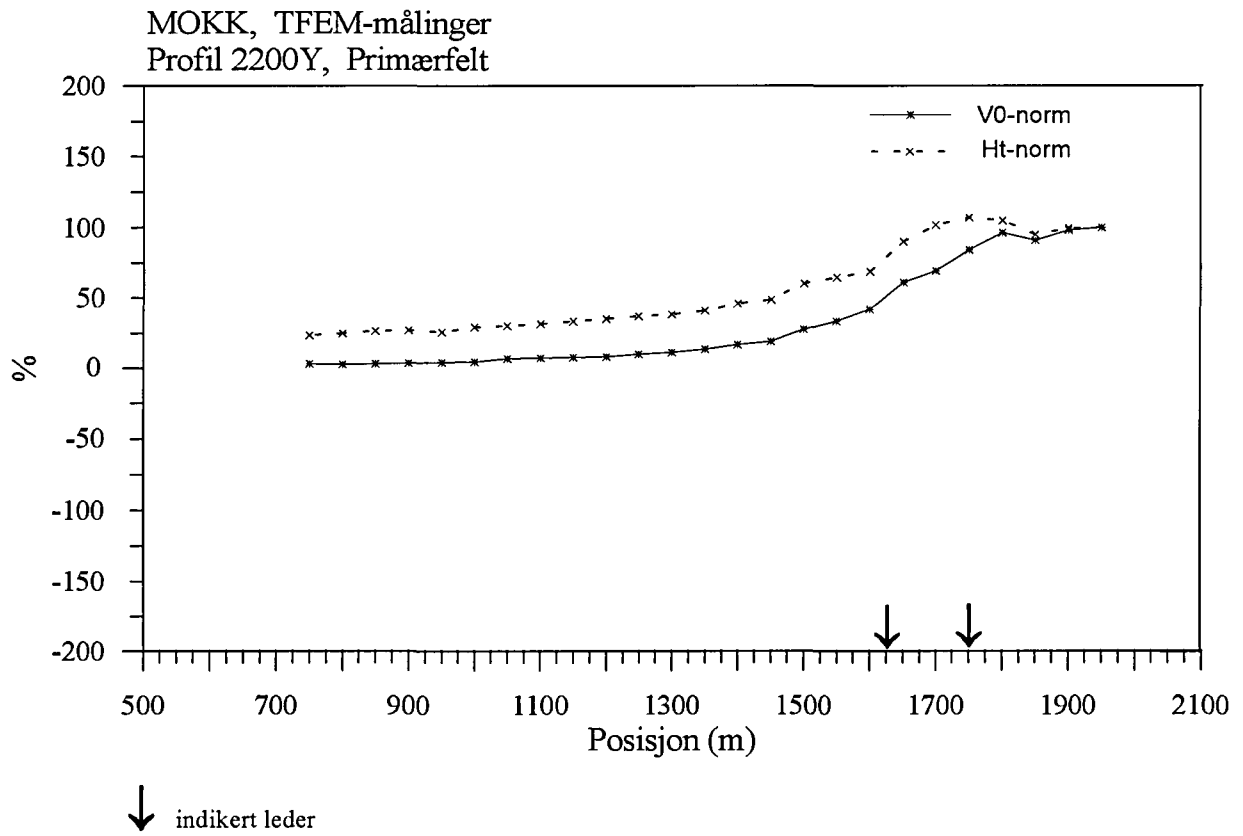
Figur 2.10 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2000Y



