



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
6223				
Kommer fra arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Grong Gruber AS	NGU 95.065			

Titel

TFEM-målinger, Kirma, Røyrvik, Nord-Trøndelag.

Forfatter

Harald Elvebakk
Einar Dalsegg

Dato År

08.06 1995

Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

NGU/Nord-Trøndelag Fylkeskommune

Kommune	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Røyrvik	Nord-Trøndelag		19244	Grong

Fagområde

Geofysikk

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkesfelt)

Kirma

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Sammenheng, innholdsforegnelse eller innholdsbeskrivelse

Det er gjort TFEM-målinger i et 5,4 kvadratkilometer stort område i Kirma. Hensikten var å undersøke om dype massive sulfidmalmer kunne indikeres i tilknytning til kjente tilførsel-type mineraliseringer i dagen. Geologiske undersøkelser i området har vist en geologi hvor muligheten for dannelse av sulfidmalmer er til stede, og det er flere gamle skjerp i området.

TFEM-målingene, som kan detektere ledere på flere hundre meters dyp, indikerte flere kjente grunne gode ledere, Kirmasonen og Kirma-vest. En ny dyp leder ble indikert ca. 1 km nordvest for Austvatnet i en lengde på 800-1000m. Lederen har dårlig ledningsevne og anomalien skyldes neppe massiv sulfidmalm av betydelig størrelse.

NGU Rapport 95.065

TFEM-målinger

Kirma

Røyrvik, Nord-Trøndelag

Rapport nr. 95.065		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel:					
TFEM-målinger, Kirma, Røyrvik, Nord-Trøndelag					
Forfatter:			Oppdragsgiver:		
Harald Elvebakk og Einar Dalsegg			NGU/Nord-Trøndelag Fylkeskommune		
Fylke:			Kommune:		
Nord-Trøndelag			Røyrvik		
Kartbladnavn (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Grong			1924 IV Røyrvik		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 46		Pris: kr 95,-
Kirma 4250 71990			Kartbilag: 2		
Feltarbeid utført:		Rapportdato:		Prosjektnr.:	Ansvarlig:
19.04-27.04. 1995		08.06. 1995		67.2509.47	<i>Joakim S. Rønning</i>
Sammendrag:					
Det er gjort TFEM-målinger (Tids- og Frekvensdomenet ElektroMagnetiske målinger) i et 5.4 km² stort område i Kirma. Hensikten var å undersøke om dype massive sulfidmalmer kunne indikeres i tilknytning til kjente tilførselssone-type mineraliseringer i dagen. Geologiske undersøkelser i området har vist en geologi hvor muligheten for dannelse av sulfidmalmer er tilstede, og det er flere gamle skjerp i området. TFEM-målingene, som kan detektere ledere på flere hundre meters dyp, indikerte flere kjente grunne gode ledere, Kirmasonen og Kirma-vest. En ny dyp leder ble indikert ca 1 km nordvest for Austvatnet i en lengde på 800-1000 m. Lederen har dårlig ledningsevne og anomalien skyldes neppe massiv sulfidmalm av betydelig størrelse.					
Emneord:		Elektromagnetisk måling			
Geofysikk					
Sulfid		Fagrapport			

INNHold

Side

1	INNLEDNING	4
2	MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	5
3	RESULTATER OG TOLKNING	6
3.1	Resultater tidsdomenet	6
3.2	Resultater frekvensdomenet	9
3.3	Resultater primærfeltmålinger, V0 og Htot	11
3.4	Beregning av tidskonstant	12
4	KONKLUSJON	15
5	REFERANSER	16

TABELLER

Tabell 1: Gradering av TFEM-anomalier	6
Tabell 2: Observerte anomalier i tidsdomenet, Kirma	8
Tabell 3: Observerte anomalier i frekvensdomenet, 25 Hz, Kirma	10
Tabell 4: Observerte anomalier primærfeltmålinger, Kirma	11
Tabell 5: Beregnede tidskonstanter for observerte horisontalfeltanomalier, Kirma	13
Tabell 6: Oversikt over ledere indikert ved TFEM-målinger, Kirma	15

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: TFEM, metode- og instrumentbeskrivelse

DATABILAG

Figur 1-14, Profilplott av vertikal- og horisontalkanaler i tidsdomenet

Figur 15-21, Profilplott av Re- og Im-komponent, 25 Hz

Figur 22-28, Profilplott av normalisert primærfelt, V0 og Htot

Figur 29-32, Transient decay-kurver for indikerte ledere

KARTBILAG

95.065-01 Oversiktskart

-02 TFEM tolkningskart

1 INNLEDNING

Som en del av Grongprosjektet har NGU gjort dypgeofysikk i Kirma, Røyrvik kommune i Nord-Trøndelag. Målemetoden har vært TFEM (Time and Frequency domain Electro Magnetic). Målingene ble utført med 200 og 400 m profilavstand og 50 m punktavstand. Måleområdet er tegnet inn på oversiktskart, se kartbilag -01. Måleområdet strakte seg fra midtre Kirma-tjern i sydvest til nordøstenden av Austvatnet og 1.5 km nordvestover. Hensikten med målingene var å se om dype ledere kunne indikeres i tilknytning til kjente grunne mineraliserte soner (Kirmasonen og Kirma-vest). De kjente mineraliseringene er undersøkt med borer uten at de er funnet økonomisk interessante (Internrapport Grong Gruber 1977). Det er også gjort geofysiske målinger som har indikert sonene. EM-målinger indikerte sonene som gode ledere (Horvath 1943), mens SP-målinger (Logn 1971a) ga middels sterke anomalier (3-400 mV) over begge sonene. Det er også gjort geokjemiske undersøkelser og blokkleting (Logn 1971b).

Målingene ble utført i tiden 19.04. - 27.04. 1995 av Harald Elvebakk og Einar Dalsegg mens det ennå var godt vinterføre.

2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

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

TFEM-målingene ble utført med konduktiv energisering (enkel jordet kabel). Strømstyrken var 1.5 - 1.6 A. Energiseringskabelen strakk seg fra Kirma-tjern til Saksvatnet, se kartbilag -02. Jordinger ble etablert ved å bore gjennom isen (2 stk. forlengere på isbor!!) og senke kobbertråd ned til bunnen. Jordingene ble meget gode. Måleområdets totale lengde var 3.6 km. I utgangspunktet var profilavstanden 400 m, mens den i interessante områder var 200 m. Profillengden var 1500 m og målepunktavstand var 50 m. Det ble i alt målt 21 profil-km. Det ble satt ned stikker i snøen for hver 50. m. Kabelen ble benyttet som basislinje. Profiler og kabelutlegg er tegnet inn på tolkningskart, se kartbilag -02.

Målingene ble utført uten noen form for problemer. Målinger på vinterføre var meget vellykket. En sparte mye tid og arbeid ved å frakte all kabel og alt utstyr inn i feltet med snøscooter. De fleste profiler ble målt ved hjelp av snøscooter da måleoperatøren sto på ski bak scooteren og ble snøredratt langs profilene. Måling på vinterføre bør vurderes i fremtiden i områder der dette er mulig.

3. RESULTATER OG TOLKNING

I det følgende blir resultatene fra målinger i tidsdomenet, frekvensdomenet (25 Hz) og primærfeltkanalene kommentert. Kvalitetsvurdering av TFEM-anomalier er kort beskrevet i metodebeskrivelsen i tekstbilag 1. Ut fra erfaring fra kjente forekomster har en benyttet graderingene i tabell 1 til å angi styrken på TFEM-anomalier. I tidsdomenet har en benyttet signalstyrken på kanal H2, mens for primærfelt og 25 Hz i frekvensdomenet er den prosentvise svekningen av det normaliserte vertikalfeltet benyttet til å angi styrken. Av de tre prinsippielt forskjellige målingene er primærfeltkanalene mest følsom, mens 25 Hz er minst følsom og gir kun anomalier på soner med relativt god ledningsevne.

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

3.1 Resultater, tidsdomenet

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

Databilag 1, figur 1 -14, viser profilplott av vertikal- og horisontalfeltkanalene i tidsdomenet. På plottene er hver enkelt kanal plottet med hver sin 0-linje. Skalaen på y-aksen er 50000 nV (50 μ V) pr. delstrek (mellom hver 0-linje). Ut for hver kurve vises hvilken faktor målesignalet er multiplisert med. Dette blir gjort for å få alle kanalene opp på samme nivå da målesignalet er mye svakere på de sene kanalene enn på de tidlige.

Resultatene fra målingene i tidsdomenet viser flere tydelige anomalier. Alle de tidligere kjente grunne sonene ble indikert som svake til meget sterke anomalier. I tillegg ble en noe dypere (100 - 175 m) leder indikert nordøst for den tidligere kjente sonen Kirma-vest. Ledningsevnen i denne lederen er dårlig da anomalien dør ut på de sene kanalene.

Tabell 2 viser en oversikt over alle observerte anomalier i tidsdomenet. Tabellen viser signalstyrke, hvilke kanaler anomalien observeres på, samt gradering og dybdeangivelse. Ved å bruke graderingskriteriene for styrke og ledningsevne som angitt foran, kan en få anomalier med svakt målesignal men med god/meget god ledningsevne. Dette kan skyldes at lederen har høy spesifikk ledningsevne men er tynn og lite utholdende i lengderetningen eller at lederen ligger dypt. Ved konduktiv energisering (jordet kabel) vil en tynn leder med høy spesifikk ledningsevne også kunne indikeres på de sene kanaler selv om anomalistyrken er lav. Årsaken er trolig at de konduktive strømmene i lederen er dominerende. Dype ledere som indikeres kun på tidlige kanaler, skyldes også en dominans av konduktive strømmer. Tykkelse x ledningsevne (σt -produktet) vil gi en bedre kvalitetsvurdering, men dette er noe vanskelig å beregne ut fra slike målinger. For grunne ledere vil dybdeangivelsen være usikker på grunn av stor punktavstand (50m). Dybdeangivelsen gjelder forøvrig dyp til strømkonsentrasjonen (best ledende parti) og selve mineraliseringen kan være grunnere.

Fra profil 4200N til 5800N, figur 1 - 5, indikeres en grunn leder med god/meget god ledningsevne bortsett fra profil 5400N hvor anomalien er meget svak (brudd?). Dette er den tidligere kjente Kirmasonen og er indikert ved tidligere geofysiske målinger (Horvath 1943). Sonen er utholdende og opptrer stedvis som massive pyrittsoner (lite kobber). Slike soner vil gi sterke anomalier på alle kanaler som f.eks. ved koordinat 350 - 375V på profil 5800N, se figur 5. Diamantboringer både nord og sør for profil 5800N har ikke påvist økonomisk interessant mineralisering. En uforklarlig kabeffekt på de første 200 m fra kabelen på de sene vertikalkanalene gjør det vanskelig å se vertikalfeltanomalier i dette området. Dette vises tydelig på profil 4200N, figur 1. Horisontalkanalene viser imidlertid en grunn kraftig anomali på dette profilet ved koordinat 100V. På kanal 6 og 7 indikeres lederen lenger vest, 175V, på et noe større dyp. Dette kan tyde på bedre ledningsevne i dypet og at lederen faller vestover. Den samme tendensen ser en på profil 4600N og 5000N. Det er ikke boret på denne del av Kirmasonen. Sett fra et geofysisk synspunkt er anomalien over denne del av sonen interessant for videre oppfølging da sonen stedvis har meget god ledningsevne. Selv om anomalien er nærmest borte på profil 5400N, er det nærliggende å tro at det er fortsettelsen av sonen som er indikert og påvist ved profil 5800N.

På profilene 6200N og 6400N, figur 6 og 7, indikeres den grunne sonen Kirma-vest ved 800V. Anomalien er sterk/meget sterk på begge profiler og ledningsevnen er tolket som meget god på profil 6400N. Feltkurvene på profil 6200N, figur 6, viser imidlertid at anomalien dør ut på kanal 6 og 7. Dette tyder på at ledningsevnen ikke er spesielt god selv om anomalien er sterk på de tidlige kanalene. De sterke anomaliene på de tidlige kanalene kan tyde på at de konduktive strømmene er dominerende. Erfaringsmessig tyder dette på at anomalien på 6200N ikke skyldes massiv kis av betydelig størrelse noe borerer i 1977 også viste. Borerer ved ca 6275N viste impregnasjoner og bånd av pyritt og magnetkis. På profil 6400N, figur 7, indikeres lederen tydelig på alle kanaler noe som tyder på meget god ledningsevne som godt kan skyldes massiv kis. Lederen er grunn og kan ha utgående under overdekke. Uregelmessighetene på de sene horisontalkanalene er åpenbart feilmålinger.

Tabell 2. Observerte anomalier i tidsdomenet, Kirma

Profil	Koordinat	Signal H2	Kanaler	Anomali- styrke	Lednings- evne	Dyp
4200N	100V	33,5 μ V	1 - 7	sterk	meget god	25 - 50m
4600N	150V	10,1 μ V	1 - 7	svak	meget god	50 - 75m
5000N	200V	14,0 μ V	1 - 7	svak	meget god	0 - 25m
5000N	750V	2,5 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	75-100m
5400N	400V	3,8 μ V	1 - 5 ?	m.svak	dårlig	200-250m
5800N	350-375V	13,1 μ V	1 - 7	svak	meget god	0 - 25m
5800N	475V	-	-	-	-	grunn
5800N	1000V	3,8 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	200m ?
6200N	500V	4,8 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	100m
6200N	800-825V	51,4 μ V	1 - 5	m.sterk	god	0 - 25m
6400N	850-875V	45,7 μ V	1 - 7	sterk	meget god	0 - 25m
6600N	850V	14,7 μ V	1 - 4	svak	dårlig	100-150m
6600N	1000V	?	1 - 4 (5)	svak	dårlig	25-75m
6800N	1050V	7,6 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	50-75m
7000N	400V	7,6 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	100-150m
7000N	1100V	7,6 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	100m
7200N	300V	23,8 μ V	1 - 4	svak	dårlig	75-100m
7200N	1150V	9,5 μ V	1 - 4	m.svak/sva	dårlig	150m
7400N	300V	17,1 μ V	1 - 4	svak	dårlig	?
7400N	1150V	11,4 μ V	1 - 4(5)	svak	dårlig	150-175m
7600N	400V	11,4 μ V	1 - 4	svak	dårlig	75-100m
7600N	1150V	5,5 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	125m

På profil 6600N, figur 8, indikeres to ledere. På grunn av at feltkurvene er sammensatt av to anomalier kan det være noe vanskelig å fastlegge beliggenhet og dyp. Det kan se ut som om en her ser slutten av Kirma-vest ved koordinat 825 - 850V, mens en ny noe dypere leder indikeres mellom 1000V og 1075V. For begge lederne er anomalien svak og ledningsevnen dårlig.

Den nye dype lederen fortsetter nordøstover. Lederen indikeres på alle profiler fra 6800N til 7600N ved koordinat 1050V - 1150V. Anomalien er sterkest på profil 7200N og 7400N, figur 11 og 12. Dypet er tolket til 100 - 175 m. Typisk for alle profilene er at anomalien dør ut fra kanal 5 hvilket betyr forholdsvis dårlig ledningsevne. På et par profiler kan en observere meget svak anomali på kanal 5. En merker seg også at lederen ikke indikeres på kanal 1 på profilene 7200N - 7600N. Dette har trolig sammenheng med at dypet er for stort til at lederen med antatt dårlig ledningsevne kan indikeres. Vertikalkomponenten på profil 7400N, figur 12, er spesielt interessant. Feltkurvene stiger markert inn mot lederen over en avstand på flere hundre meter. Dette er en sikker indikasjon på en leder i dypet. Selve fallet på vertikalfeltkurven indikerer lederen ved 1150V. Etter feltsvekningen stiger kurven tydelig igjen. Dette kan indikere nedre kant til en plateleder hvor de induserte strømmene har motsatt retning. Profilet er imidlertid målt noe for kort til at beliggenhet og dyp av denne eventuelle kanten kan bestemmes. Dersom det er en nedre kant som indikeres, tyder dette på et fall nordvestover.

På profil 7800N, figur 14, er dypanomalien borte. Konklusjonen blir at en hittil ukjent leder indikeres i en strøklengde på 800 - 1000 m. Dypet er 100 - 175 m, og lederen har dårlig ledningsevne. Igjen kan en si at anomalien neppe skyldes massiv sulfidmalm, men en kan ikke si hva slags mineralisering anomalien skyldes. En må også poengtere at ledningsevnen i seg selv ikke er avgjørende for om en leder kan være av økonomisk interesse.

På profilene 7000N - 7800N indikeres en leder også ved koordinat 300V - 400V. Dypet til strømkonsentrasjonen er 75 - 100 m. Anomalien er svak, men er på profil 7200N og 7400N, figur 11 og 12, betydelig sterkere enn dypanomalien ved 1150V. Ledningsevnen betegnes som dårlig. Lederen er tidligere kjent (Horvath 1943, boring Grong Gruber 1977). Det er også et skjerp der lederen indikeres på et høydedrag på nordvestsiden av Austvatnet.

3.2 Resultater, frekvensdomenet 25 Hz

Pga. at meget gode ledere kan oversees ved tidsdomenemålingene gjøres også målinger i frekvensdomenet på 25 Hz som er grunnfrekvensen i de strømpulsene som sendes ut. En så lav frekvens kan være meget godt egnet til å detektere dype gode ledere dersom måleforholdene ligger til rette for det. I tillegg vil målingene på 25 Hz være nyttige i

vurdering av kvaliteten til grunne ledere. Grunne, gode ledere vil også indikeres av 25 Hz målingene, mens dårlige ledere ikke indikeres.

Databilag 2, figur 15 - 21, viser normalisert reell- og imaginærkomponent av vertikalfeltet. Målingene i frekvensdomenet på 25 Hz i Kirma viser flere anomalier som faller sammen med de beste lederne som ble indikert i tidsdomenet.

Tabell 3 viser observerte anomalier i frekvensdomenet, 25 Hz. Kirmasonen indikeres på profil 4200N og 5800N, figur 15 og 17, og bekrefter den gode ledningsevnen i deler av sonen. En noe dypere leder (75 -100 m) indikeres svakt på profil 5000N ved 825V, se figur 16. Denne indikeres også svakt på tidsdomenekanalene (figur 3).

Kirma-vest indikeres tydelig på profil 6200N og 6400N ved hhv. 825V og 875V, figur 17 og 18. Dypet er 75 m på profil 6200N som er noe større enn tolket dyp i tidsdomenet. Dette tyder på bedre ledningsevne mot dypet. På profil 6400N er anomalien sterk og dypet er tolket til 0 - 25 m. Frekvensmålingene bekrefter sonens gode ledningsevne på dette profilet.

Dyplederen ved 1150V - 1200V indikeres også i frekvensdomenet på alle profiler fra 6800N til 7600N. Anomalien er imidlertid svak/meget svak og bekrefter vurderingen av lederens kvalitet fra tidsdomenemålingene, dvs. en leder med dårlig ledningsevne.

Lederen ved 300 - 400V i det samme området indikeres en meget dårlig leder bare på profil 7600N, figur 21.

Tabell 3. Observerte anomalier i frekvensdomenet, 25 Hz, Kirma

Profil	Koordinat	Svekning	Styrke	Dyp
4200N	200V	15 %	svak	50-75m
5000N	825V	13 %	svak	75-100m
5800N	375V	38 %	sterk	0-25m
6200N	825V	28 %	svak	75m
6400N	875V	37 %	sterk	0-25m
6800N	1050V	10 %	svak	50m
7000N	1150V	7 %	m.svak	100m
7200N	1225V	14 %	svak	100-125m
7400N	1200V	18 %	svak	100m
7600N	1050V	16 %	svak	50m
7600N	400V	6 %	m.svak	50m

3.3 Resultater, primærfeltmålinger, V0 og Htot

Databilag 3, figur 22 - 28, viser normalisert vertikalkomponent, V0-norm, og normalisert totalfelt, Htot-norm, av primærfeltet beregnet ved hjelp av kanalene H0 og V0. Tabell 4 viser en samlet oversikt over anomalier observert ved primærfeltmålingene.

Tabell 4. Observerte anomalier ved primærfeltmålinger, Kirma

Profil	Kordinat	Svekning	Styrke	Dyp
4200N	150V	?	?	grunn
4600N	150V	?	?	grunn
4600N	550V	47 %	m.svak	50m
4600N	750V	121 %	sterk	100-150m
5000N	825V	62 %	svak	125m
5000N	1325V	15 %	m.svak	50m
5400N	725V	10 %	m.svak	25m
5400N	950V	19 %	m.svak	50m
5800N	375V	85 %	svak/sterk	0-25m
5800N	700V	11 %	m.svak	50m
5800N	1000V	27 %	m.svak	100m
6200N	525V	14 %	m.svak	75m
6200N	800V	97 %	svak/sterk	25-50m
6400N	875V	191 %	sterk/m.ster	0-25m
6600N	825V	50 %	svak	100-150m
6600N	1050V	34 %	m.svak	100m
6800N	700V	45 %	m.svak	150m
6800N	1050V	26 %	m.svak	50m
7000N	450V	34 %	m.svak	150-200m
7000N	800V	8 %	m.svak	100m
7000N	1125V	25 %	m.svak	75-100m
7200N	300V	42 %	m.svak	50-75m
7200N	1200v	23 %	m.svak	150m
7400N	325V	47 %	m.svak/sva	25-50m
7400N	1150V	24 %	m.svak	150m
7600N	425V	54 %	svak	50-75m
7600N	1100V	16 %	m.svak	100-150m
7800N	375V	24 %	m.svak	50m
7800N	600V	44 %	m.svak	100-150m?

Kirmasonen indikeres tydeligst på profil 5800N ved 375V, figur 24. Sonen indikeres også på profil 4200N og 4600N, men anomalien er noe vanskelig å tolke pga. påvirkning av flere grunne ledere. En noe dypere leder indikeres på profil 4600N og 5000N ved hhv. 750V og 825V. Dypet er 100 - 150 m og anomalien er sterk/svak. Anomalien ligger i forlengelsen av den gode grunne lederen Kirma-vest på profil 6200N og 6400N. Ettersom lederen ikke indikeres i tidsdomenet og frekvensdomenet 25 Hz, har lederen dårlig ledningsevne. En fullgod forklaring på den sterke dype primærfeltanomalien på profil 4600N er derfor vanskelig å gi, men den kan skyldes konduktive strømmer tilnærmet i fase med primærfeltet. Lederen er angitt med spørsmålstegn på kartbilag -02.

Kirma-vest gir ved primærfeltmålingene en sterk/meget sterk anomali på profil 6200N og 6400N ved koordinat 825V og 875V, figur 24 og 25. På profil 6600N indikeres to ledere. Den ene er trolig Kirma-vest (825V), mens den nye dyplederen som ble indikert i tidsdomenet trolig kommer inn ved 1050V. Profil 6800N og 7000N, figur 26, viser trolig de samme lederne. Det ser ut som om primærfeltmålingene indikerer en forlengelse av Kirma-vest i begge ender av den godt ledende sonen.

På profil 7200N og 7400N, figur 27, indikeres den nye dype lederen ved 1150V - 1200V. Den meget svake anomalien tyder på dårlig ledningsevne. Den grunne lederen like nordøst for Austvatnet gir en svak men tydelig anomali på profil 7200N - 7800N, figur 27 og 28.

3.4 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 29 - 32 viser "decay"-kurvene for de mest markerte lederne i Kirmaområdet der målesignal (μV) av horisontalfeltanomalien er plottet mot måletidspunkt (ms). Måletidspunktet er det tidspunkt etter strøbrudd hvor de forskjellige kanalene måles. Et sterkt fall på en slik kurve viser at anomalien dør raskt ut, hvilket betyr dårlig ledningsevne. Når kurven har tilnærmet lineært fall, skyldes anomalien strømmer som går hovedsakelig i lederen, og er lite påvirket av strømmer i de omliggende bergarter. Jo flatere kurven er i den lineære delen, jo større er tidskonstanten og jo bedre er ledningsevnen.

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.

Tidskonstanten er beregnet for anomaliene over Kirmasonen, Kirma-vest, den nye dyplederen og lederen like nordøst for Austvatnet. For Kirmasonen, figur 29, holder strømmen seg lenge i lederen og en får anomali på alle kanaler. Dette betyr at lederen har god ledningsevne. Anomalien på profil 6200N over Kirma-vest dør forholdsvis raskt ut, se figur 30, mens på profil 6400N er "decay"-kurven tilnærmet lineær fra fra kanal 5 - 7. Dette betyr bedre ledningsevne i lederen på profil 6400N.

Når det gjelder dypanomalien på profil 7000N - 7600N faller "decay"-kurven bratt og anomaliene dør raskt ut, se figur 31. Dette betyr dårlig ledningsevne. Det samme kan sies om lederen like nordøst for Austvatnet, se figur 32.

Tabell 5 viser tidskonstanten beregnet for horisontalfeltanomalien over de forannevnte anomalier.

Tabell 5. Beregnede tidskonstanter for observerte horisontalfeltanomaler, Kirma

Profil	Koordinat	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
4200N	100V	0.08	0.35	0.96	0.74	1.47	3.60	
4600N	150V	0.08	0.17	0.82	0.47	2.65	4.89	KIRMA-
5000N	200V	0.10	0.26	1.20	0.94	1.35	2.87	SONEN
5800N	350V	0.09	0.29	0.93	0.94	1.89	4.15	
6200N	825V	0.11	0.21	0.45	0.35	0.75		KIRMA-
6400N	875V	0.09	0.28	0.41	0.74	1.48	2.14	VEST
7000N	1100V	0.10	0.22	0.46	0.35			
7200N	1150V	0.35	0.17	0.42	0.36			NY DYP-
7400N	1150V	0.21	0.20	0.39	0.32			ANOMALI
7600N	1150V	0.08	0.19	0.35	0.46			
7000N	400V	0.04	0.11	0.52				
7200N	300V	0.05	0.14	0.38				ANOMALI
7400N	300V	0.04	0.12	0.54	0.31			AUSTVATN
7600N	400V	0.08	0.12	0.62				

Erfaringsmessig gjennspeiler en tidskonstant på 3 - 4 ms mellom kanal 6 og 7 (T6) meget god ledningsevne. Kirmasonen gir tidskonstanter opp til 4.9 ms hvilket betyr meget god ledningsevne. Ledningsevnen i Kirma-vest (profil 6400N) er noe dårligere, 2.14 ms. Den nye dypanomalien er borte på kanal 6 og 7 på grunn av lederens dårlige ledningsevne. Tidskonstantene T3 og T4 (kanal 3 - 5) er betydelig mindre enn for Kirmasonen, men er omtrent på samme nivå som for Kirma-vest på profil 6200N.

