

NGU Rapport 95.004

TFEM-målinger
Gjersvikklumpen
Røyrvik, Nord-Trøndelag

Rapport nr. 95.004		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel:				
TFEM-målinger, Gjersvikklumpen, 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: 36	Pris: kr 85,-	
Gjersvikklumpen 4250 71900		Kartbilag: 2		
Feltarbeid utført:	Rapportdato:	Prosjektnr.:	Ansvarlig:	
21.09-07.10. 1994	03.02. 1995	67.2509.47	<i>Jan S. Reeney</i>	
Sammendrag:				
<p>Det er gjort TFEM-målinger (Tids- og Frekvensdomenet ElektroMagnetiske målinger) i et 8 km² stort område over Gjersvikklumpen. Hensikten var å undersøke om dype massive sulfidmalmer kunne indikeres. Geologiske undersøkelser i området har vist en geologi hvor muligheten for dannelse av sulfidmalmer er tilstede.</p> <p>TFEM-målingene, som kan detektere ledere på flere hundre meters dyp, indikerte en utholdende dårlig leder i nærheten av en kjent forkastning. Anomalien er grunn og tyder ikke på noen forbindelse med massive sulfider. En meget svak dypanomali ser heller ikke ut til å ha interesse for videre oppfølging.</p>				
Emneord:		Elektromagnetisk måling		
Geofysikk				
Sulfid		Fagrapport		

	Side
INNHold	
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	9
3.4 Beregning av tidskonstant	11
4 KONKLUSJON	12
5 REFERANSER	13

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: TFEM, metode- og instrumentbeskrivelse

DATABILAG

Databilag 1: Figur 1-11, Profilplott av vertikal- og horisontalkanaler i tidsdomenet

Databilag 2: Figur 12-17, Profilplott av Re- og Im-komponent, 25 Hz

Databilag 3: Figur 18-23, Profilplott av normalisert primærfelt, V0 og Htot
Figur 24, Beregning av transient decay-kurver.

TABELLER

Tabell 1: Gradering av TFEM-anomalier

Tabell 2: Observerte anomalier i tidsdomenet, Gjersvikklumpen

Tabell 3: Observerte anomalier ved primærfeltmålinger, Gjersvikklumpen

Tabell 4: Observerte anomalier ved TFEM-målingene, Gjersvikklumpen.

KARTBILAG

95.001-01 Oversiktskart

-02 TFEM tolkningskart

1 INNLEDNING

Som en del av Grongprosjektet har NGU gjort dypgeofysikk over Gjersvikklumpen i Røyrvik kommune i Nord-Trøndelag. Målemetoden har vært TFEM (Time and Frequency domain Electro Magnetic). Måleområdet er tegnet inn på oversiktskart, se kartbilag -01. Måleområdet strakte seg fra Kvernbeckettjørnin i syd, over Gjersvikklumpen til Geitberget i nord. Vestre begrensning var riksvegen over Gjersvikruet, og bredden på området var 2 km. Geologiske undersøkelser har vist at det i området er muligheter for at massive sulfidmalmer kan være dannet. Det er ingen kjente dagnære mineraliseringer av økonomisk interesse i området, så hensikten med målingene var å undersøke om dype massive sulfider kunne indikeres. Målingene ble utført med 400 m profilavstand og 50 m punktavstand.

Deler av området er tidligere undersøkt med elektromagnetiske målinger, Turam (Singsaas 1959). Profilavstanden ved disse målingene var 800 m og ingen ledere ble indikert, verken grunne eller dype.

Målingene ble utført i tiden 21.09. - 7.10. 1994 av Harald Elvebakk og Einar Dalsegg. Et tilsvarende område øst for måleområdet var planlagt målt, men pga. tidlig vinter måtte målingene utsettes.

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 varierte fra 0,7 - 1,1 A. Måleområdets totale lengde var 4 km. Profilavstand var 400 m, profillengde var 2000 m og målepunktavstand var 50 m. Profiler og kabelutlegg er tegnet inn på tolkningskartet, se kartbilag -02. Alle profilene ble stukket med 50 m mellom hver stikke. Det ble ikke stukket egen basislinje. Utgangspunkt for hvert profil var energiseringskabelen.

Tekniske problemer med senderen (brente transistorer) førte til at målingene ble noe forsinket. I ren måletid ble 22 km målt på 5 dager, dvs. ca 4,5 km pr.dag. Under gunstige forhold er det mulig å øke dette. En feil i TFEM-mottakeren førte til at måldata på deler av profilene var beheftet med feil. Feilen kunne korrigeres, noe som førte til unødig mye bearbeidingstid. For enkelte kanaler, spesielt primærfeltkanalene H0 og V0 samt frekvensdomenekanalene V8 og V9, var det vanskelig å korrigere data da måleverdiene gikk i "peak" (ut av måleskala). Dette vises særlig i området nær energiseringskabelen hvor målesignalet var sterkt.

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 prinsipielt forskjellige målingene er primærfeltet mest følsomt, mens 25 Hz er minst følsom og gir 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 -11, 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.

Generelt kan en si at resultatene fra TFEM-målingene i tidsdomenet ikke viser anomalier som kan synes å ha interesse for videre undersøkelser. De anomalier som fremkom blir likevel beskrevet og kommentert som en forklaring til målekurvene.

Tabell 2 viser en oversikt over alle observerte anomalier i tidsdomenet. Tabellen viser signalstyrke, hvilke kanaler anomalien kunne observeres på, samt gradering og dybdeangivelse. Ved å bruke graderingskriteriene for styrke og ledningsevne som angitt foran, kan en få anomalier med meget svakt målesignal men med god ledningsevne (kanal 1-5). 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 (σ -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 og selve mineraliseringen kan være grunnere.

Tabell 2. Observerte anomalier i tidsdomenet, Gjersvikklumpen

Profil	Koordinat	Signal H2	Kanaler	Anomali- styrke	Lednings- evne	Dyp
3400N	350Ø	4,7 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	25-50 m
3800N	425Ø	2,9 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	25-50 m
4200N	350Ø	4,2 μ V	1 - 3	m.svak	dårlig	25-50 m
4200N	500Ø	5,1 μ V	1 - 4 ?	m.svak	dårlig	50 m
4600N	1425Ø	2,0 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	150-200 m
4600N	1850Ø	1,4 μ V	1 - 4	m.svak	dårlig	50-75 m
5000N	1500Ø	1,6 μ V	1 - 3	m.svak	dårlig	100 m
5000N	1800Ø	1,0 μ V	1 - 3	m.svak	dårlig	50-75 m

På de sydligste profilene, profil 1000N til 3000N, figur 1 - 6, observeres ingen anomalier som kan sies å indikere ledere. Enkelte forstyrrelser på kurvene tilskrives støy eller feil i data grunnet tidligere omtalte feil i mottakeren og problemer med korrigeringsdata. En kan også observere en kabeleffekt (stigning i signalstyrken mot kabelen) på de seneste vertikalkanalene og de tidligste horisontalkanalene ved måling nær energiseringskabelen.

På profil 3400N, figur 7, indikeres en leder ved 350Ø. Anomalien er meget svak og ledningsevnen er dårlig. Dypet er 25 - 50 m. Lederen indikeres i nærheten av en sørvest-nordøstgående forkastning som skjærer gjennom måleområdet fra Geitbergtangen i nord over Geitberget mot Gjersvikruet i sørvest. Forkastningen er veldig markert og kan tydelig observeres i terrenget. Forkastninger har ofte bedre ledningsevne enn omliggende bergarter pga. oppsprekning og større vanninnhold samt innhold av leirmineraler. Det kan derfor være en mulighet for at det er forkastningen som indikeres. Anomalien faller imidlertid sammen med en rustsone (muntlig meddelelse A. Reinsbakken) som har samme strøkretning som forkastningen. Det finnes også to skjerp i nærheten av denne sonen. En kan ikke si om mineraliseringen har direkte tilknytning til forkastningen. Rustsonen vises tydeligst mellom profil 2600N og 3400N. Videre nordover er det myr og annet overdekke som gjør det umulig å observere sonens utgående.

Lederen (rustsonen ?) indikeres også på profilene 3800N og 4200N, se figur 8 og 9. På profil 4200N indikeres sonen meget tydelig på kanalene V1 og H1, men pga. den dårlige ledningsevnen dør anomalien fort ut. En annen leder indikeres 150 - 200 m vest for rustsonen.

På profil 4600N, figur 10, indikeres en dyp leder ved 1425Ø. Dypet tolkes til 150 - 200 m, og anomalien kan observeres til kanal 4. Selv om anomalistyrken er meget svak er anomalien tydelig, spesielt på kanal 1. En svak stigning av vertikalfeltet før lederen er en sikker indikasjon på en strømkonsentrasjon i dypet. Denne stigningen observeres kun på kanal V1 og ledningsevnen må betegnes som dårlig. Det er trolig de konduktive strømmene i lederen som gjør det mulig å indikere en slik leder på de tidlige kanalene. Tilsvarende målinger over kjente dype ledere tilsier at anomalien ikke skyldes massiv sulfidmalm. Dårlige ledere kan f.eks. være impregnasjonssoner eller tynne striper med kis. Noe lenger øst, ved 1850Ø, indikeres en leder på ca 75 m dyp. Anomalien er meget svak og lederen har dårlig ledningsevne. Rustsonen i vestre del av måleområdet kan muligens observeres på kanal V2 ved koordinat 550Ø. Ellers er det en del uregelmessigheter på flere kanaler i begynnelsen av profilet som skyldes feil i data og vanskelig korrigeringsdata.

To dårlige ledere indikeres også på det nordligste profilet, profil 5000N, se figur 11. Lederne kan være de samme som ble indikert på profil 4600N.

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.

Databilag 2, figur 12 - 17, viser normalisert reell- og imaginærkomponent av vertikalfeltet. Målingene i frekvensdomenet på 25 Hz over Gjersvikklumpen viser ingen anomalier av interesse. Variasjoner i måledata, spesielt på slutten av enkelte profil, kan skyldes lav signalstyrke og at signal-støyforholdet er for lite. En annen årsak kan være den lave frekvensen i seg selv. Det kan være meget vanskelig å få stabile avlesninger på en så lav frekvens under ugunstige måleforhold som f.eks. i sterk vind med lite signal. Dette kan reduseres ved å stille strengere krav til måledata, noe som vil redusere produksjonshastigheten.

Ellers viser de normaliserte kurvene uregelmessigheter de første 200 - 250 m på alle profiler. Dette skyldes tidligere omtalte feil i mottaker og vanskeligheter med korrigering av feil i data. Den indikerte dypanomalien ved 1425Ø på profil 4600N i tidsdomenet indikeres ikke i frekvensdomenet, og bekrefter dermed at lederen har dårlig ledningsevne.

3.3 Resultater, primærfeltmålinger, V0 og Htot.

Databilag 3, figur 18 - 23, viser normalisert vertikalkomponent, V0-norm, og normalisert totalfelt, Ht-norm, av primærfeltet beregnet ved hjelp av kanalene H0 og V0. Alle de normaliserte kurvene, spesielt V0-norm, faller tydelig de første 400 - 500 m ut fra energiseringskabelen. Dette kan skyldes en geometrisk effekt grunnet unøyaktig avstand til kabelen eller terrengeffekt (stor høydeforskjell mellom senderkabel og mottaker). En annen mulig årsak er forskjeller i overdekkets ledningsevne. Det vil likevel være mulig å observere ledere i dette området på kurven, og de angitte ledere skyldes ikke terrengeffekter.

Tabell 3 viser en oversikt over alle observerte anomalier fra primærfeltmålingene. Tabellen angir plassering, styrke og dyp til strømkonsentrasjonen.

På profilene 1000N til 2200N indikeres flere grunne ledere, se figur 18 og 19. Anomaliene er meget svake og det er usikkert om de skal angis som ledere.

Resultatene fra primærfeltnålingene viser ellers en sammenhengende leder fra profil 2600N til profil 5000N, se figur 20 - 23. Dette er den tidligere omtalte rustsonen som også ble indikert i tidsdomenet. Primærfeltnålingene indikerer sonen sterkere enn i tidsdomenet og den kommer også inn på profilene 2600N og 3000N samt på de to nordligste profilene 4600N og 5000N hvor den ikke ble indikert i tidsdomenet. Dette viser at primærfeltnålingene er mer følsom for grunne dårlige ledere enn tidlige tidsdomenekanaler. Sonen indikeres sterkest på profil 3400N og 3800N, se figur 21. Kurvene illustrerer meget godt formen på vertikal-feltanoamli og totalfeltanomali. I dette tilfellet er horisontalkomponenten dominerende slik at totalfeltanomali blir en positiv topp rett over lederen.

Den indikerte lederen dyplederen i tidsdomenet på profil 4600N indikeres ikke av primærfeltnålingene. Det er trolig det store dypet og den dårlige ledningsevnen som gjør at lederen ikke indikeres.

Tabell 3. Observerte anomalier ved primærfeltnålinger, Gjersvikklumpen

Profil	Koordinat	Svekning	Gradering	Dyp
2600N	100Ø	42 %	meget svak	25 - 50 m
2600N	425Ø	11 %	meget svak	0 - 25 m
3000N	250Ø	26 %	meget svak	0 - 25 m
3000N	525Ø ?	9 %	meget svak	?
3400N	325Ø	53 %	svak	25 - 50 m
3800N	425Ø	36 %	meget svak	50 m
4200N	325Ø	26 %	meget svak	25 - 50 m
4200N	500Ø	26 %	meget svak	50 m
4600N	325Ø	16 %	meget svak	0 - 25 m
4600N	550Ø	13 %	meget svak	25 - 50 m
5000N	600Ø	10 %	meget svak	25 - 50 m

3.4 Beregning av tidskonstant

For å få en bedre vurdering av kvaliteten til en leder kan en studere "decay"-kurve og tidskonstanten, se metodebeskrivelse, tekstbilag 1. Figur 24 viser plott av målesignal (μV) mot måletidspunkt (ms), transient decay-kurver, for horisontalanomalien på profilene 3400N, 3800N og 4200N. Anomalien representerer rustsonen som er omtalt foran. Måletidspunktet er det tidspunkt etter strømbrudd 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. Kurvene i figur 24 viser at anomaliene i de utvalgte punktene dør raskt ut og at ledningsevnen er dårlig. Det er vanskelig å avgjøre om kurvene har noe lineært forløp, og det er derfor lite hensiktsmessig å beregne tidskonstanten.

4 KONKLUSJON

Elektromagnetiske målinger i tids- og frekvensdomenet, TFEM, i området ved Gjersvikklumpen har ikke gitt indikasjoner på interessante ledere som kan skyldes massive sulfidmalmer. Tabell 4 gir en samlet oversikt over alle anomalier både for primærfelt-, tids- og frekvensdomenemålinger (25 Hz). En grunn dårlig leder ble indikert langs en forkastning i ca 2,5 km lengde. Indikasjon av en dyp dårlig leder viser at metoden har stor følsomhet, men at det også er mulig å skille mellom gode og dårlige ledere. Målingene har foregått i geologisk interessante områder med potensial for massive sulfider, og var et ledd i de oppfølgende undersøkelser i Grongprosjektet. Slike målinger, som kan detektere massive sulfidmalmer på flere hundre meters dyp, vil være meget viktig å utføre i utvalgte områder med stort malmpotensial.

Tabell 4. Observerte anomalier ved TFEM-målinger, Gjersvikklumpen

Profil	Koordinat	Primærfelt	Tids- domenet	Frek.dom 25 Hz	Lednings- evne	Dyp
2600N	100Ø	m.svak				25-50 m
2600N	425Ø	m.svak				0-25 m
3000N	250Ø	m.svak				0-25 m
3000N	525Ø ?	m.svak				0-25 m
3400N	350Ø	svak	m.svak		dårlig	25-50 m
3800N	425Ø	m.svak	m.svak		dårlig	25-50 m
4200N	350Ø	m.svak	m.svak		dårlig	25-50 m
4200N	500Ø	m.svak	m.svak		dårlig	50 m
4600N	325Ø	m.svak				0-25 m
4600N	550Ø	m.svak				25-50 m
4600N	1425Ø		m.svak		dårlig	150-200 m
4600N	1850Ø		m.svak		dårlig	50-75 m
5000N	600Ø	m.svak				25-50 m
5000N	1500Ø		m.svak		dårlig	75-100 m
5000N	1800Ø		m.svak		dårlig	50-75 m

5 REFERANSER

Singsaas, P. 1959: Geofysisk rekognosering, kraftlinjetraseen. SKOROVAS
GJERSVIK / RØYRVIK. *GM Rapport nr. 243.*

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 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 induerte 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:

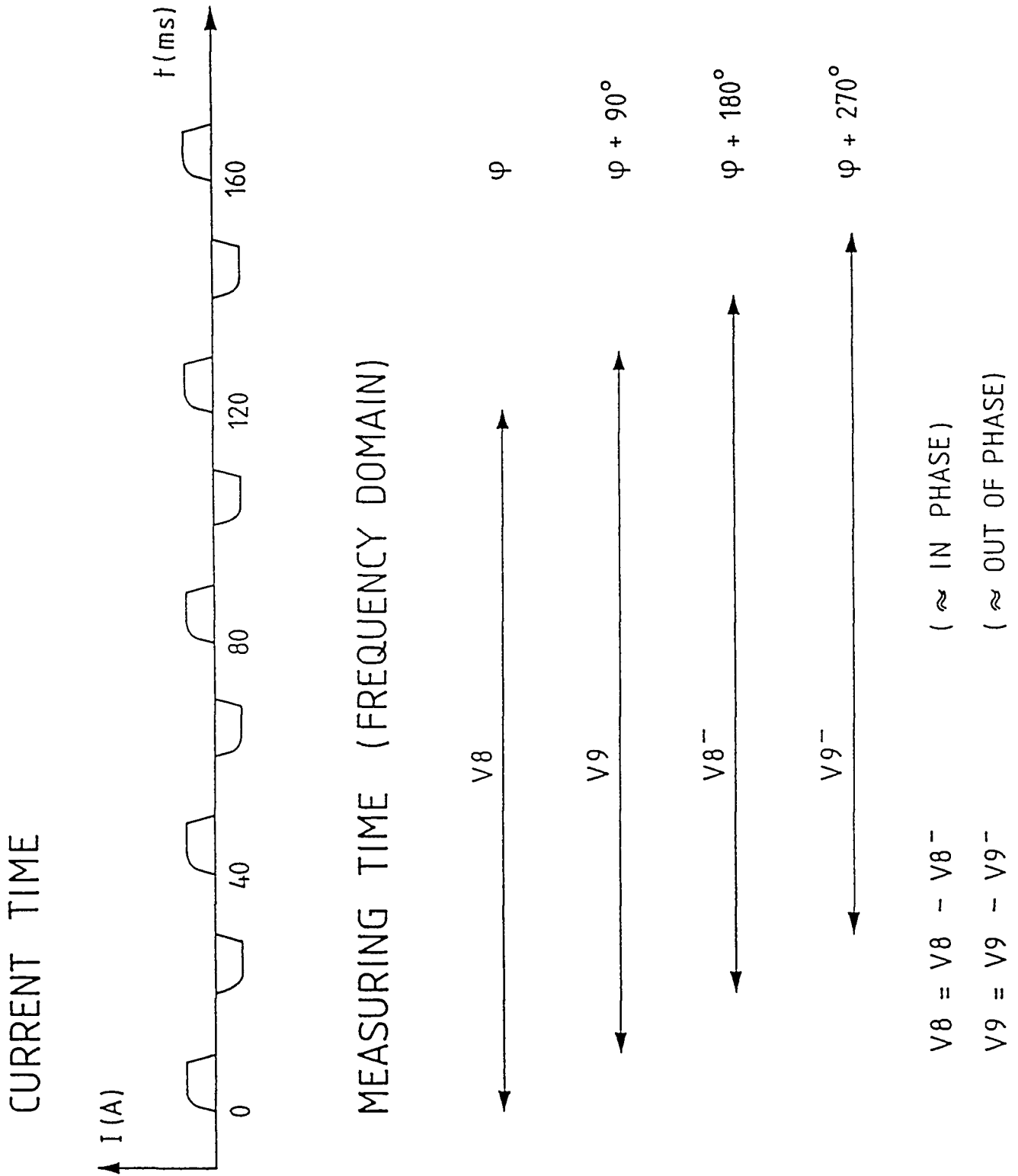
- stiller inn forsterkning i forhold til signalnivå
- kontrollerer og viser måledata
- utfører statistiske beregninger under måling
- utfører instruksjoner gitt av operatøren
- behandler "overflows"
- lagrer data i bobleminne
- overfører data til PC

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 strømforløpet er, og kan styre måleprosessen ut fra dette.