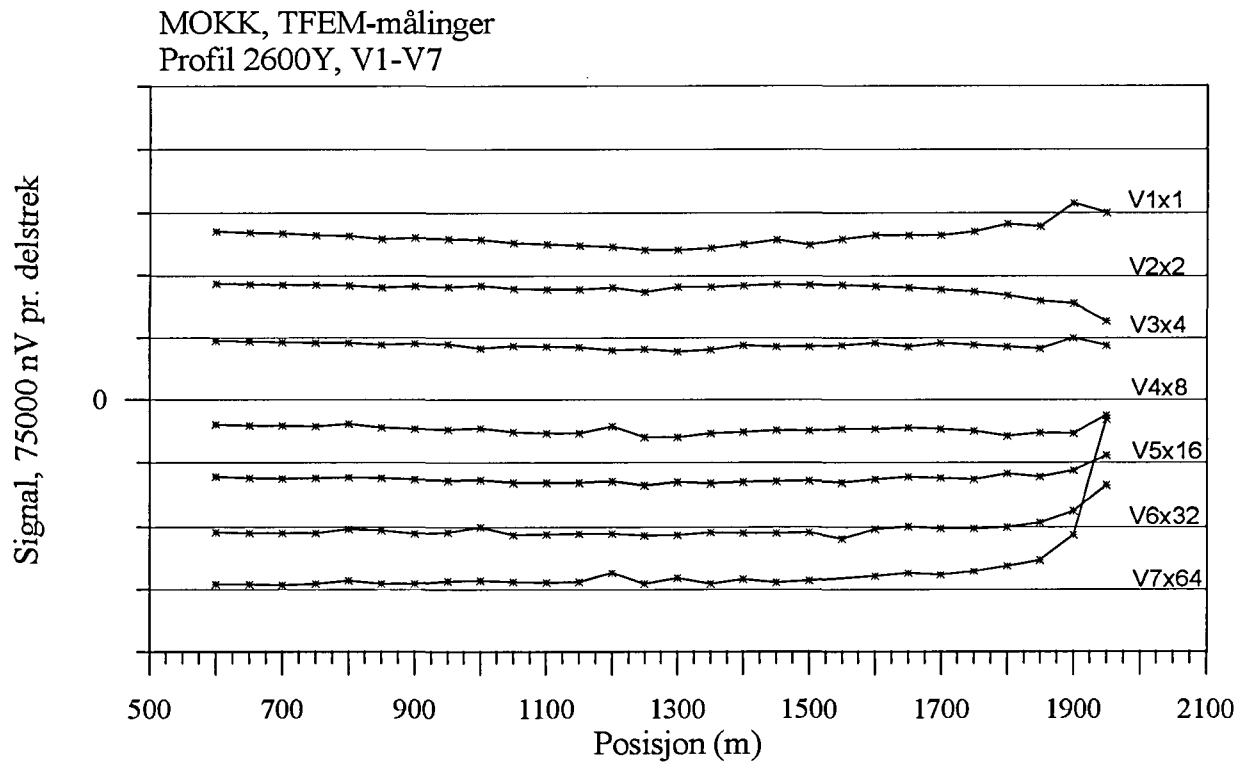
↓ indikert leder



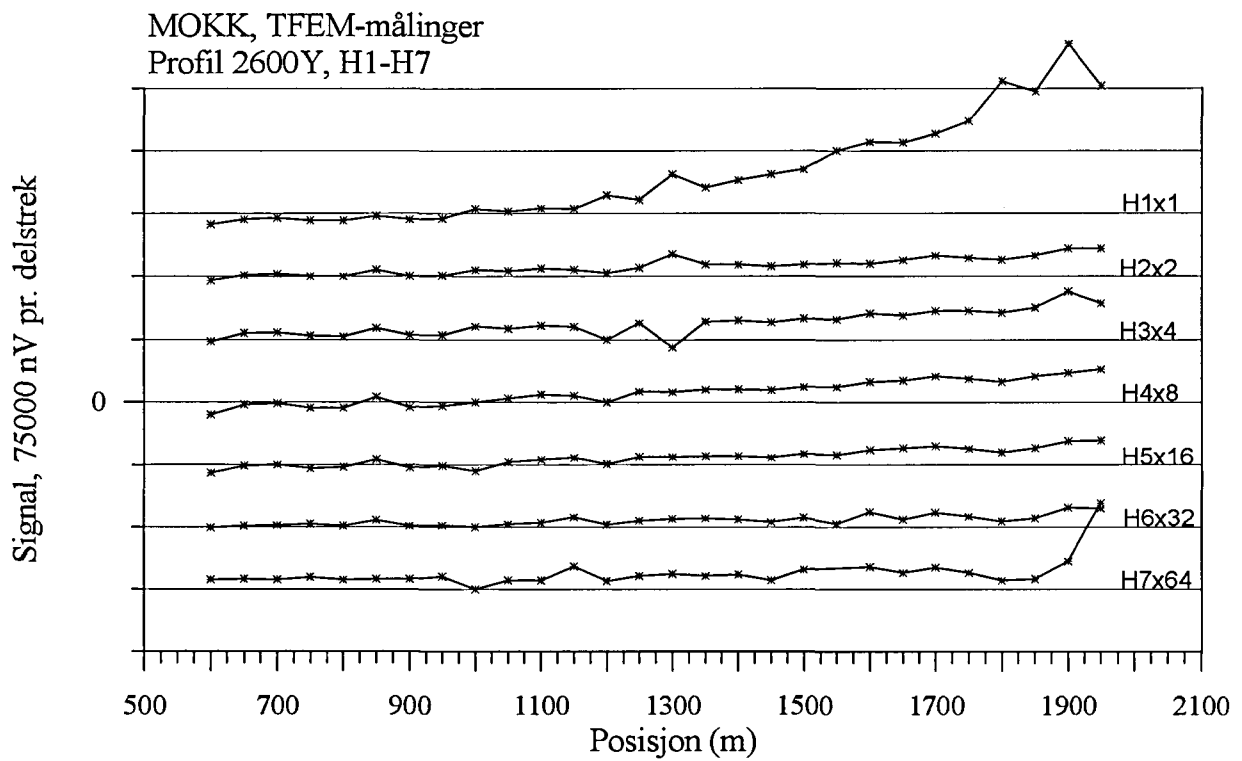
Figur 2.11 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2200Y



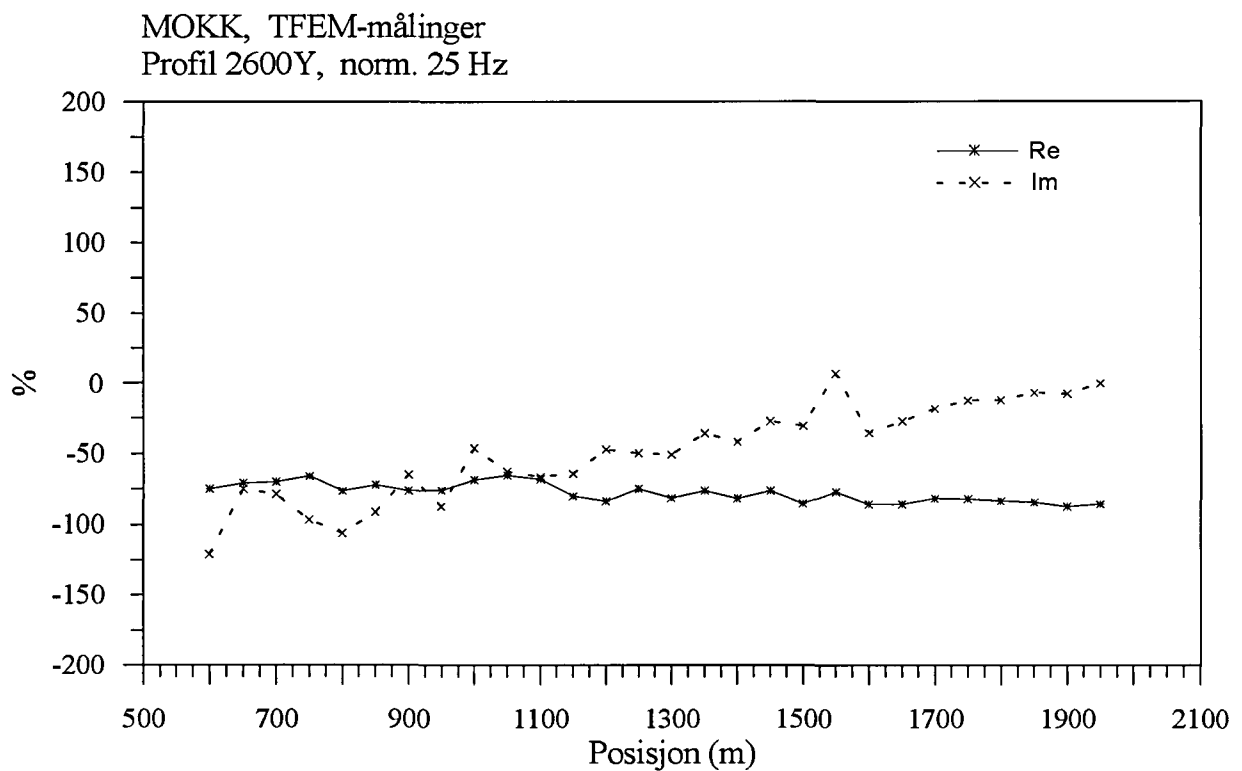
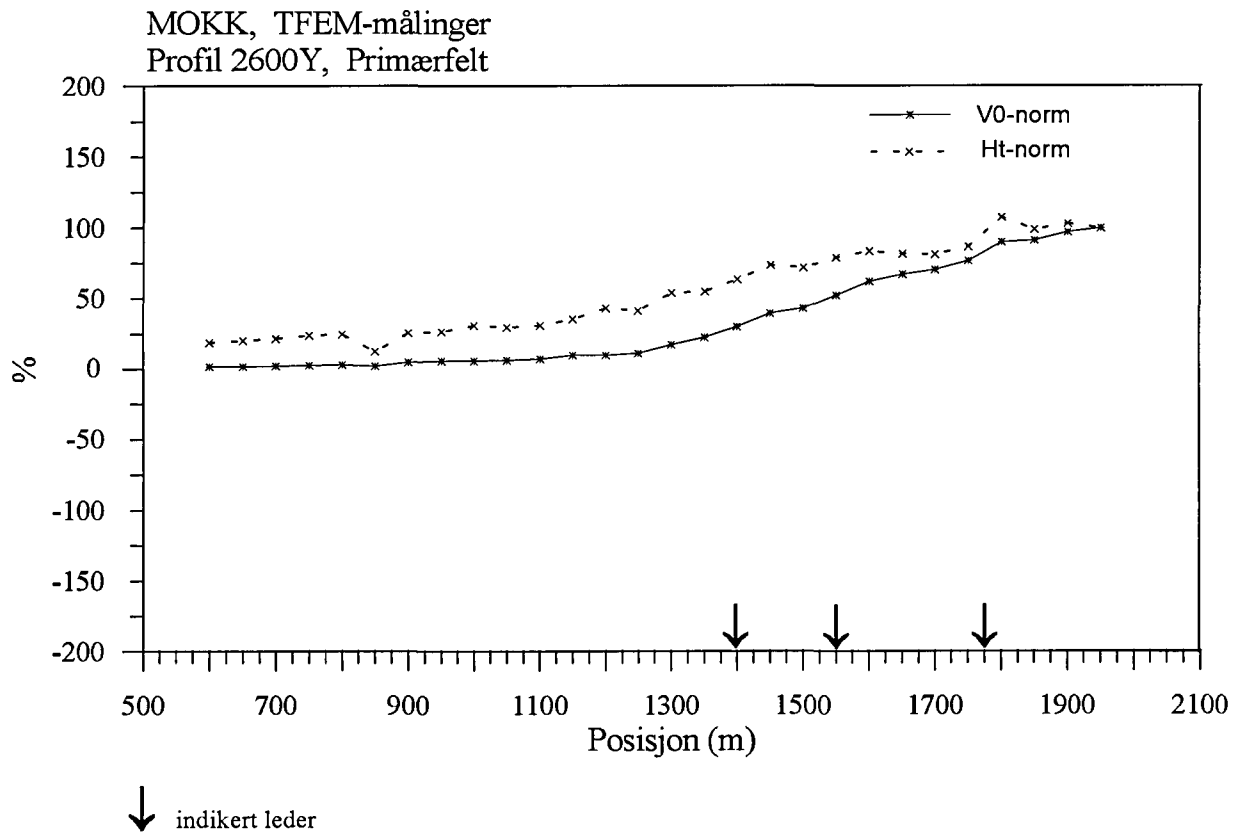
Figur 2.12 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2200Y