Parallelle "decay"-kurver vil gi samme tidskonstant. Dette betyr at ledere som gir sterke anomalier kan ha samme tidskonstant som ledere med svake anomalier dersom forholdet $\ln(H_n/H_{n+1})$ er det samme. Ledere med samme ledningsevne kan gi anomalier av forskjellig styrke. Anomalistyrken er også avhengig av lederens form og størrelse samt beliggenhet i forhold til kabelutlegg. En tenker her på lederens lengde, bredde og fall som vil ha betydning for styrken på de induserte strømmene. Tykke, lange ledere vil også samle mer av de konduktive strømmene. Det er derfor grunn til å tro at sterke anomalier er mest interessante for oppfølging når ledere med forskjellig anomalistyrke har samme ledningsevne eller samme tidskonstant.

4 KONKLUSJON

Elektromagnetiske målinger i tids- og frekvensdomenet, TFEM, i Kirma har indikert flere ledere både grunne og dype. Tabell 6 gir en samlet oversikt de hovedledere som ble indikert med angitt anomalistyrke og ledningsevne vurdert ut fra primærfeltmålingene og tids- og frekvensdomenemålingene. To tidligere kjente soner, Kirmasonen og Kirma-vest ble tydelig indikert og bedømt som gode/meget gode ledere.

En ny leder ble indikert nordøst for Kirma-vest ca 1 km nordvest for Austvatnet. Dypet til denne lederen er 100 - 175 m og lengdeutstrekningen 800 - 1000 m. Lederens ledningsevne er imidlertid dårlig, og anomalien skyldes neppe massiv sulfidmalm av noen betydning. Boringene på Kirma-vest (1977) ga ingen massiv malm, og ledningsevnen i dyplederen er tydelig dårligere enn i Kirma-vest. Mineraliseringstypen kan bare fastslås ved boring. Om anomalien er interessant som boreobjekt må også vurderes ut fra det en vet om geologien i området.

Tabell 6. Oversikt over hovedledere indikert ved TFEM-målinger, Kirma

Profil	Koordinat	Primærfelt	Tidsdomenet	Frek.dom 25 Hz	Lednings- evne	Dyp
4200N	100V-150V	?	sterk	svak	meget god	25 - 75 m
4600N	150V	?	svak	-	meget god	50 - 75 m
5000N	200V	?	svak	-	meget god	0 - 25 m
5000N	750V-825V	svak	meget svak	svak	dårlig	75 - 100 m
5800N	375V	svak/sterk	svak	sterk	meget god	0 - 25 m
6200N	800V-825V	svak/sterk	meget sterk	svak	god	25 - 75 m
6400N	875V	sterk/m.sterk	sterk	sterk	meget god	0 - 25 m
7000N	1100-1150V	meget svak	meget svak	meget svak	dårlig	75 - 100 m
7200N	1150-1200V	meget svak	m.svak/svak	svak	dårlig	100 - 150 m
7400N	1150-1200V	meget svak	svak	svak	dårlig	150 - 175 m
7600N	1050-1150V	meget svak	svak	svak	dårlig	100 - 150 m
7000N	400V	meget svak	meget svak	-	dårlig	100 - 200 m
7200N	300V	meget svak	svak	-	dårlig	50 - 100 m
7400N	300V-325V	m.svak/svak	svak	-	dårlig	25 - 50 m
7600N	400V-425V	svak	svak	svak	dårlig	50 - 100 m
7800N	375V	meget svak	-	-	dårlig	50 m

5 REFERANSER

- Horvath, O. 1943: Bericht über geoelektrische Untersuchungen im Bezirk GRONGDISTRIKT, Norwegen. Gesellschaft für praktische Lagerstättenforschung, G.m.b.H., Berlin W8 *Rapport nr. 4212.*
- Logn, Ø. 1971a: GRONGPROSJEKTET, Blokkleting i Kirmajokka på østsiden av Steinsfjell, Røyrvik, Nord-Trøndelag. *NGU Rapport nr. 1065.*
- Logn, Ø. 1971b: GRONGPROSJEKTET, Kirma-skjerpene, Geokjemisk og malmgeologisk prøvetaking samt SP-måling. *NGU Rapport nr. 974.*
- Grong Gruber, 1977: Intern Grong Gruber-rapport.

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 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 måledata 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 måledata 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 måledata (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 strømfor- syning 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

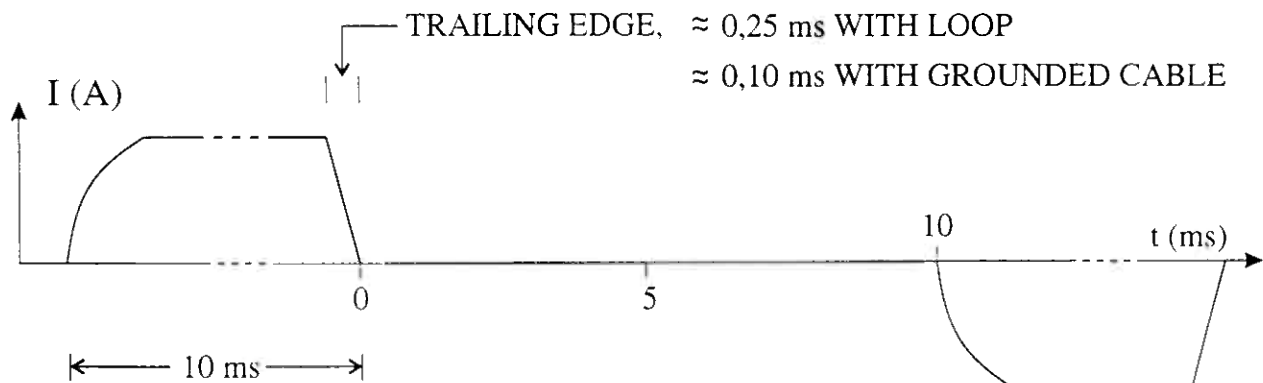
Koblingen mellom sender og mottaker er etablert ved hjelp av høyfrekvente oscillatorer koblet opp mot tellere både i sender og mottaker. Ved å nullstille tellerne ved målingenes start (synkronisering), vet mottakeren til enhver tid hvordan strømførøpet er , og kan styre måleprosessen ut fra dette.

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 strømførøpet ut fra sender og hvordan de 16 tidskanalene 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 frekvensdomenekanalerne måles i forhold til strømførøpet. 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.

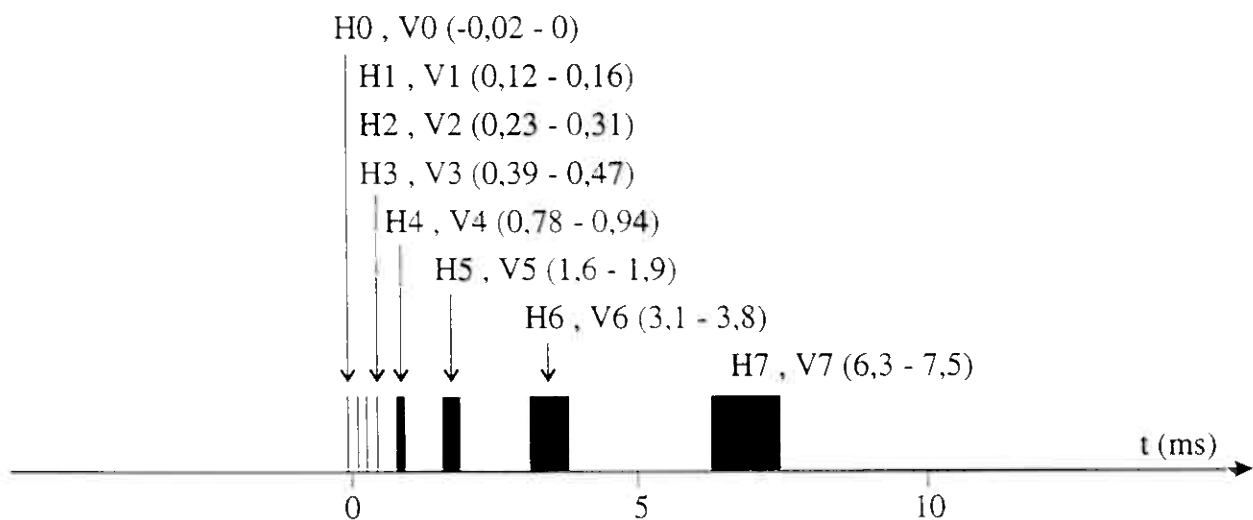
Figur B3 viser datastrømmen fra målespoler frem til presentasjon av data. Hele måleprosessen og all dataoverføring styres av den sentrale prosessoren. Fra målespolen går data via prosessoren til midlertidig lagring i RAM. Under måling utføres kontinuerlig statistiske beregninger, og data overvåkes slik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

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

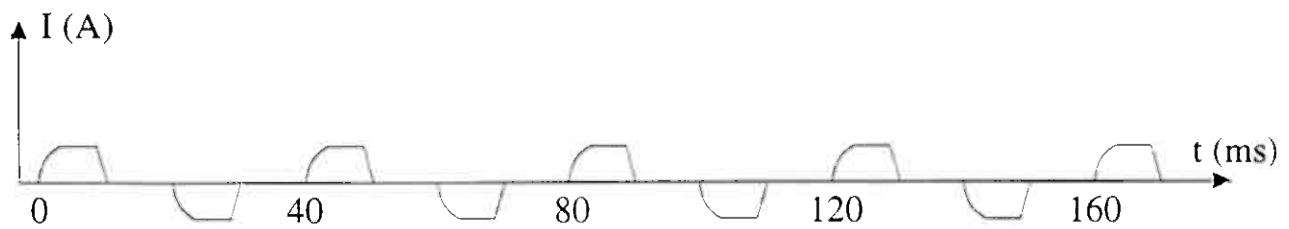


MEASURING TIME (TIME DOMAIN)

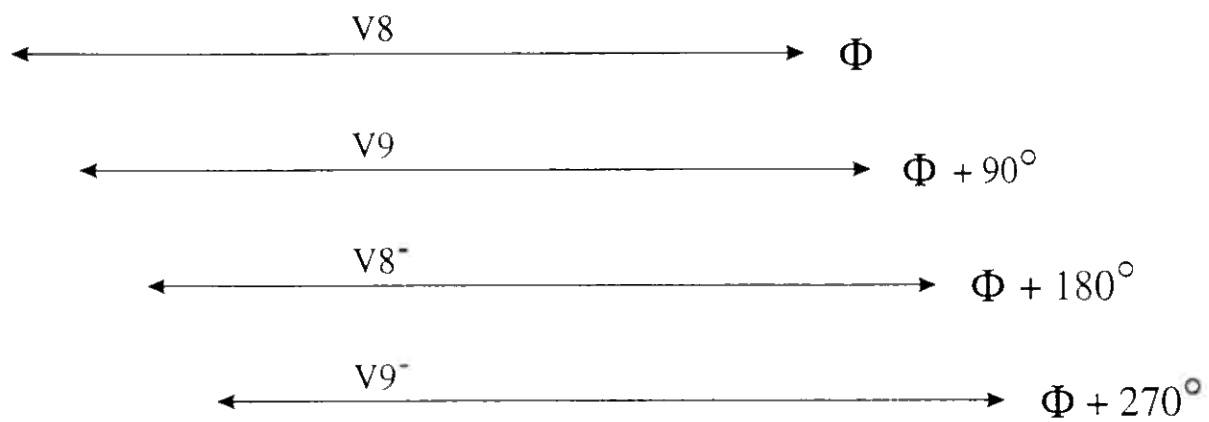


Figur B1. Strømforløp og måletidspunkt for tidsdomenekanalene

CURRENT TIME,



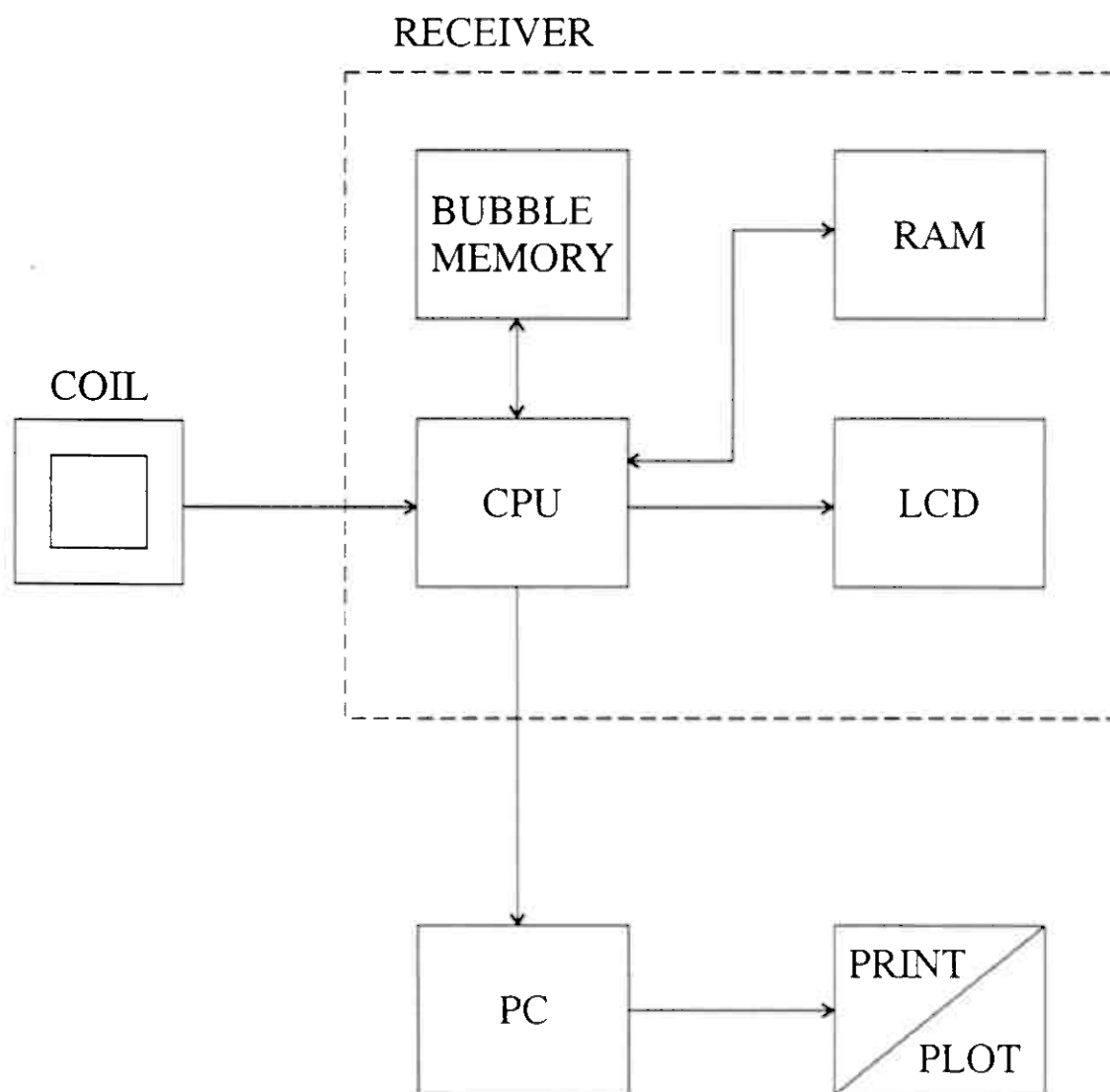
MEASURING TIME (FREQUENCY DOMAIN)



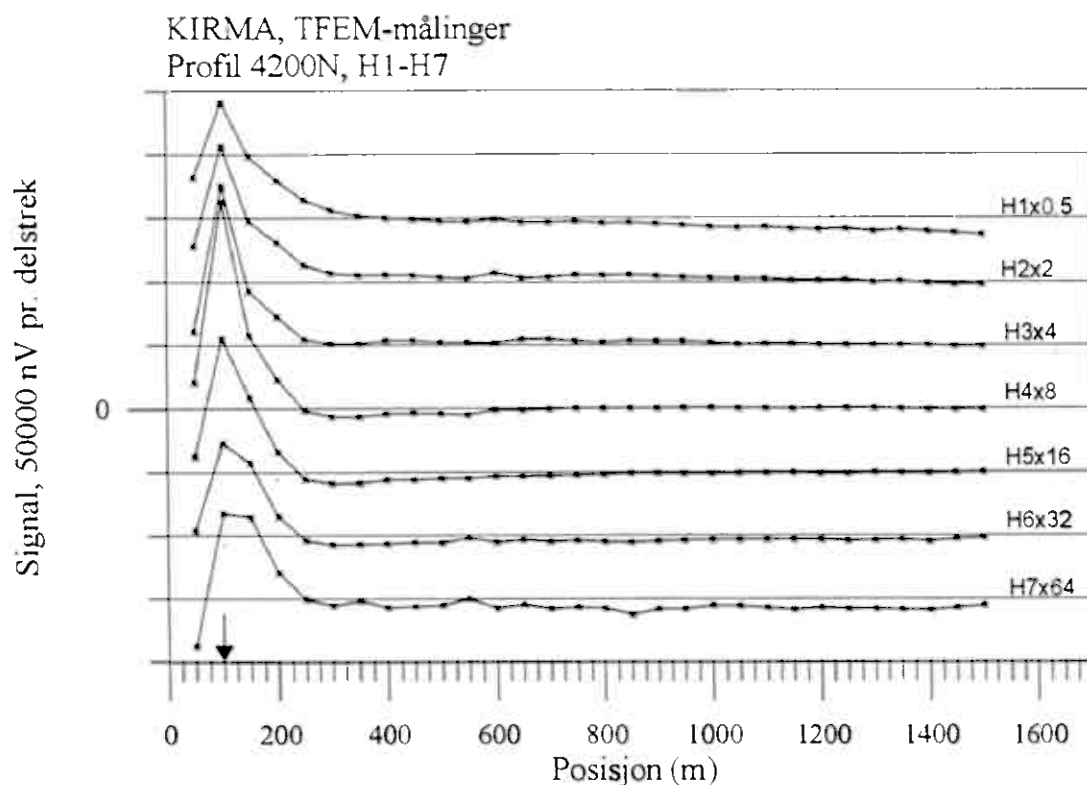
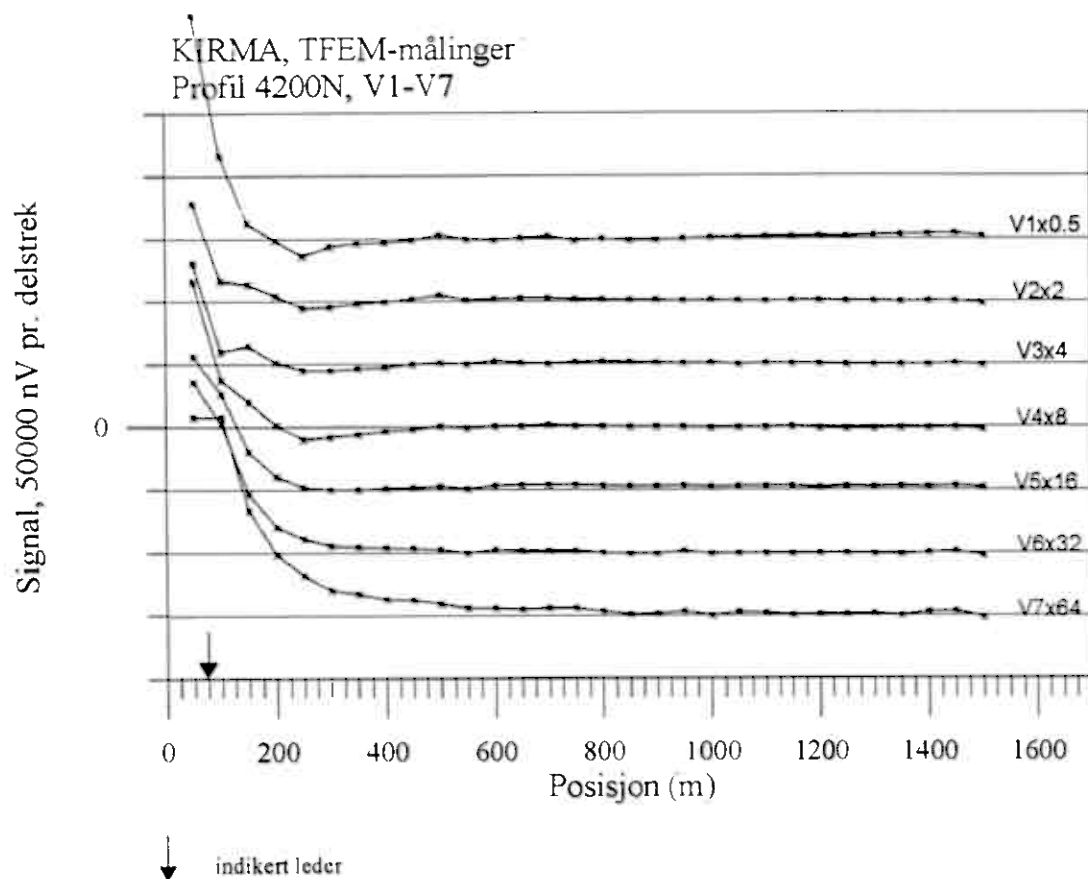
$$V8 = V8 - V8^* \quad (\approx \text{IN PHASE})$$

