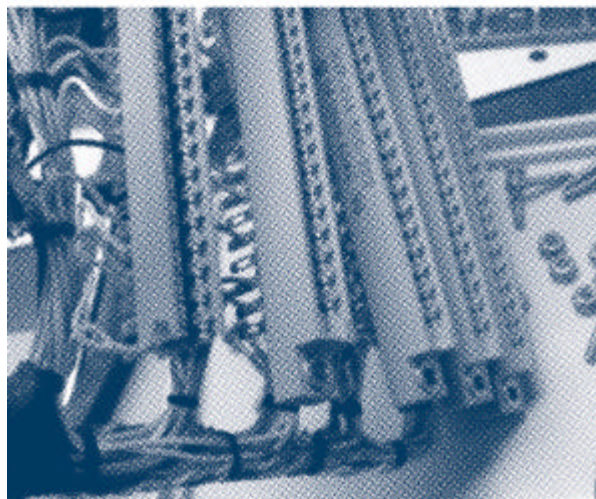
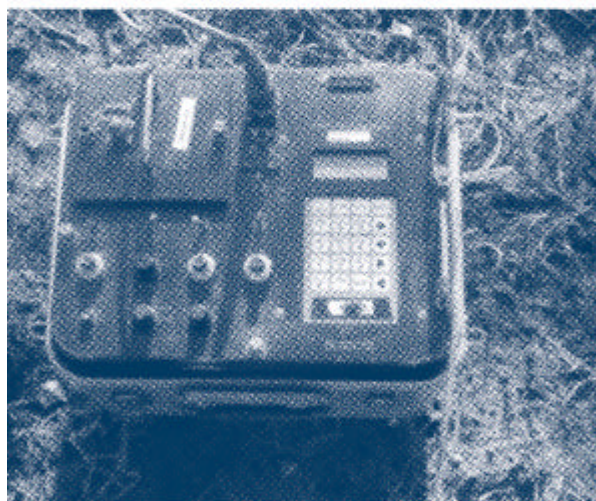
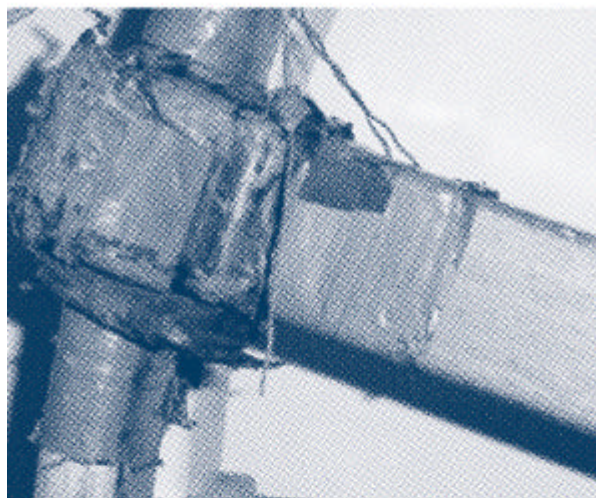
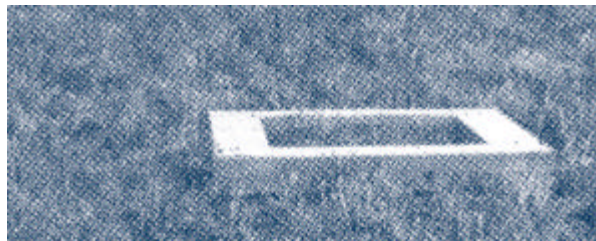




Test og sammenligning af
Transient Elektromagnetiske
instrumenter i Danmark

GeoFysikSamarbejdet,
Geologisk Institut,
Aarhus Universitet

Oktober 2002

INDHOLDSFORTEGNELSE**FORORD (1)**

TEMTEST2001 RESUME (2)	Synkronisering modtager - sender (2.1)	5
	Niveauforskydning (2.2)	5
	Spredning til tidlige tider (2.3)	7
	Temperaturvariationer (2.4)	7
	Senderudlæggets nøjagtighed (2.5)	7
	Nye forforstærkerkort (2.6)	7

TEMTEST2002 (3)	Måleprocedure ved TEMTest2002 (3.1)	8
	Samlet vurdering af TEMTest2002 (3.2)	12

NY REFERENCESONDERING (4)	Metodik (4.1)	18
	Systemparametre for referencesonderingen (4.2)	18
	Referencemodel (4.3)	21

KALIBRERING AF ANDRE MÅLEKONFIGURATIONER (5)	Beregning af omsætningsfaktorer (5.1)	23
	Beregning af kalibreringsfaktorer (5.2)	23

TEMTEST2002 - DE ENKELTE MÅLEUDSTYR (6)	Måleudstyr 1 (6.1)	25
	Måleudstyr 2 (6.2)	26
	Måleudstyr 3 (6.3)	27
	Måleudstyr 4 (6.4)	29
	Måleudstyr 5 (6.5)	30
	Måleudstyr 6 (6.6)	31
	Måleudstyr 7 (6.7)	32
	Måleudstyr 8 (6.8)	33

Måleudstyr 9 (6.9)	35
Måleudstyr 10 (6.10)	37
Måleudstyr 11 (6.11)	39
Måleudstyr 12 (6.12)	41