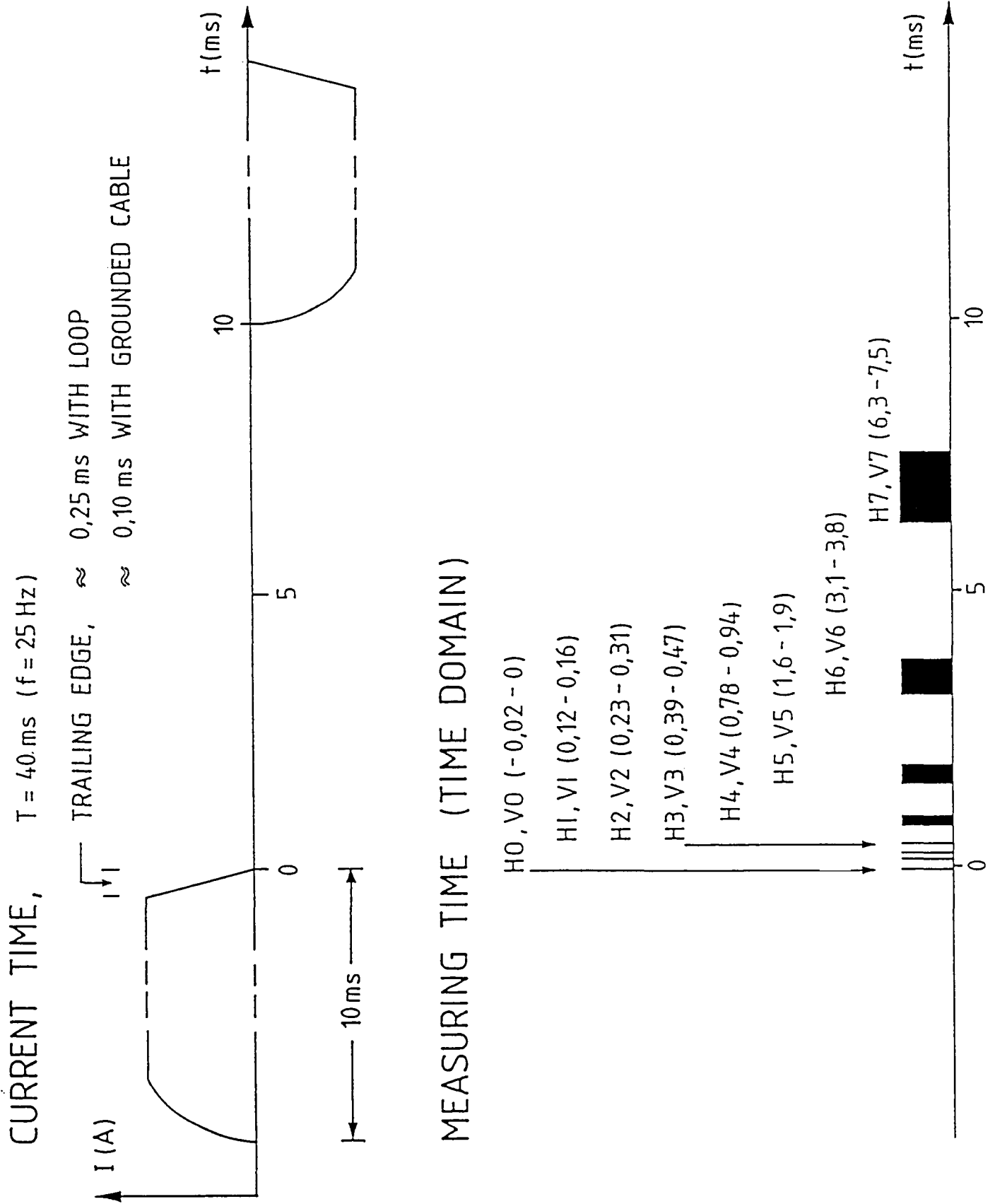
Instrumentet måler 8 vertikale og 8 horisontale kanaler (medregnet kanal 0) i tidsdomenet. Svært gode ledere kan bli oversett ved transientmålinger, og for å gardere seg mot dette måles 2 vertikalkanaler ved 25 Hz i frekvensdomenet. Figur B1 viser strømforløpet ut fra sender og hvordan de 16 tidskanlaene 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:

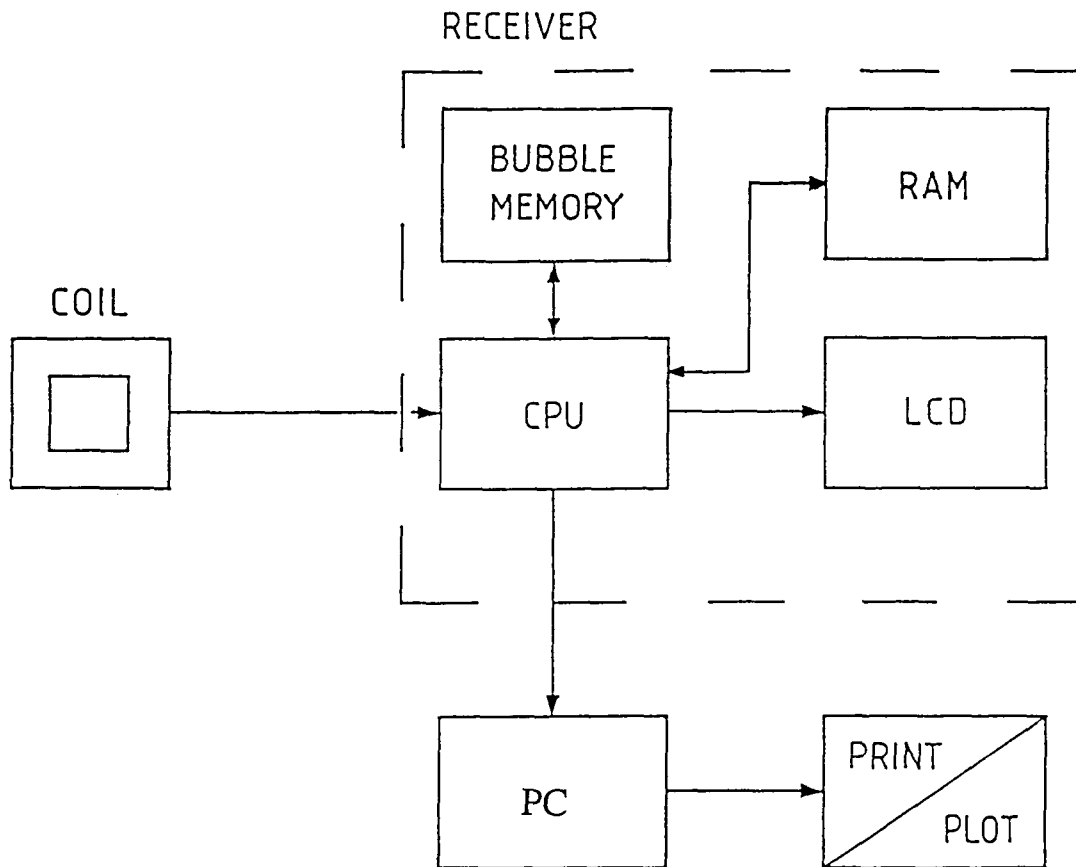
- middelvei i 18 kanaler
- usikkerhet i 18 kanaler
- forsterkningskode i 18 kanaler
- antall målesykluser
- informasjon om "overflows"
- tid (måned, dato, time, minutt, sekund)
- koordinater (X,Y)
- senderparametre (strømstyrke, sløyfestørrelse m.m)



Figur B2. Strømførloop og måletidspunkt for frekvensdomenekanalene

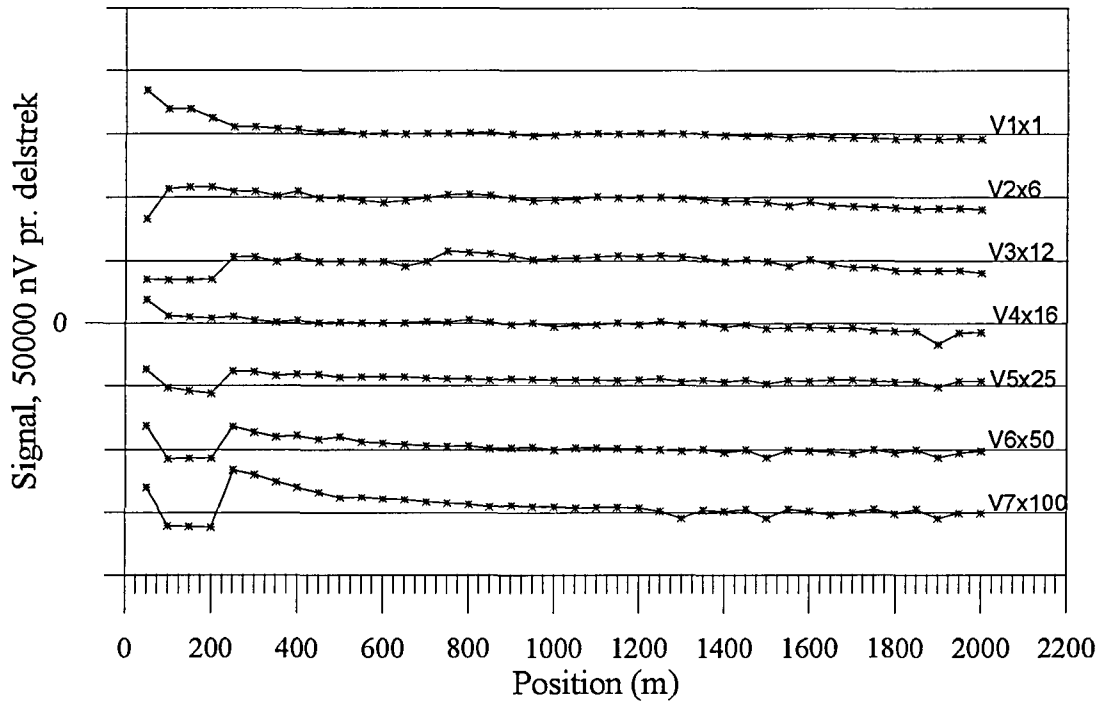


Figur B1. Strømførløp og måletidspunkt for tidsdomenekanalene



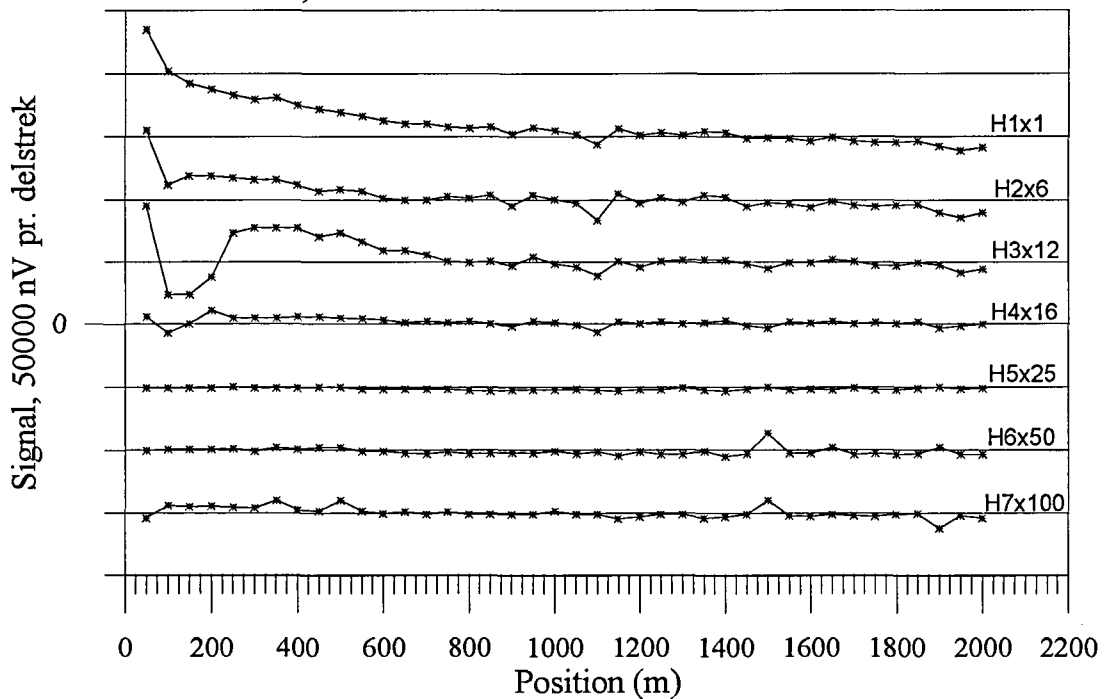
Figur B3. Flytskjema for måleprosessen ved TFEM-målinger

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1000N, V1 - V7



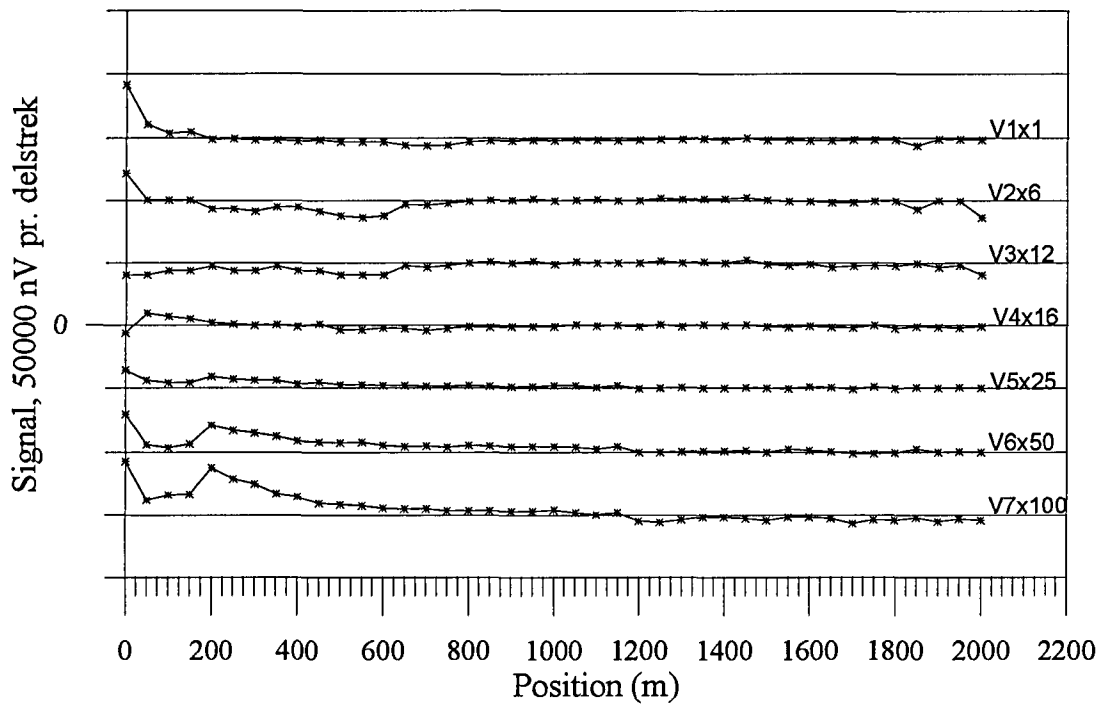
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1000N, H1 - H7



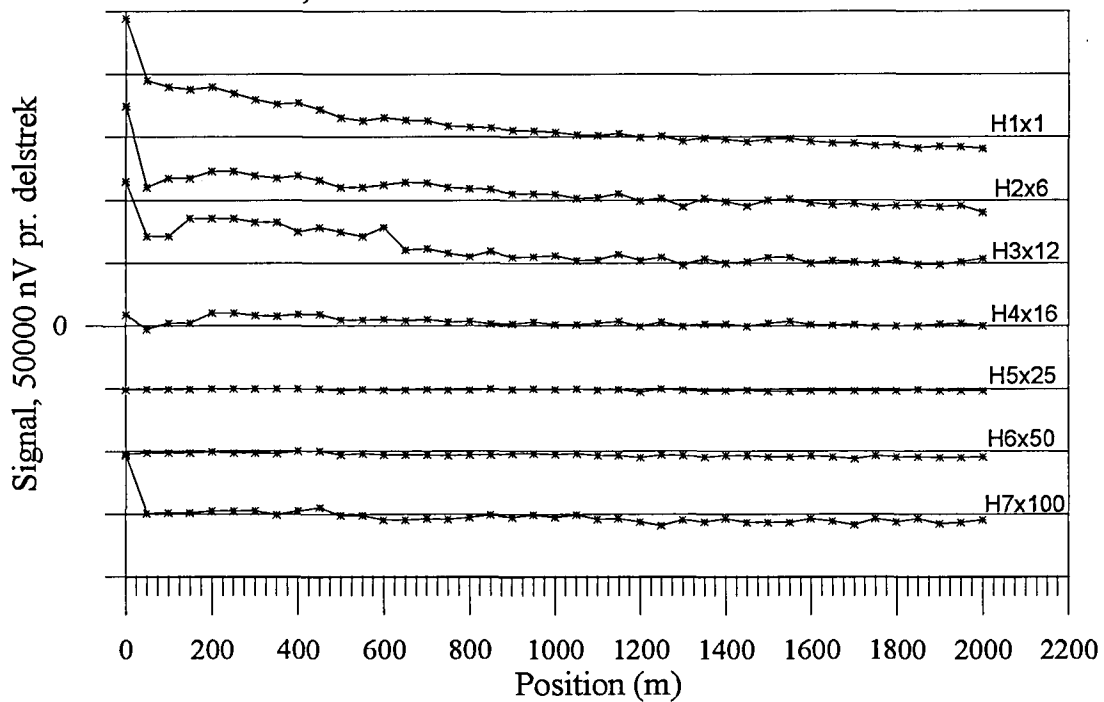
Figur 1. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 1000N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1400N, V1 - V7