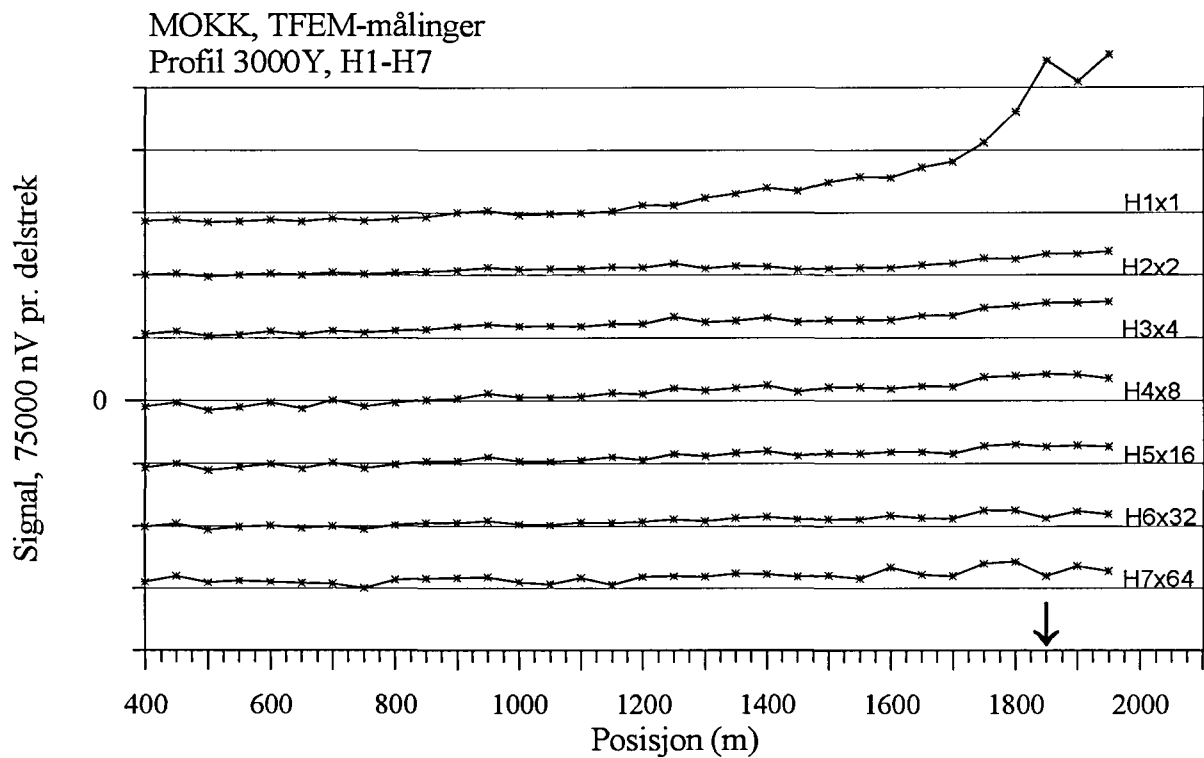
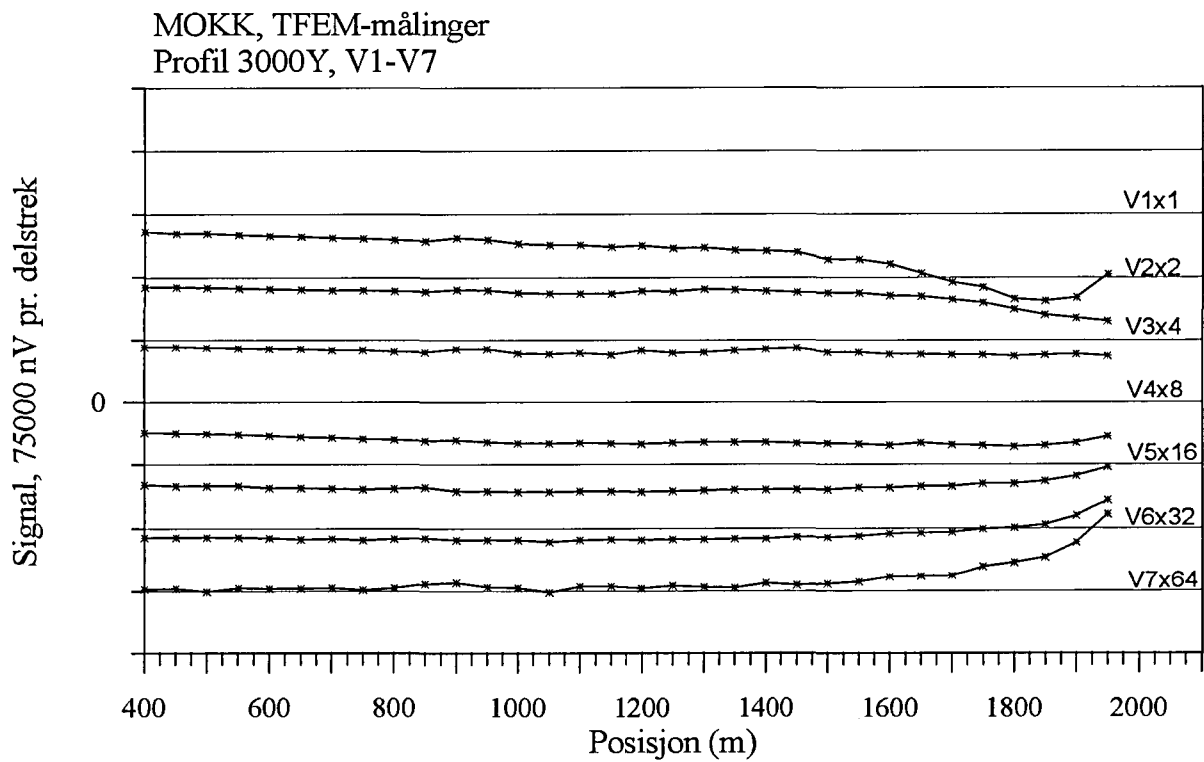
↓ indikert leder