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

Figur B2. Strømførøp og måletidspunkt for frekvensdomenekanalene

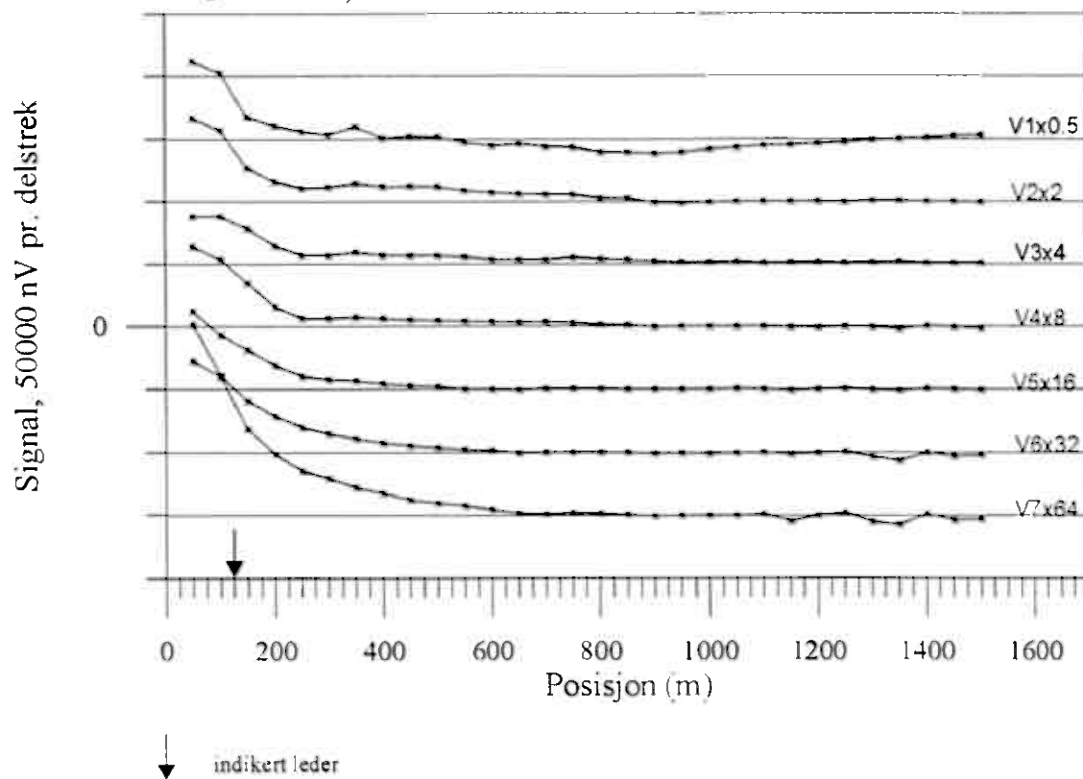


Figur B3. Flytskjema for måleprosessen ved TFEM-målinger

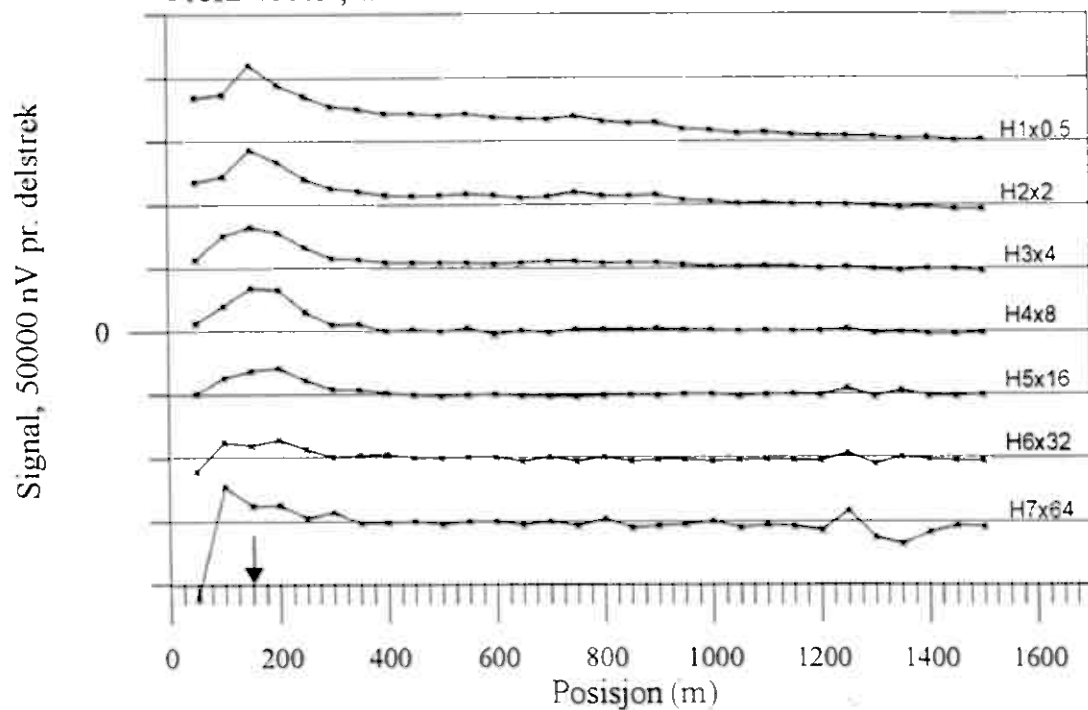


Figur 1. Vertikal og horisontalkanaler profil 4200N

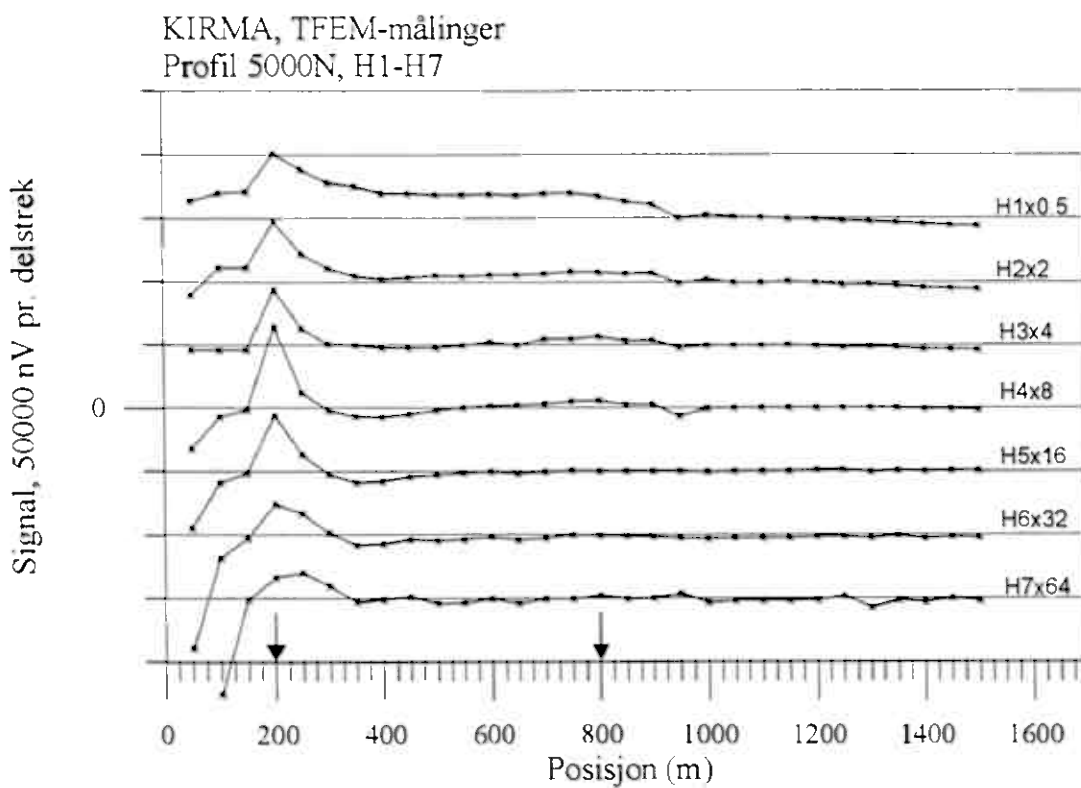
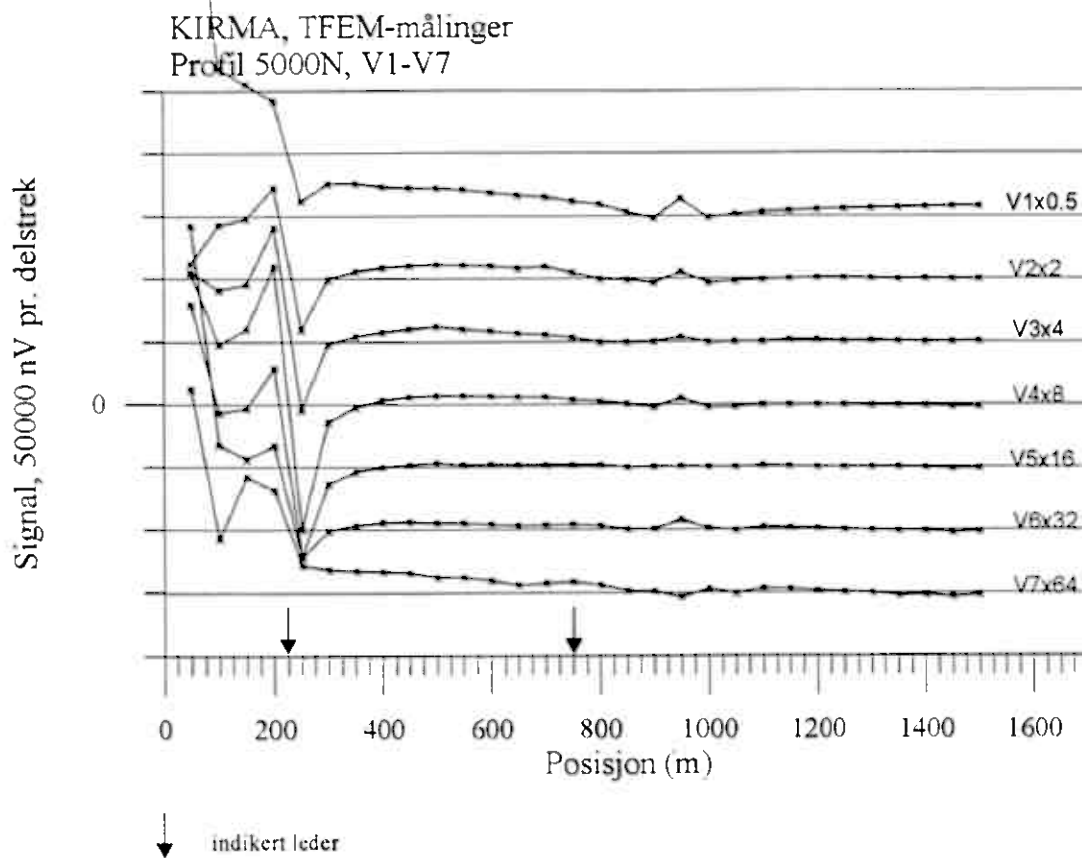
KIRMA, TFEM-målinger
Profil 4600N, V1-V7



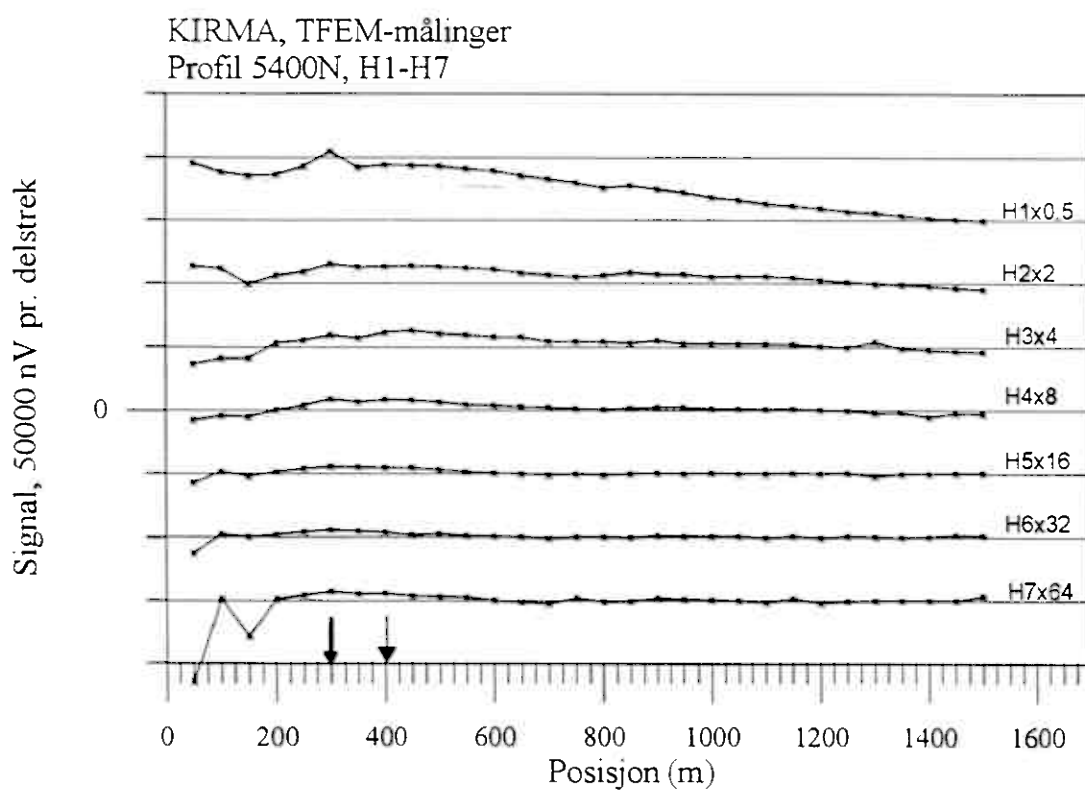
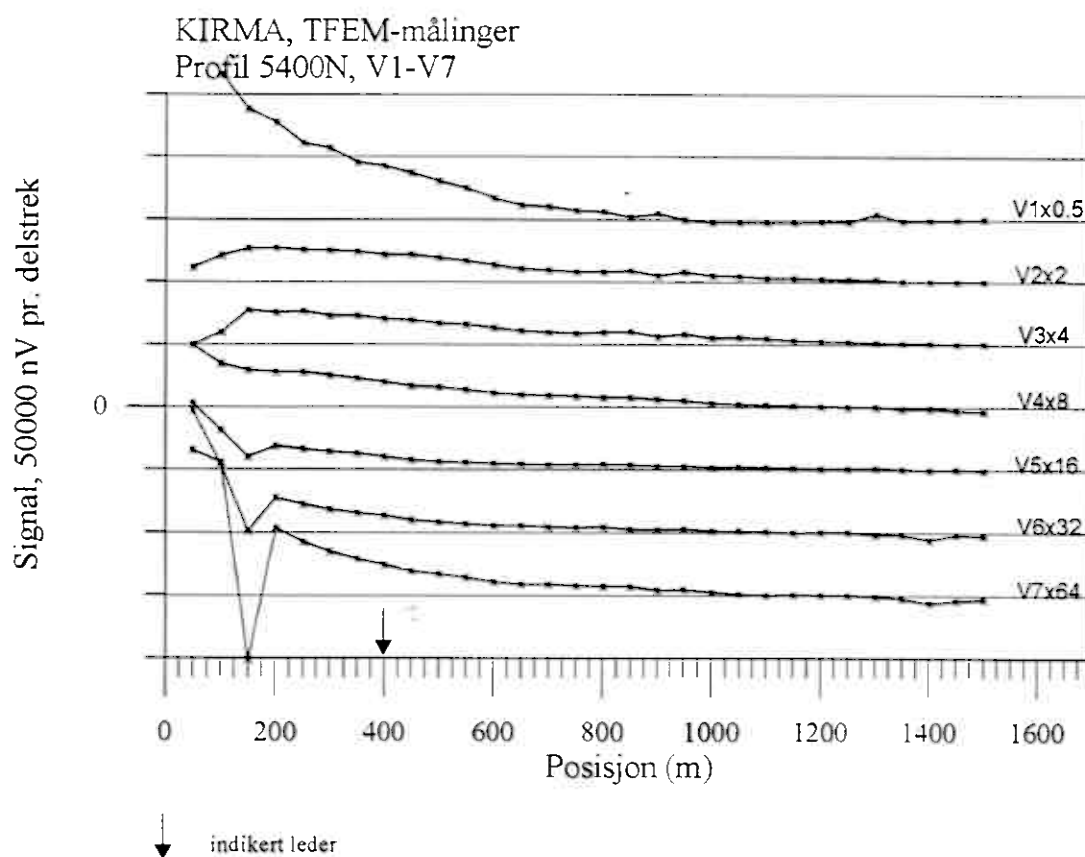
KIRMA, TFEM-målinger
Profil 4600N, H1-H7



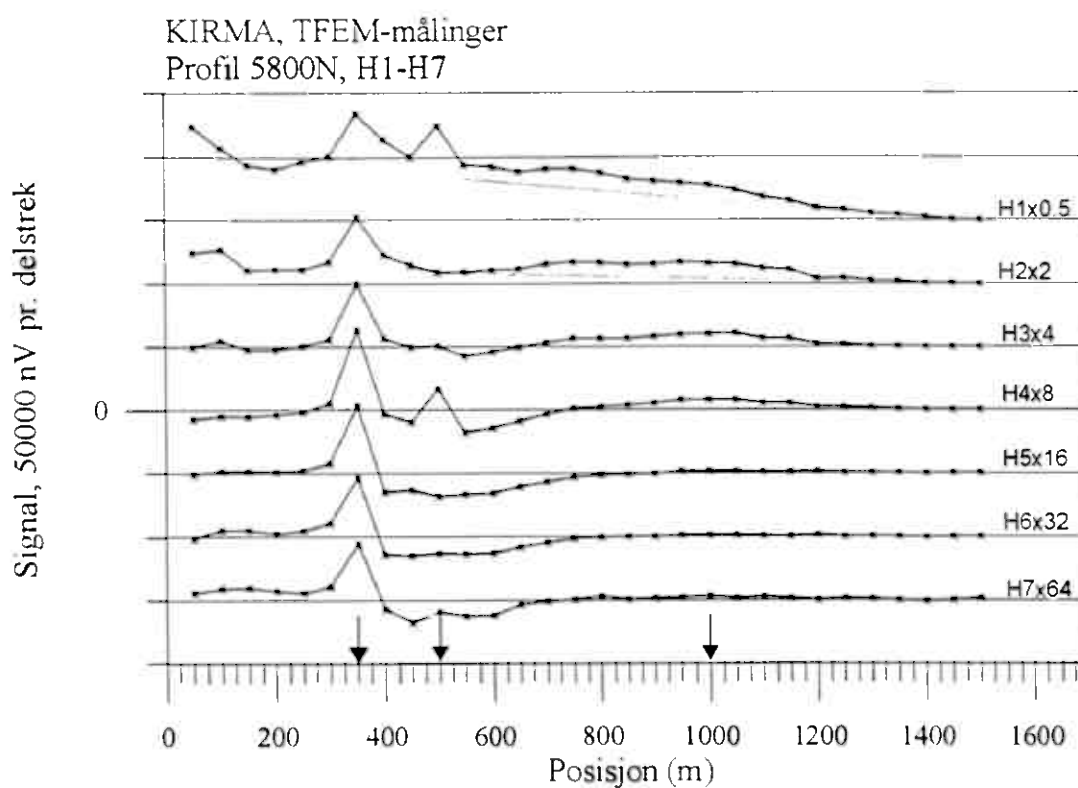
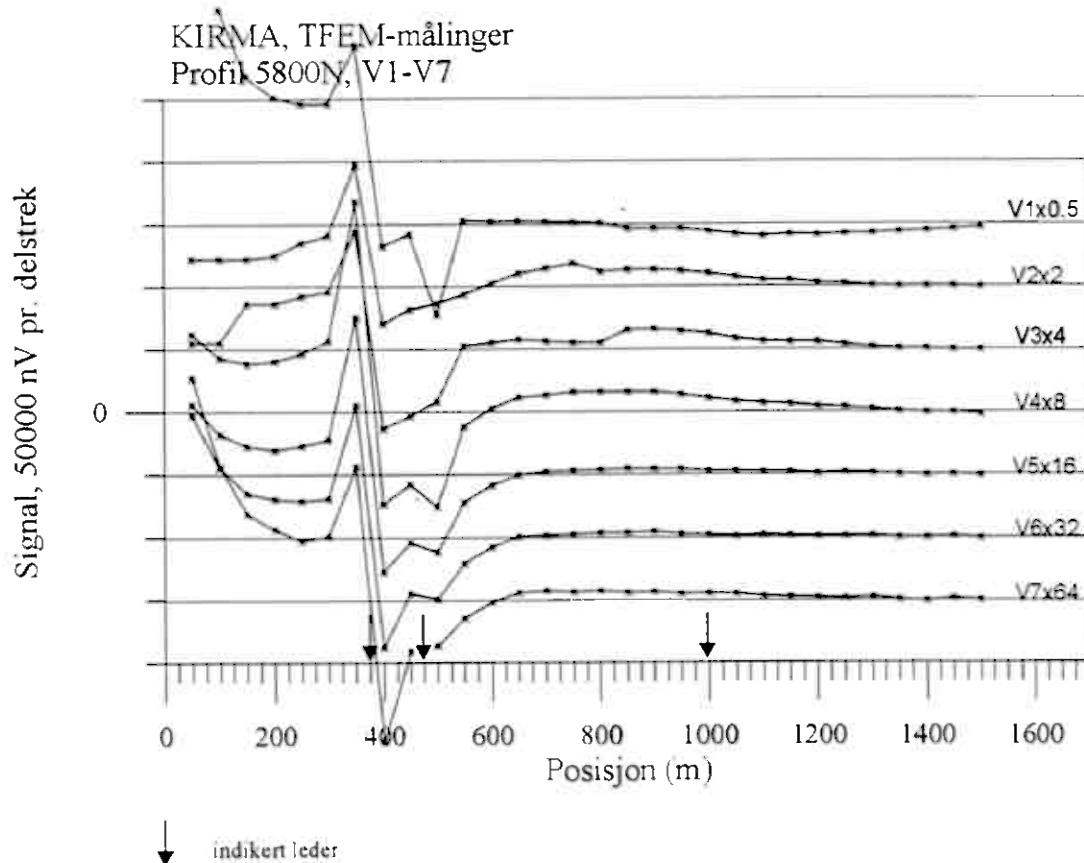
Figur 2. Vertikal og horisontalkanaler profil 4600N



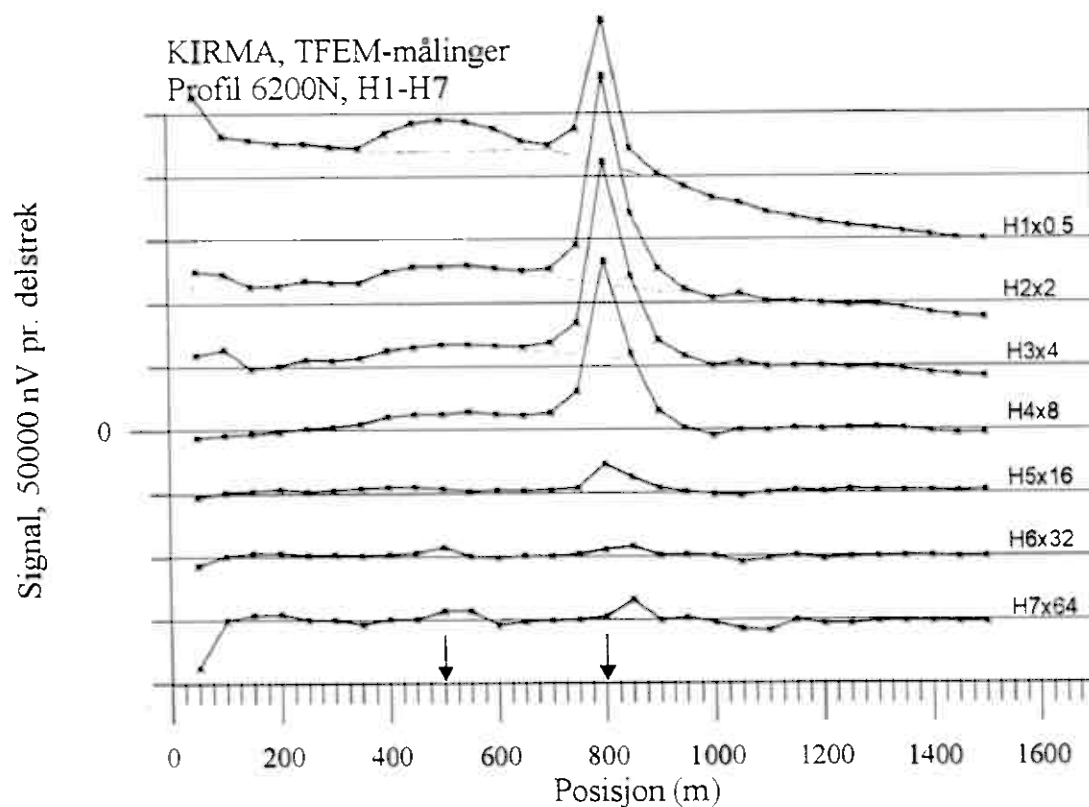
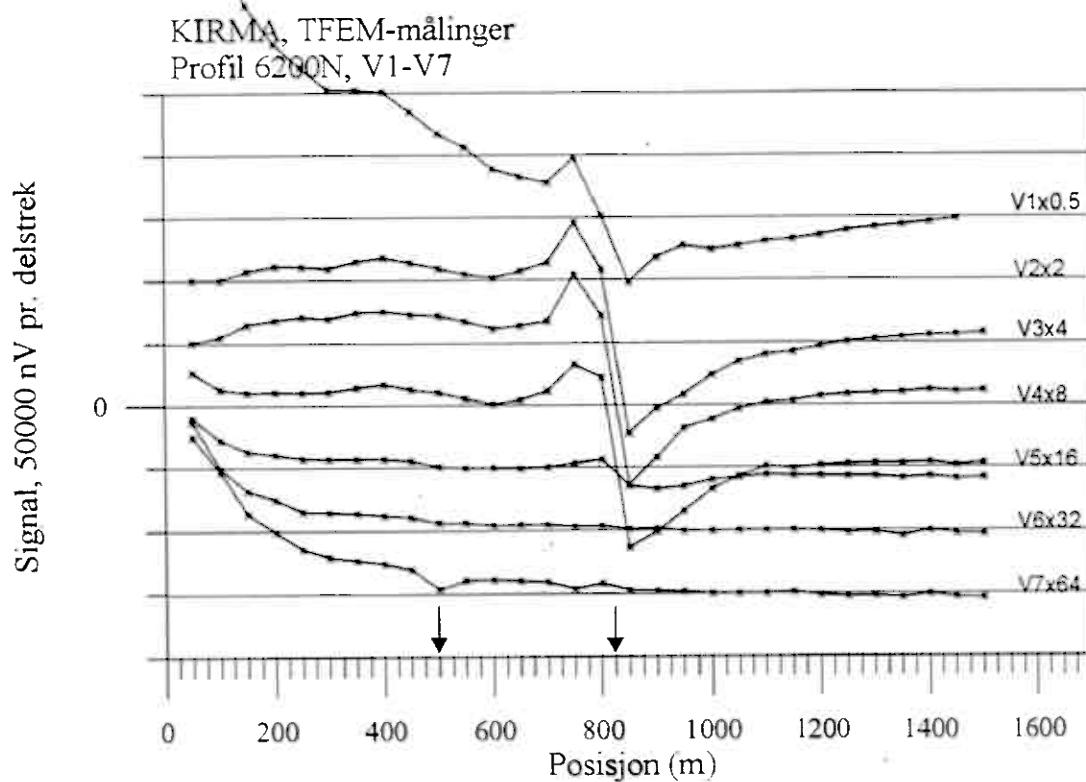
Figur 3. Vertikal og horisontalkanaler profil 5000N



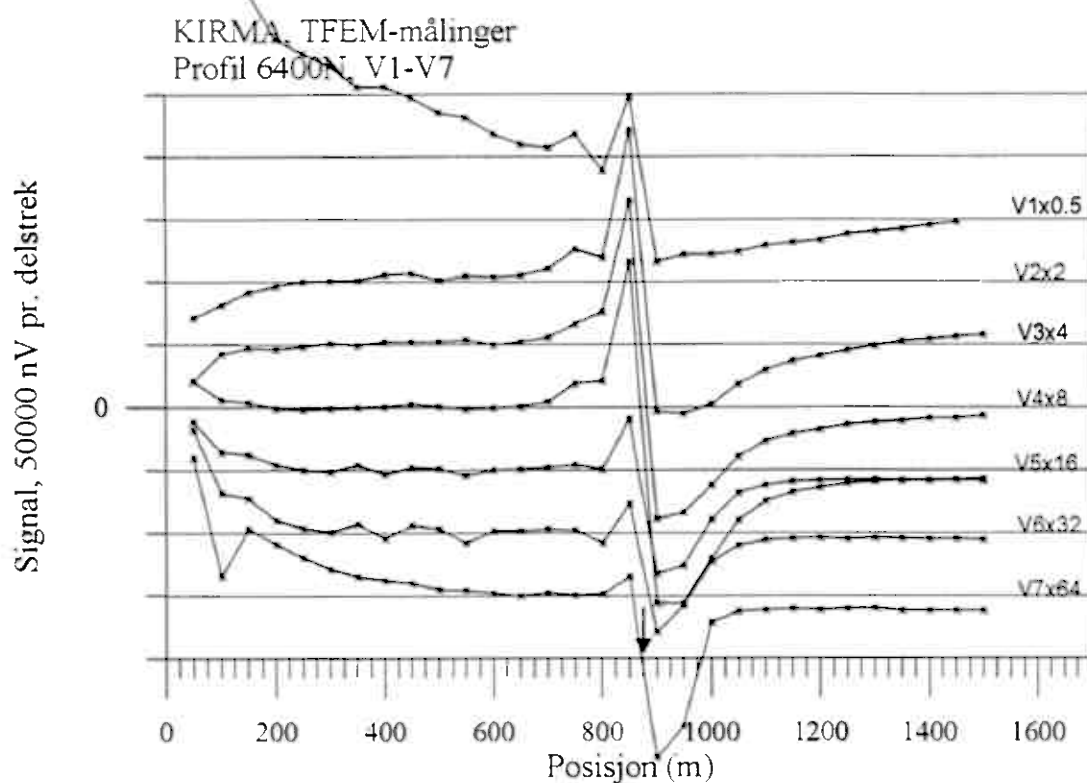
Figur 4. Vertikal og horisontalkanaler profil 5400N