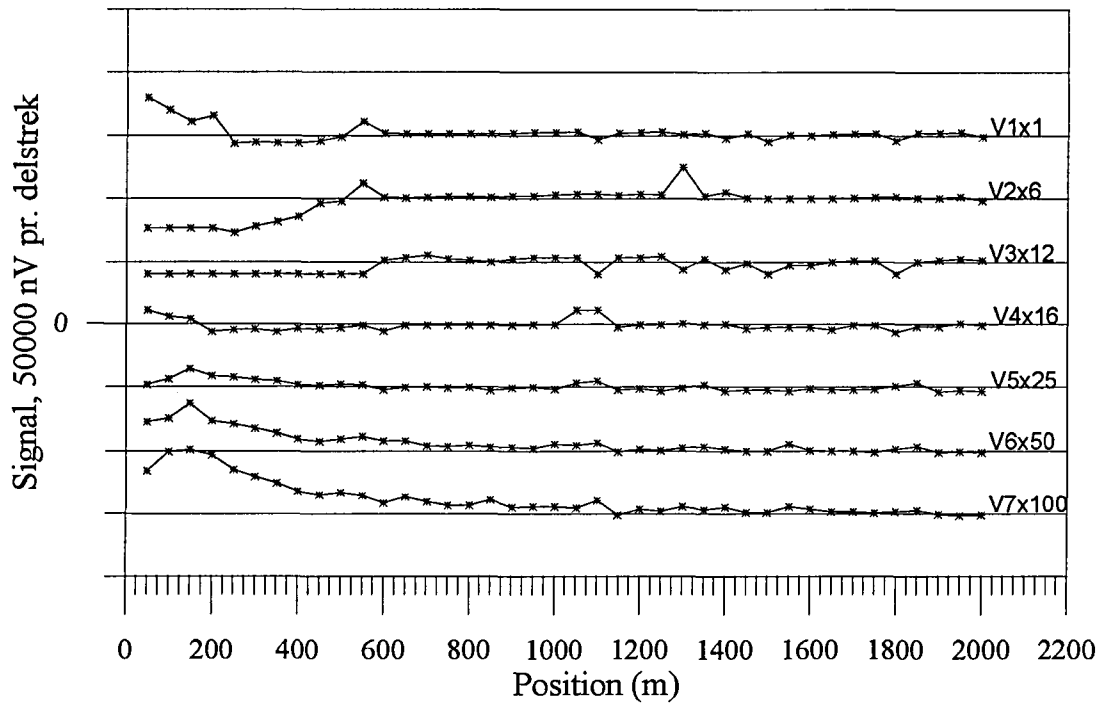
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1400N, H1 - H7



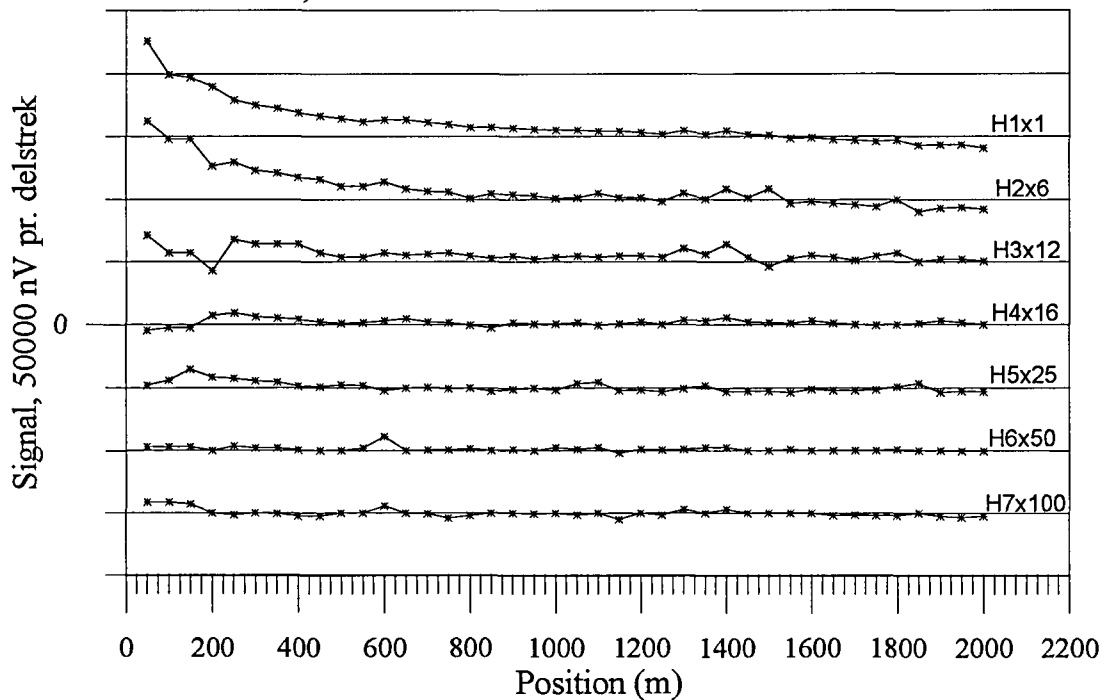
Figur 2. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 1400N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1800N, V1 - V7



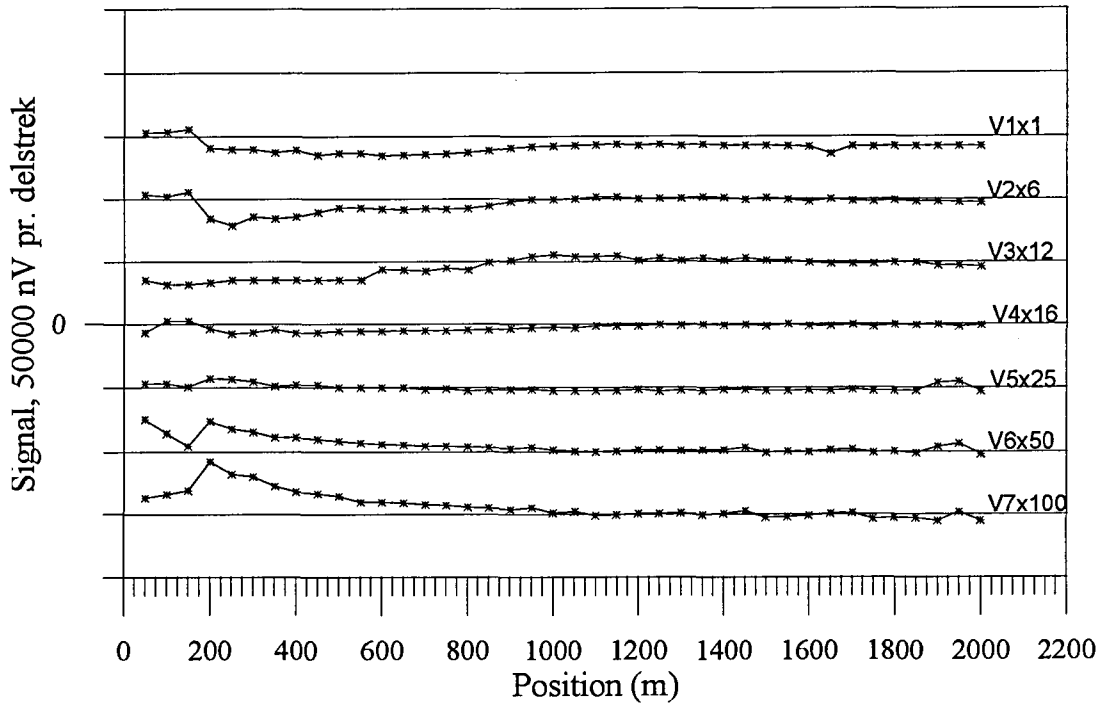
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 1800N, H1 - H7



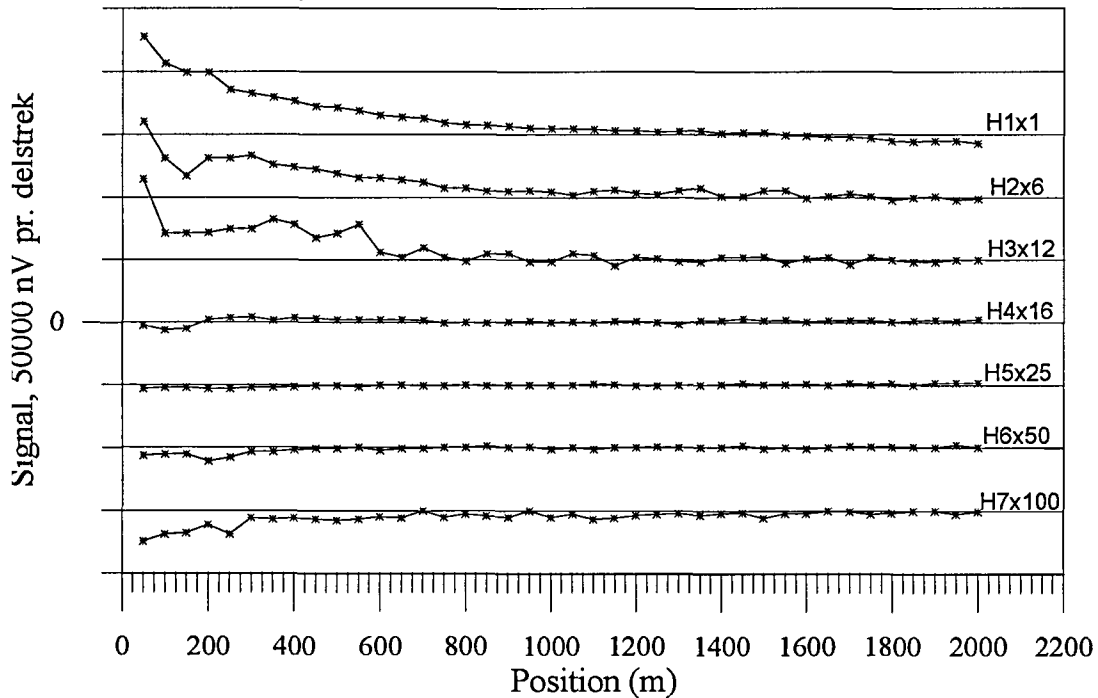
Figur 3. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 1800N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 2200N, V1 - V7



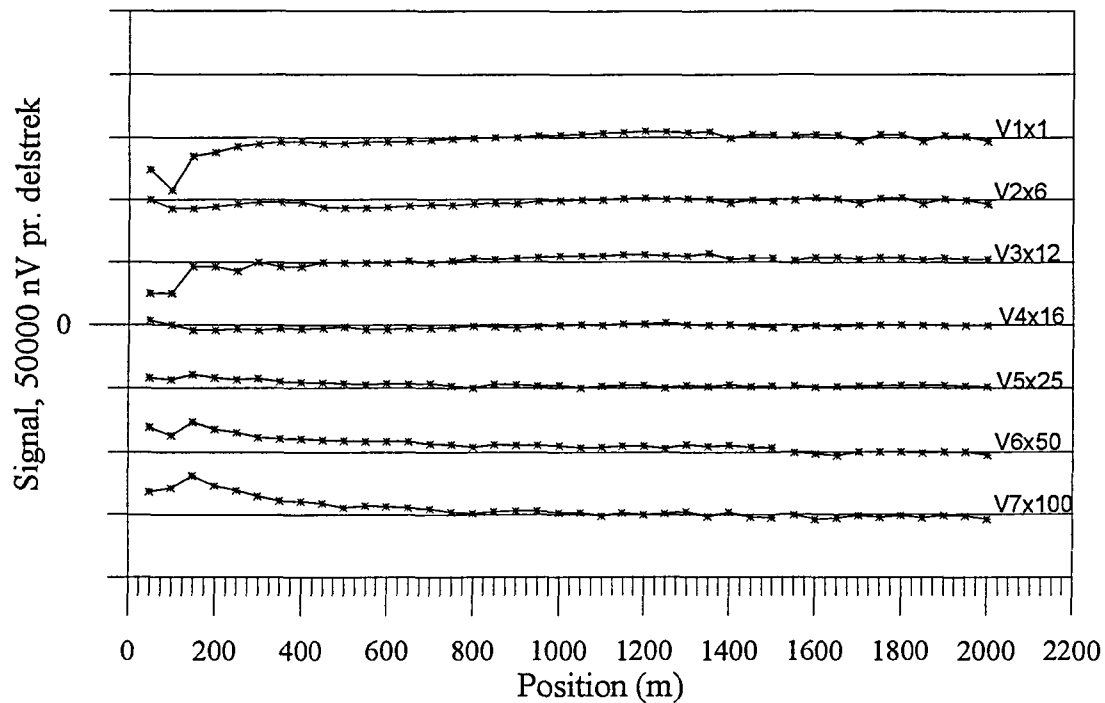
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 2200N, H1 - H7



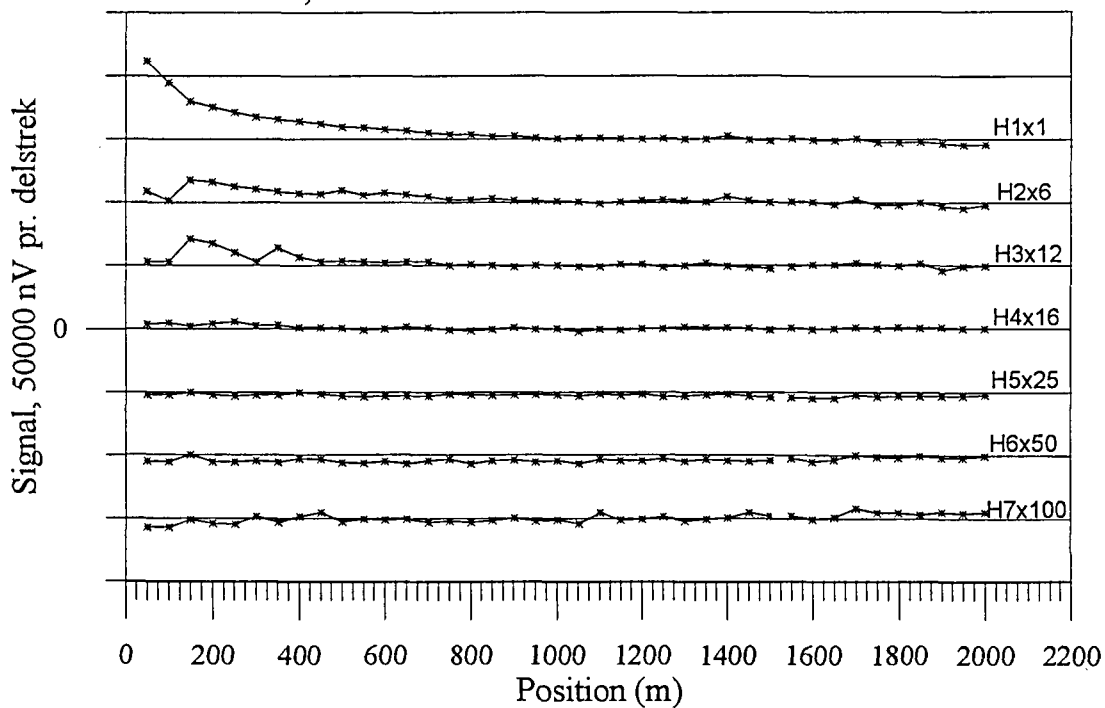
Figur 4. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 2200N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 2600N, V1 - V7



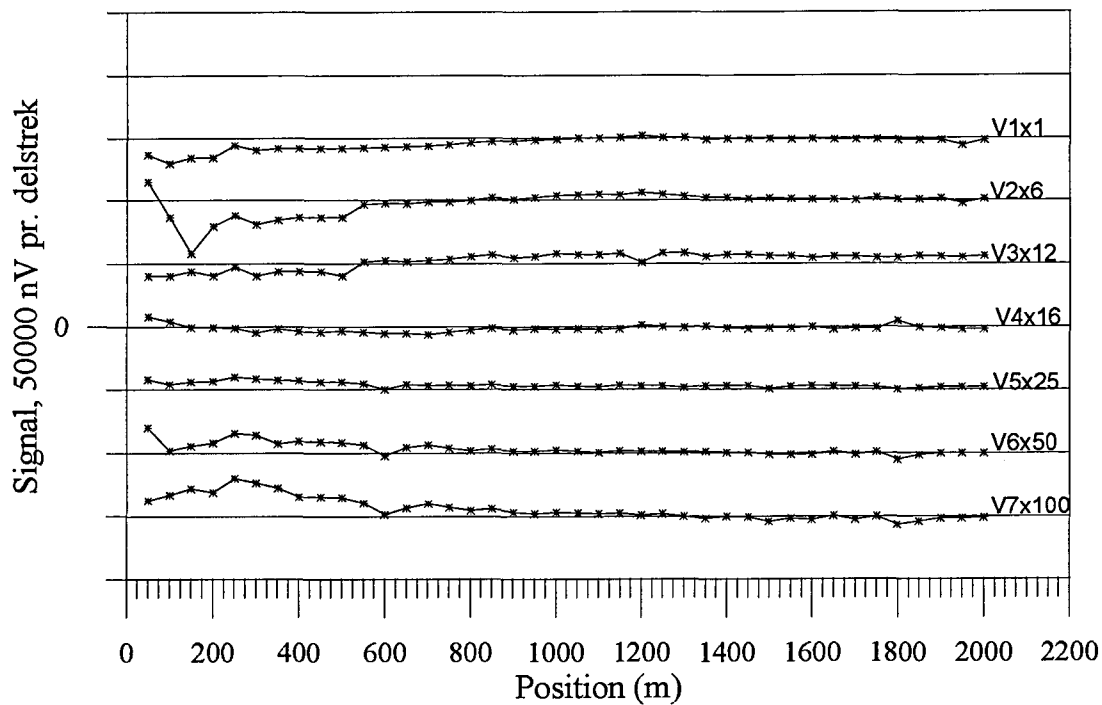
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 2600N, H1 - H7

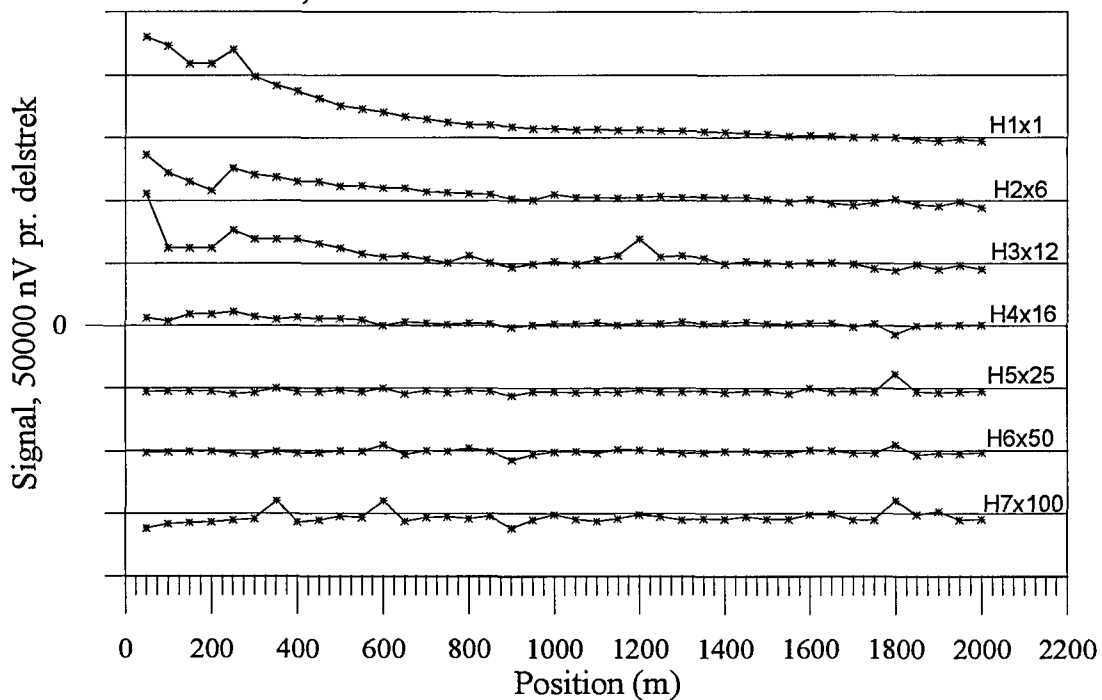


Figur 5. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 2600N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3000N, V1 - V7