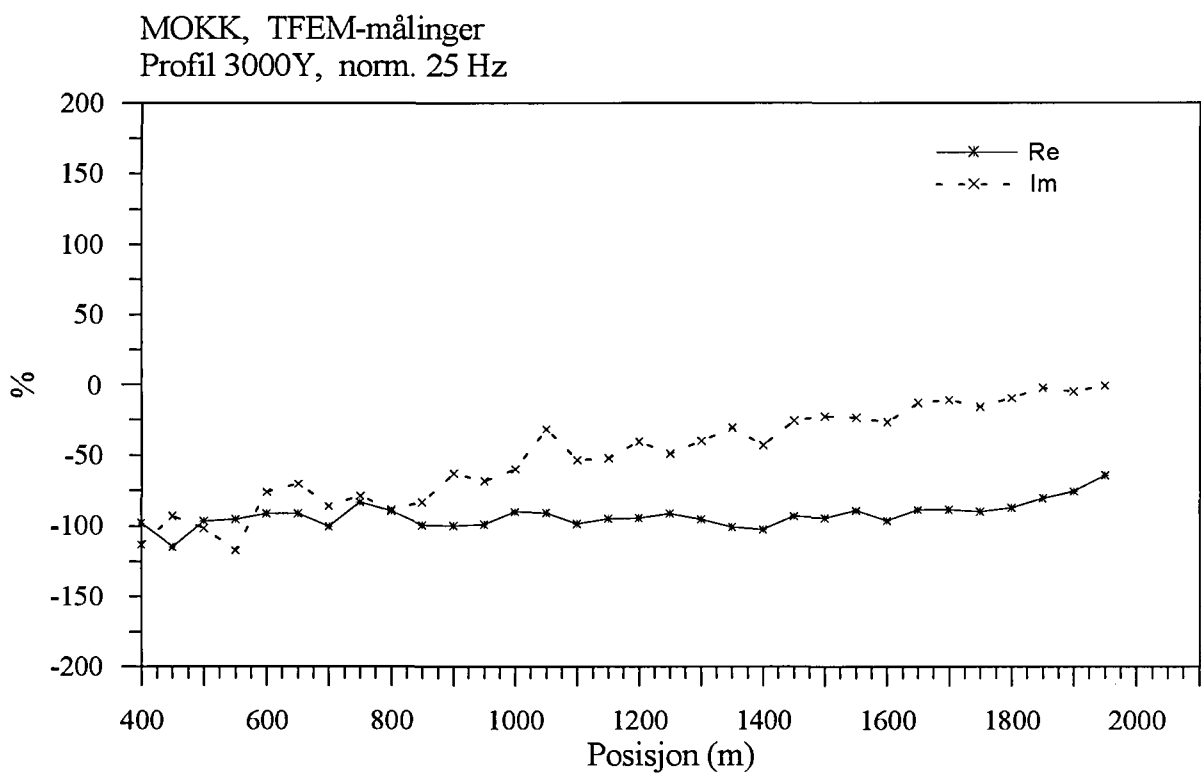
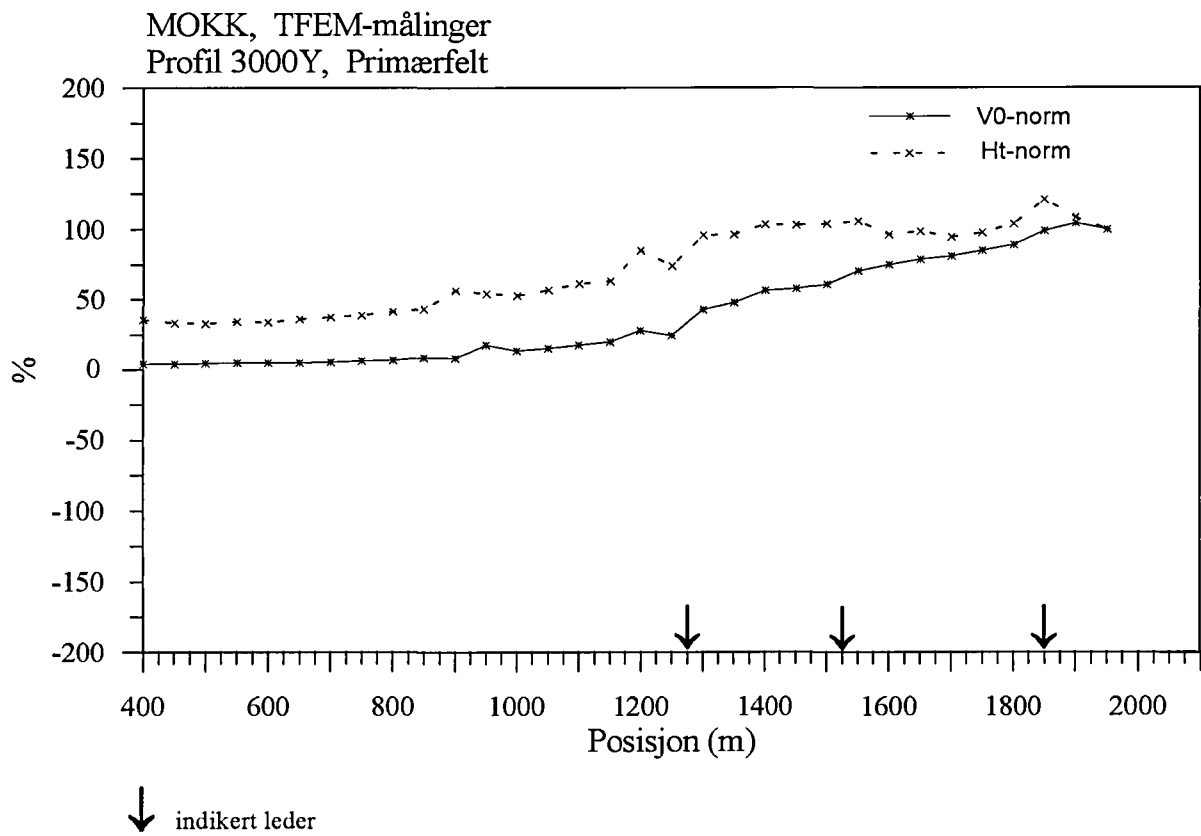
Figur 2.13 Vertikal og horisontalkanaler, profil 2600Y