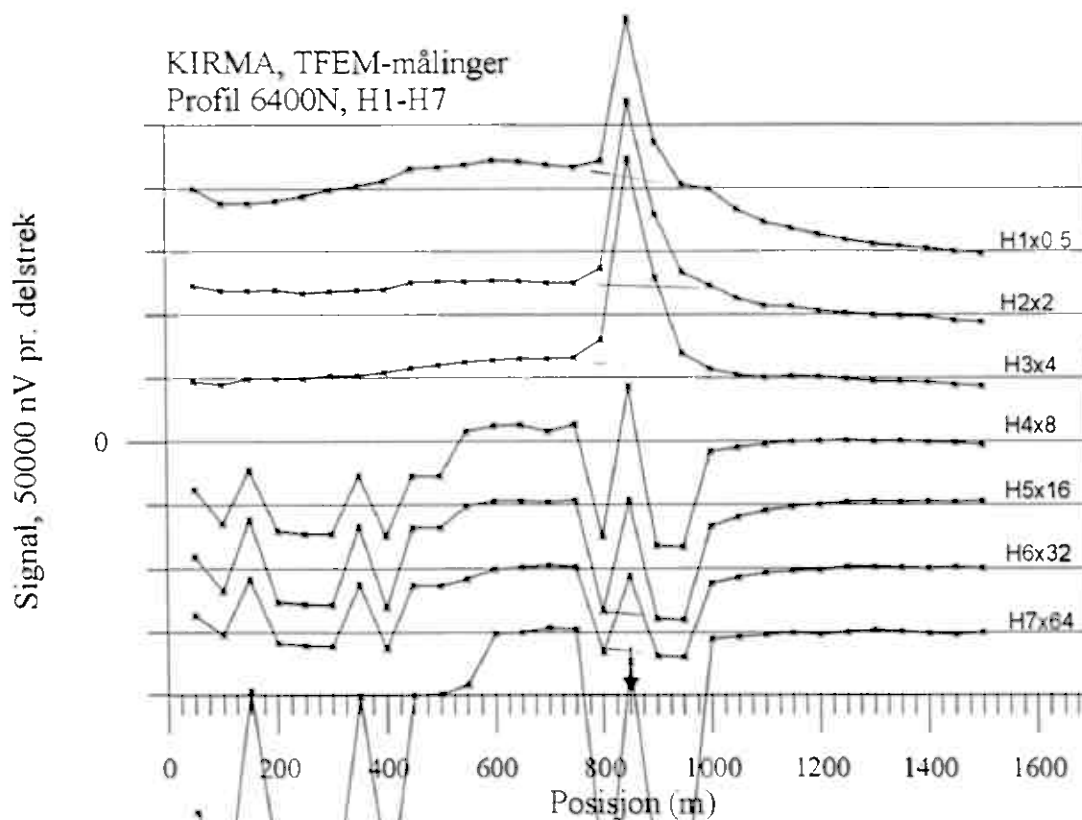
Figur 5. Vertikal og horisontalkanaler profil 5800N



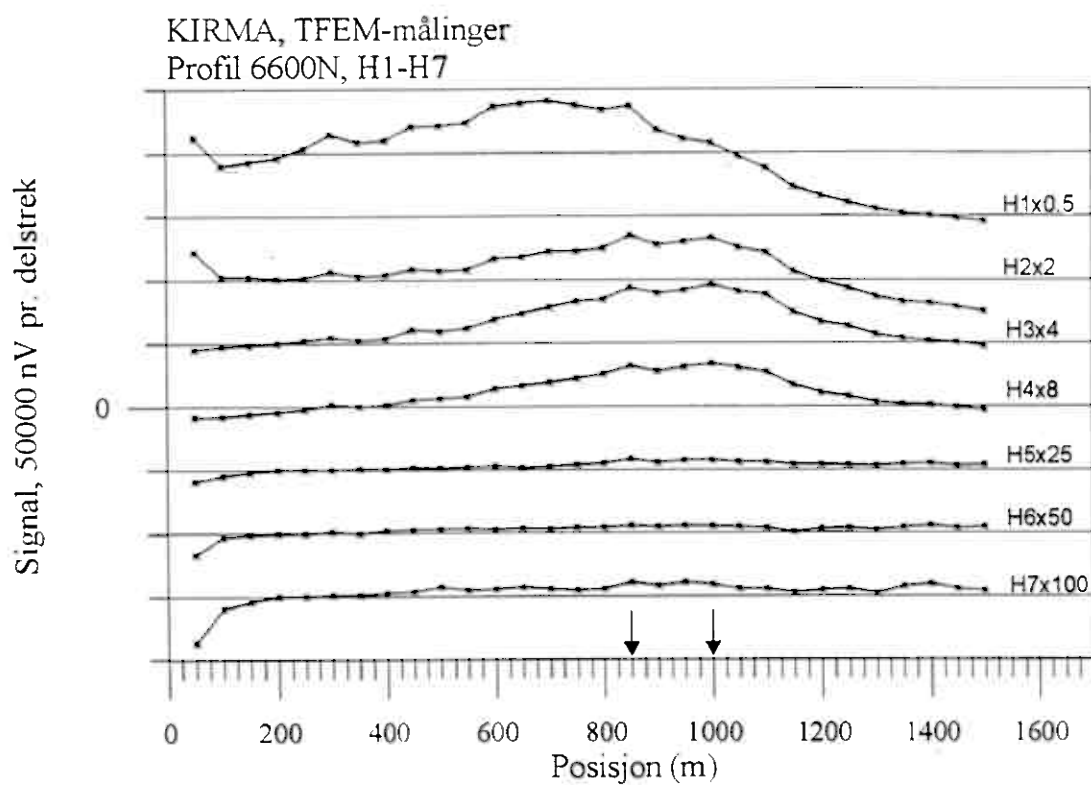
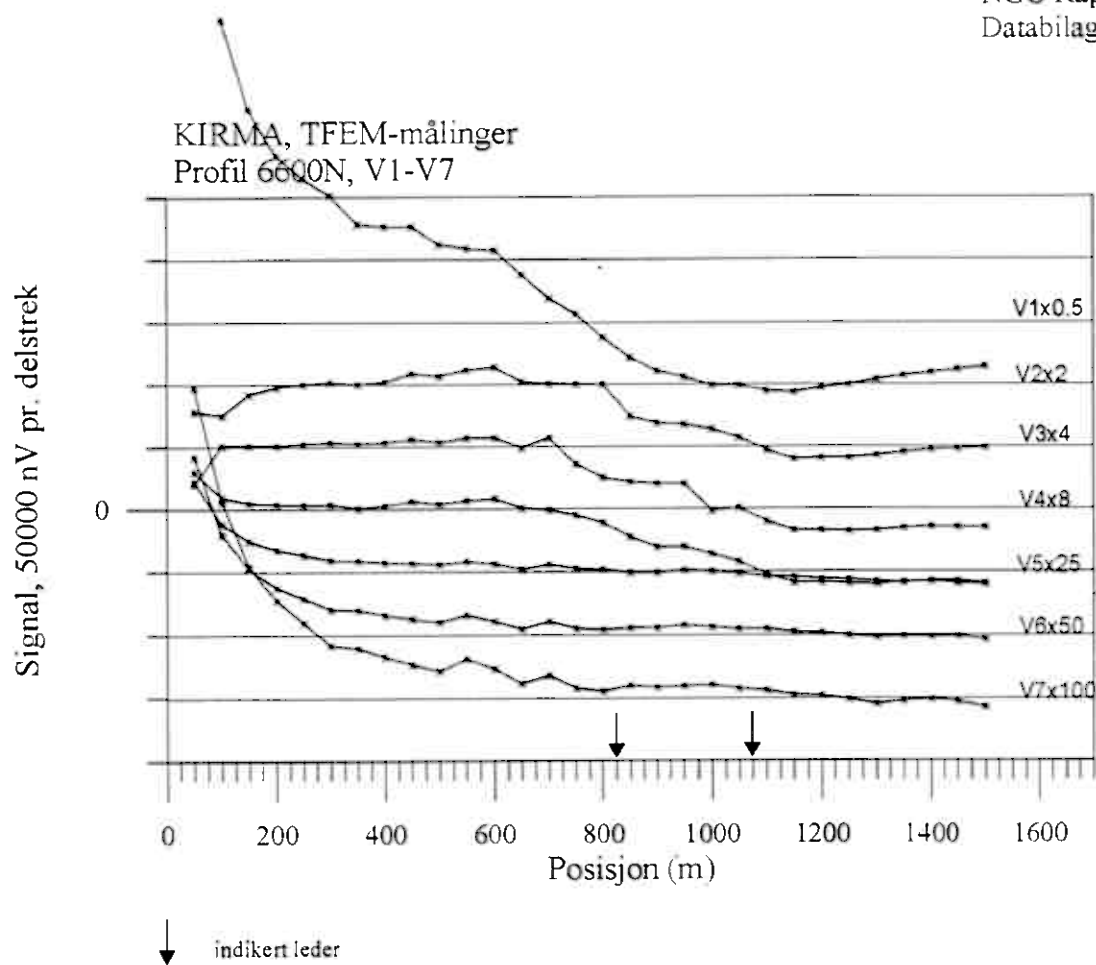
Figur 6. Vertikal og horisontalkanaler profil 6200N



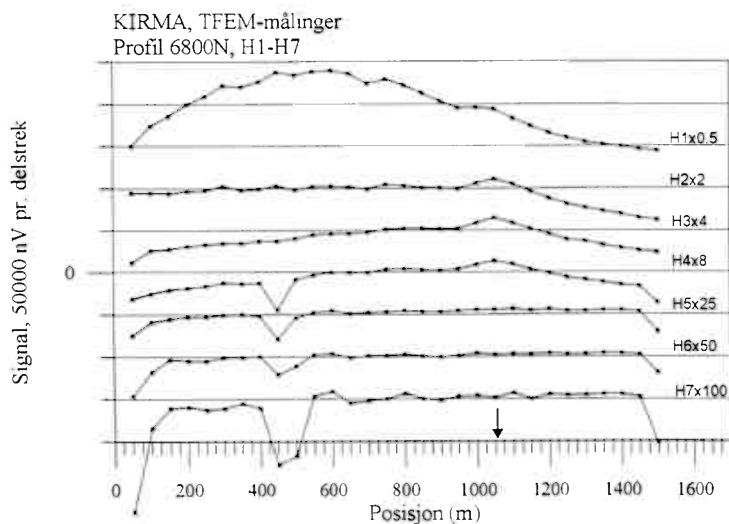
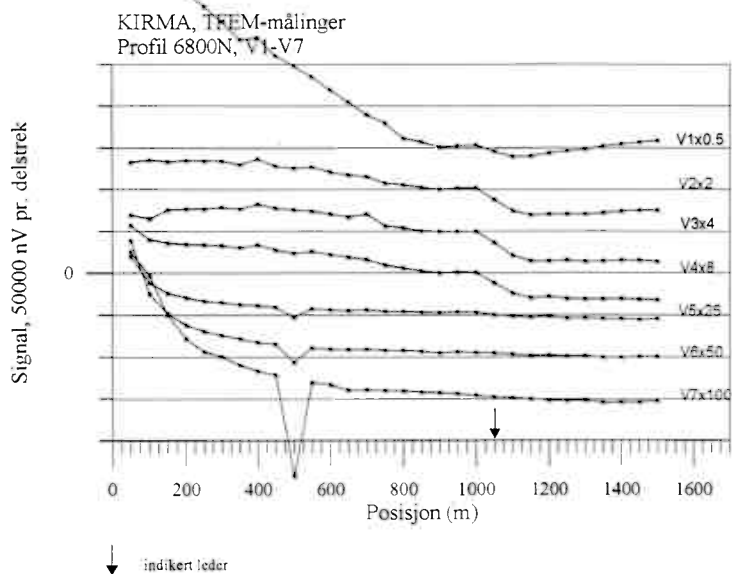
↓ indikert leder



Figur 7. Vertikal og horisontalkanaler profil 6400N

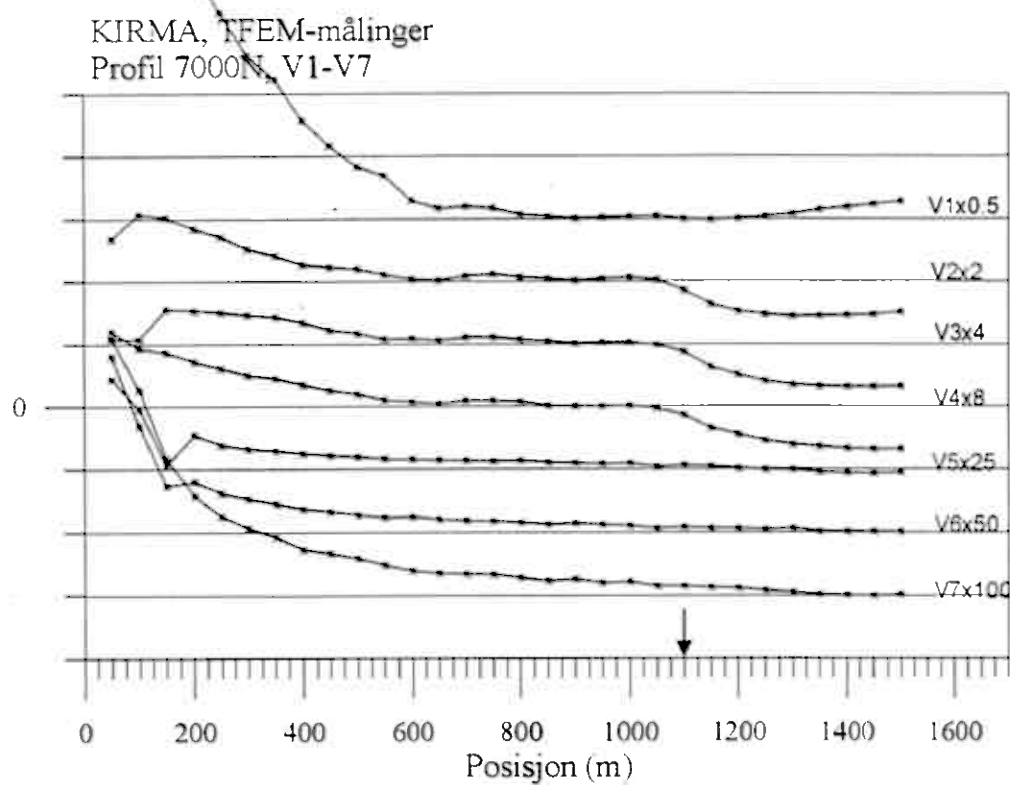


Figur 8. Vertikal og horisontalkanaler profil 6600N

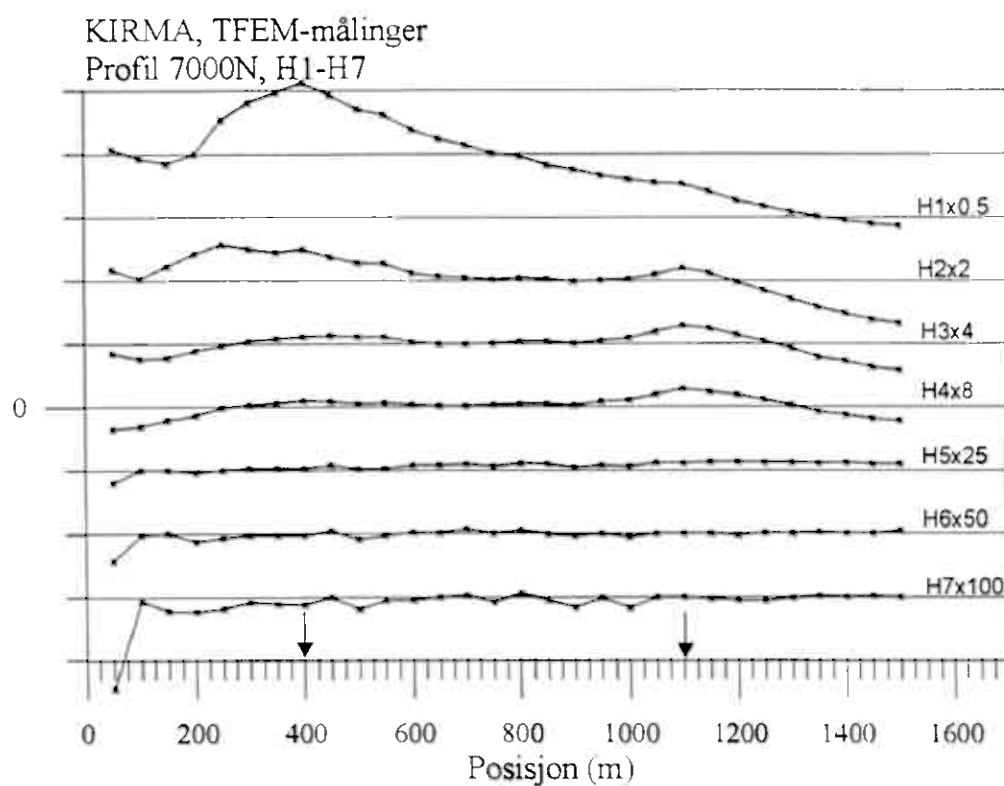


Figur 9. Vertikal og horisontalkanaler profil 6800N

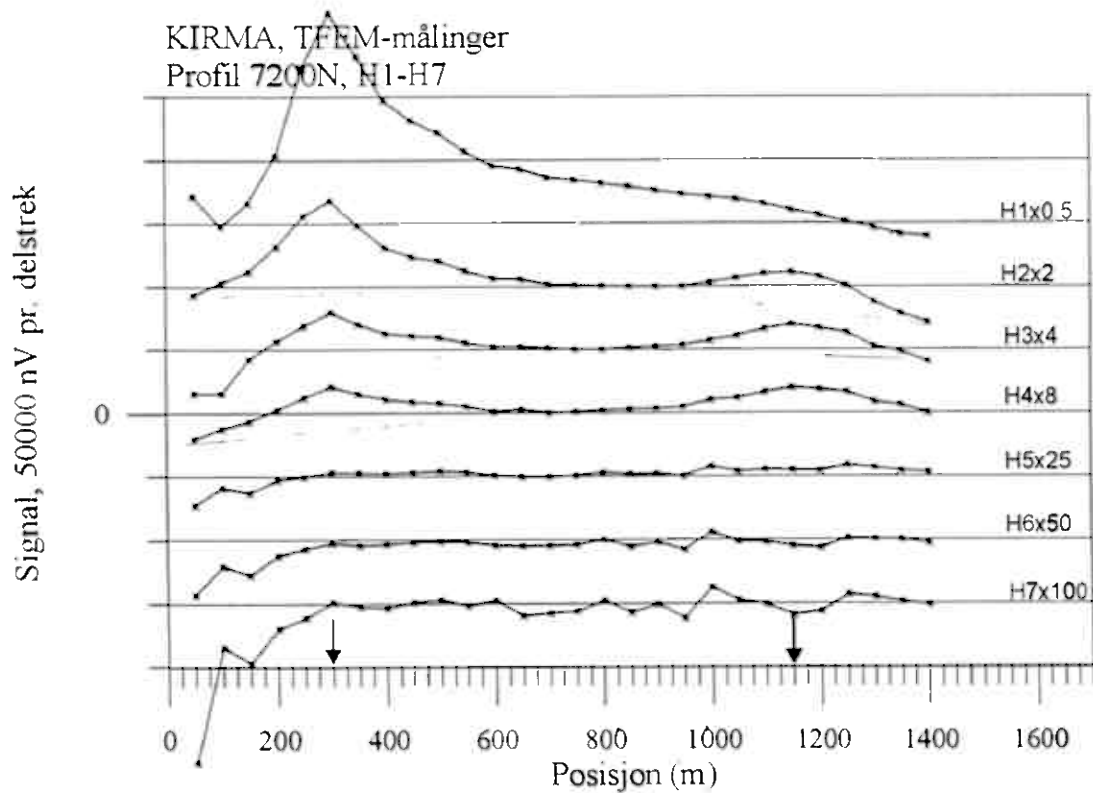
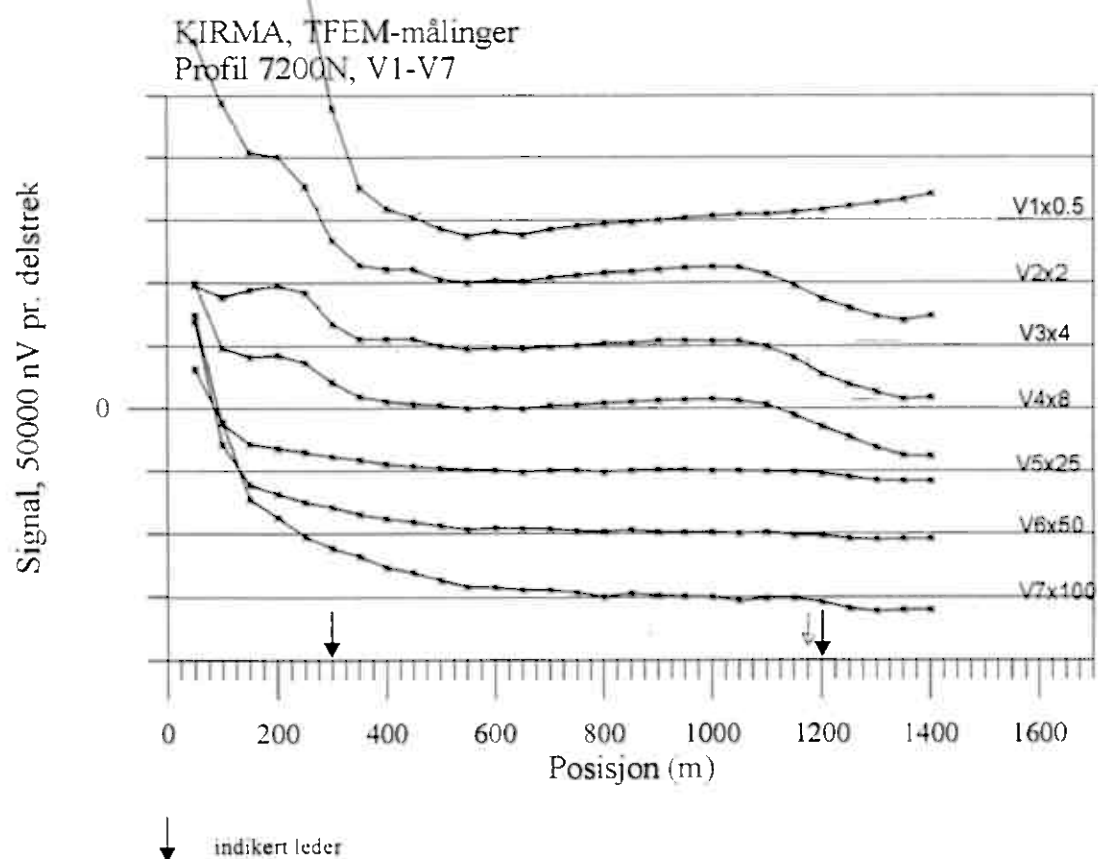
Signal, 50000 nV pr. delstrekk



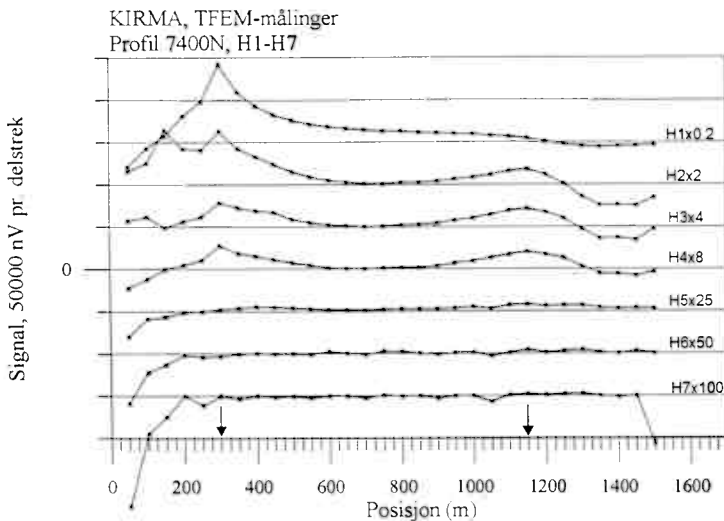
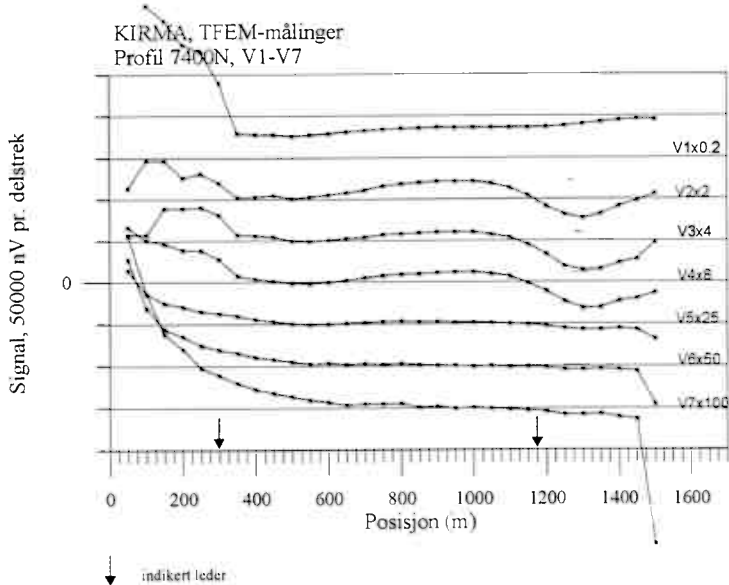
Signal, 50000 nV pr. delstrekk