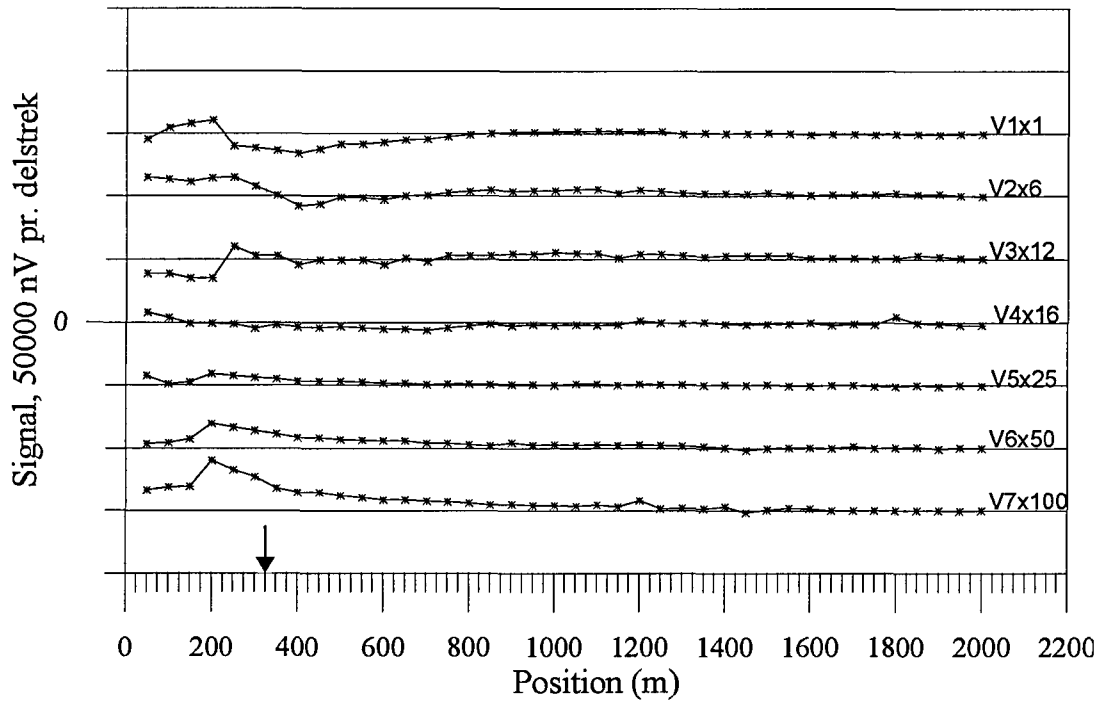


GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3000N, H1 - H7



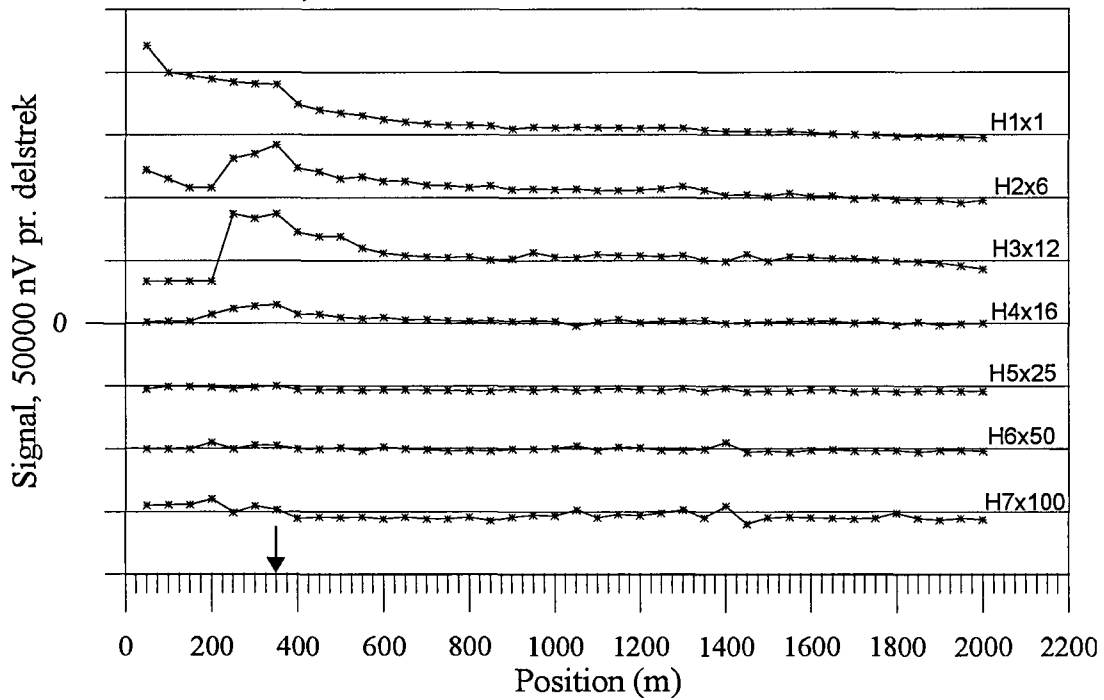
Figur 6. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 3000N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3400N, V1 - V7



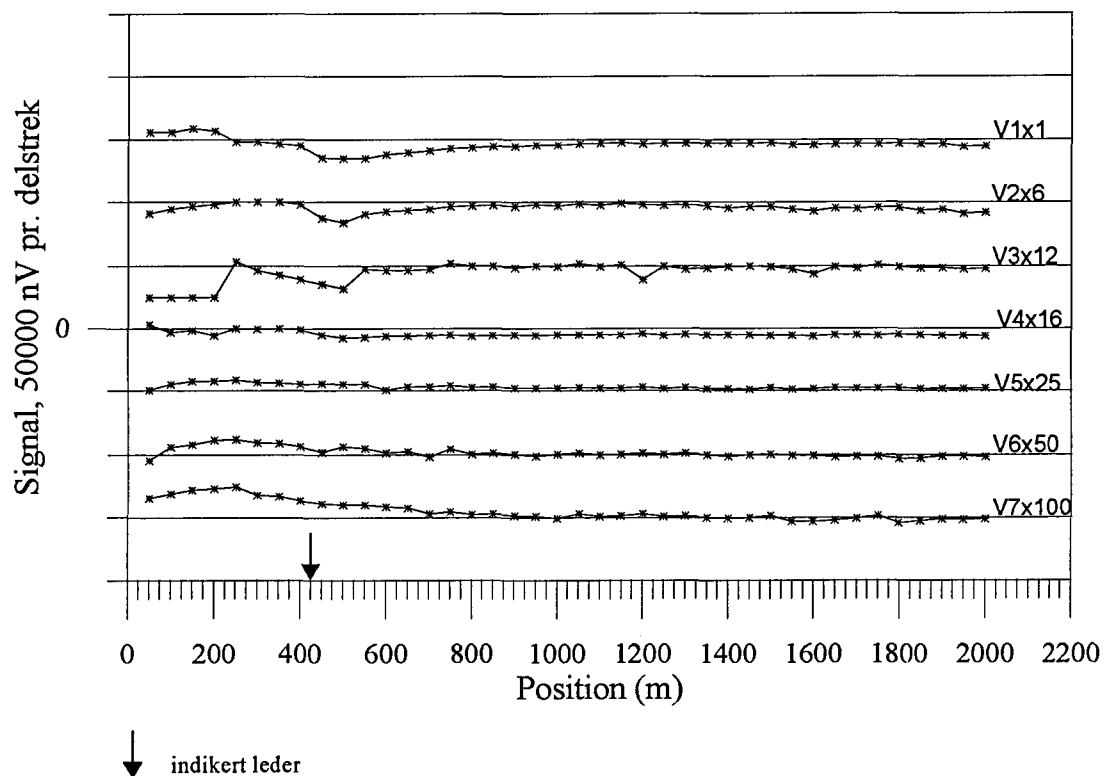
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3400N, H1 - H7

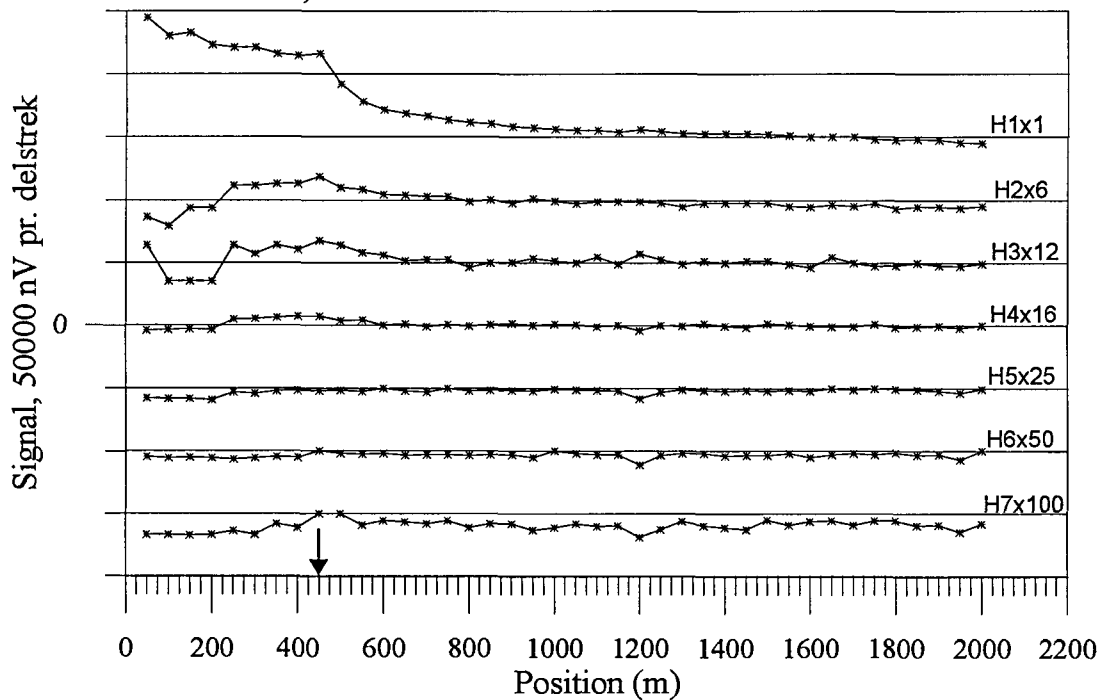


Figur 7. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 3400N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3800N, V1 - V7

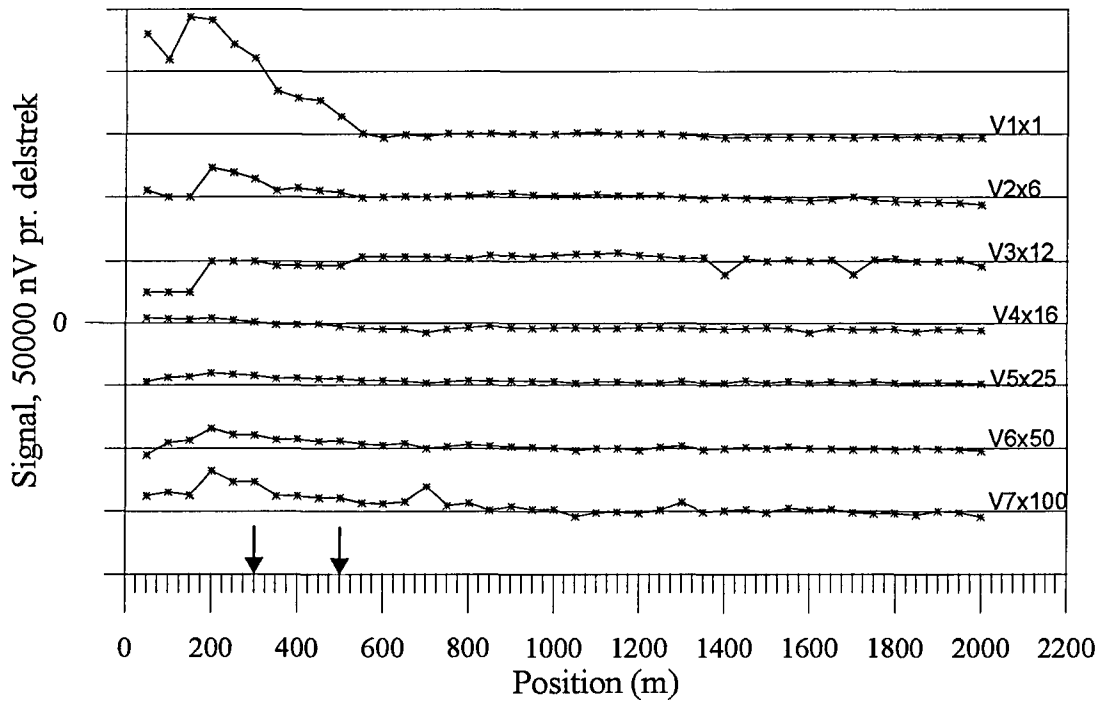


GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 3800N, H1 - H7



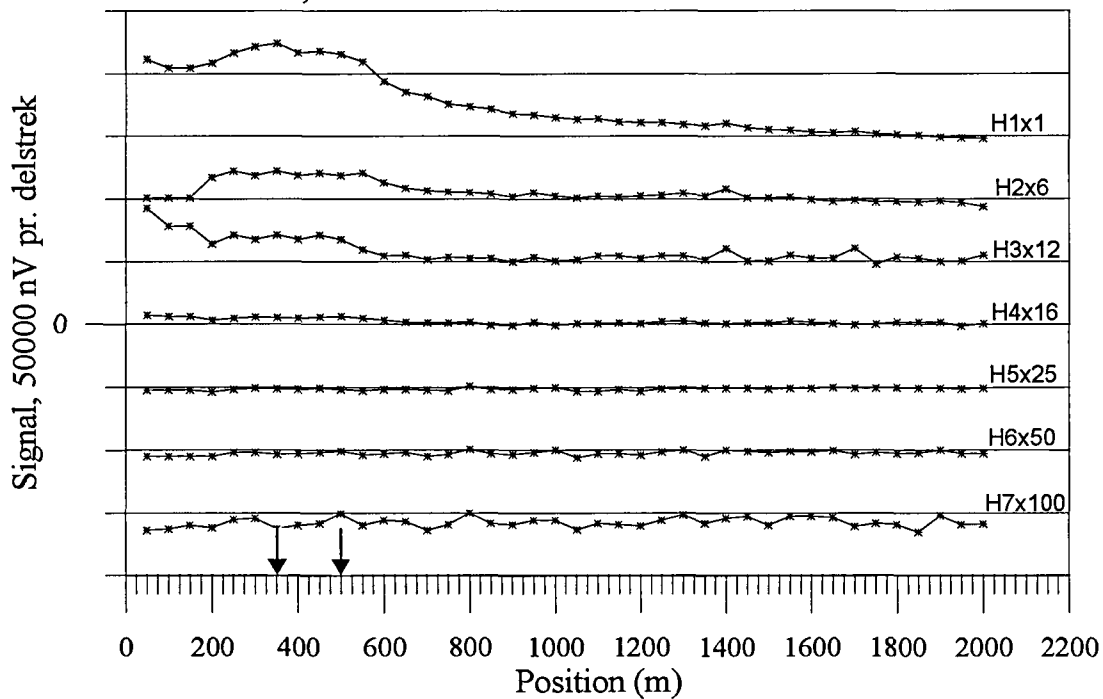
Figur 8. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 3800N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 4200N, V1 - V7