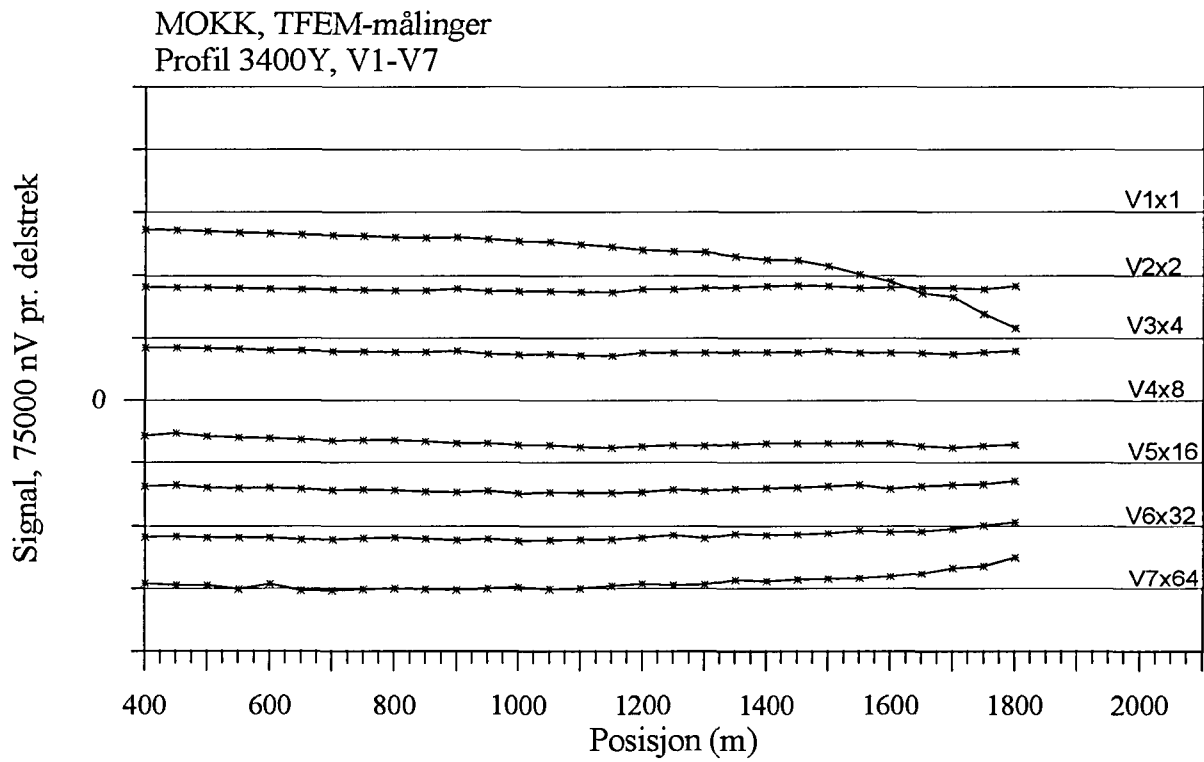
Figur 2.14 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 2600Y



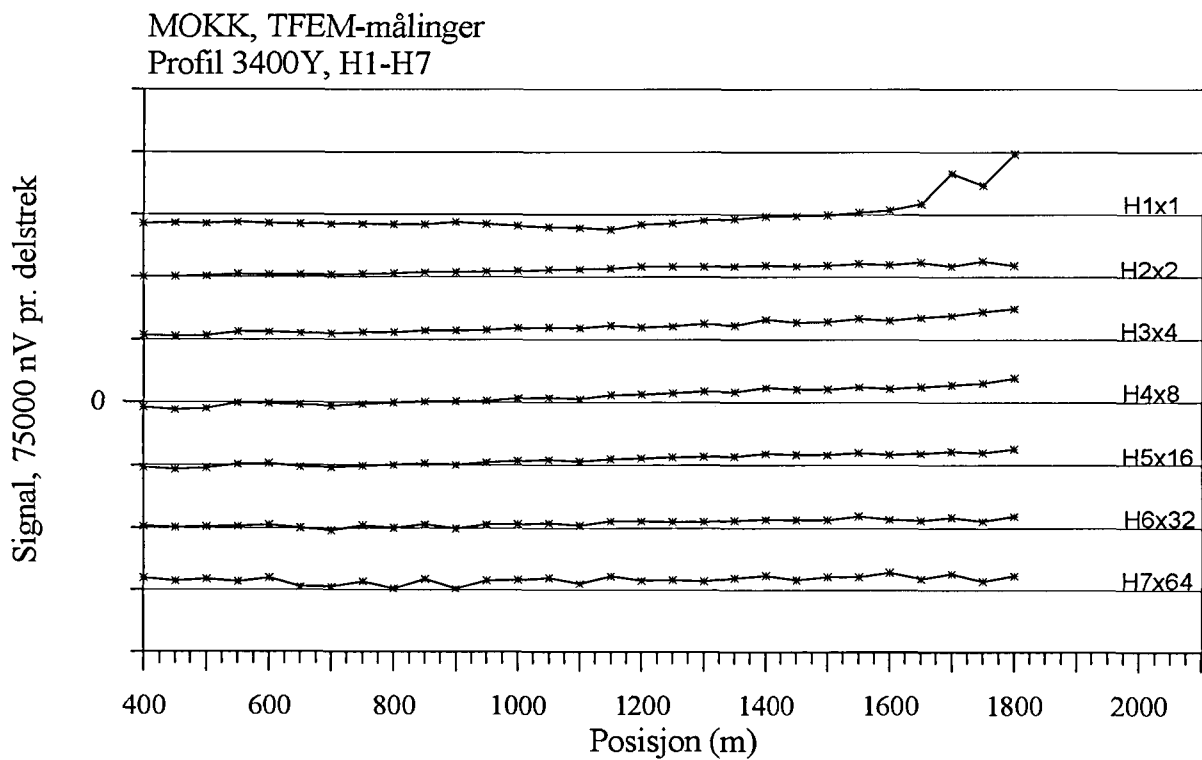
Figur 2.15 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3000Y