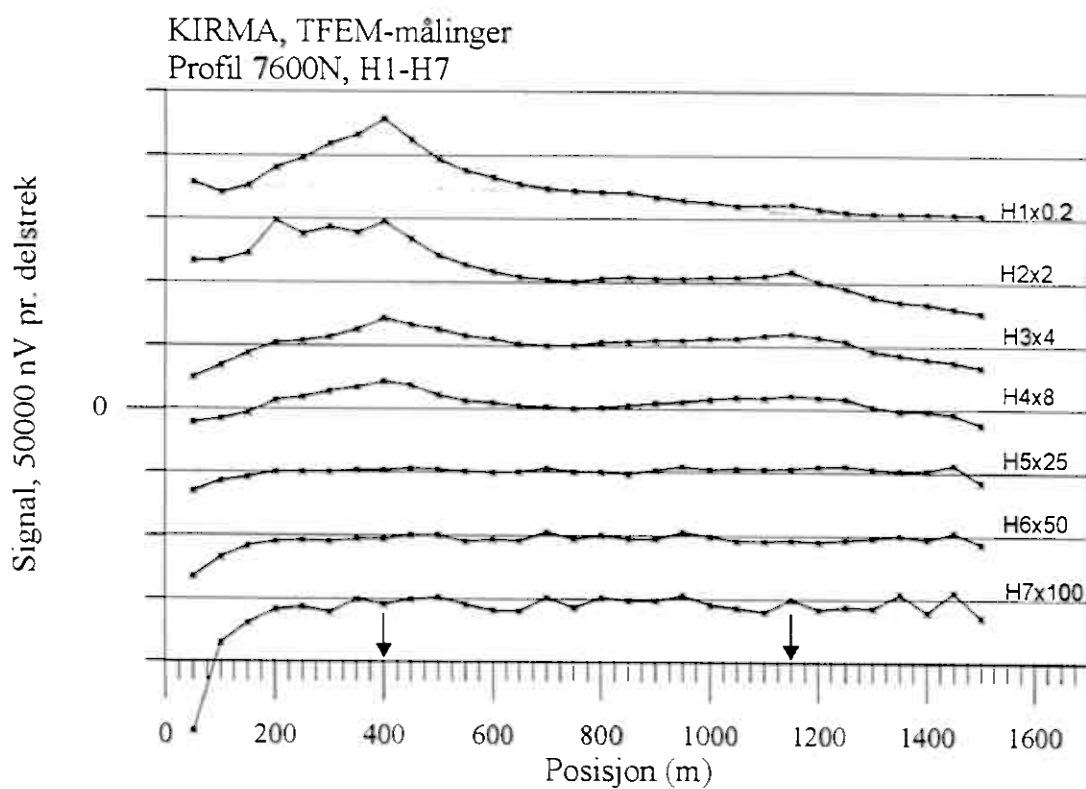
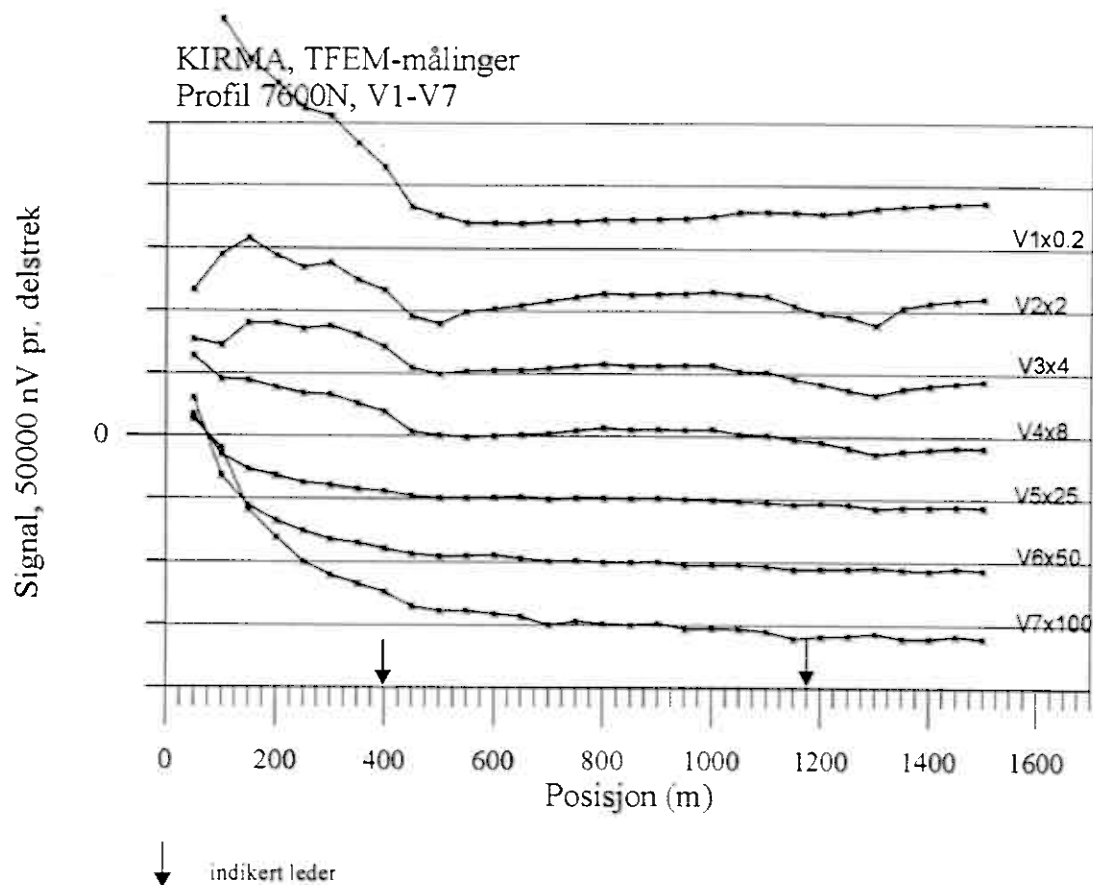
Figur 10. Vertikal og horisontalkanaler profil 7000N



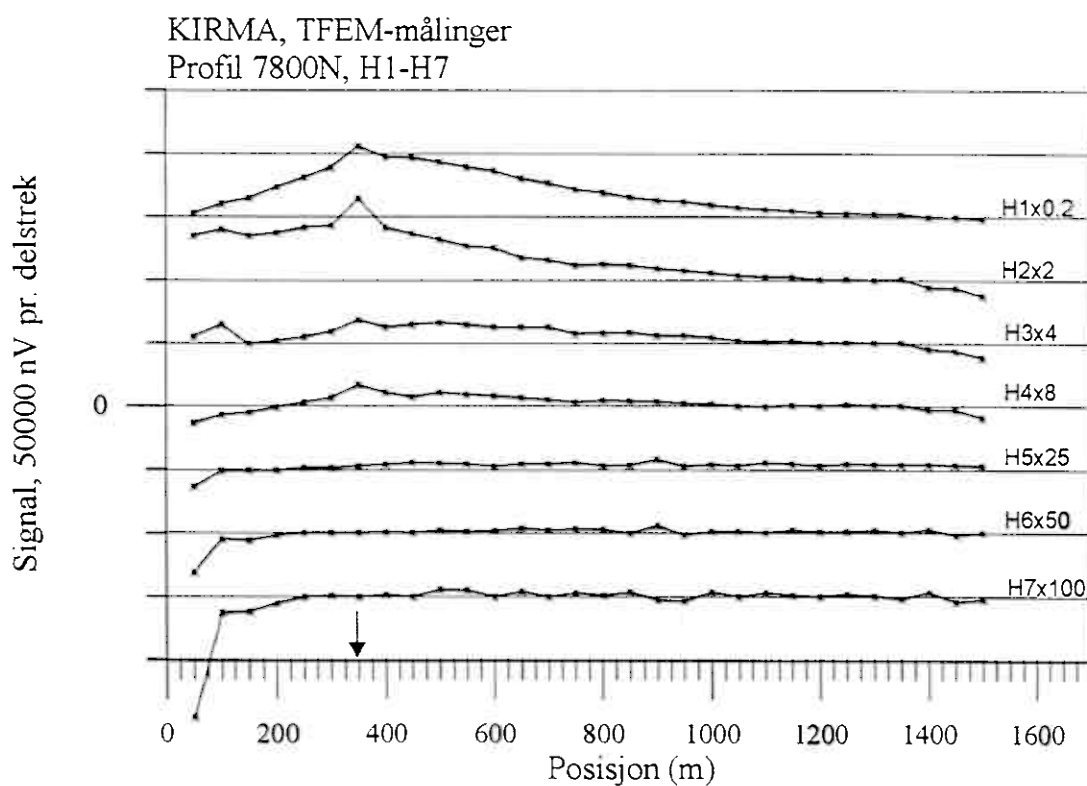
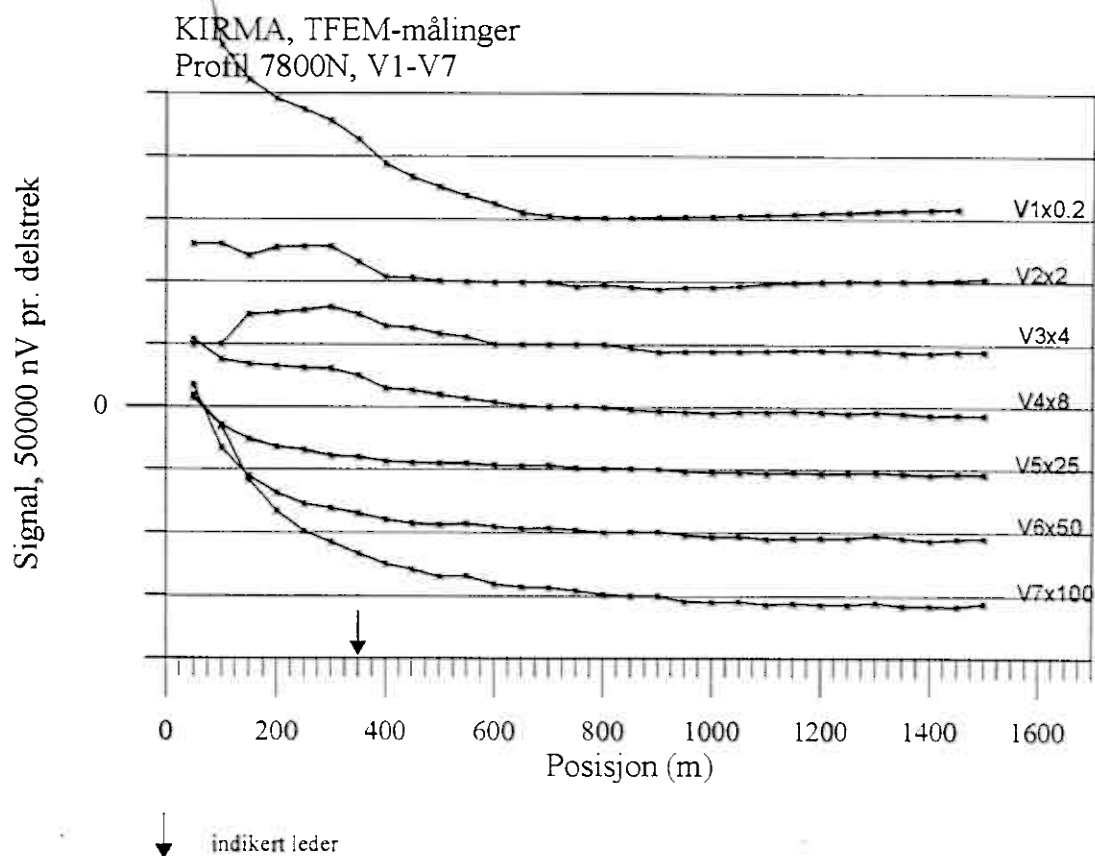
Figur 11. Vertikal og horisontalkanaler profil 7200N



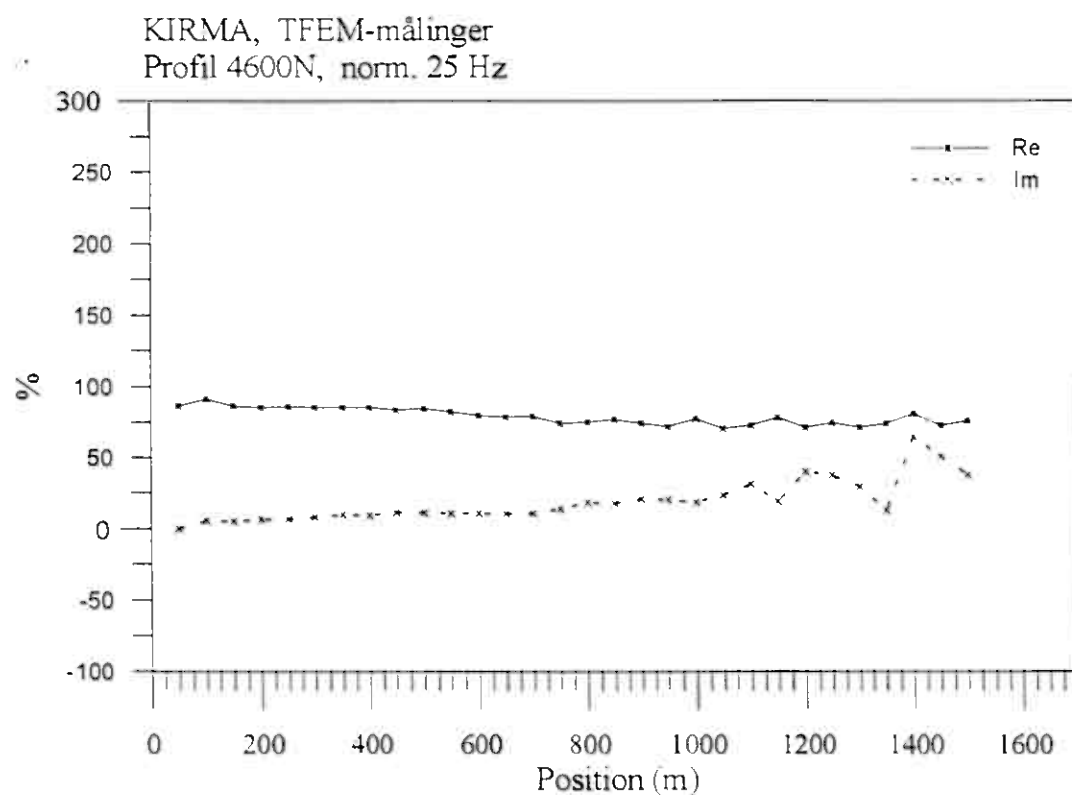
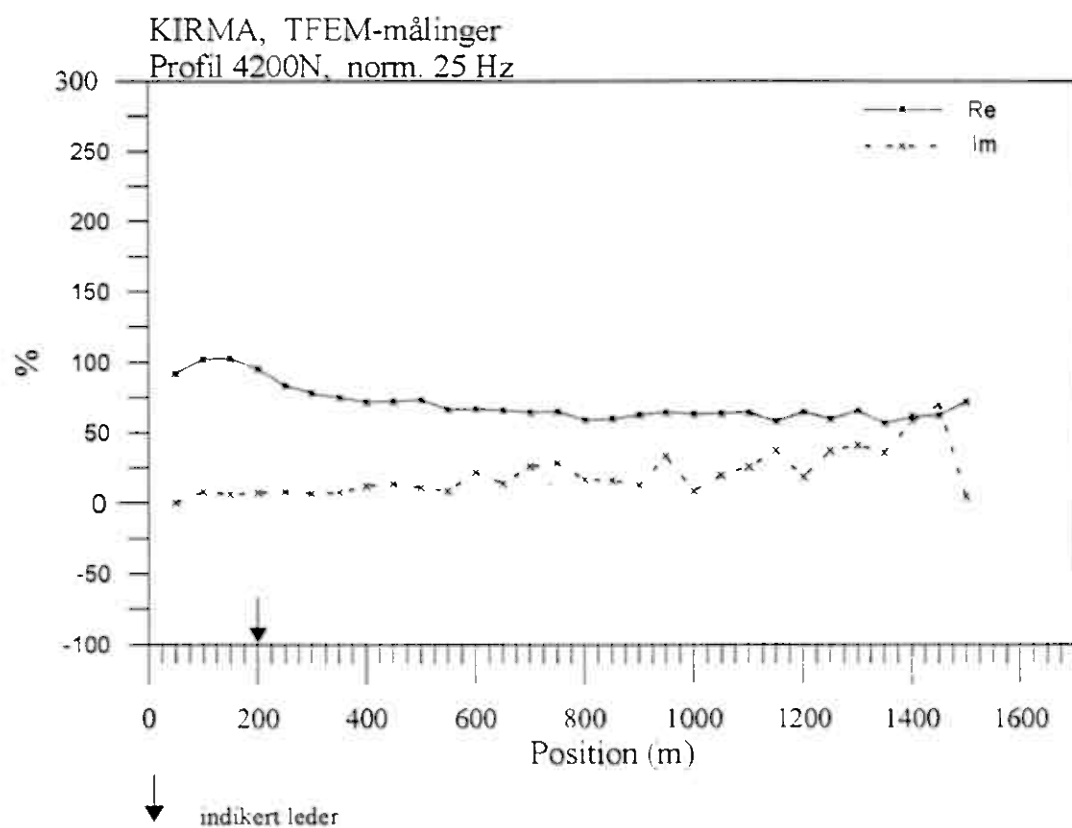
Figur 12. Vertikal og horisontalkanaler profil 7400N



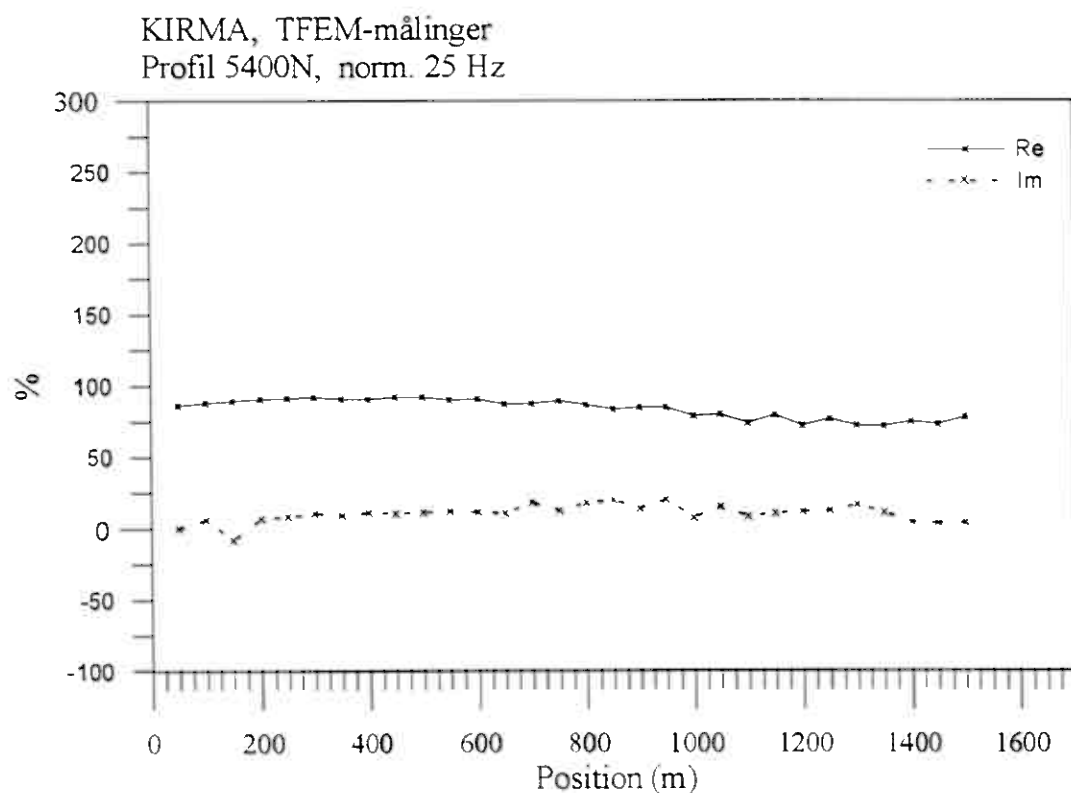
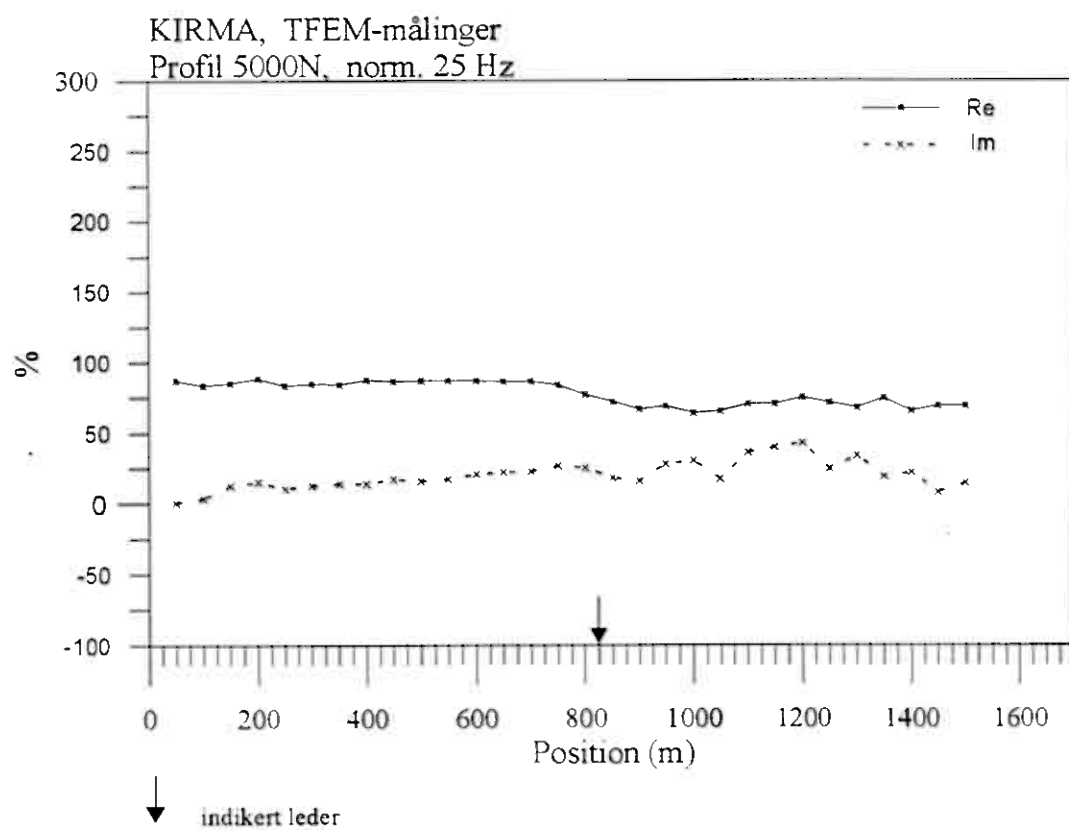
Figur 13. Vertikal og horisontalkanaler profil 7600N



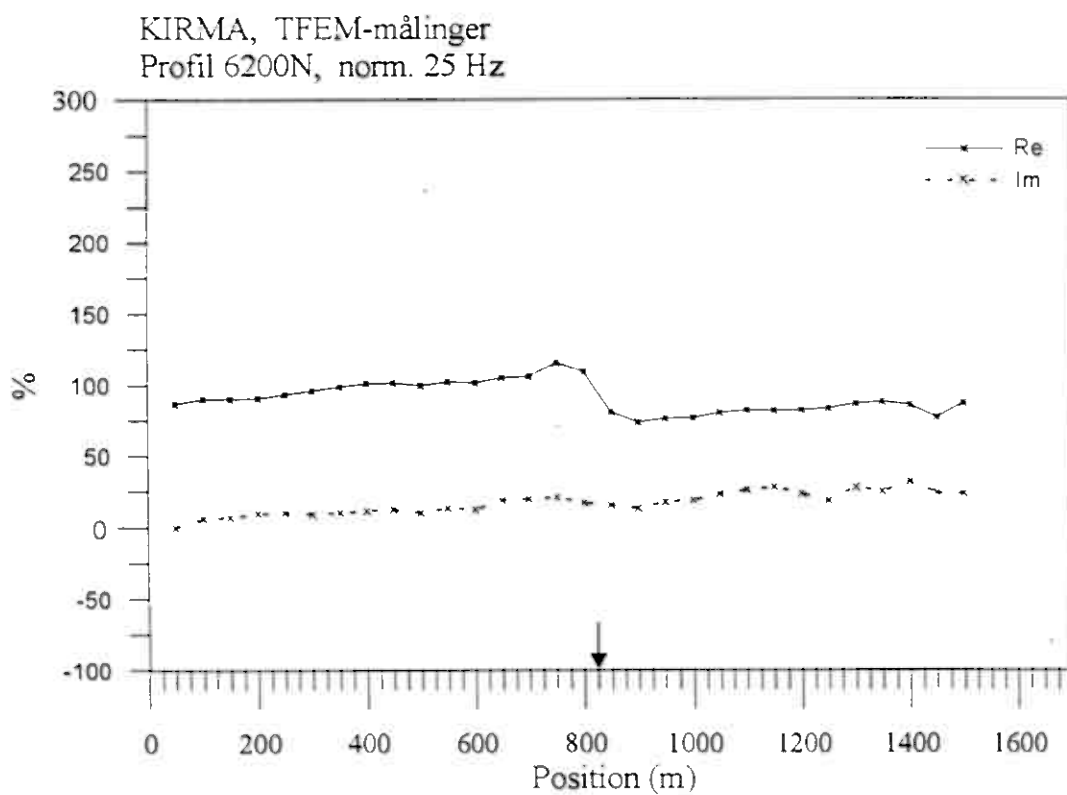
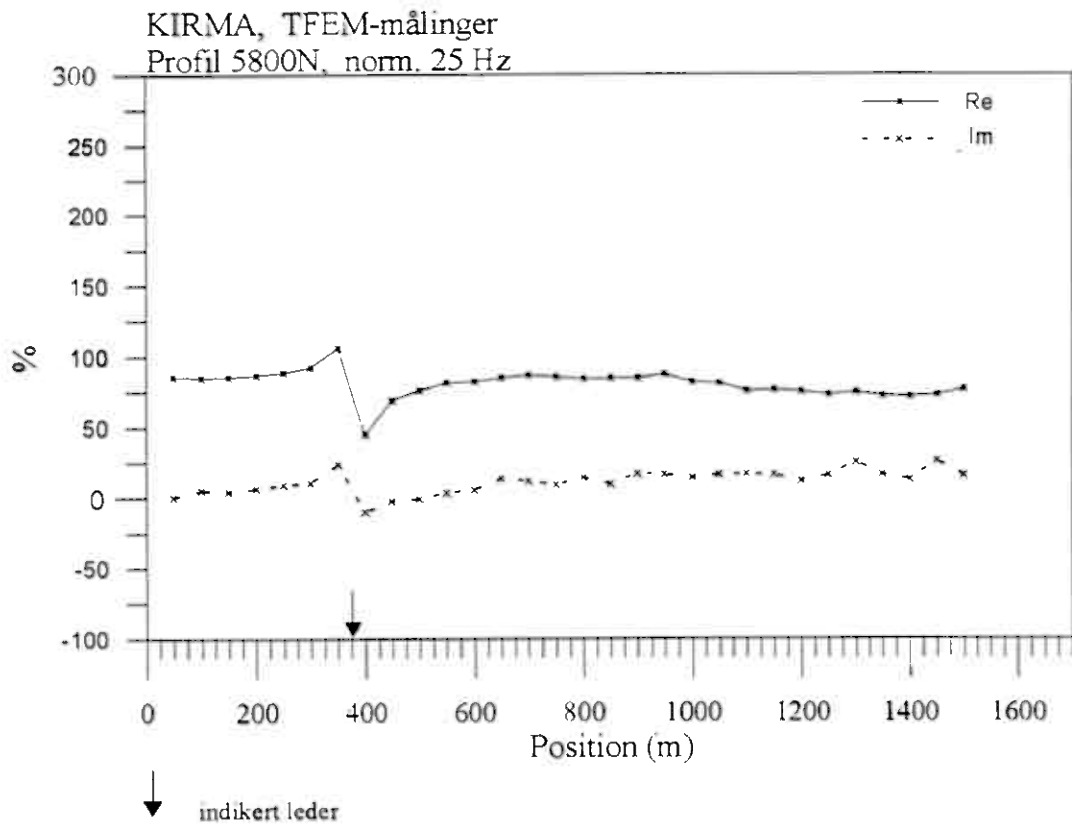
Figur 14. Vertikal og horisontalkanaler profil 7800N