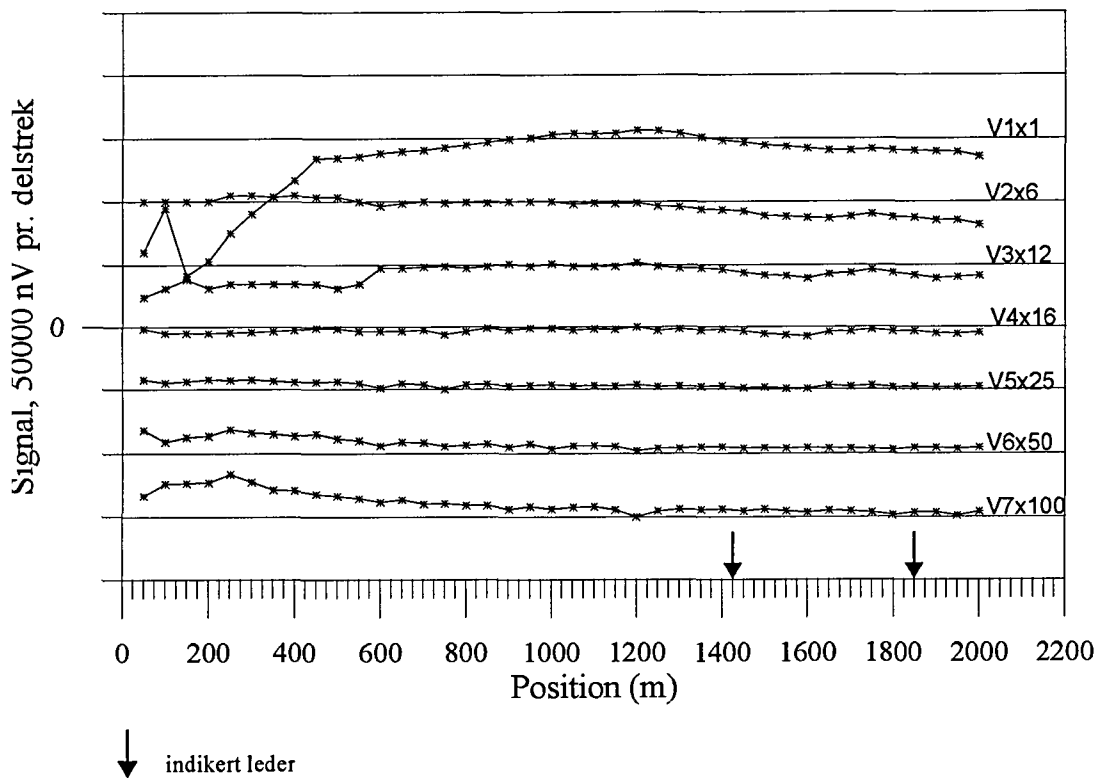
↓ indikert leder

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 4200N, H1 - H7

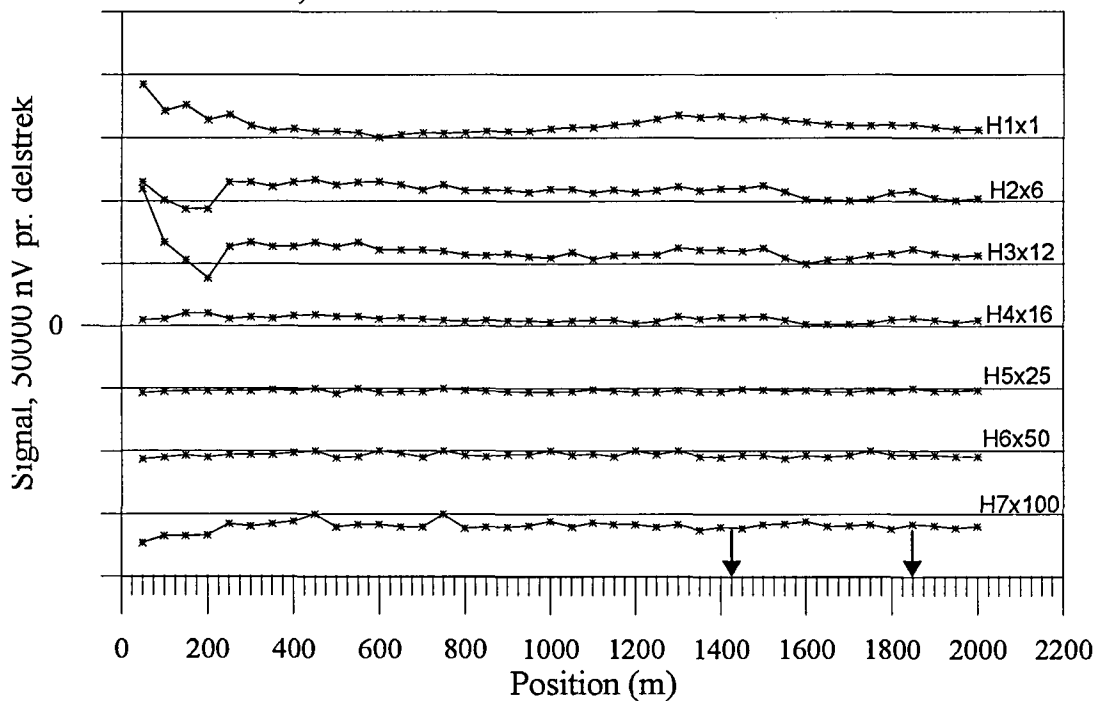


Figur 9. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 4200N

GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 4600N, V1 - V7

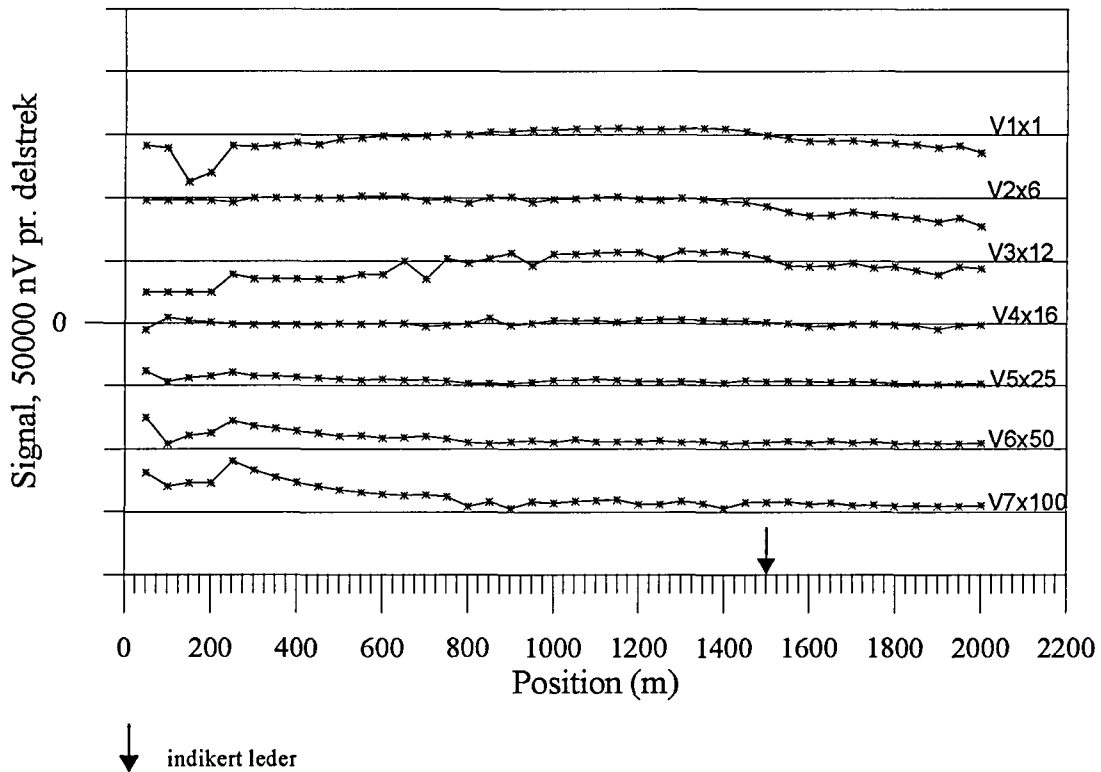


GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 4600N, H1 - H7

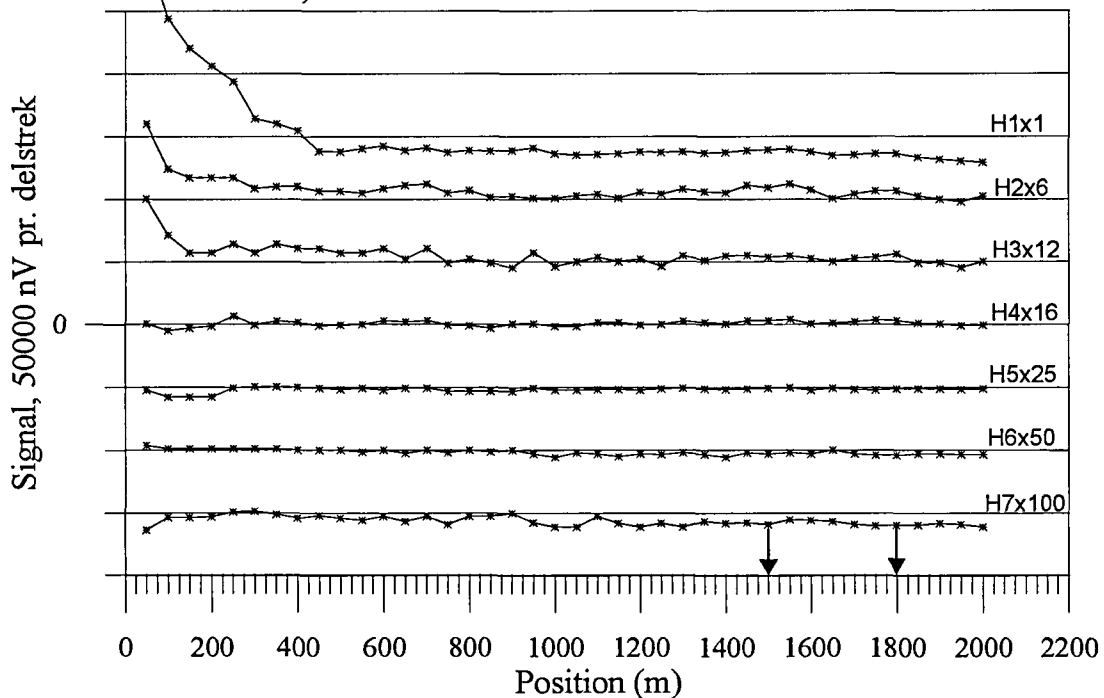


Figur 10. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 4600N

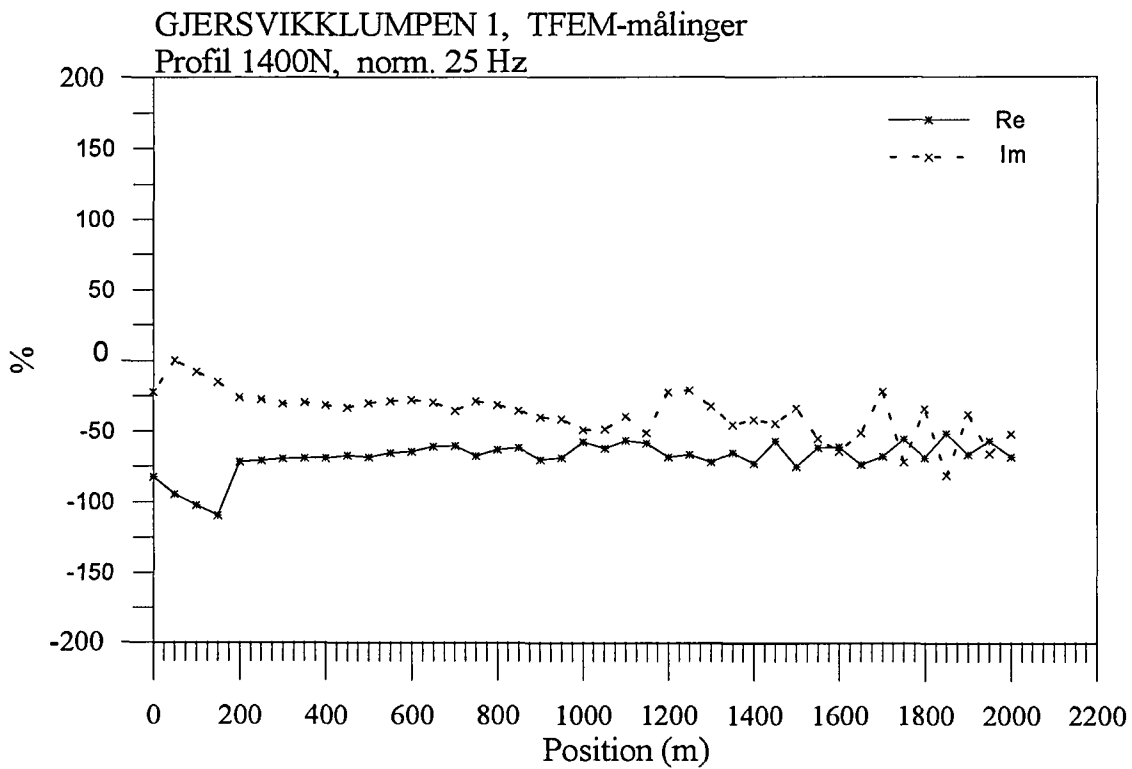
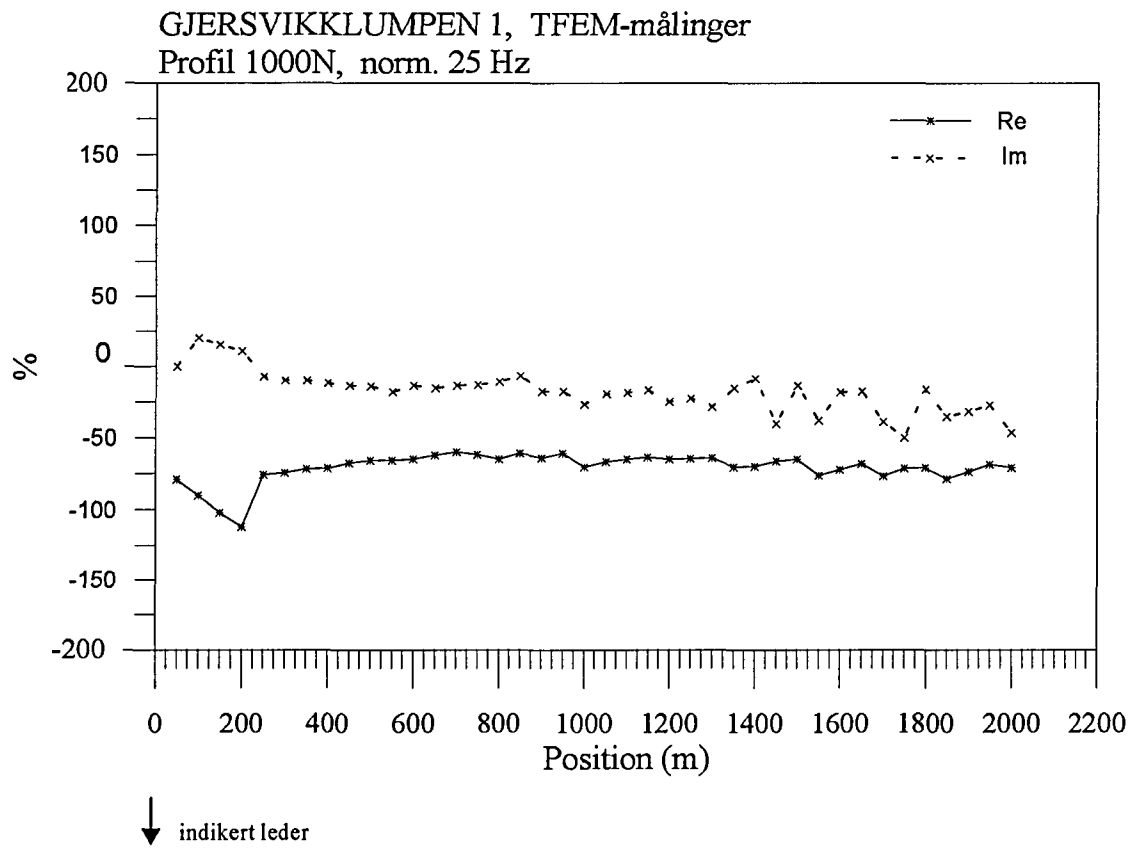
GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 5000N, V1 - V7



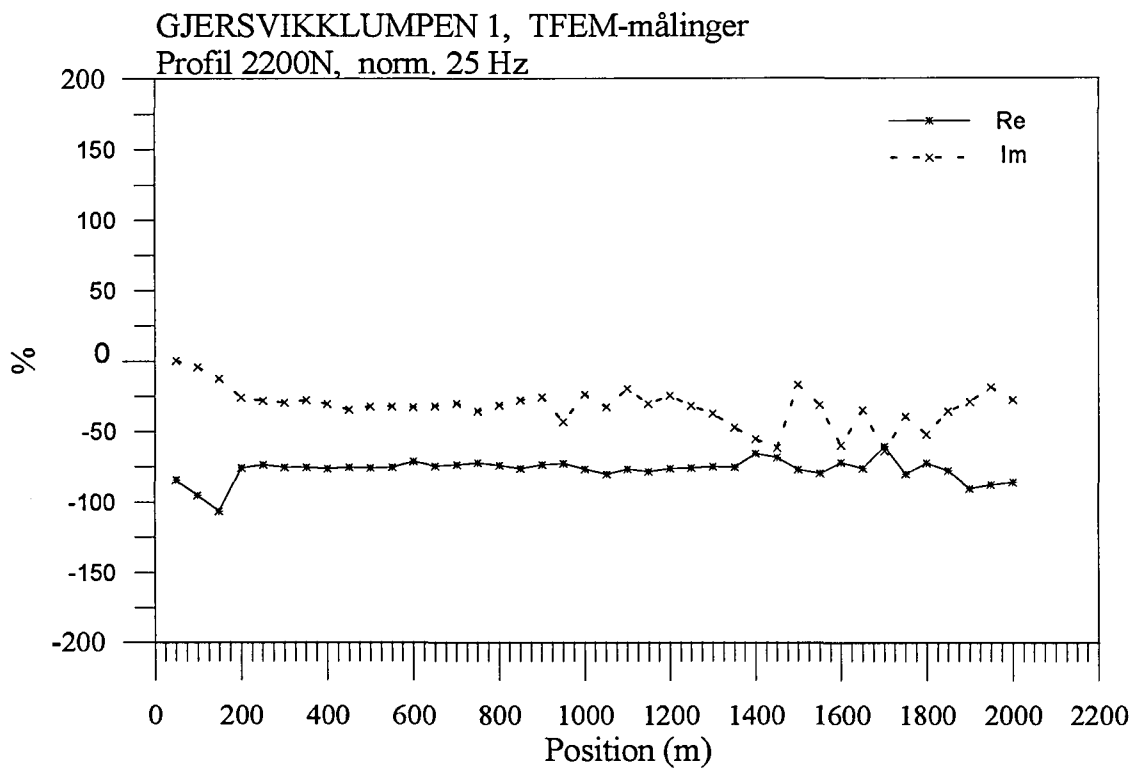
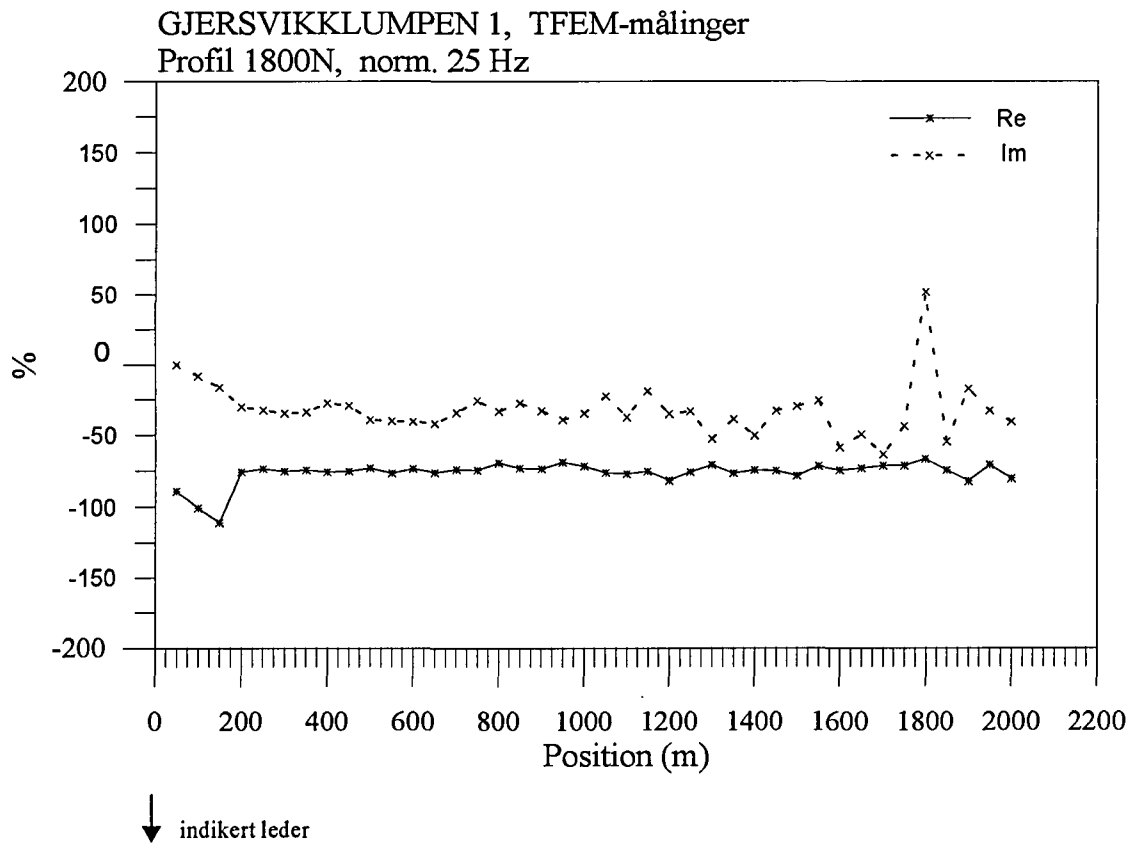
GJERSVIKKLUMPEN 1, TFEM-målinger
Profil 5000N, H1 - H7