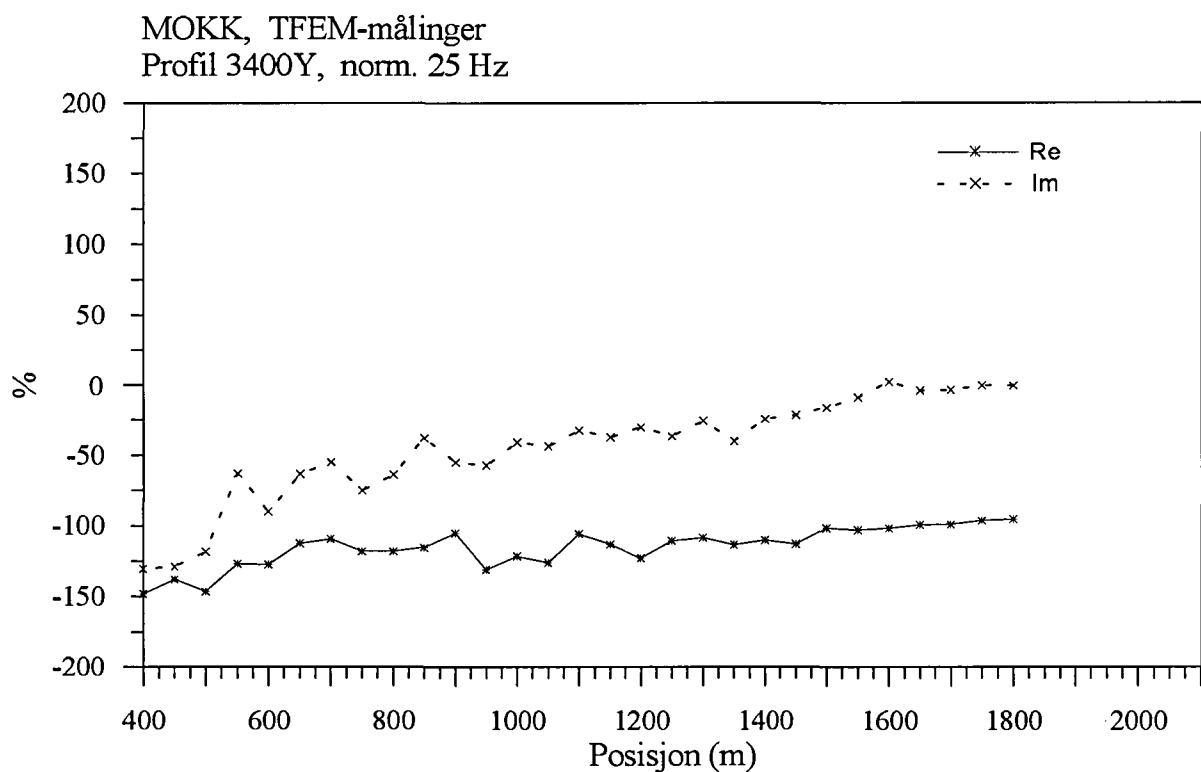
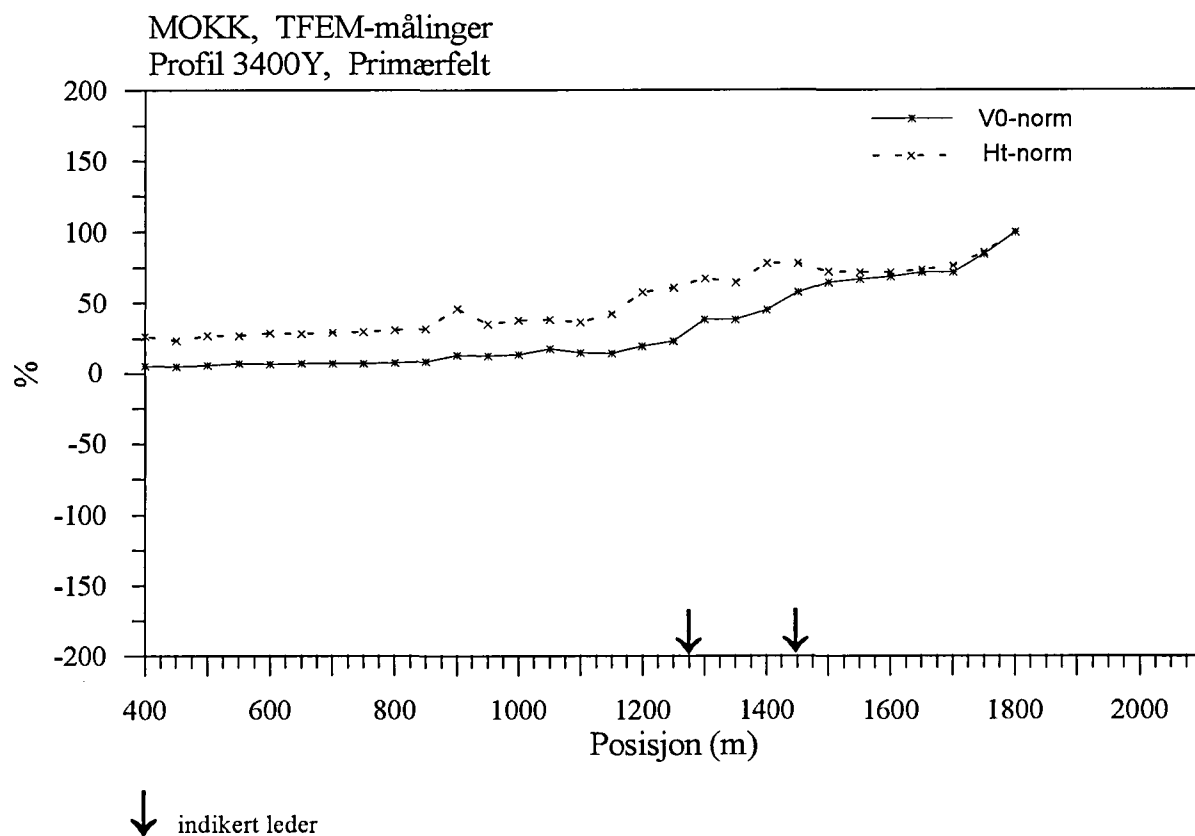
Figur 2.16 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3000Y