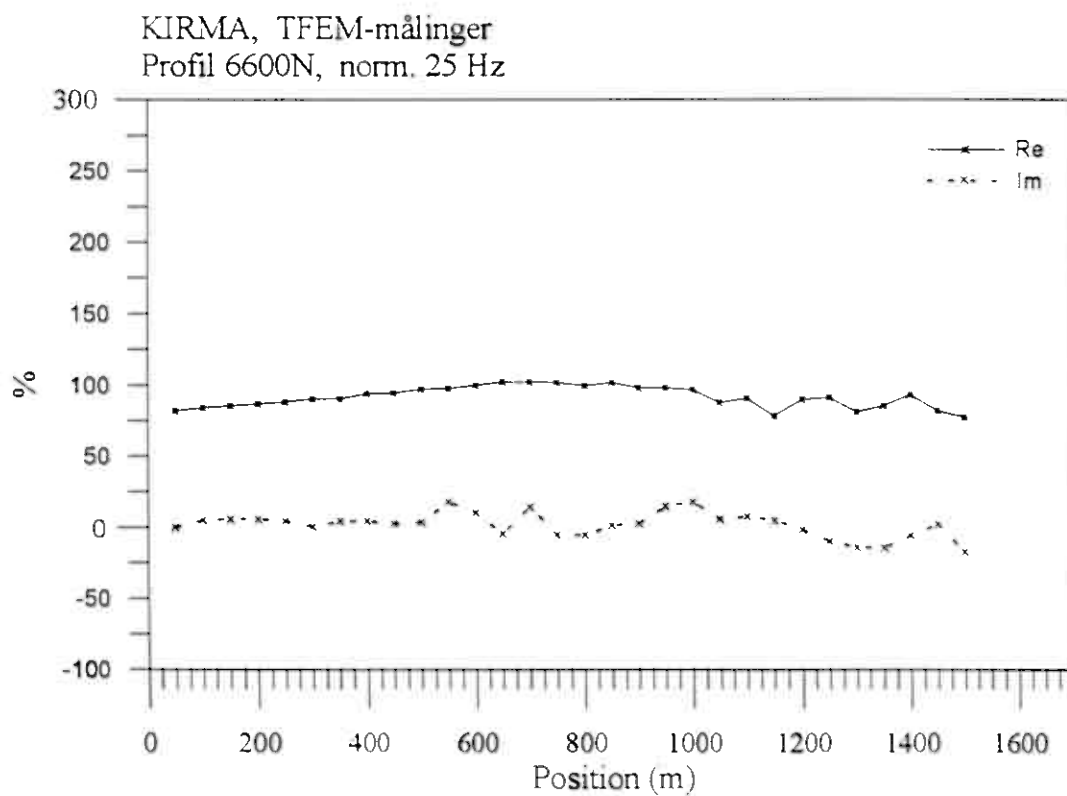
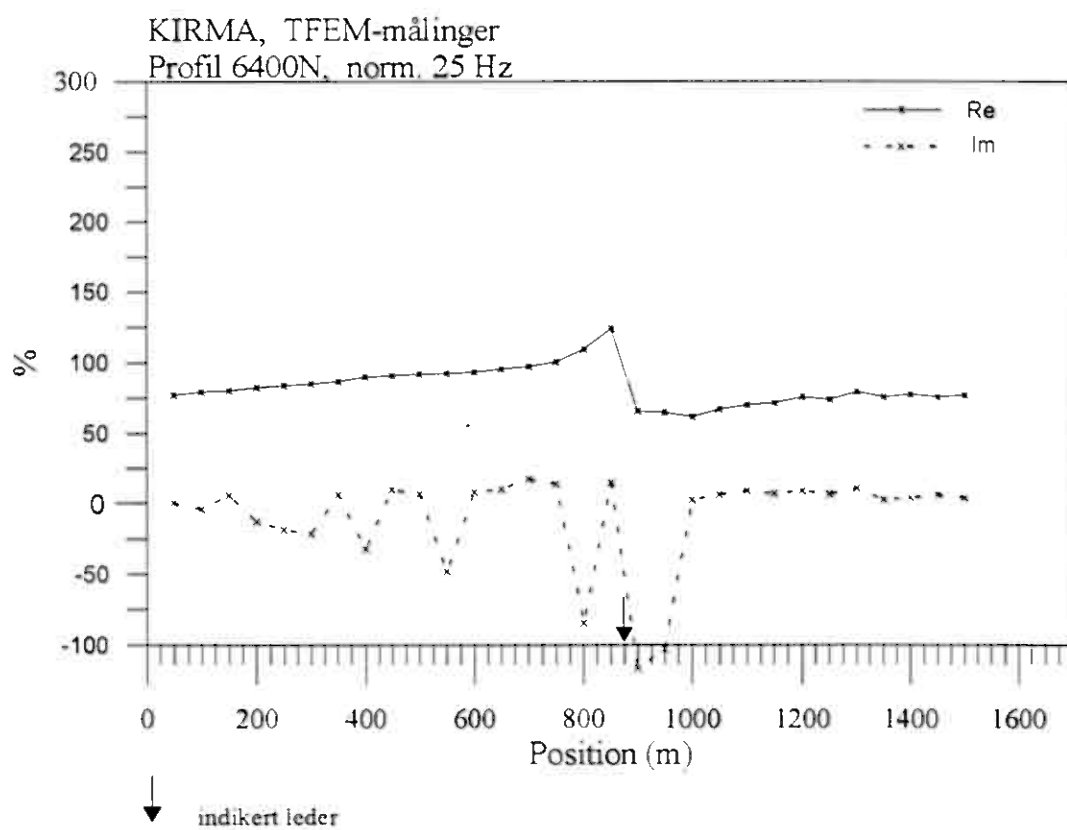
Figur 15. Normalisert 25 Hz, profil 4200N og 4600N



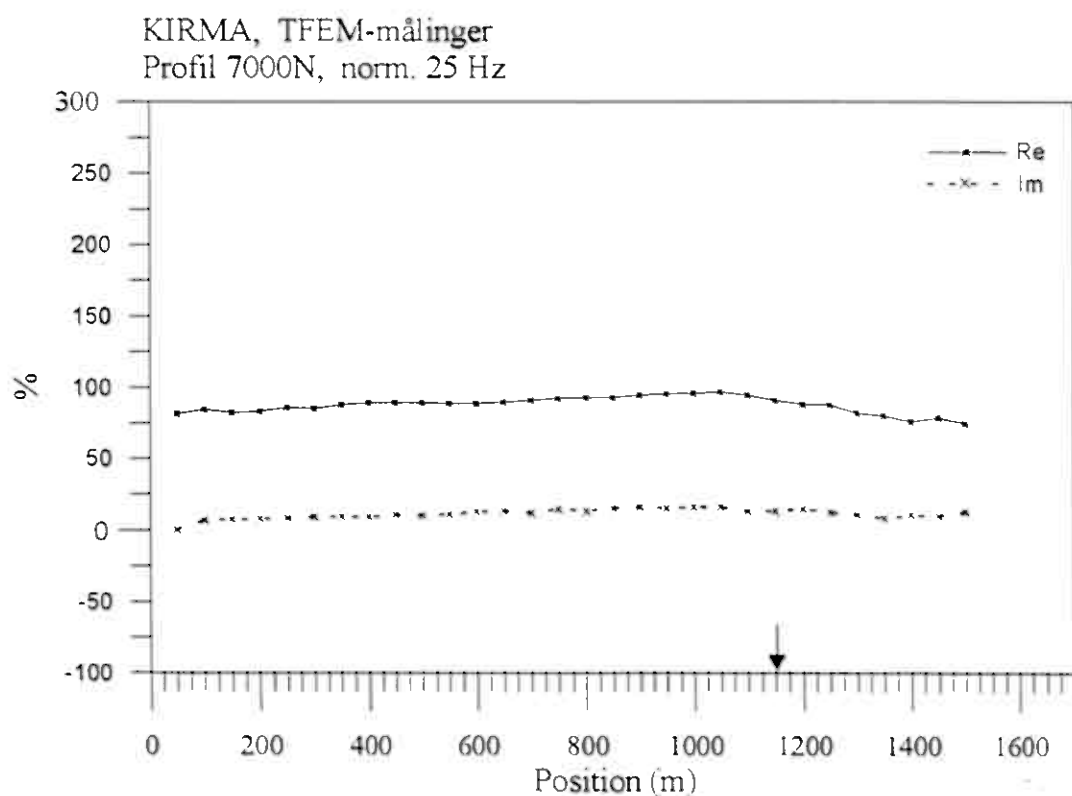
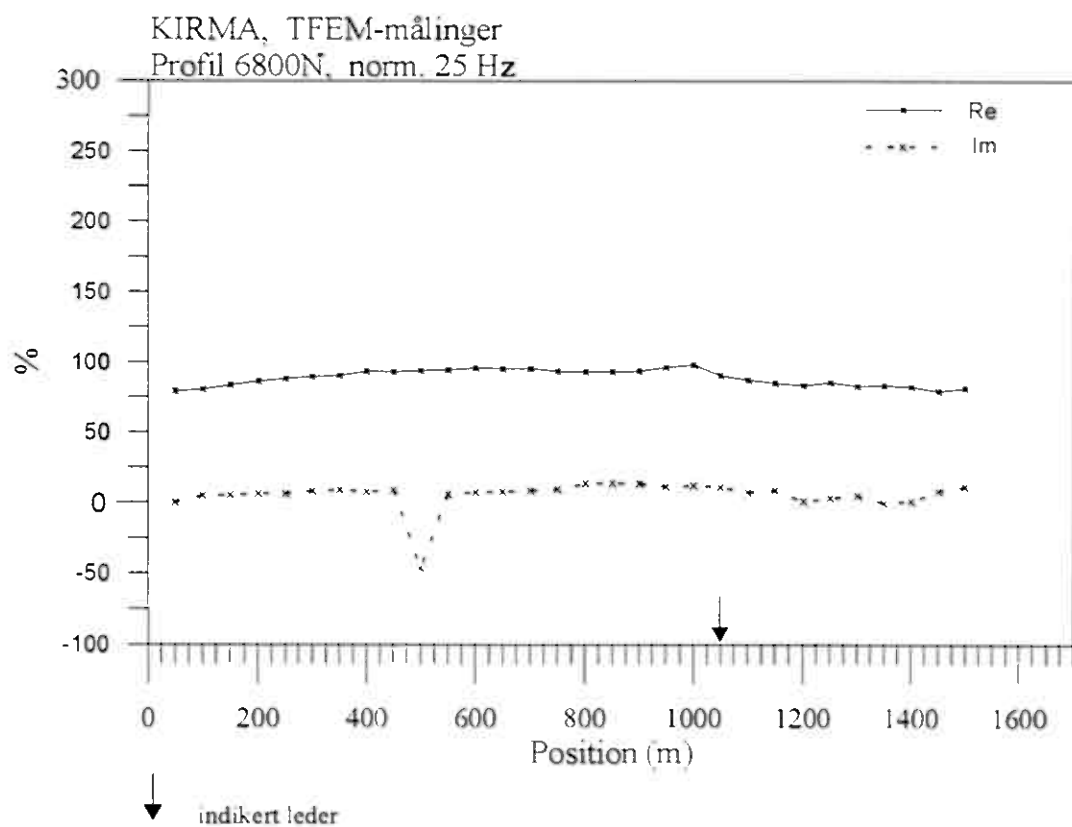
Figur 16. Normalisert 25 Hz, profil 5000N og 5400N



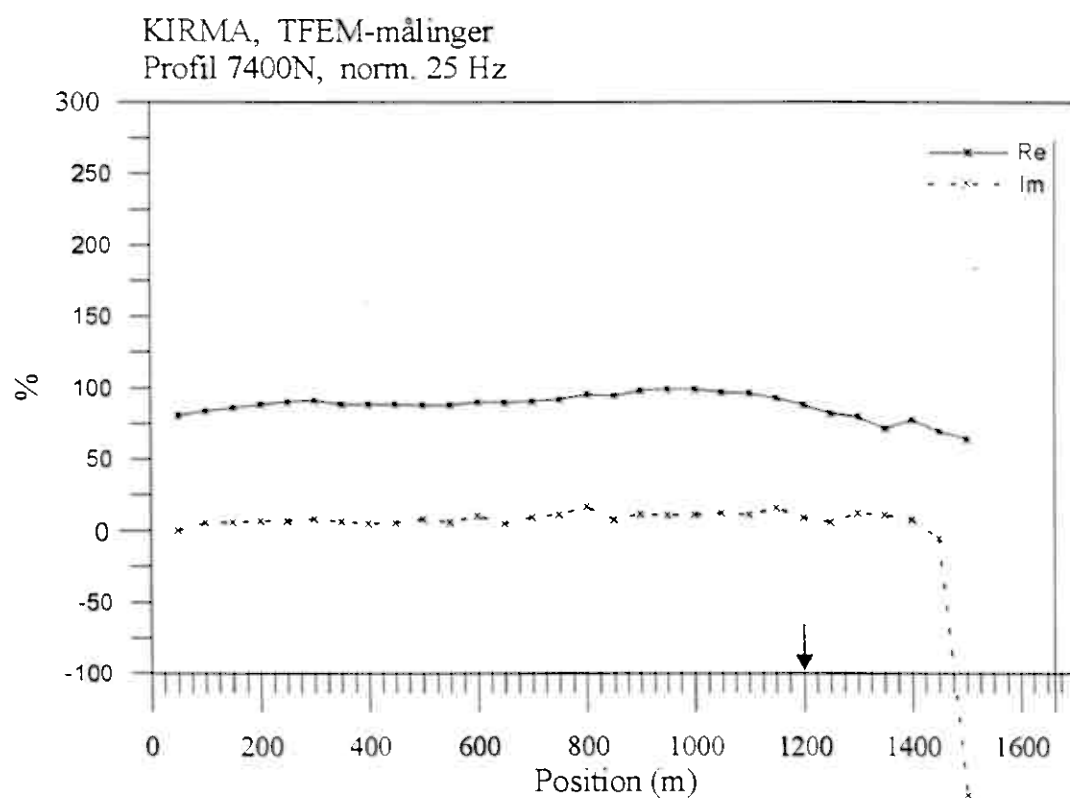
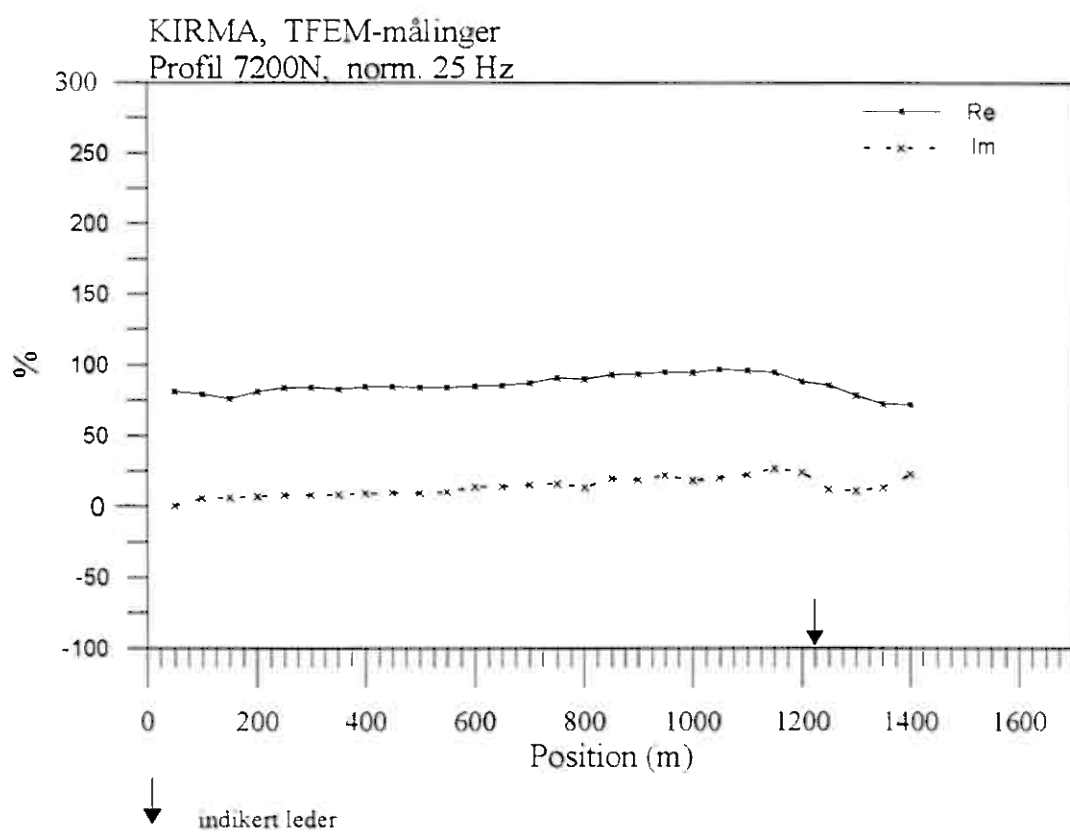
Figur 17. Normalisert 25 Hz, profil 5800N og 6200N



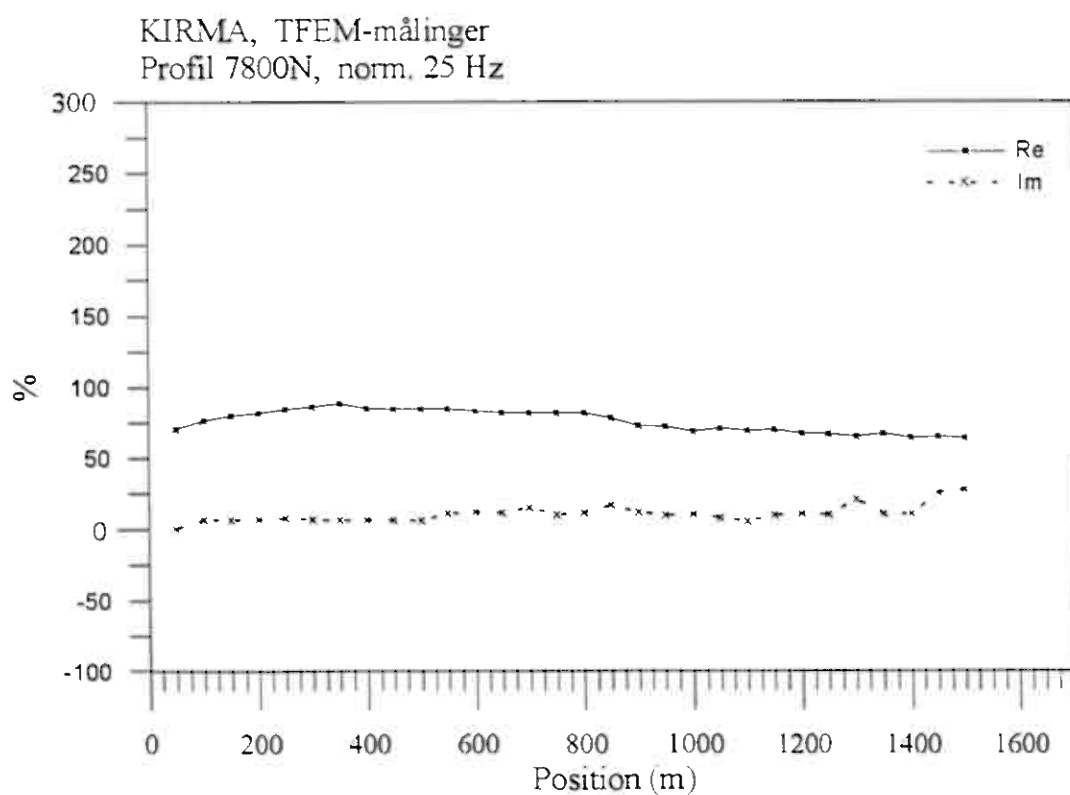
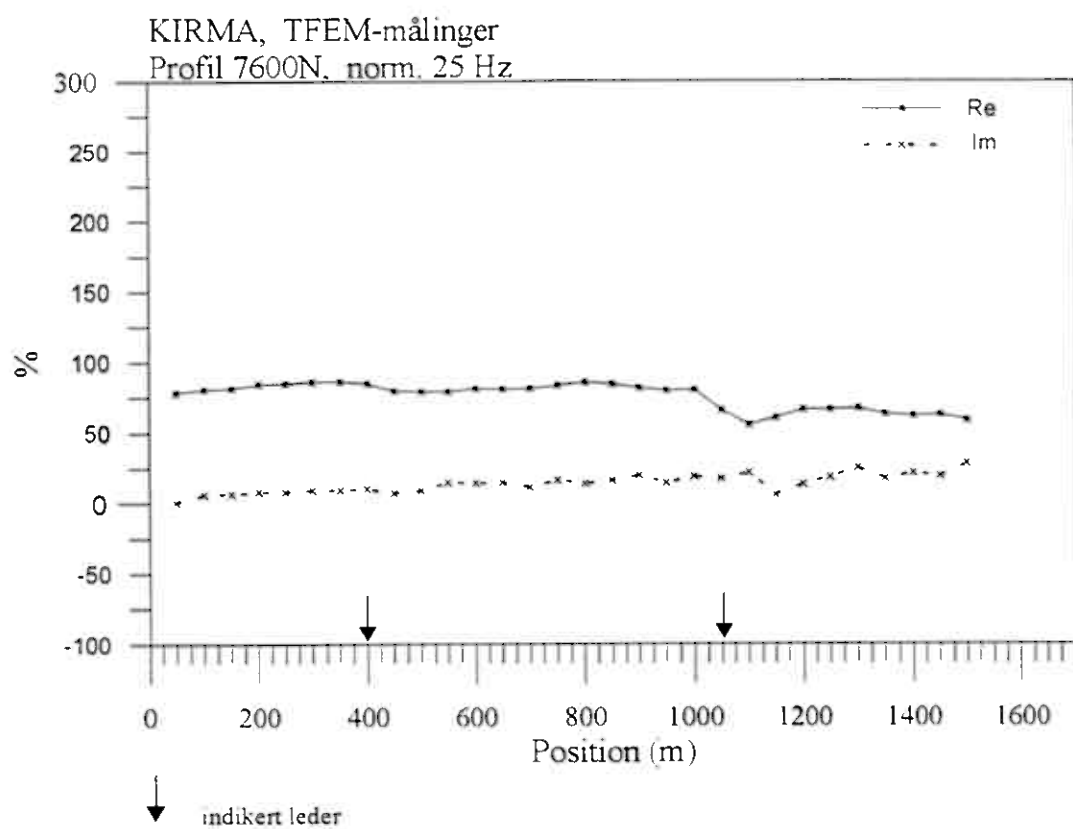
Figur 18. Normalisert 25 Hz, profil 6400N og 6600N