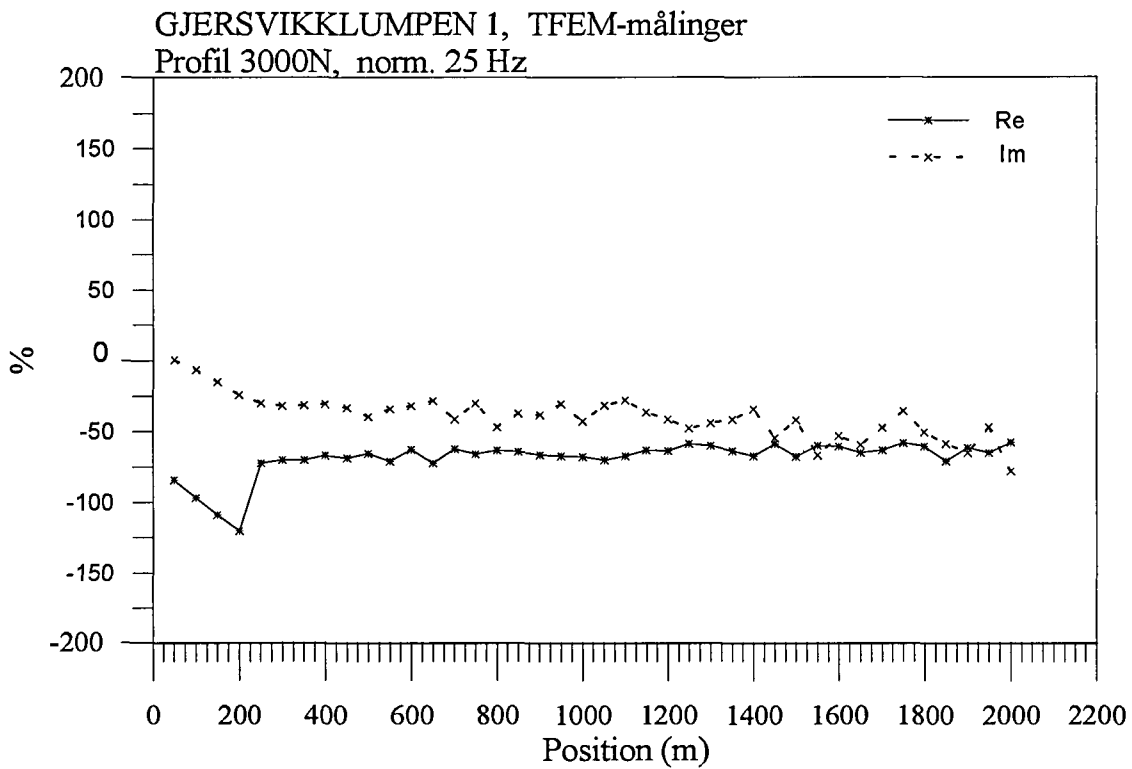
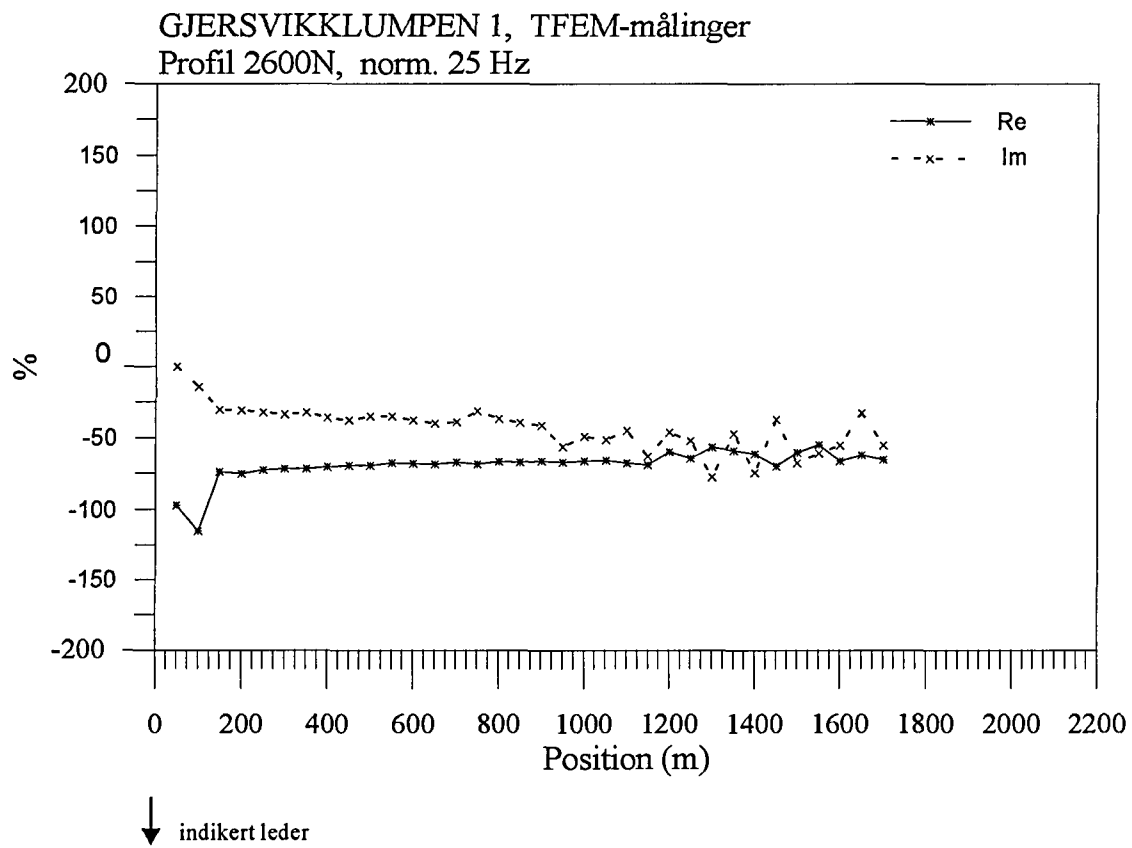
Figur 11. Vertikal og horisontalkanaler tidsdomenet, profil 5000N



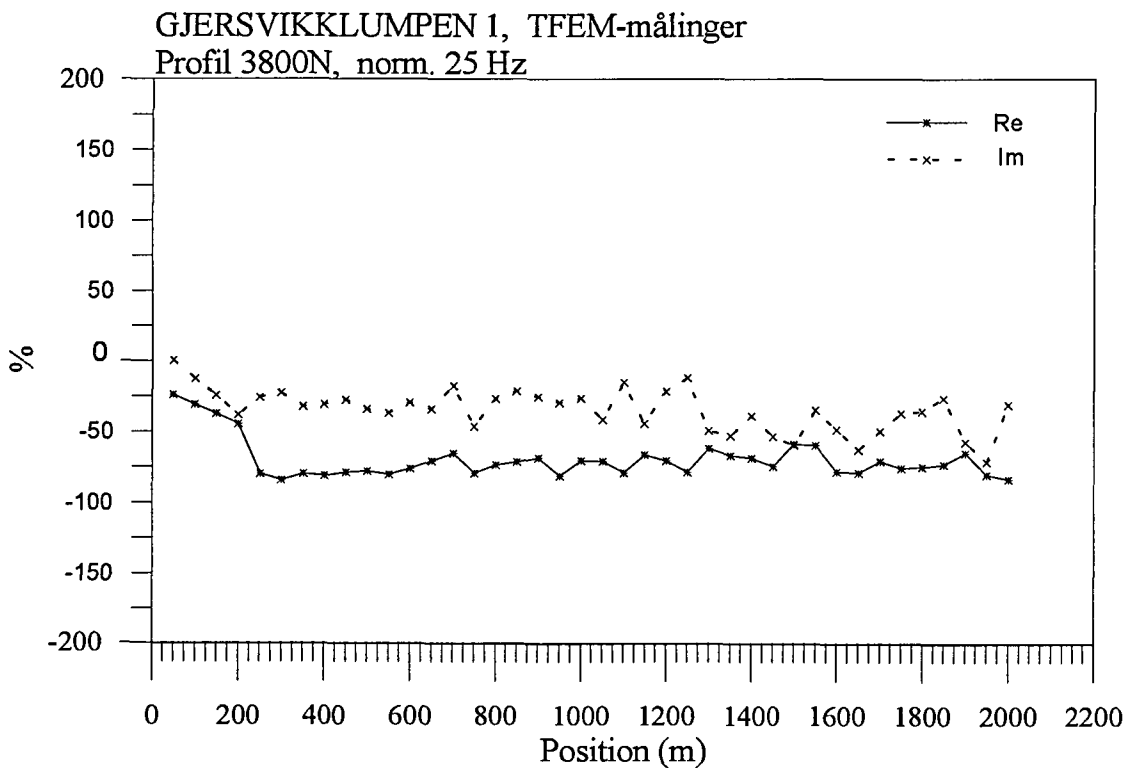
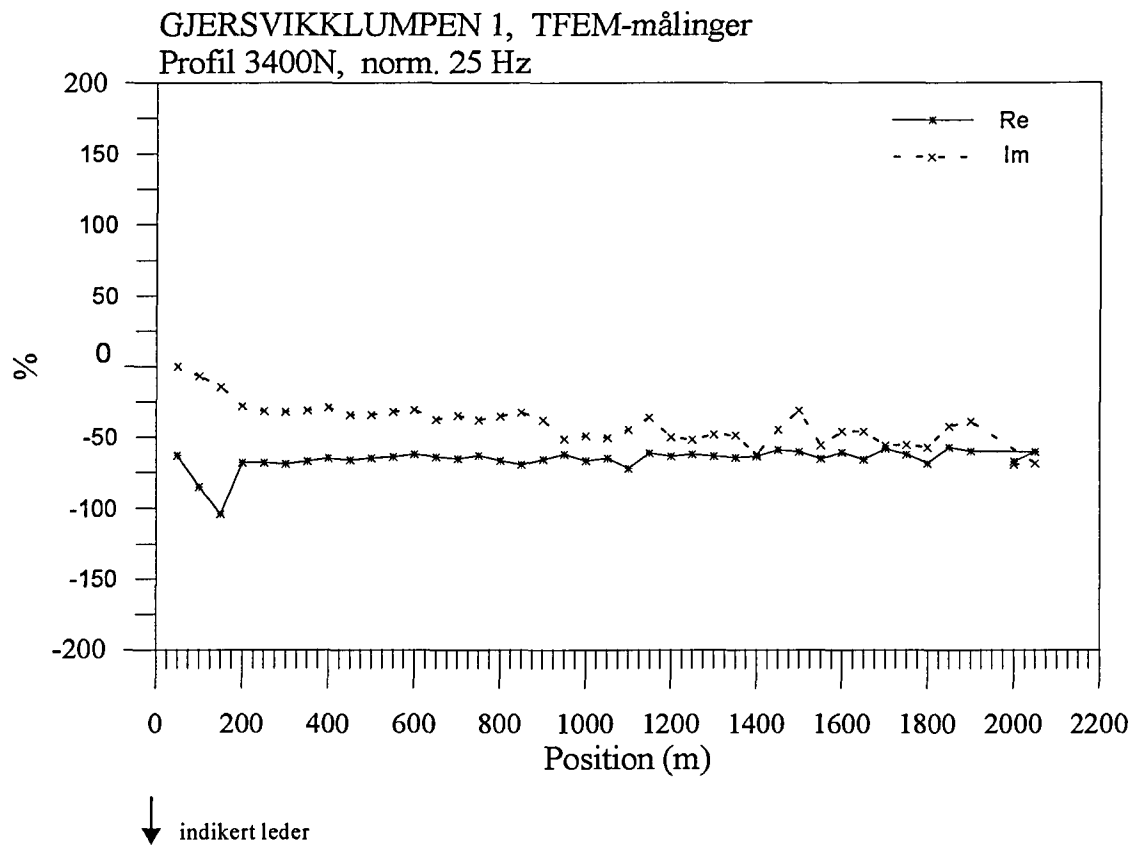
Figur 12. Normalisert 25 Hz, profil 1000N og 1400N



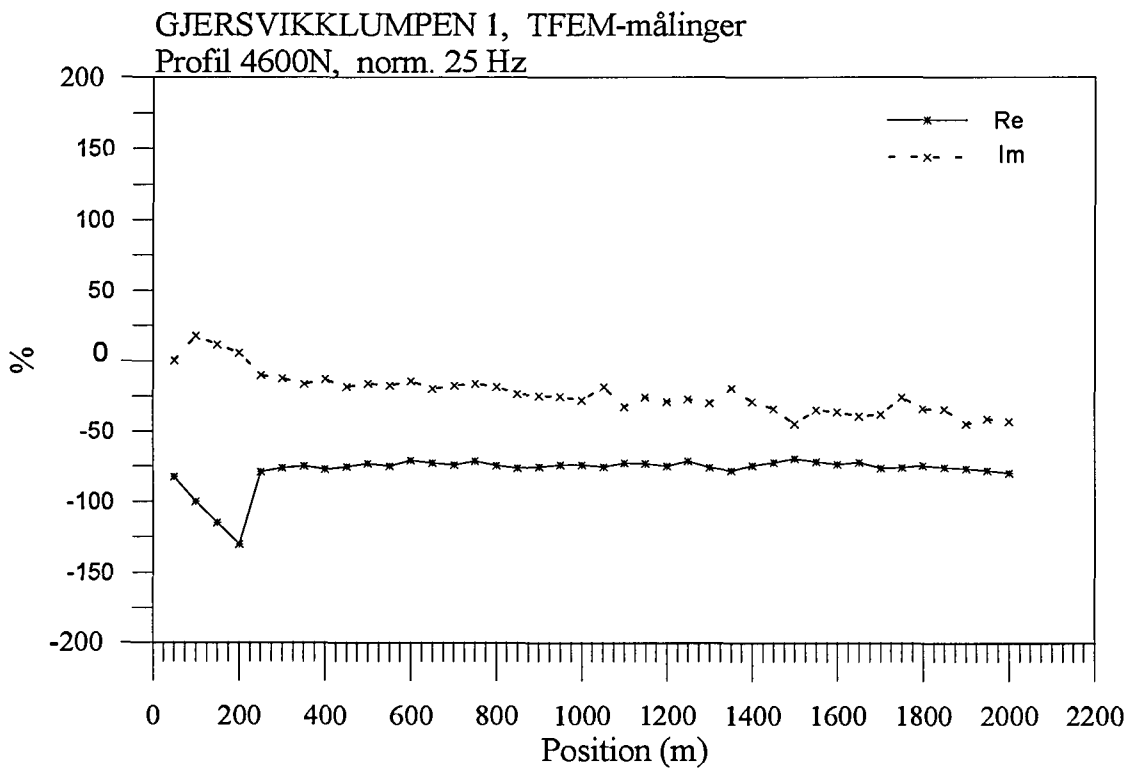
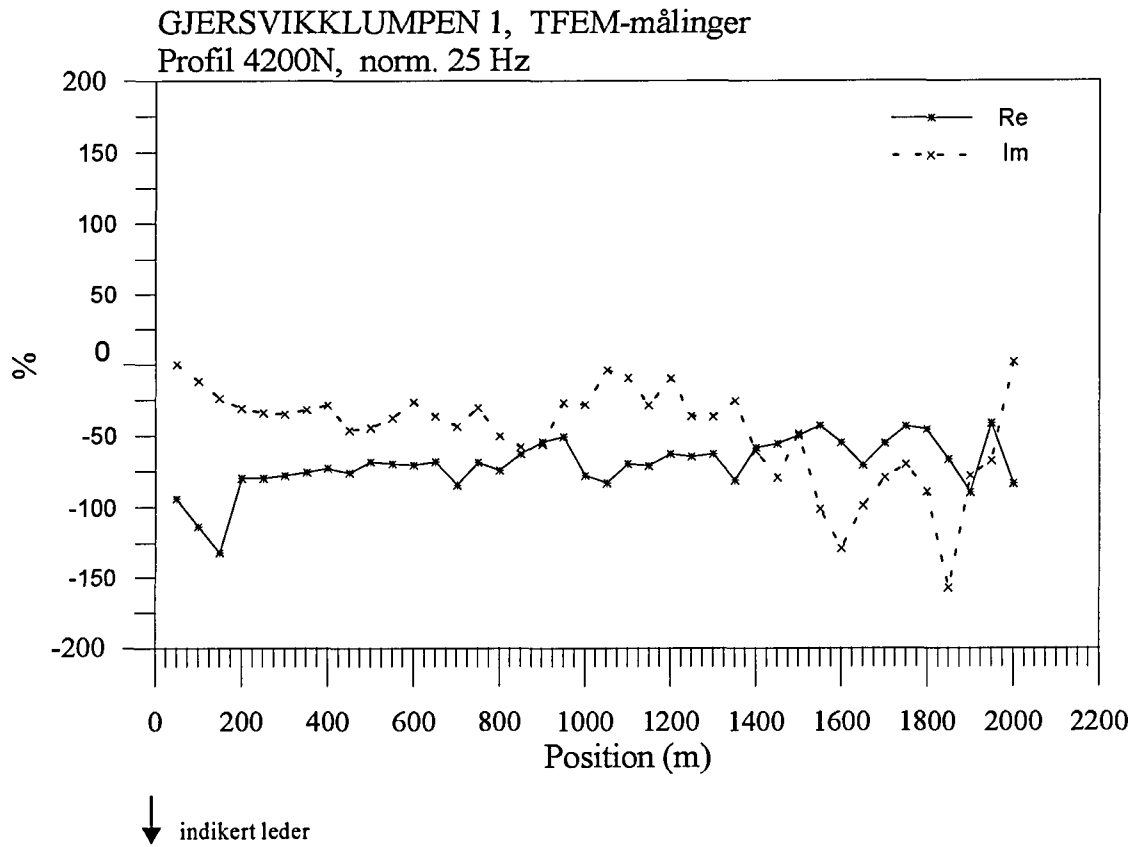
Figur 13. Normalisert 25 Hz, profil 1800N og 2200N



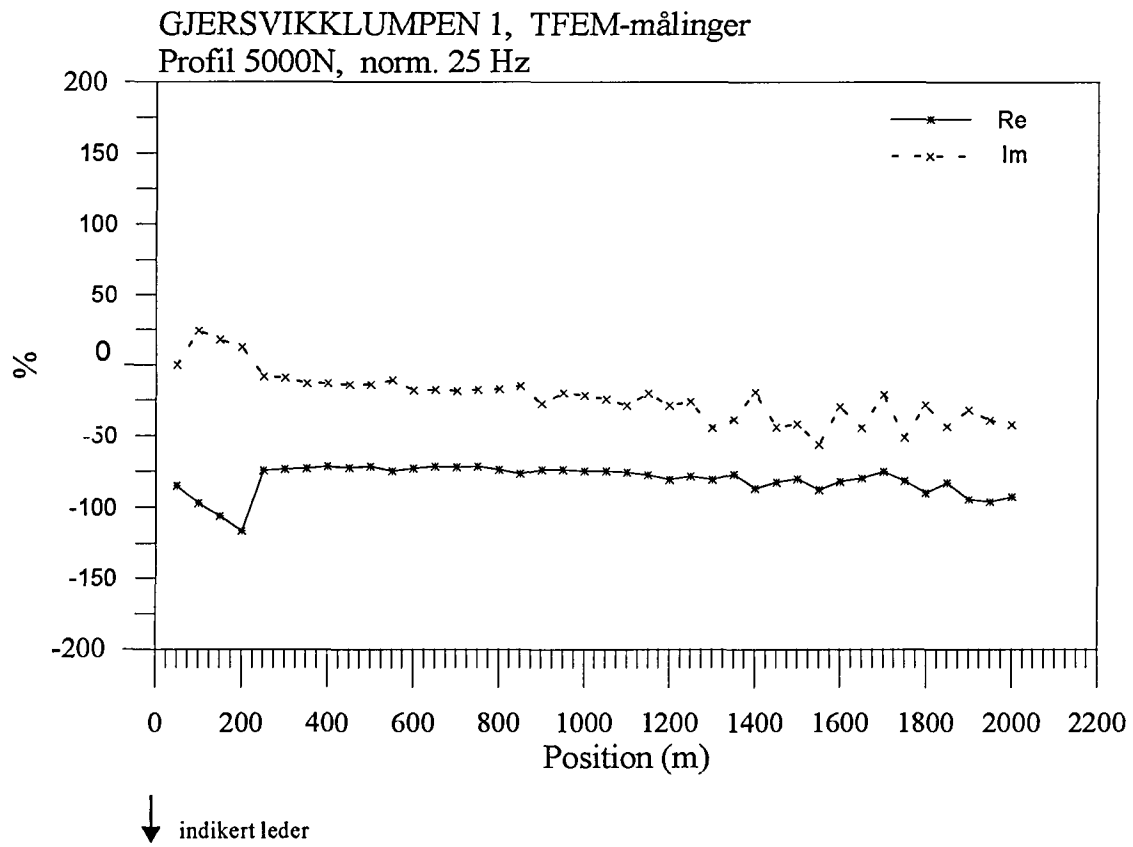
Figur 14. Normalisert 25 Hz, profil 2600N og 3000N