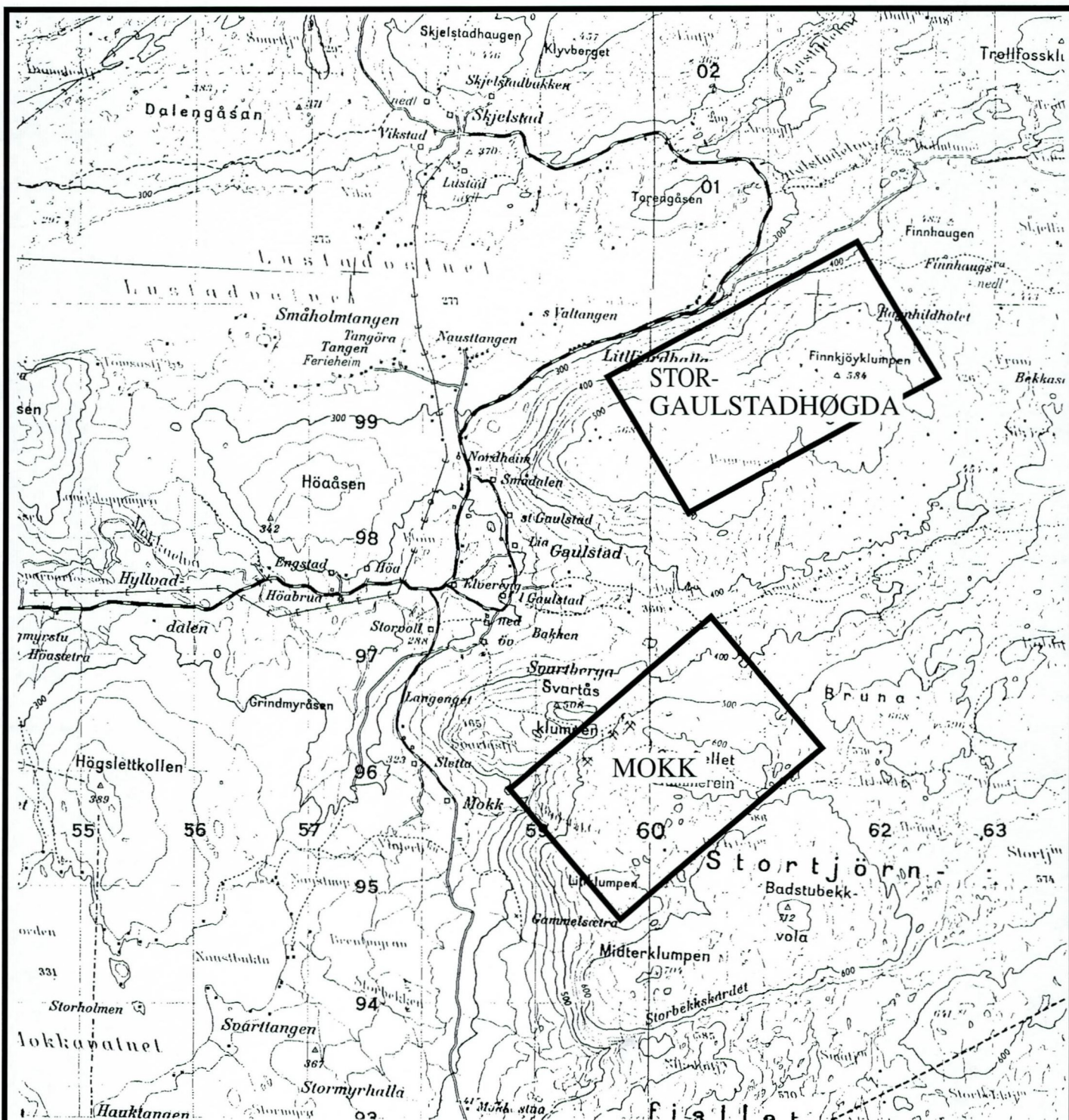
↓ indikert leder



Figur 2.17 Vertikal og horisontalkanaler, profil 3400Y



Figur 2.18 Normalisert primærfelt og 25 Hz, profil 3400Y



MÅLEOMRÅDER

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET

OVERSIKTSKART

STORGAULSTADHØGDA OG MOKK

STEINKJER, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 50.000

MÅLT ED-HE

TEGN E.D.

TRAC

KFR

Juni/Sept. -96

Nov.. -96

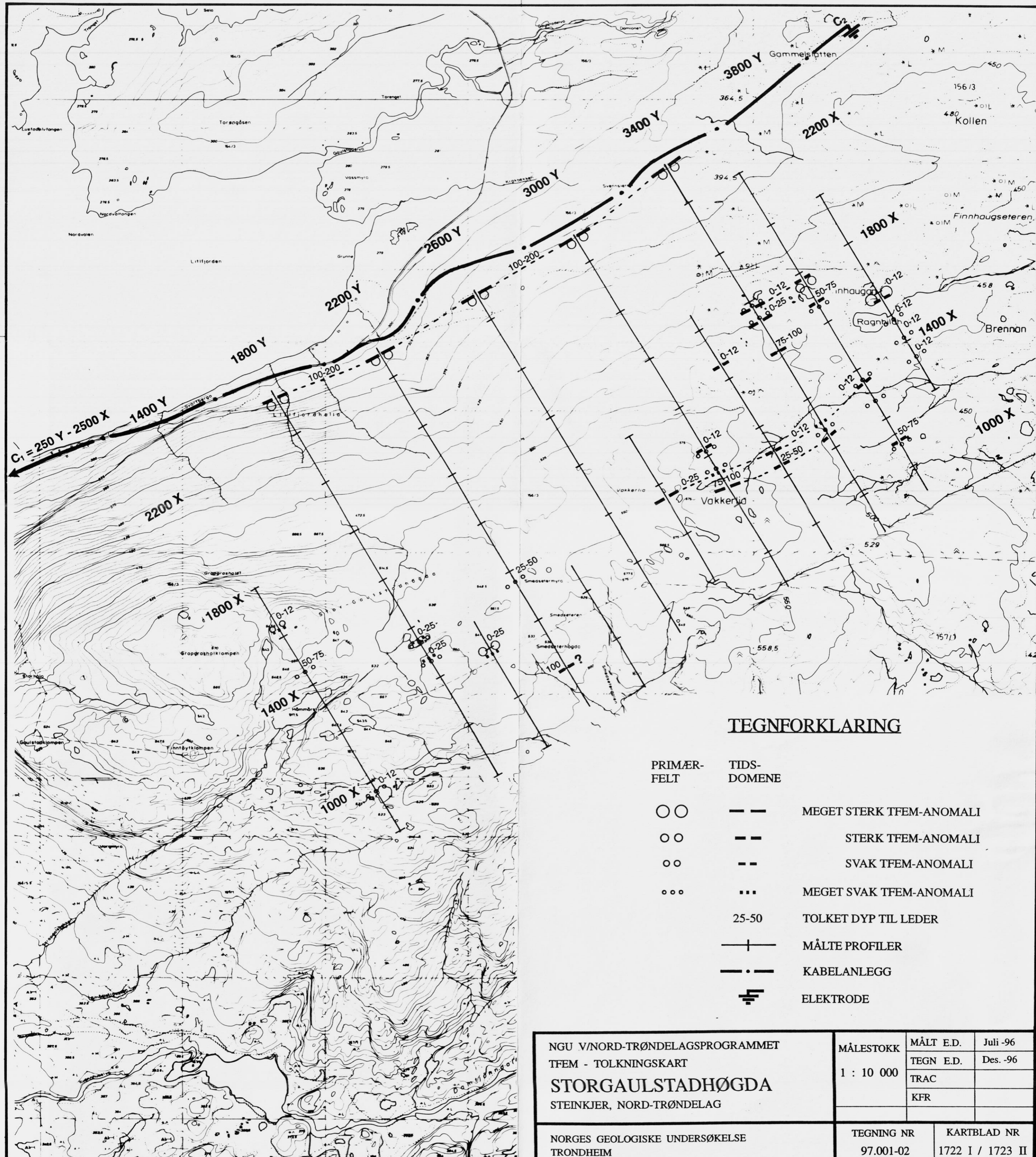
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR