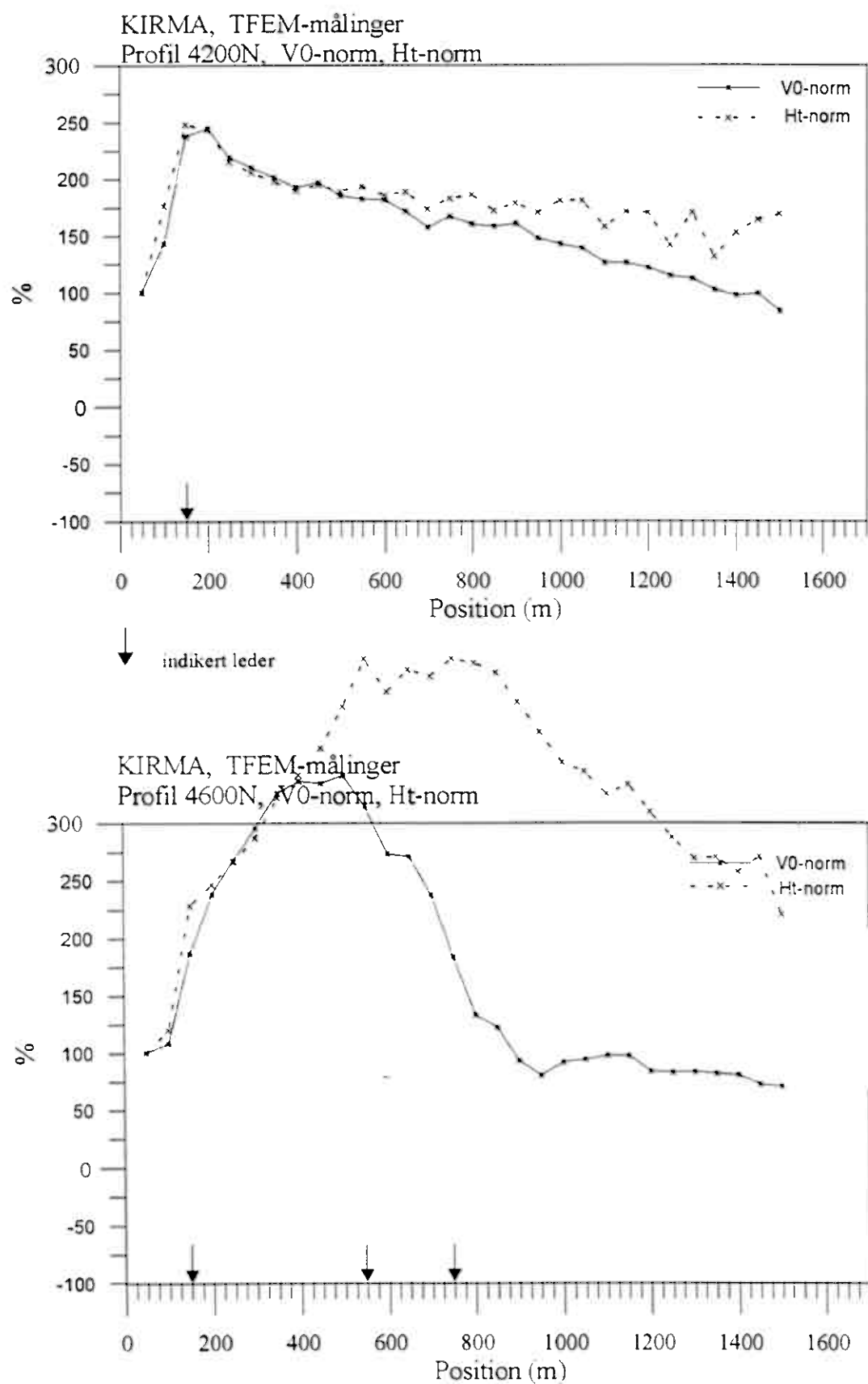
Figur 19. Normalisert 25 Hz. profil 6800N og 7000N



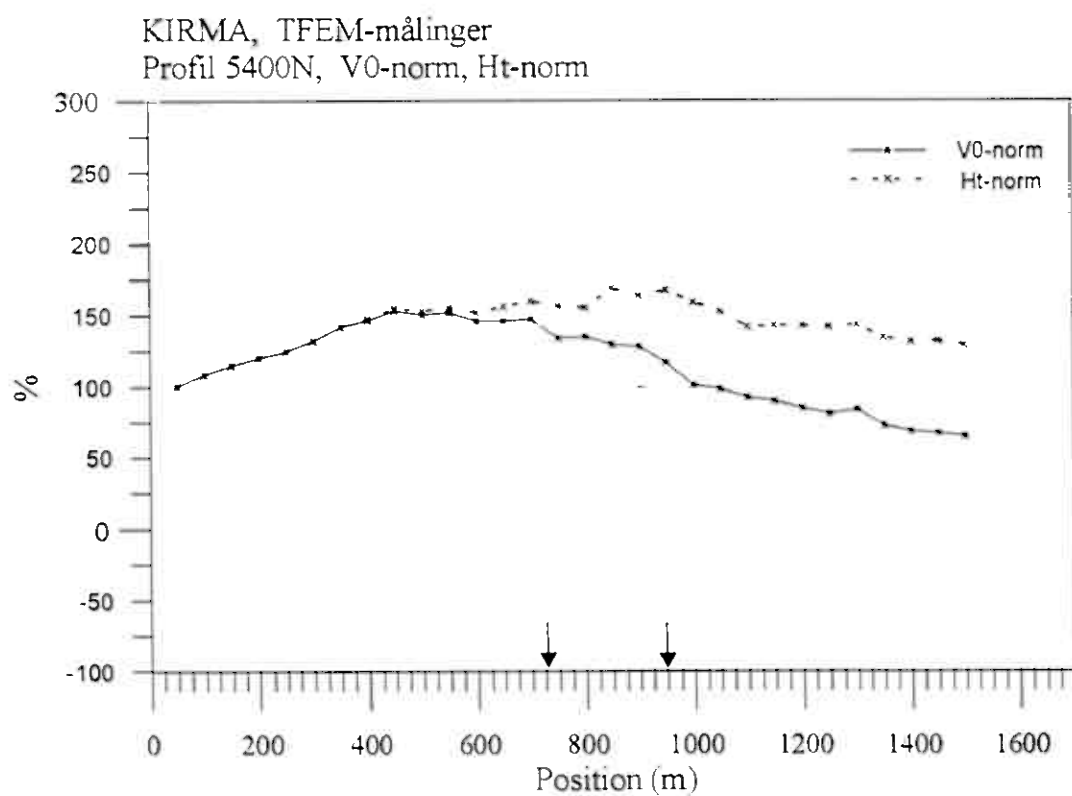
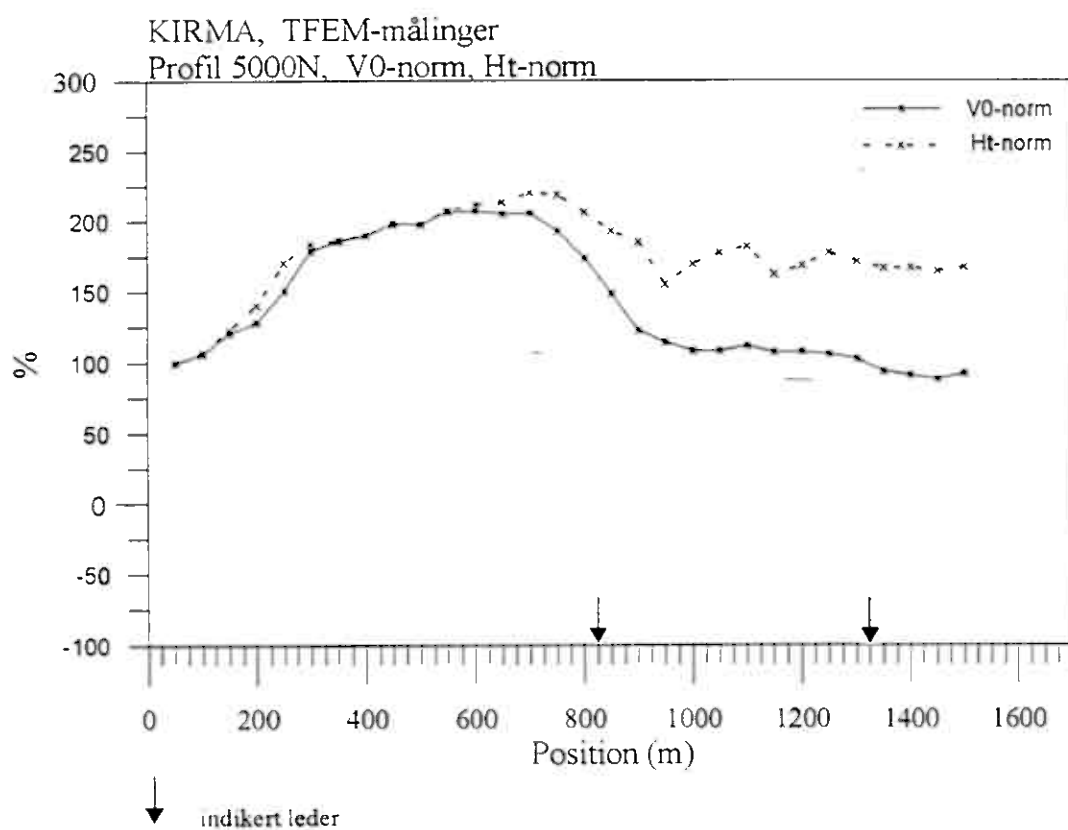
Figur 20. Normalisert 25 Hz, profil 7200N og 7400N



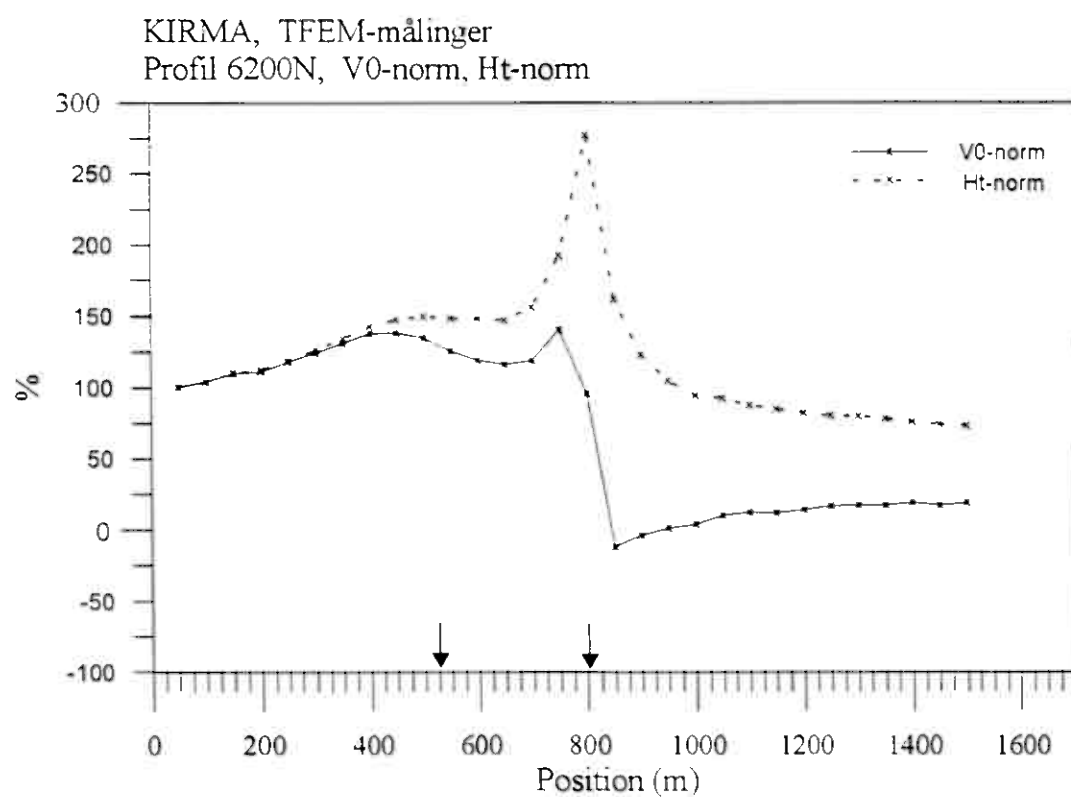
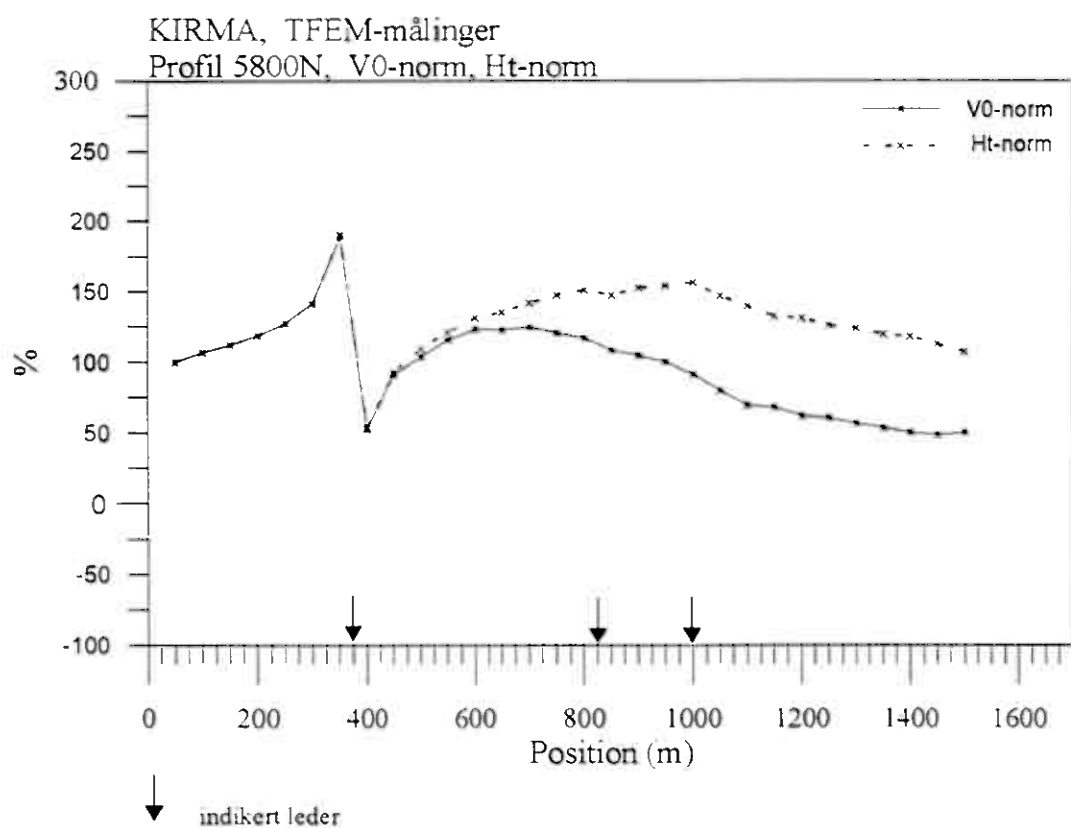
Figur 21. Normalisert 25 Hz, profil 7600N og 7800N



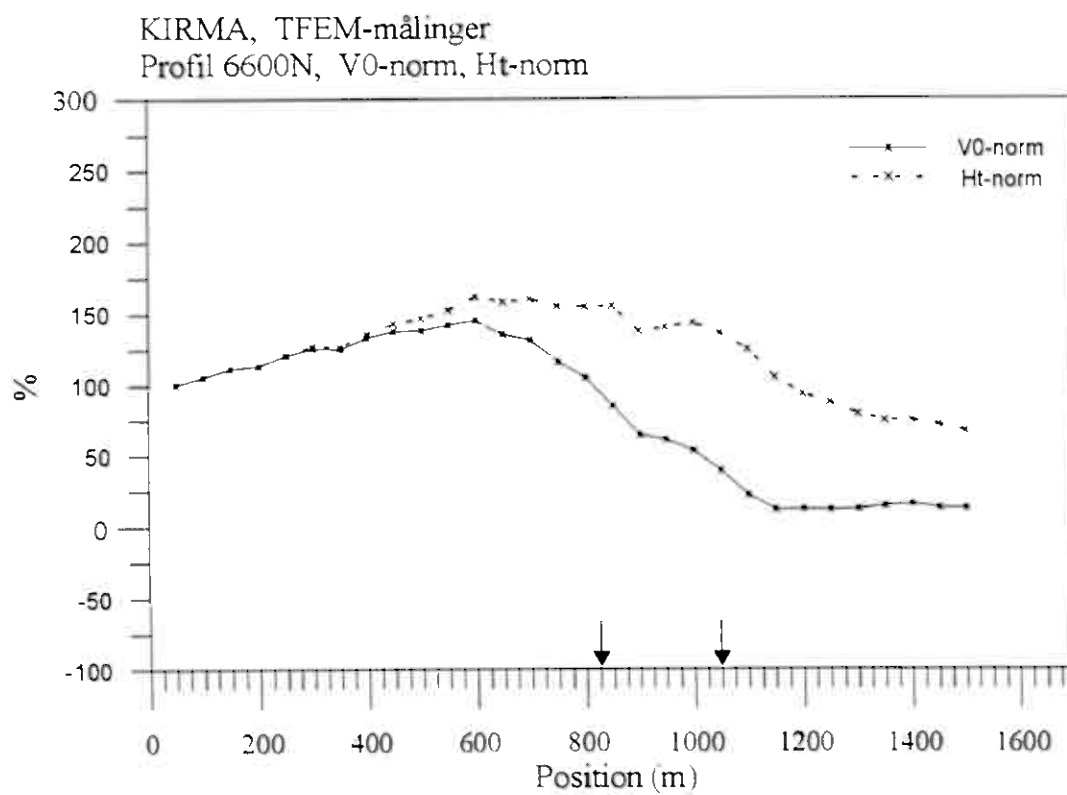
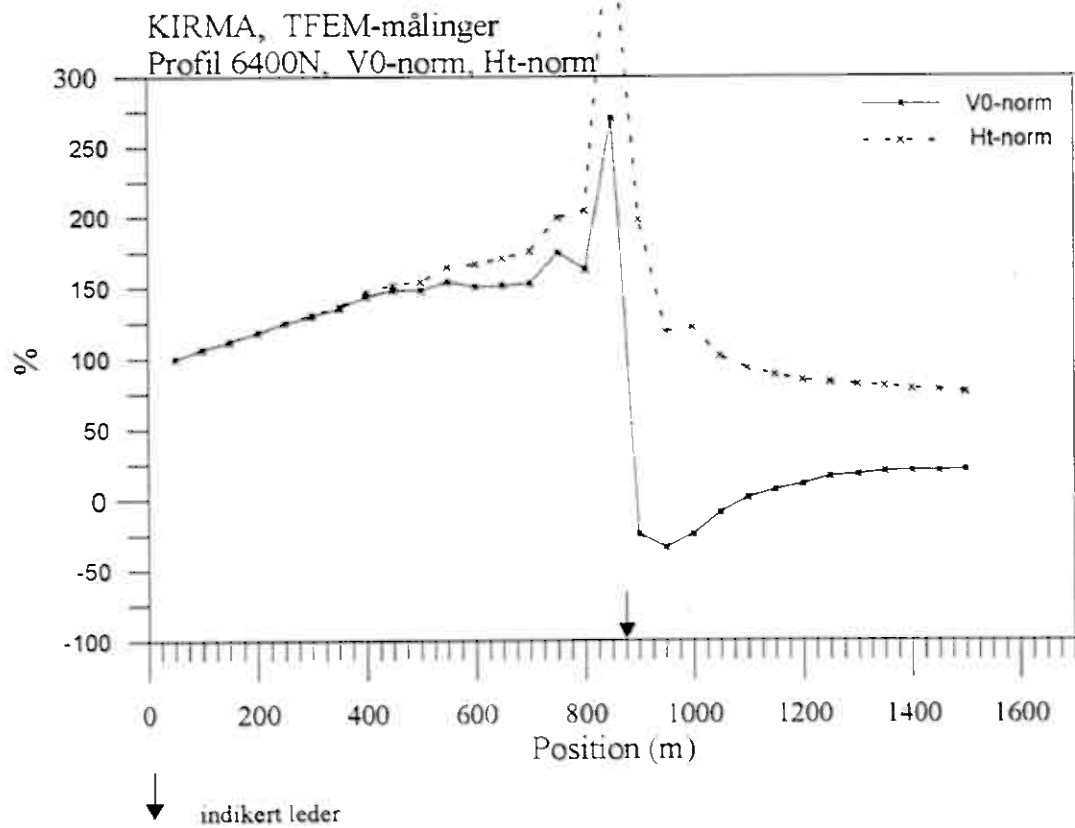
Figur 22. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 4200N og 4600N



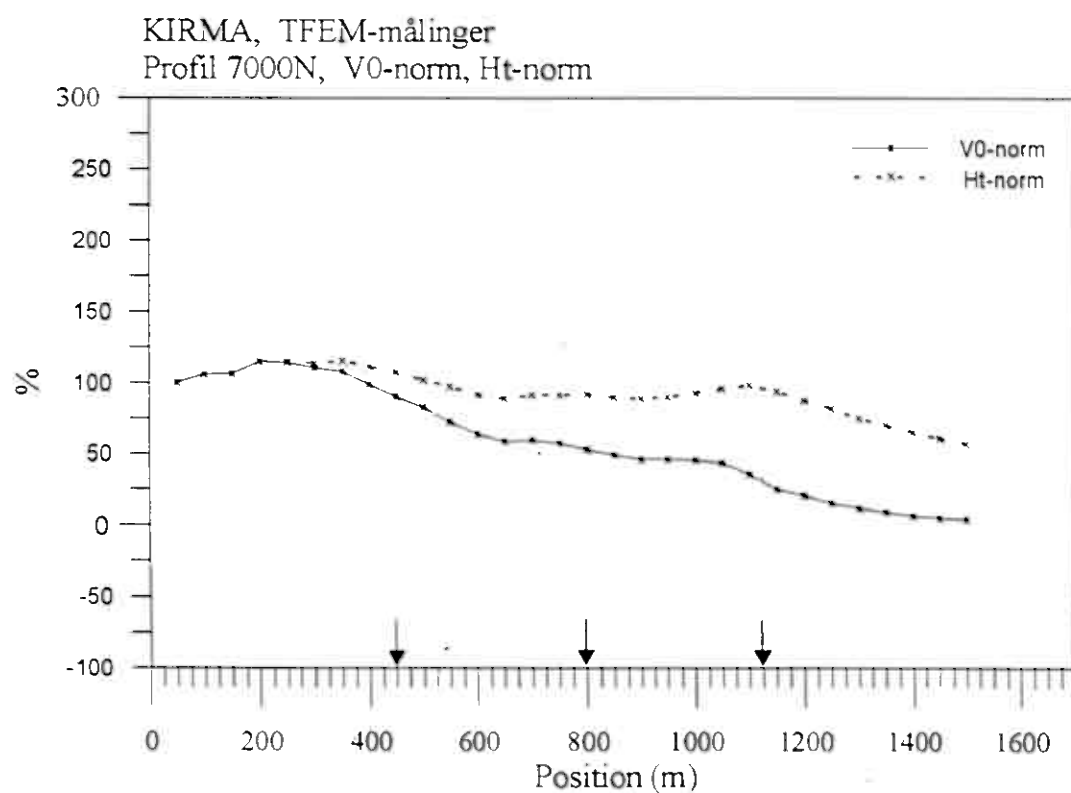
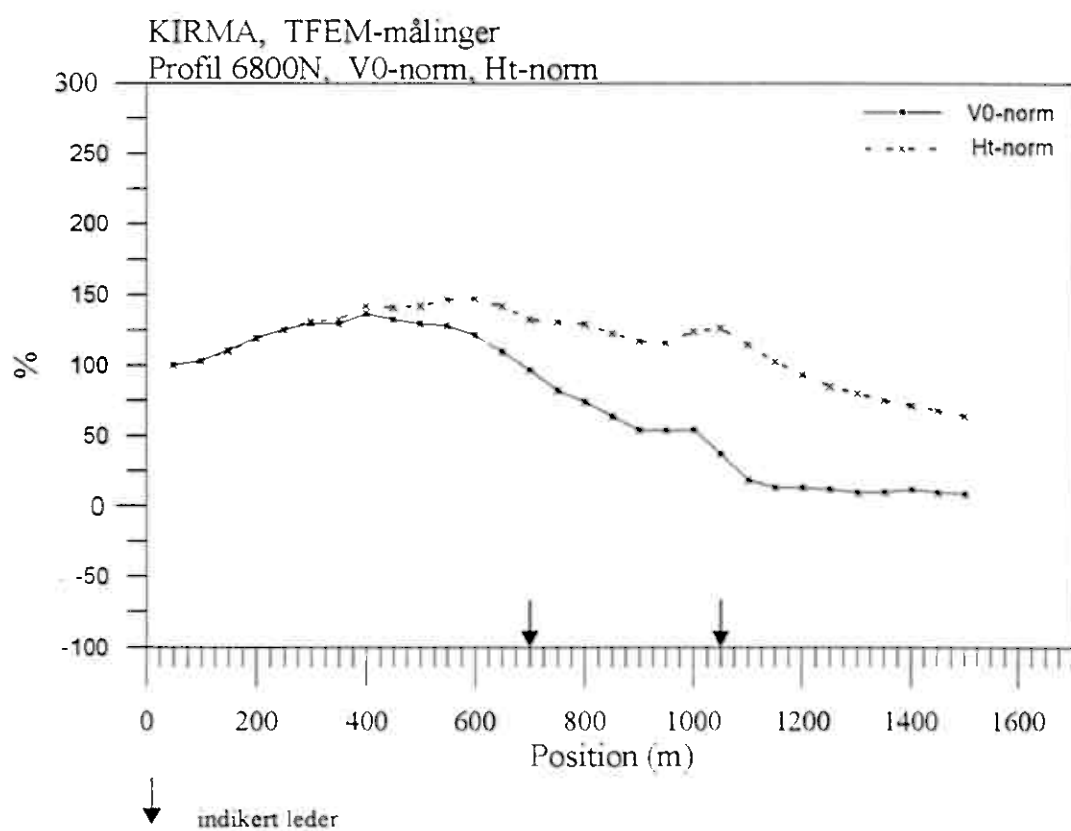
Figur 23. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 5000N og 5400N