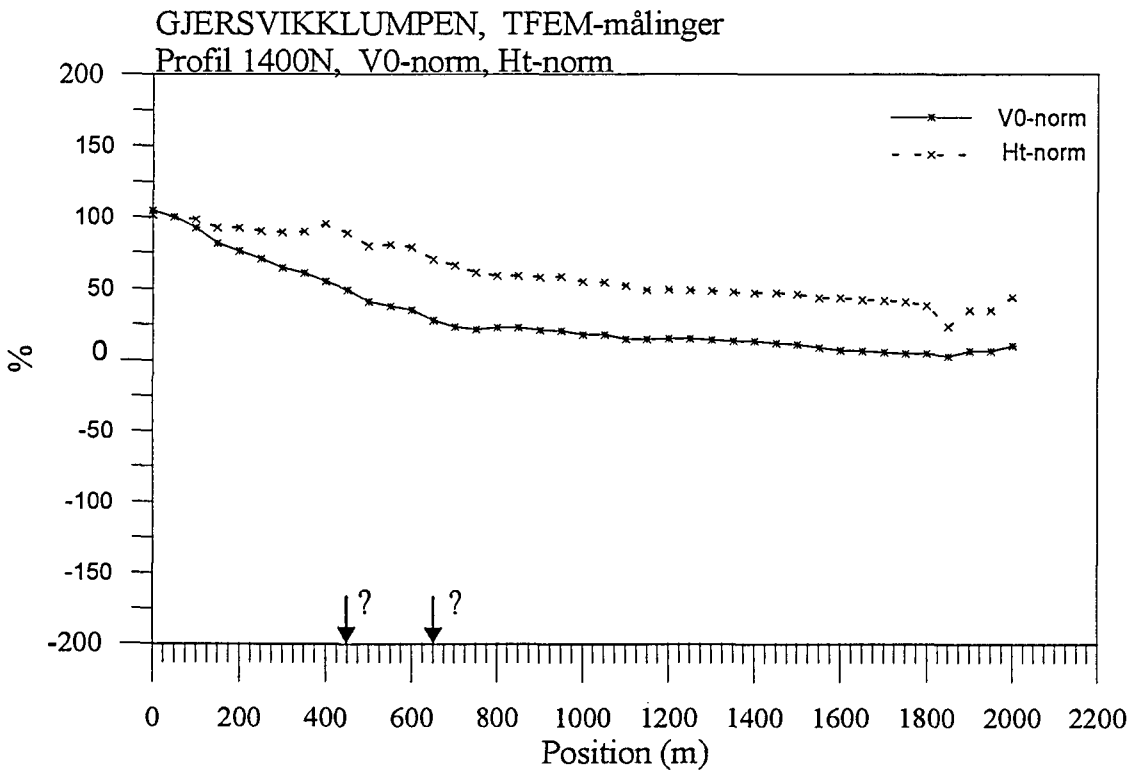
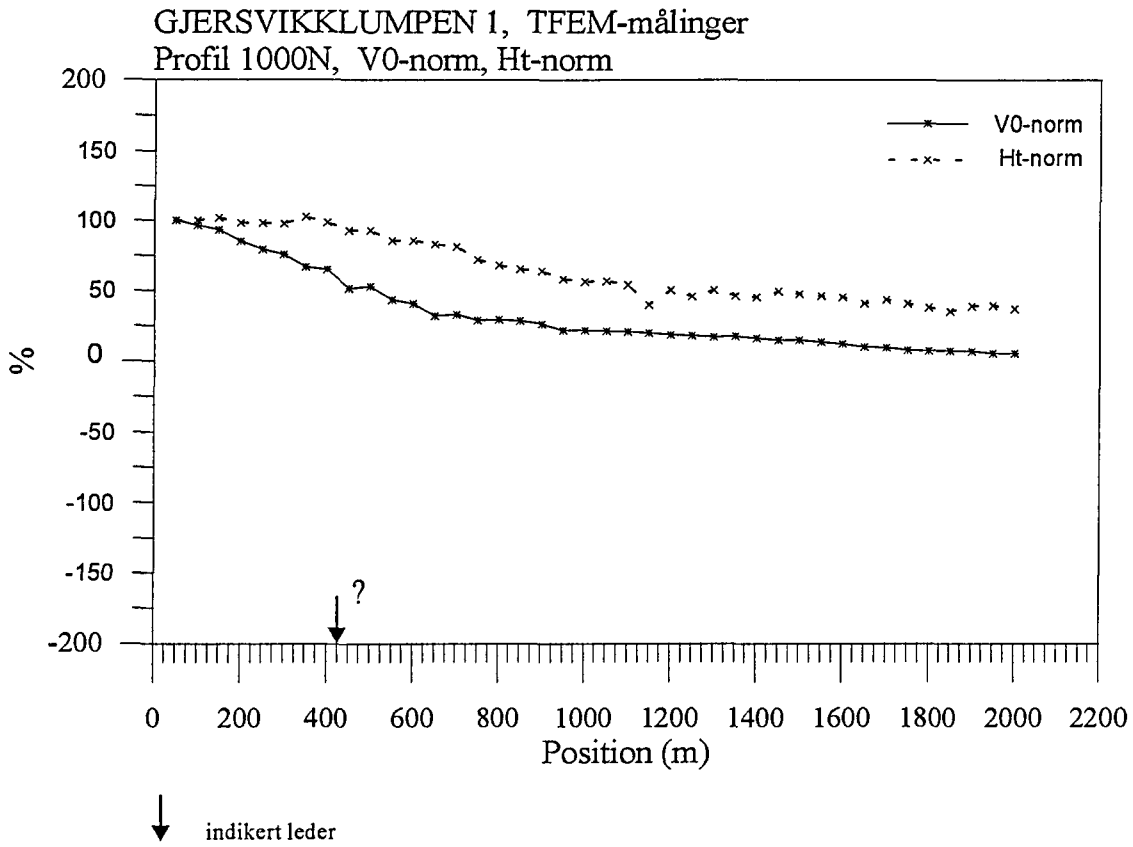
Figur 15. Normalisert 25 Hz, profil 3400N og 3800N



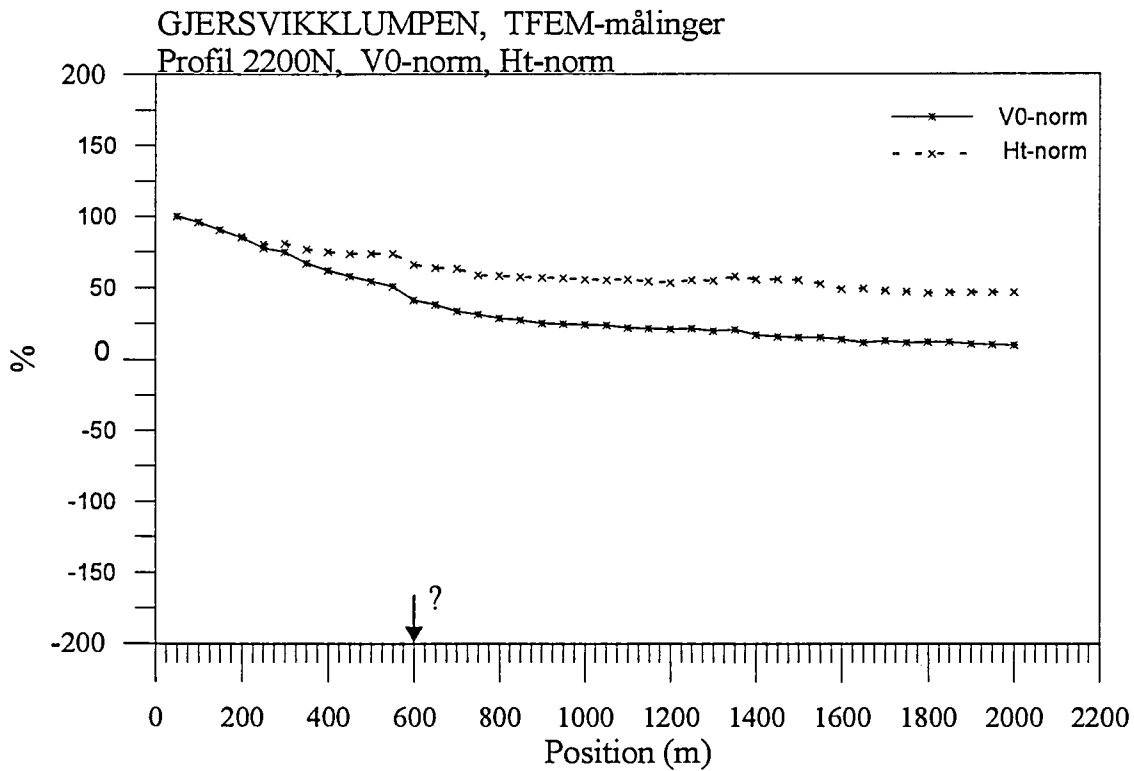
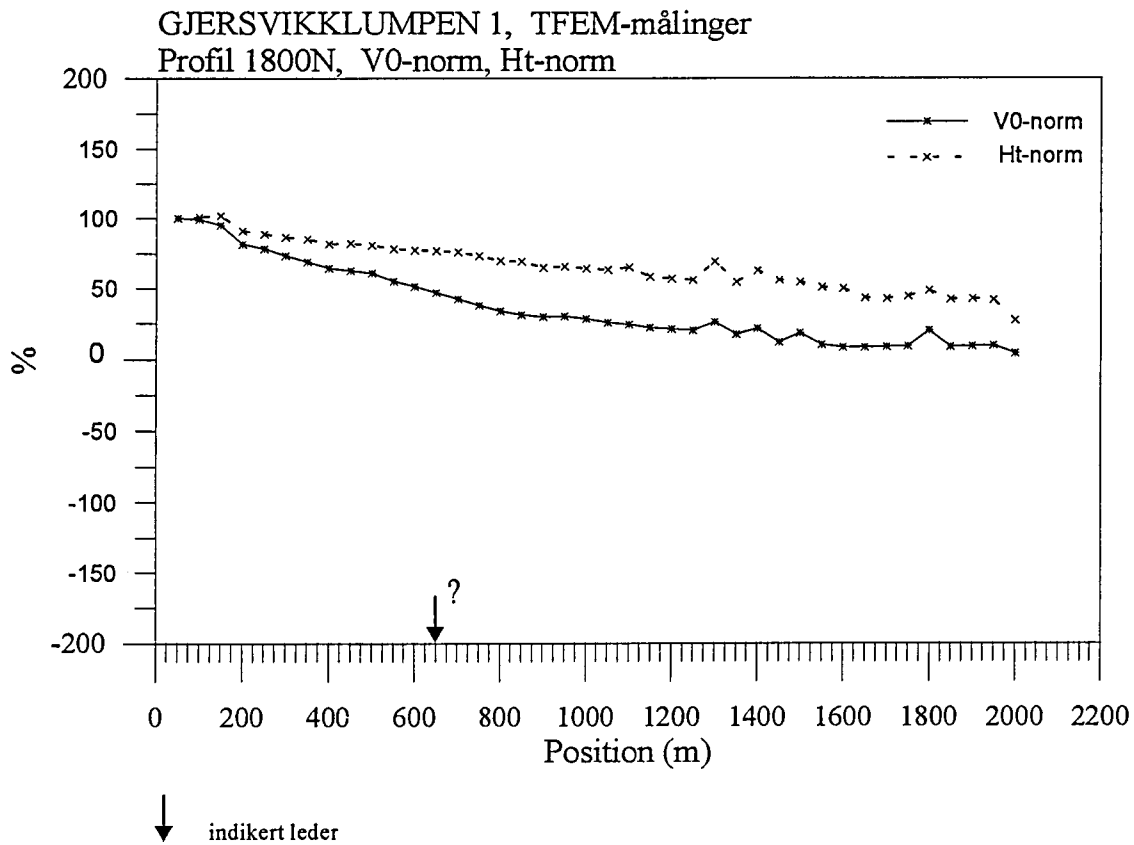
Figur 16. Normalisert 25 Hz, profil 4200N og 4600N



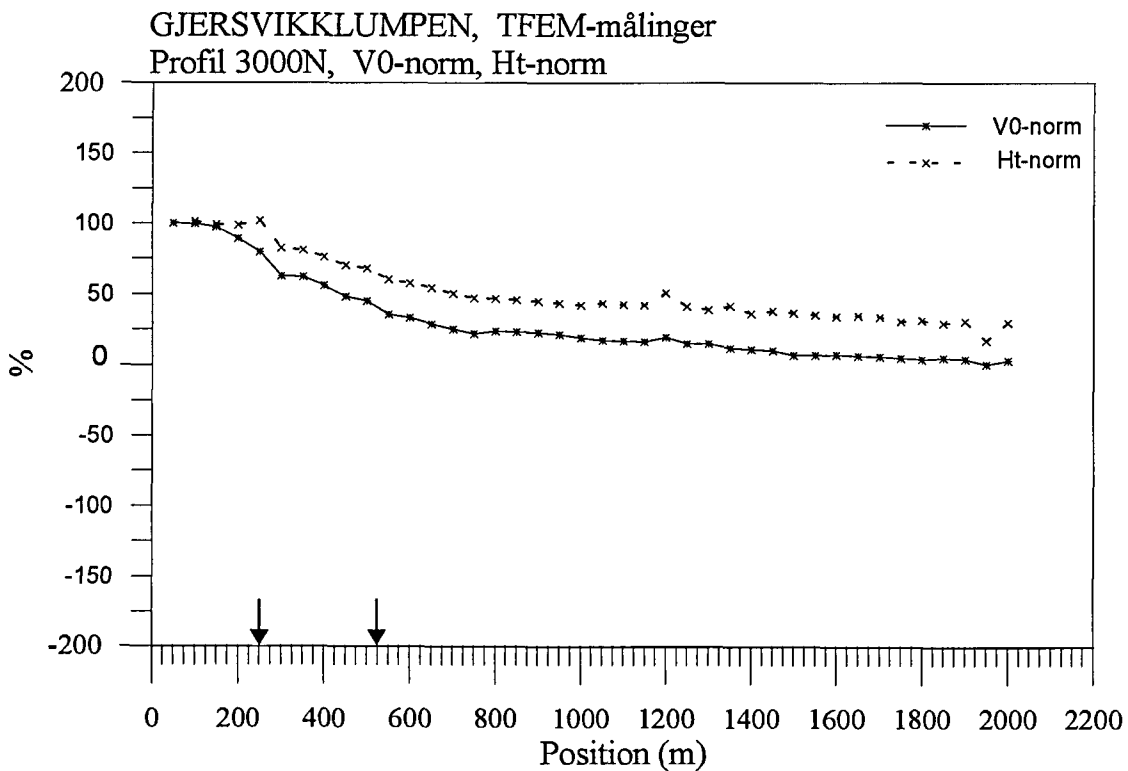
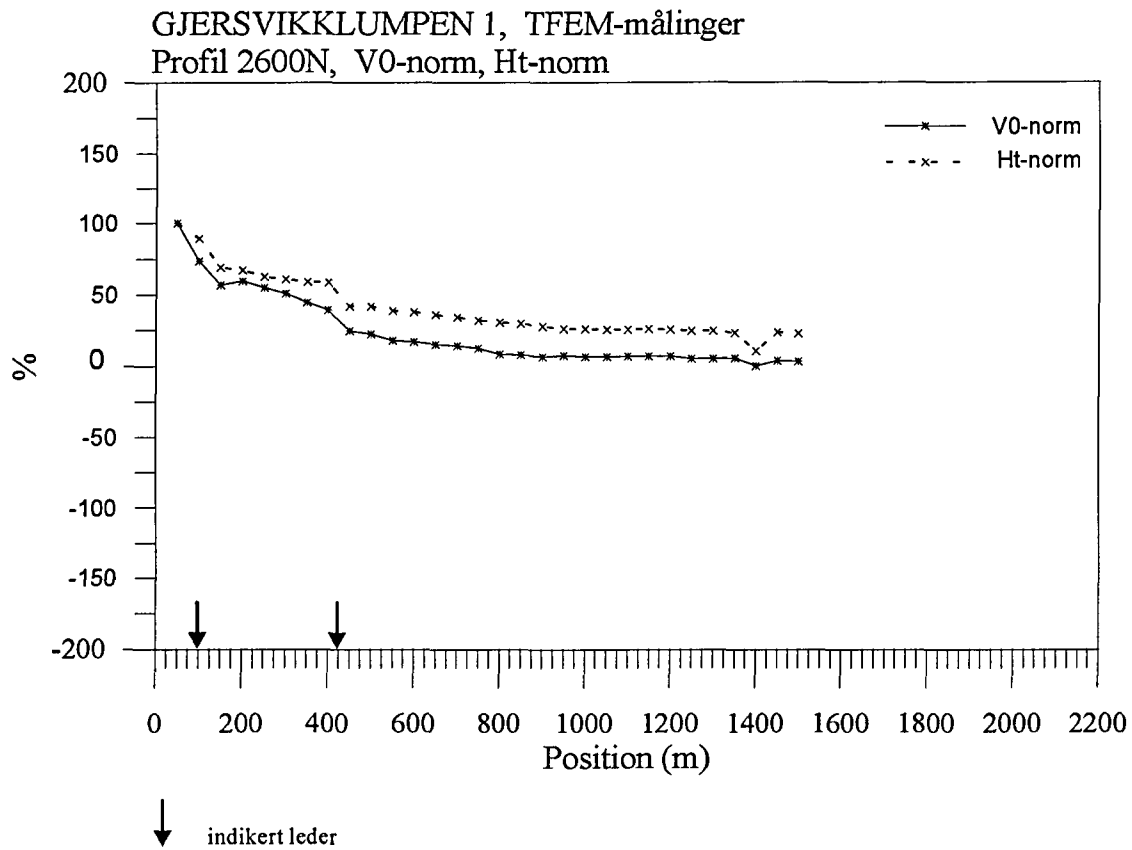
Figur 17. Normalisert 25 Hz, profil 5000N



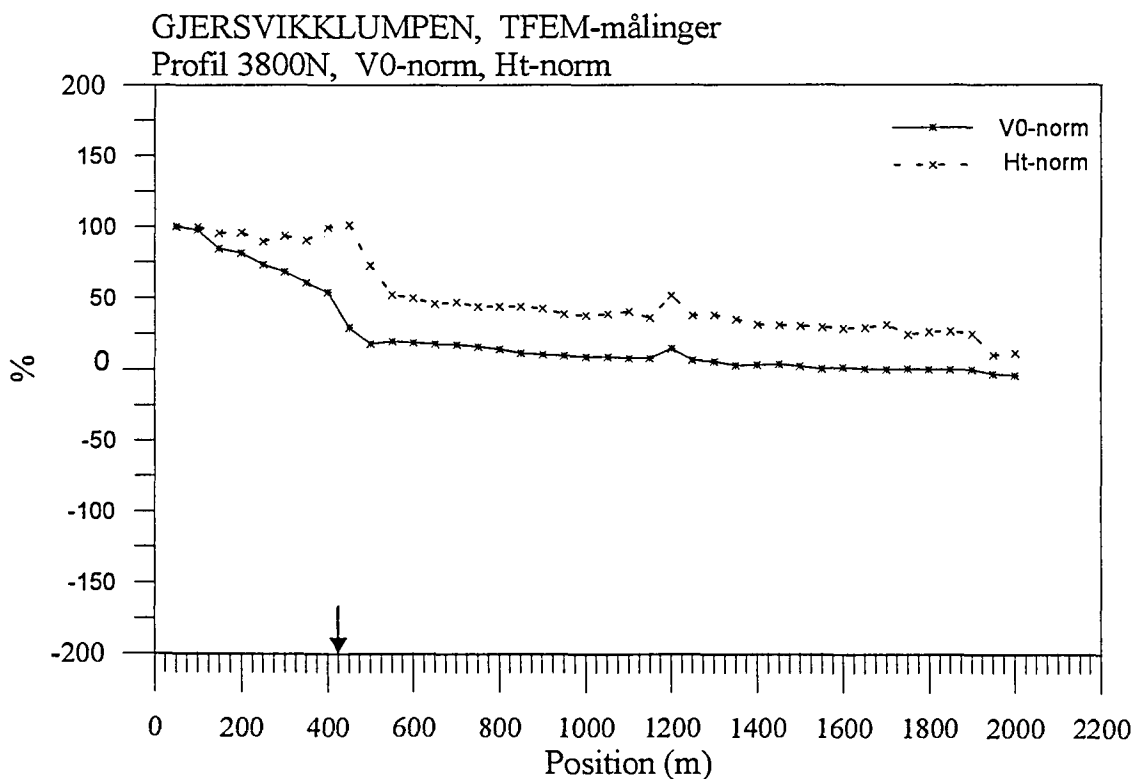
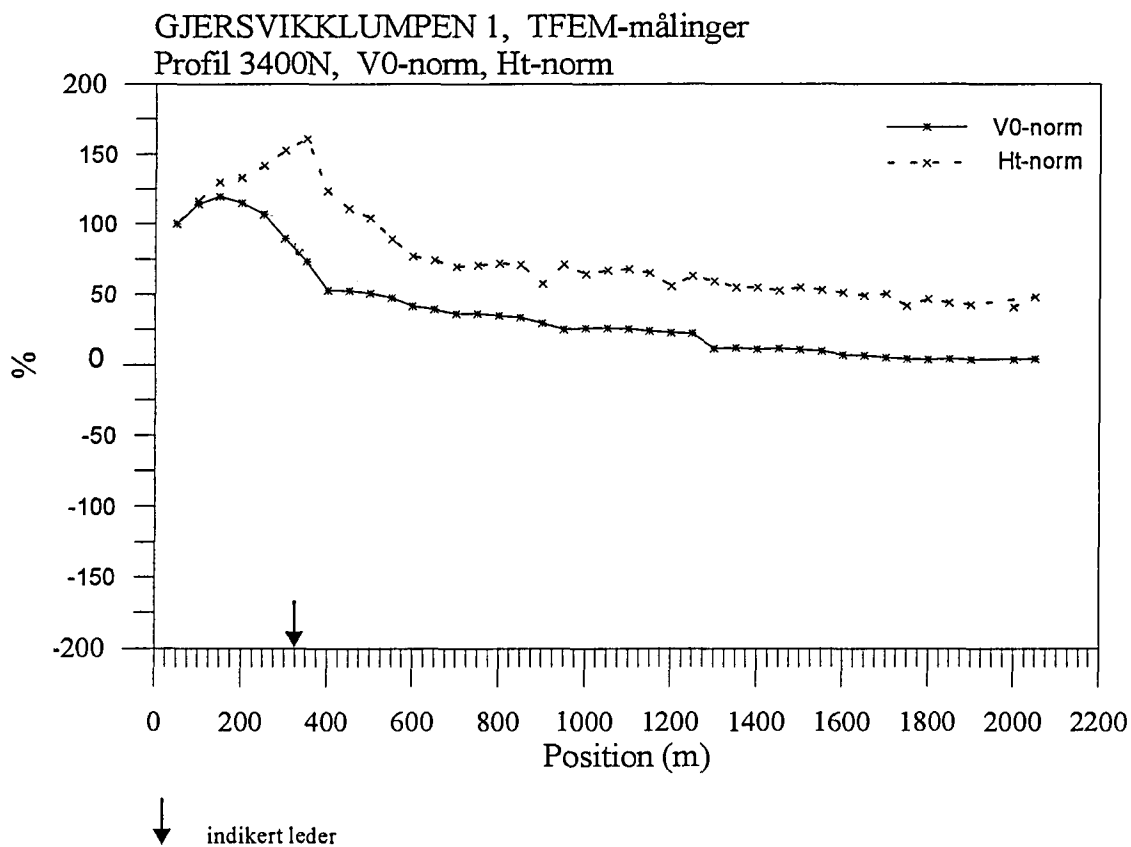
Figur 18. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 1000N og 1400N