97.001-01

KARTBLAD NR

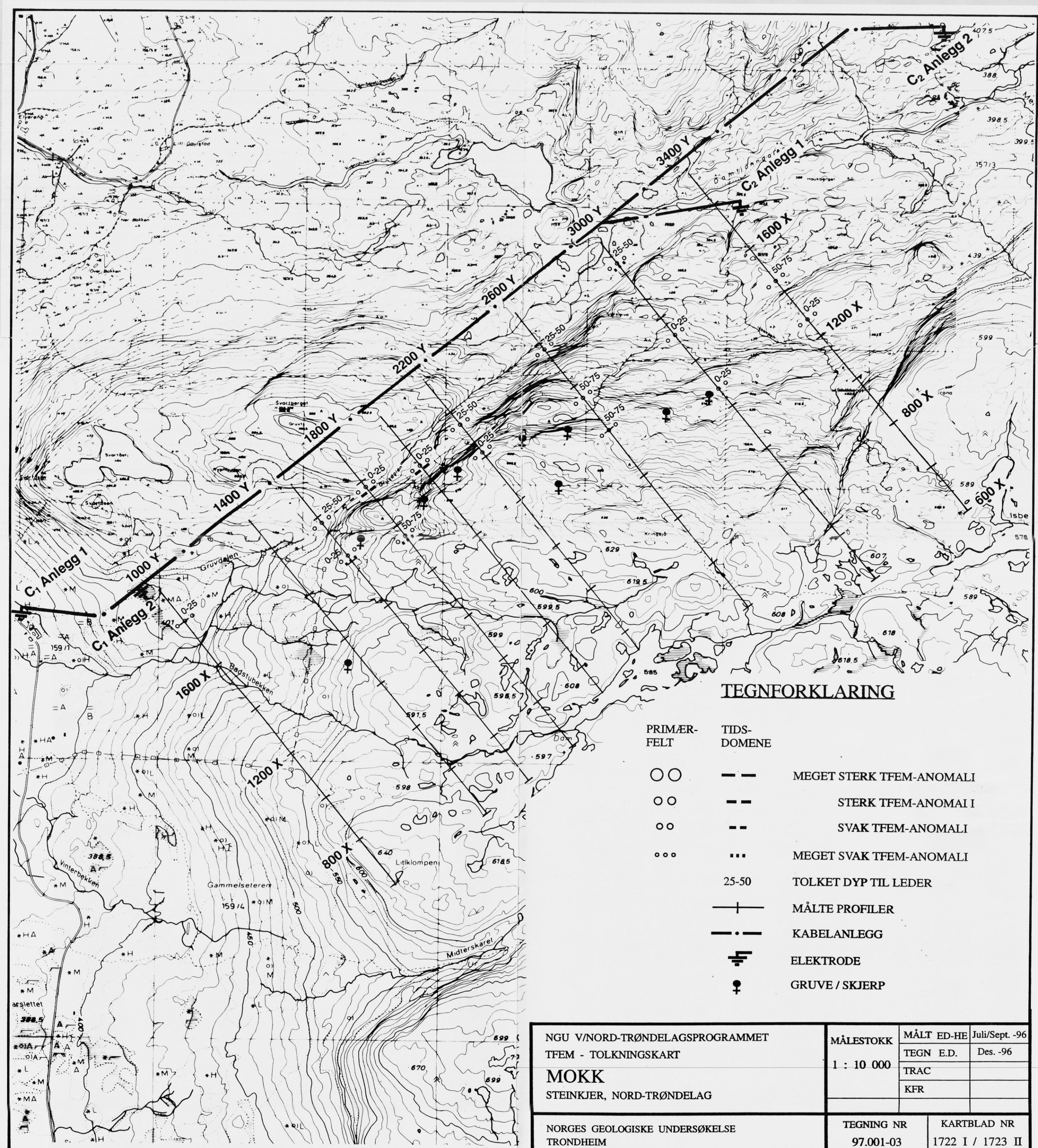
1722 I/1723 II



TEGNFORKLARING

PRIMÆR-FELT	TIDS-DOMENE	
○ ○	— —	MEGET STERK TFEM-ANOMALI
○ ○	- -	STERK TFEM-ANOMALI
○ ○	- -	SVAK TFEM-ANOMALI
○ ○ ○	...	MEGET SVAK TFEM-ANOMALI
	25-50	TOLKET DYP TIL LEDER
	— + —	MÅLTE PROFILER
	— • —	KABELANLEGG
	⊥	ELEKTRODE

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET TFEM - TOLKNINGSKART STORGAULSTADHØGDA STEINKJER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT E.D.	Juli -96
	1 : 10 000	TEGN E.D.	Des. -96
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.001-02	KARTBLAD NR 1722 I / 1723 II	



TEGNFORKLARING

- | | | |
|-------------|-------------|--------------------------|
| PRIMÆR-FELT | TIDS-DOMENE | |
| ○ ○ | --- | MEGET STERK TFEM-ANOMALI |
| ○ ○ | --- | STERK TFEM-ANOMALI I |
| ○ ○ | --- | SVAK TFEM-ANOMALI |
| ○ ○ ○ | --- | MEGET SVAK TFEM-ANOMALI |
| | 25-50 | TOLKET DYP TIL LEDER |
| | + | MÅLTE PROFILER |
| | — • — | KABELANLEGG |
| | ⊥ | ELEKTRODE |
| | ♀ | GRUVE / SKJERP |

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET TFEM - TOLKNINGSKART MOKK STEINKJER, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1 : 10 000	MÅLT ED-HE	Juli/Sept. -96
		TEGN E.D.	Des. -96
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.001-03	KARTBLAD NR 1722 I / 1723 II	