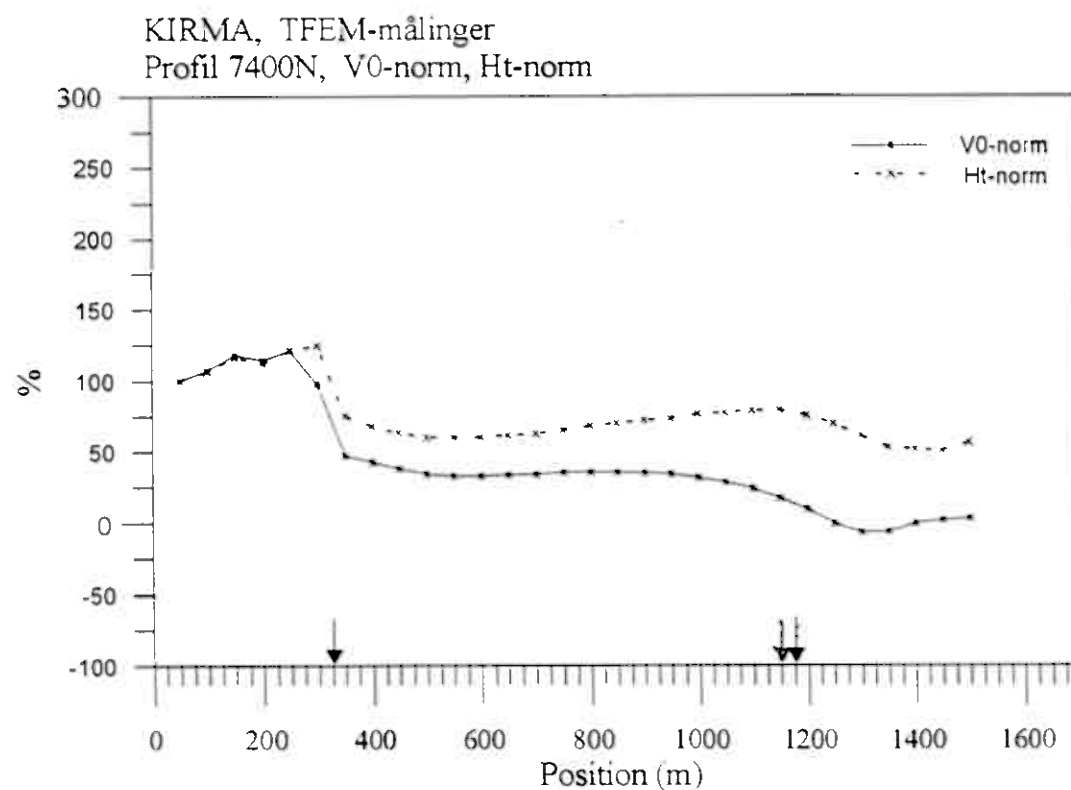
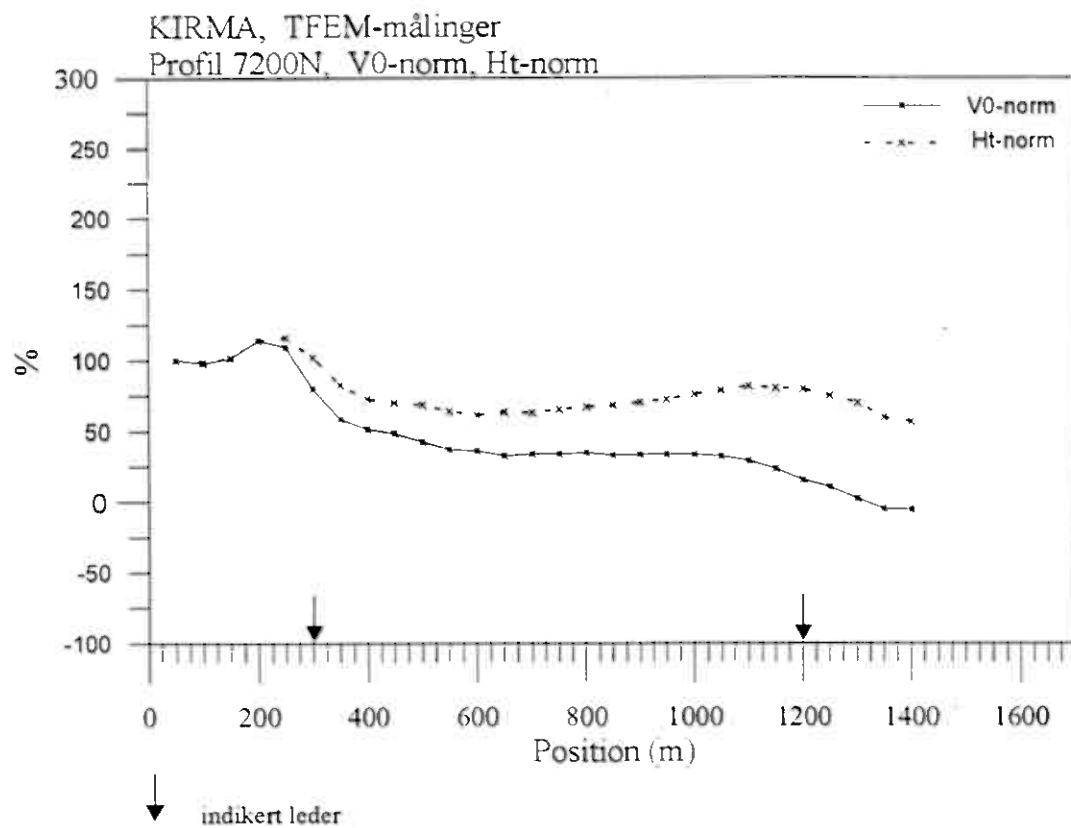
Figur 24. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 5800N og 6200N



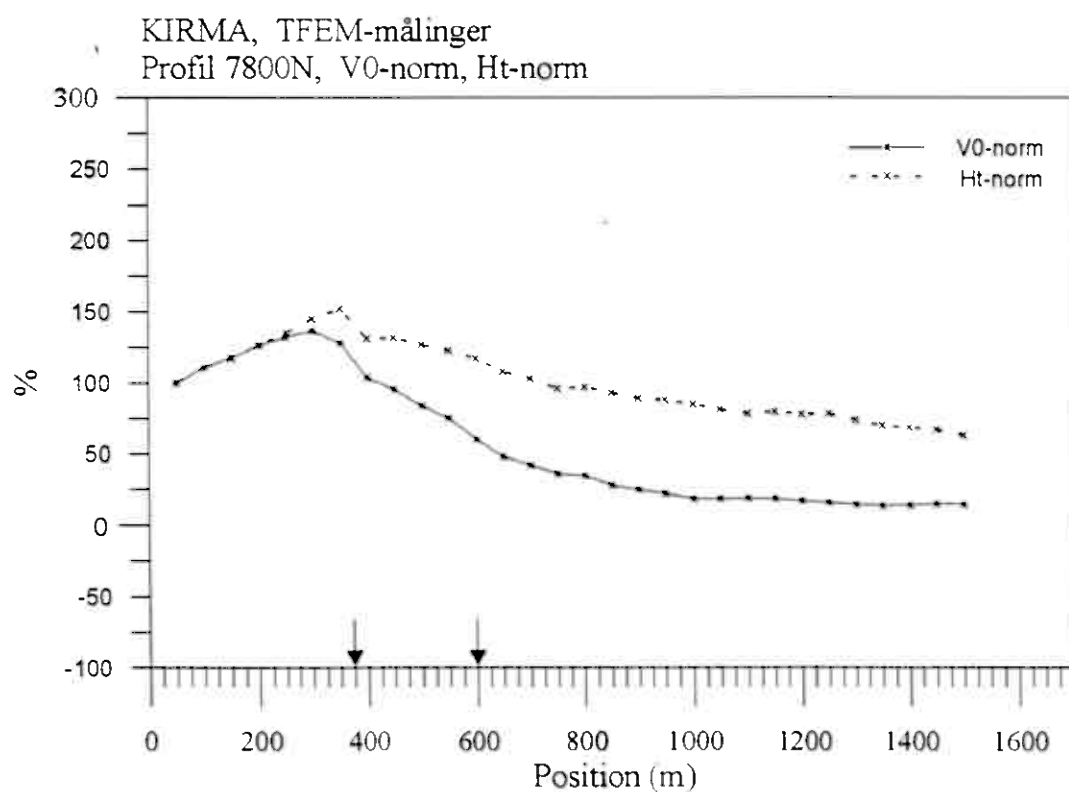
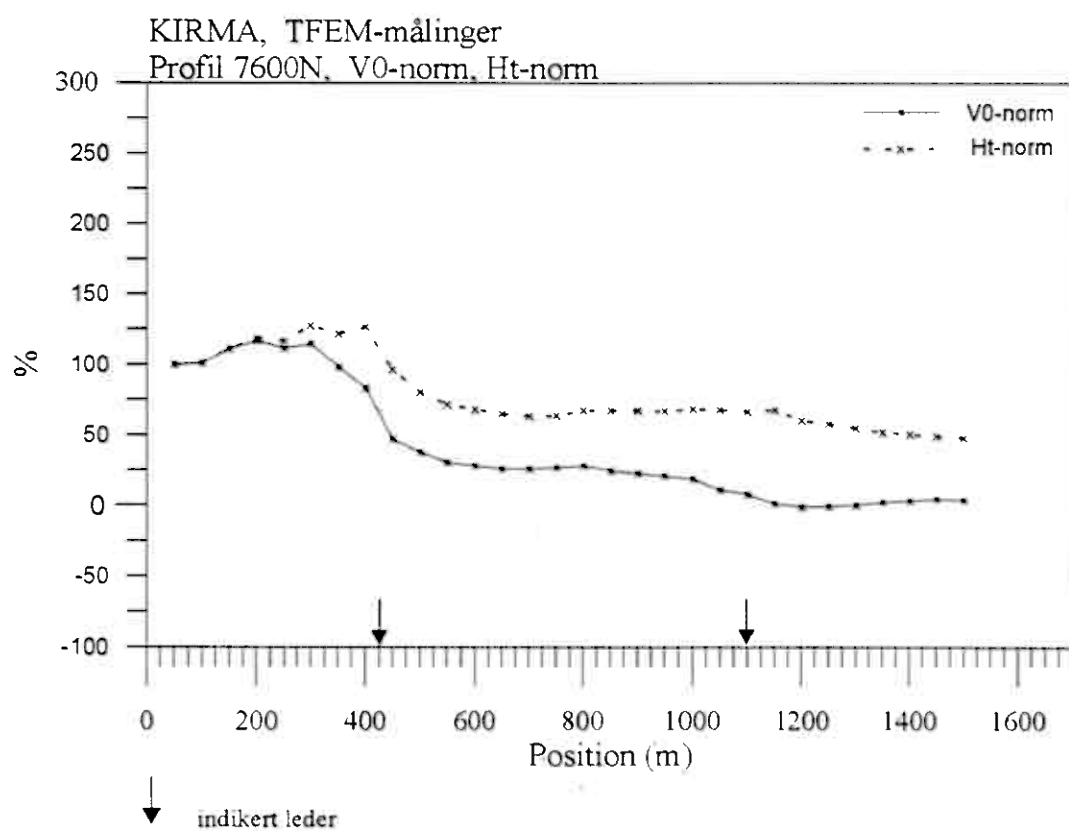
Figur 25. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 6400N og 6600N



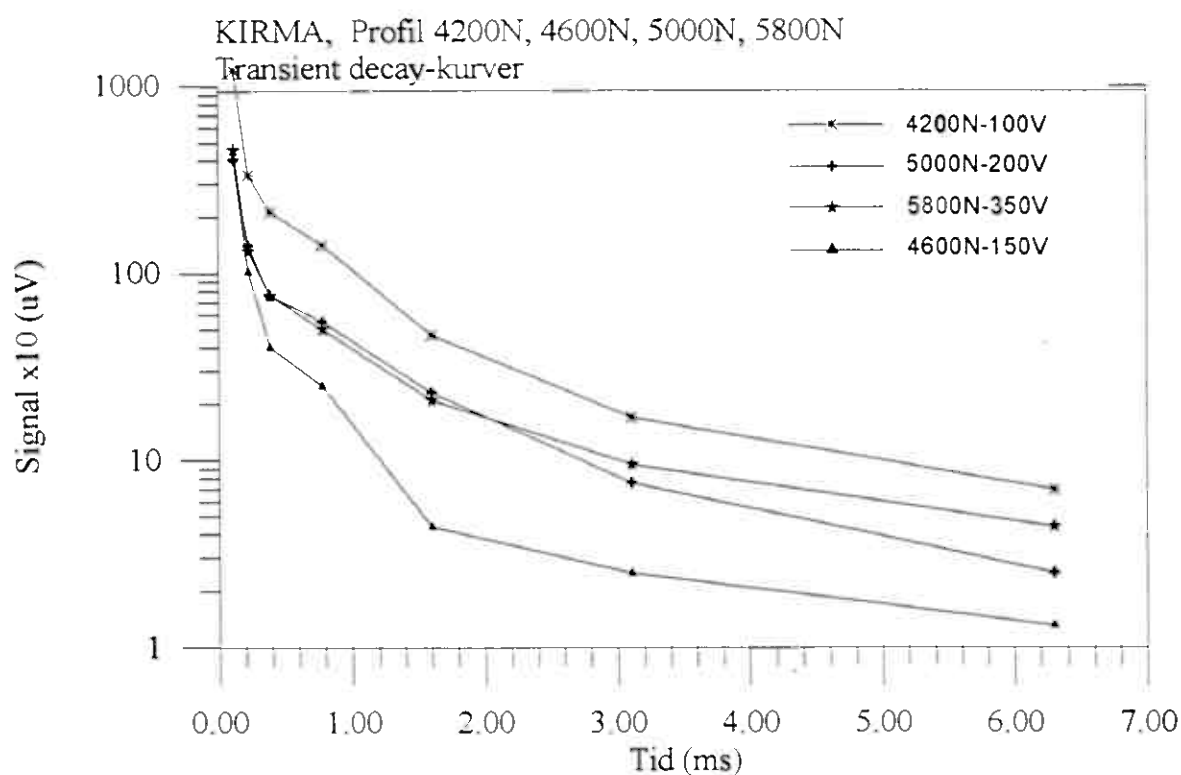
Figur 26. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 6800N og 7000N



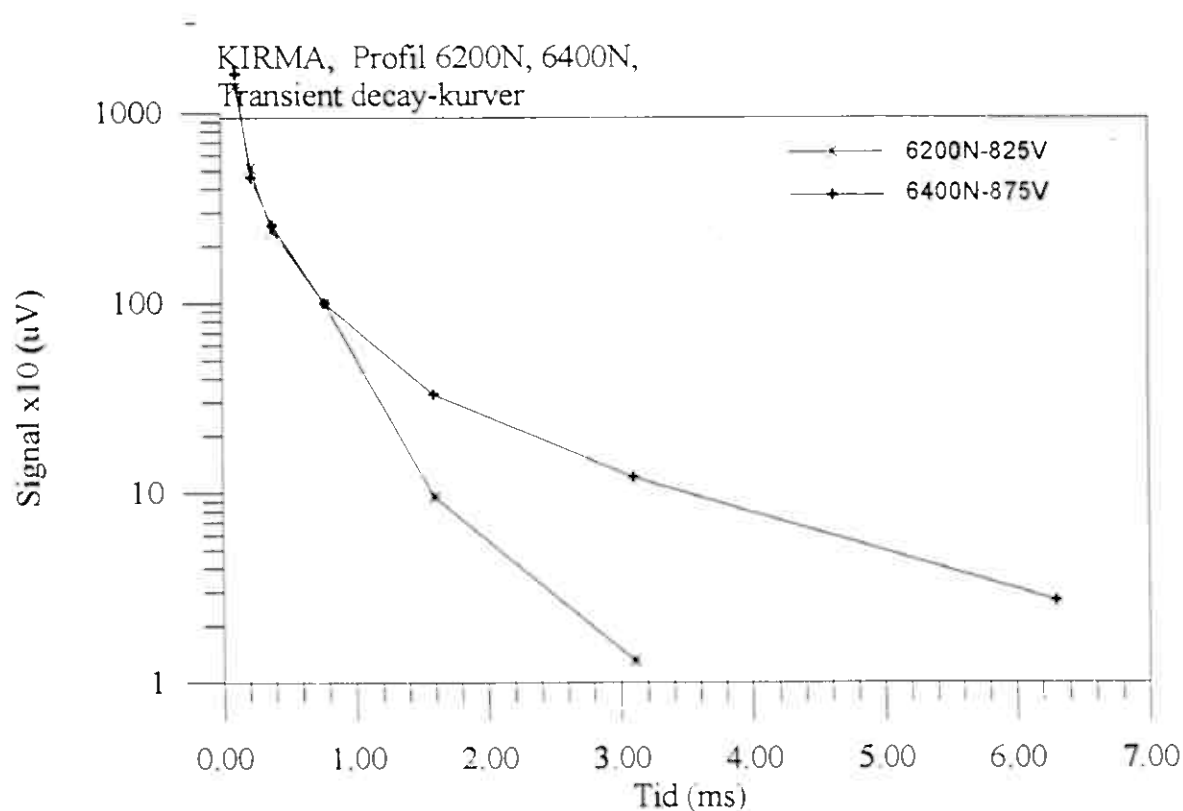
Figur 27. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 7200N og 7400N



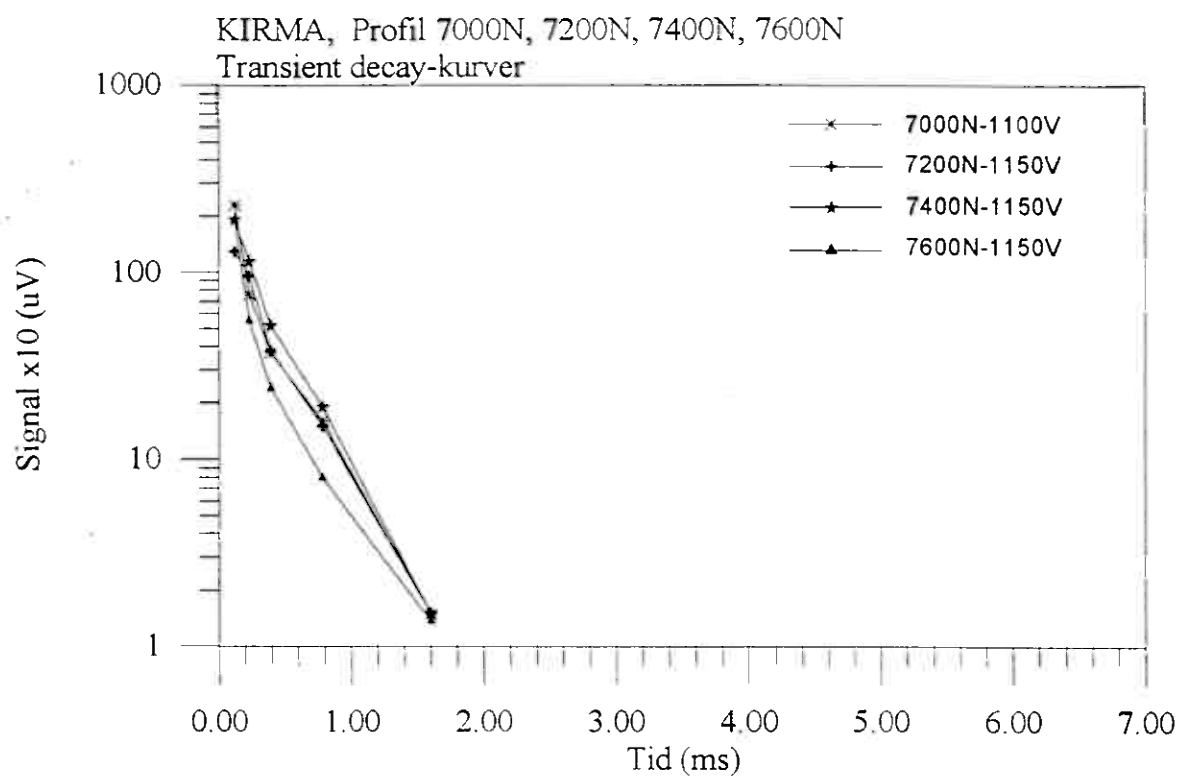
Figur 28. V0 og Ht normalisert primærfelt profil 7600N og 7800N



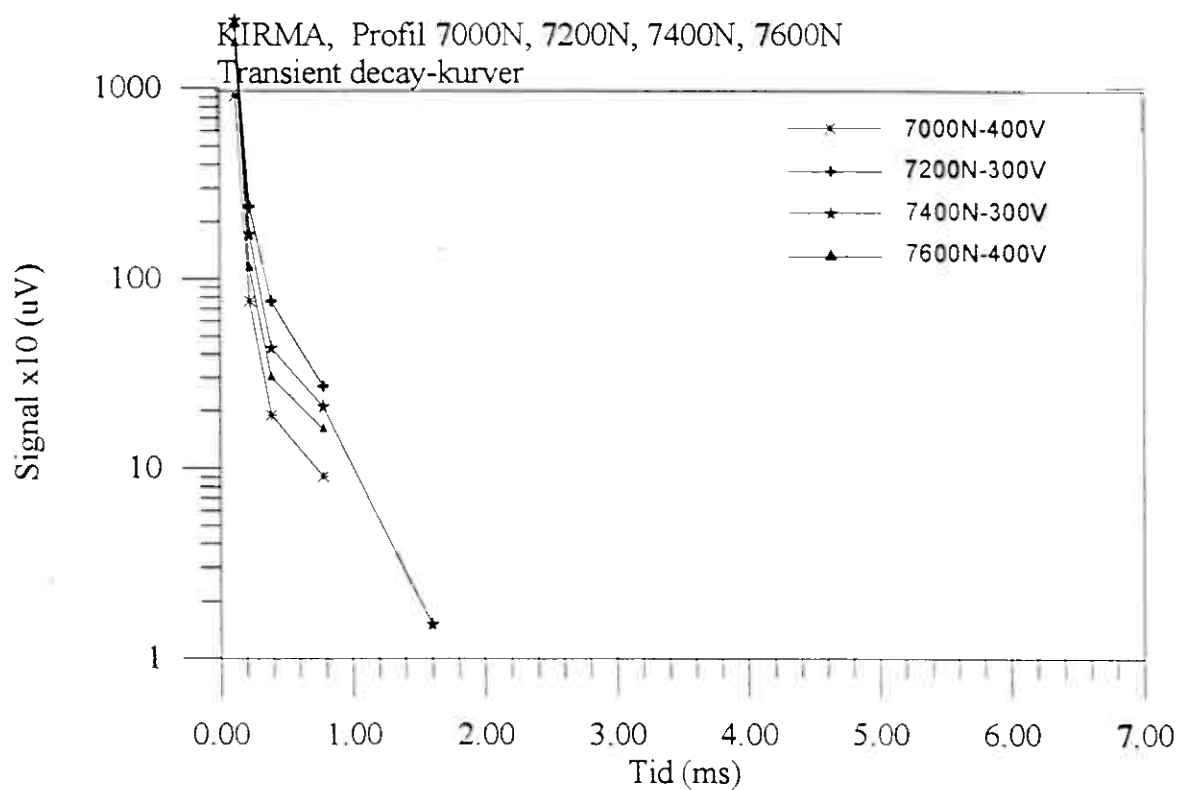
Figur 29. Transient decay-kurver for H1- H7 for leder på profil 4200N, 4600N, 5000N og 5800N.



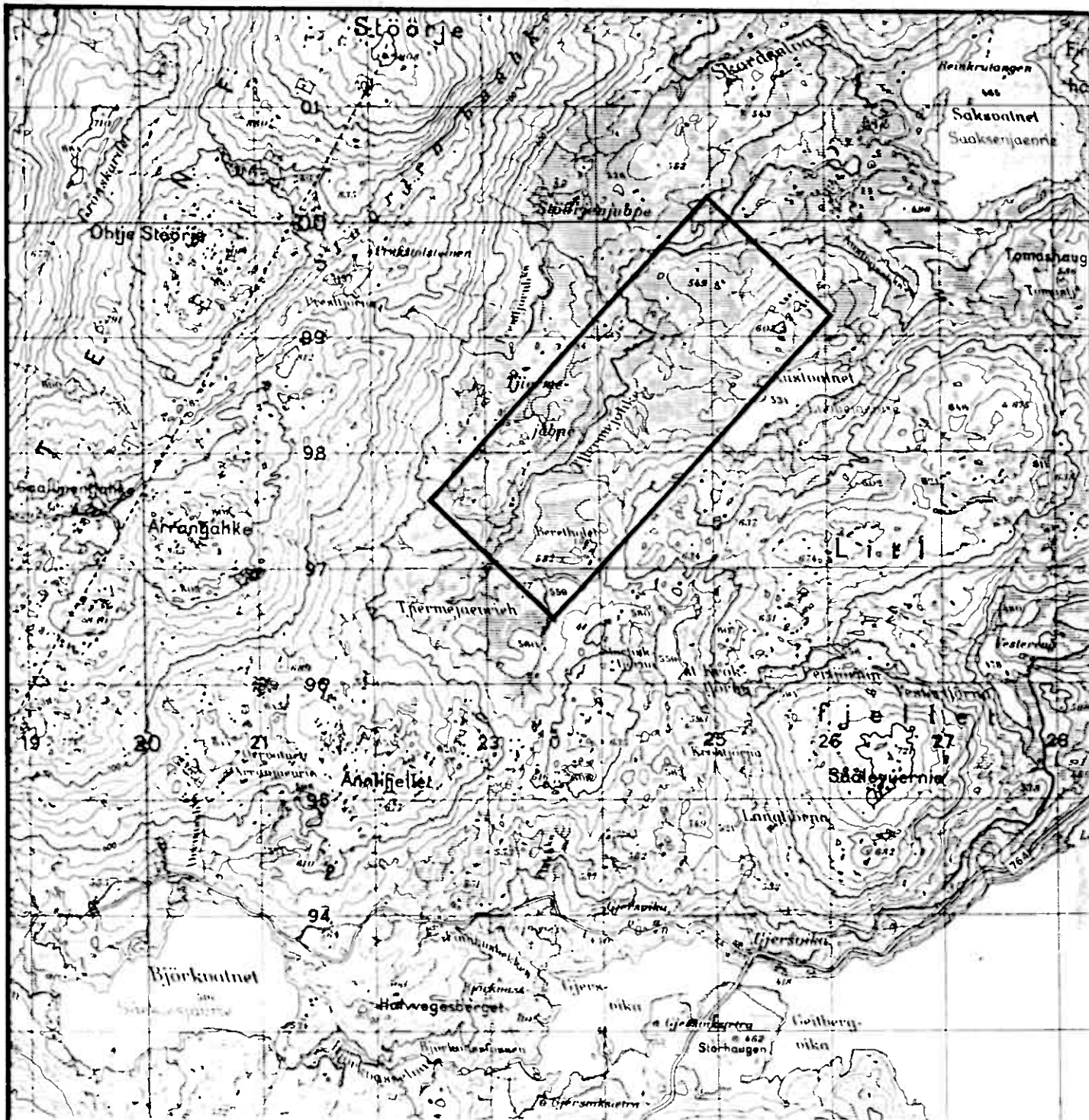
Figur 30. Transient decay-kurver for H1- H7 for leder på profil 6200N og 6400N



Figur 31. Transient decay-kurver for H1- H5 for leder på profil 7000N, 7200N, 7400N og 7600N.



Figur 32. Transient decay-kurver for H1- H5 for leder på profil 7000N, 7200N, 7400N og 7600N.



UNDERSØKT OMRÅDE

NGU V/NORD - TRØNDELAGSPROGRAMMET
OVERSIKTSKART
KIRMA
RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1:50000

MÅLT H.E.E.D. APRIL - 95

TEGN E.D. OKT. - 95

TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.
95.065-01

KARTBLAD NR.
1924 IV