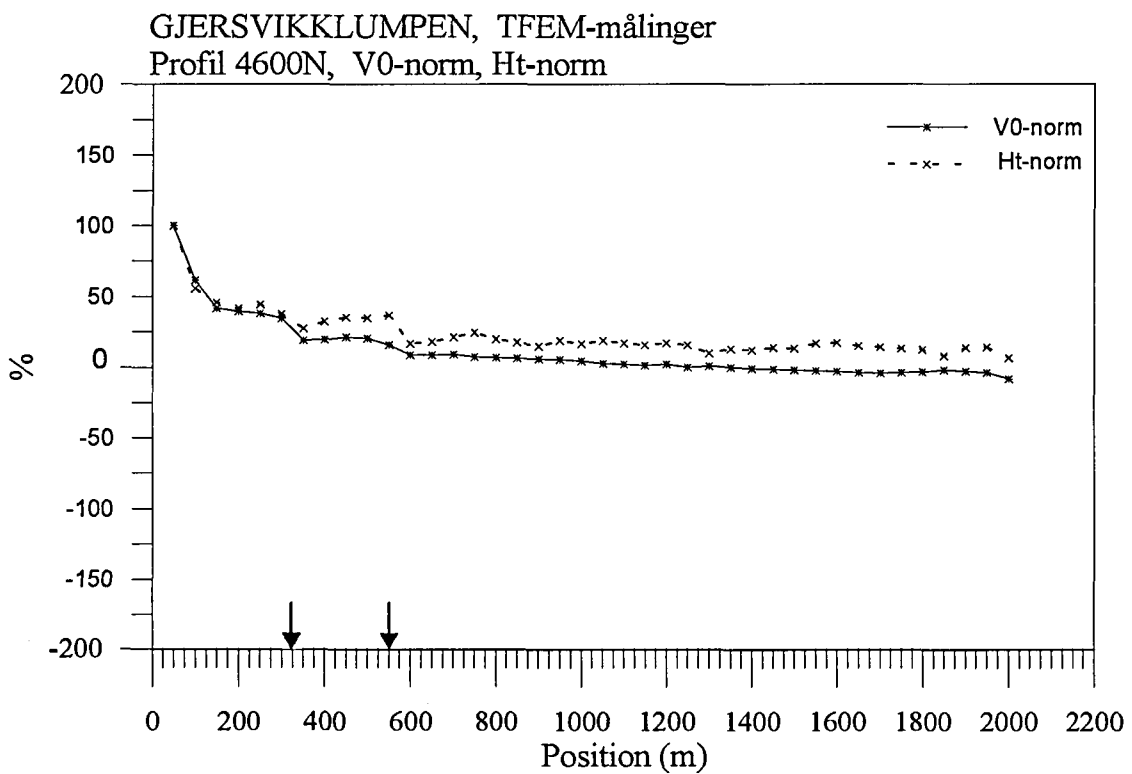
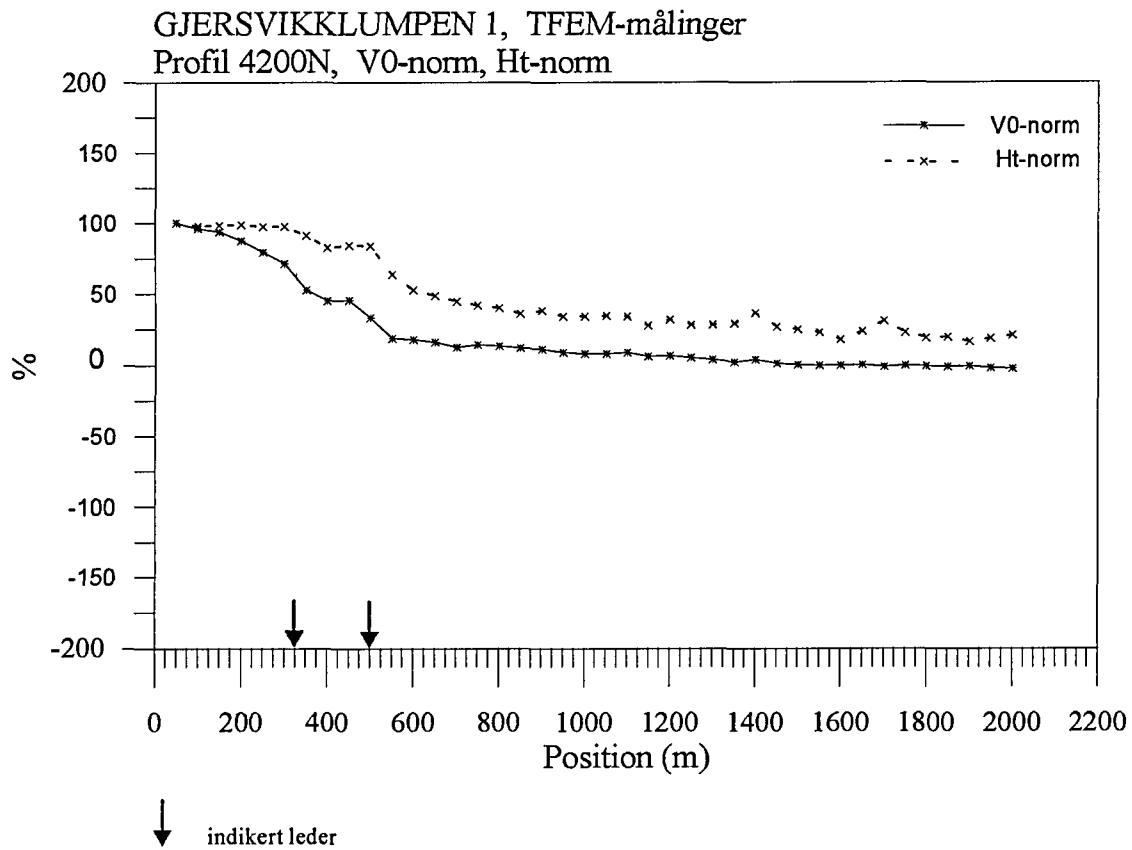
Figur 19. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 1800N og 2200N



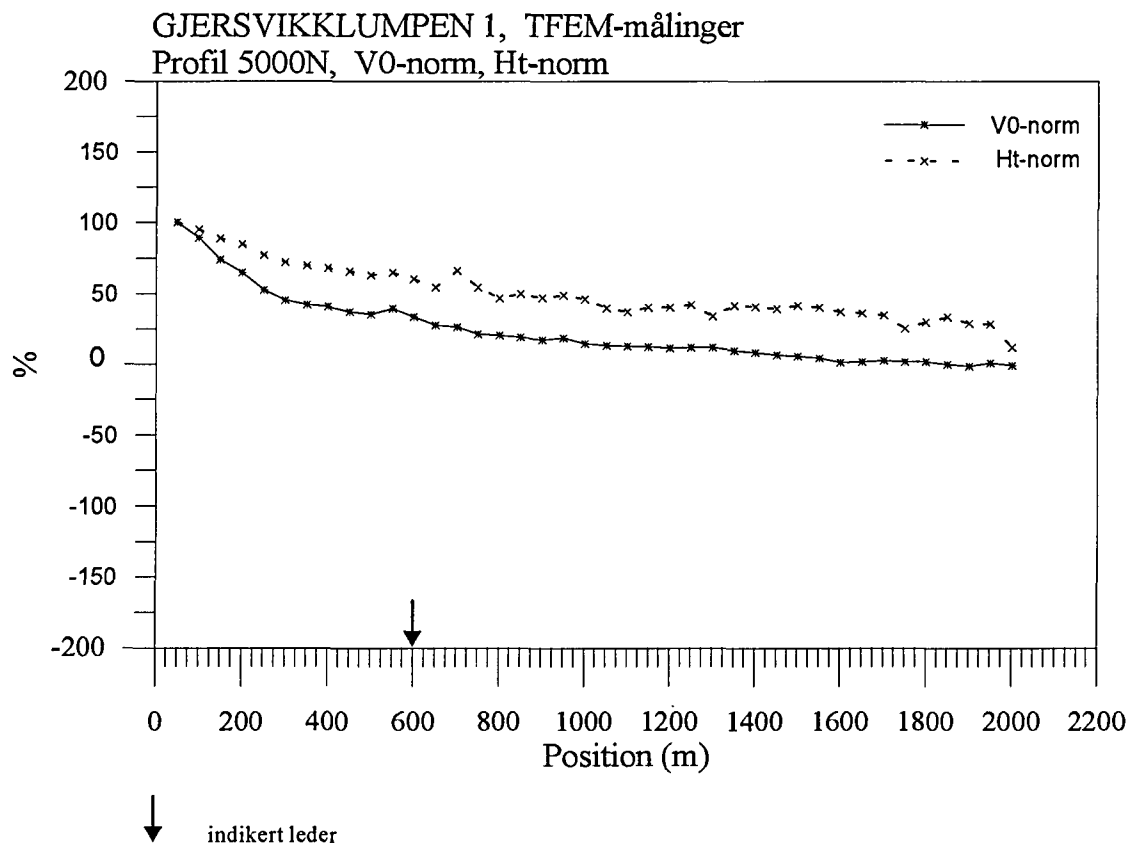
Figur 20. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 2600N og 3000N



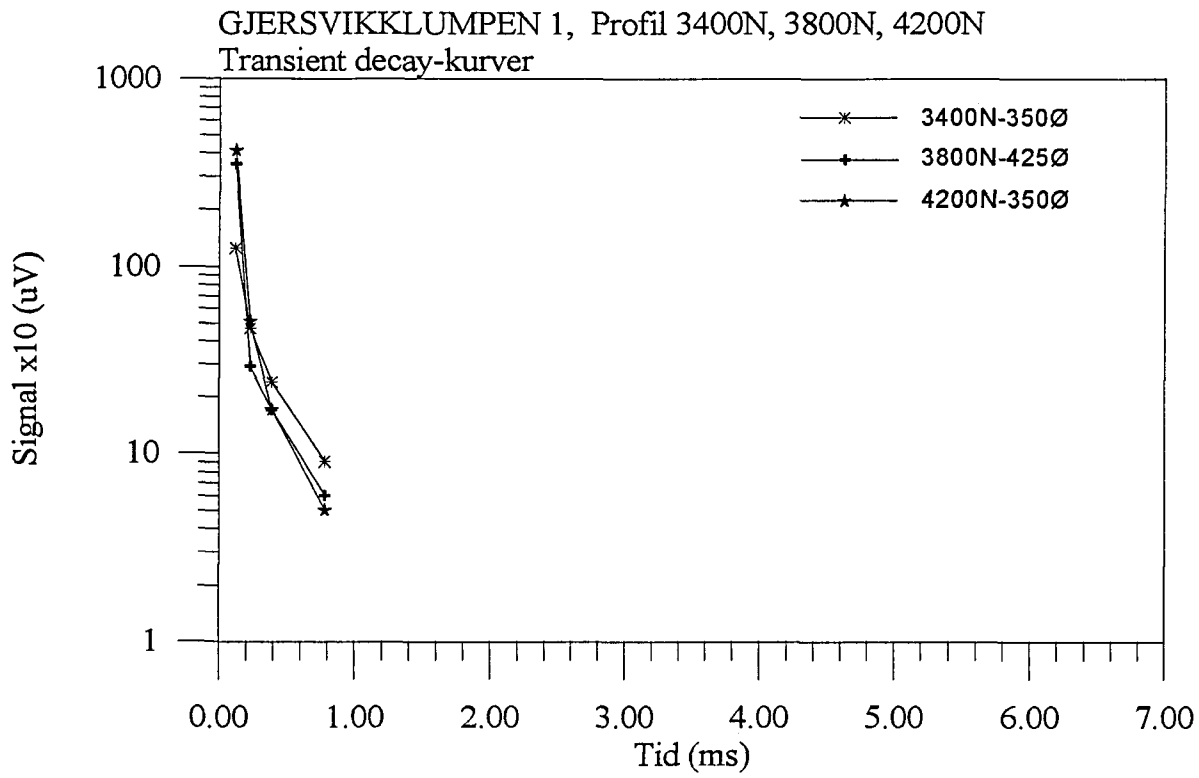
Figur 21. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 3400N og 3800N



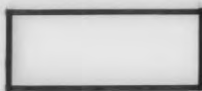
Figur 22. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 4200N og 4600N



Figur 23. V0 og Htot normalisert primærfelt profil 5000N



Figur 24. Transient decay-kurver for H1- H4 i punkt 350Ø, 425Ø og 500Ø



UNDERSØKT OMRÅDE

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

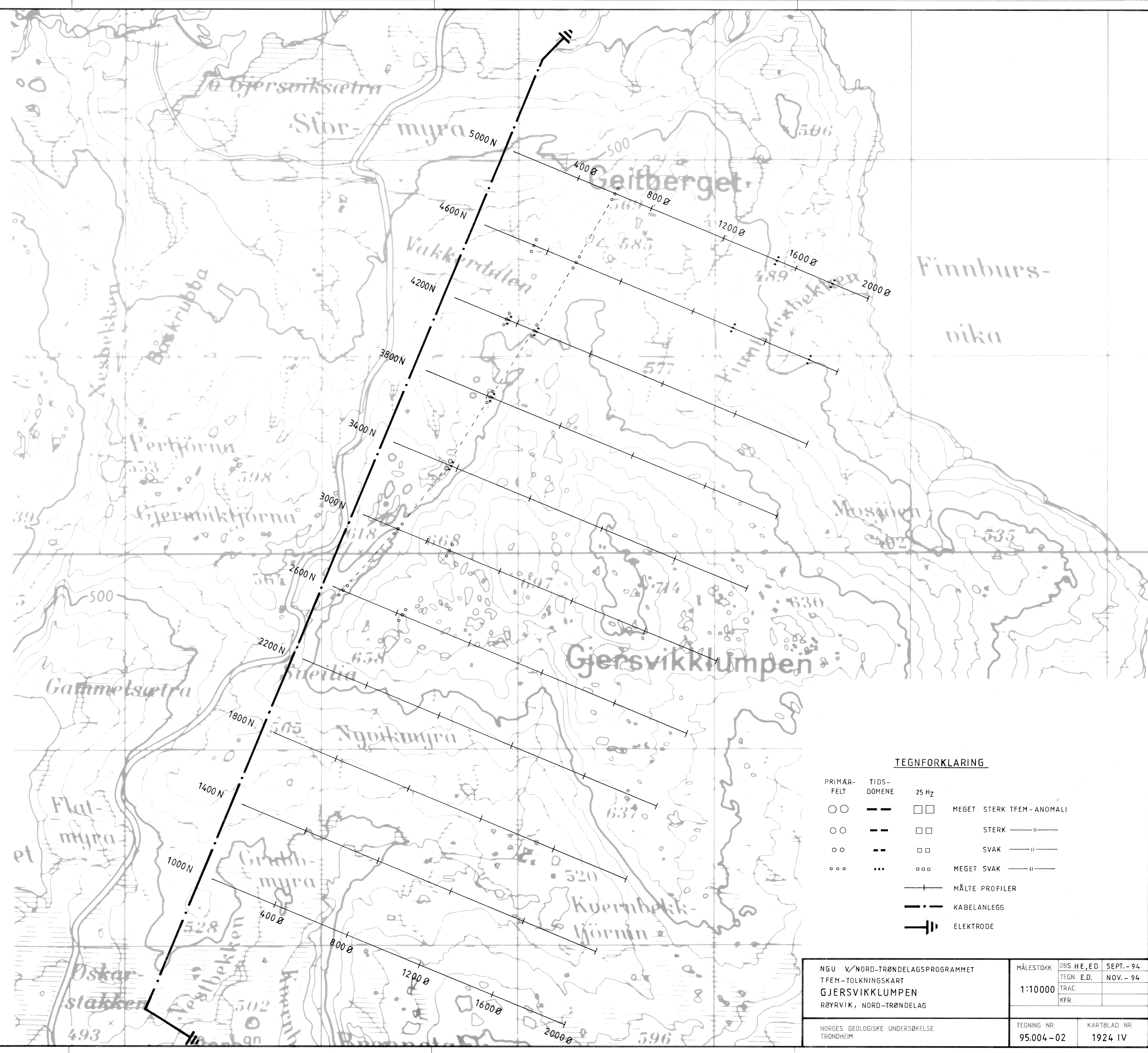
MÅLESTOKK
 1: 50000

MÅLT H.E.D	SEPT. - 94
TEGN E.D.	NOV - 94
TRAC	
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 95.004-01

KARTBLAD NR.
 1924 IV



TEGNFORKLARING

PRIMÆR- FELT	TIDS- DOMENE	25 Hz	
○ ○	— —	□ □	MEGET STERK TFEM-ANOMALI
○ ○	- -	□ □	STERK — —
○ ○	- -	□ □	SVAK — —
○ ○	...	□ □	MEGET SVAK — —
		— —	MÅLTE PROFILER
		—•—	KABELANLEGG
		⊥	ELEKTRODE

NGU V/NORD-TRØNDELAGSPROGRAMMET TFEM-TOLKNINGSKART GJERSVIKKLUMPEN RØYRVIK, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	OBS HE, ED	SEPT.-94
	1:10000	TEGN. E.D.	NOV.-94
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	95.004-02	1924 IV	