TILBAGEVÆRENDE PROBLEMSTILLINGER (7)

Test på højmodstandsjord (7.1)	43
UH Tidsvindue 10-20 (7.2)	43
Autokalibrering (7.3)	43
Fastlæggelse af strømniveau (7.4)	43
Måleudstyr der har meget let til overtyring (7.5)	44

FREMTIDIG INSTRUMENT KVALITETSSIKRING (8)

Regelmæssig test på Testlokaliteten Århus (8.1)	45
Daglig genmåling (8.2)	45

REFERENCER (9)

DATA FOR DE ENKELTE MÅLEUDSTYR (10)

Måleudstyr 1 (10.1)	48
Måleudstyr 2 (10.2)	55
måleudstyr 3 (10.3)	63
Måleudstyr 4 (10.4)	70
Måleudstyr 5 (10.5)	78
Måleudstyr 6 (10.6)	86
Måleudstyr 7 (10.7)	93
Måleudstyr 8 (10.8)	100
Måleudstyr 9 (10.9)	106
Måleudstyr 10-12 (10.10)	113

1 FORORD

Med henblik på at sikre ensartethed blandt de i Danmark anvendte TEM-måleudstyr blev der i foråret 2001 oprettet en test- og reference-målelokalitet. Målelokaliteten benævnes "Testlokalitet Århus" og er lokaliseret ved Lyngbygård ca. 10 km vest for Århus. En beskrivelse af målelokaliteten findes i /1/.

Der er siden etableringen af testlokaliteten udført to testsessioner. Den første blev udført i foråret og forsommeren 2001 (TEMTest2001), den anden i januar og februar 2002 (TEMTest2002). Denne rapport indeholder en opsummering af TEMTest2001 og en beskrivelse af TEMTest2002.

TEMTEST2001

I TEMTest2001 indgik i alt 6 måleudstyr. Testen gjorde det muligt at sammenligne de enkelte måleudstyr, hvilket blotlagde tre overordnede problemstillinger, som var relateret til forskelle i instrumenternes konstruktion. På baggrund af TEMTest2001 blev der udarbejdet en rapport /2/.

I TEMTest2001 deltog følgende firmaer med hver et eller to sæt måleudstyr:

- Dansk Geofysik A/S
- HOH Vand & Miljø A/S
- Rambøll
- WaterTech a/s
- Aarhus Universitet, Geologisk Institut

De problemer, der blev beskrevet med TEMTest2001, er i store træk løst.

TEMTEST2002

I TEMTest2002 indgår i alt 12 måleudstyr, hvoraf de 4 har anvendt samme modtagerinstrument.

Da de måleudstyr, der indgår i TEMTest2002, er blevet tilrettet i forhold til resultatet af TEMTest2001, må det forventes, at måleudstyrene generelt fungerer bedre, end tilfældet var under TEMTest2001.

Det må forventes, at for måleudstyr af denne type er problemstillingerne, som blev fastlagt under TEMTest2001 og TEMTest2002, generelle problemer. Dette bør der naturligvis tages højde for ved leje eller køb af instrumenter.

I TEMTest2002 deltager følgende firmaer med hver et eller to sæt måleudstyr:

- Cowi
- Dansk Geofysik A/S
- HOH Vand & Miljø A/S
- Rambøll
- WaterTech a/s
- Aarhus Universitet, Geologisk Institut

DE DANSKE RÅDGIVERE

Midt i 90'erne erhvervede flere af de danske rådgivere komplette TEM måleudstyr, Protom47, TEM47, HF-coil af fabrikatet Geonics Ltd. I takt med at man begyndte at anvende disse måleudstyr, blev det klart, at de nye hovedsageligt digitale modtagerinstrumenter ikke i alle tilfælde gav samme målinger ved indbyrdes sammenligning. En sammenligning med de lidt ældre analoge modtagerinstrumenter viste også forskelle i resultaterne.

Igennem årene har flere af rådgiverne været i løbende dialog med Geonics og diskuteret forskellighederne. Dette

har dog i de fleste tilfælde ikke været nogen succes, idet de enkelte rådgivere ikke har haft systematiske og vel-dokumenterede test af flere udstyr, hvilket er nødvendigt for præcist at beskrive problemerne med de enkelte udstyr. Ydermere har det krævet ekspertise og stor elektronisk og geofysisk indsigt at kunne lokalisere problemerne præcist og dermed overbevise Geonics om, at der reelt var tale om instrumentelle problemer.

GEOFYSIKSAMARBEJDET

Det blev af Styregruppen for GeoFysikSamarbejdet besluttet, at GeoFysikSamarbejdet skulle udrede problemstillingerne med de transiente måleudstyr i forbindelse med TEMTest2001.

GeoFysikSamarbejdet har spillet en central og afgørende rolle i forbindelse med udredningen af problemerne omkring Geonics TEM måleudstyrene. Dette skyldes, at GeoFysikSamarbejdet har kunnet optræde som en uvildig part i forbindelse med sammenligning af rådgivernes måleudstyr. Lige så vigtig har det været, at GeoFysikSamarbejdet har haft adgang til såvel teoretisk som instrumentel indsigt på højt niveau.

GeoFysikSamarbejdet har igennem hele forløbet været i tæt dialog med de enkelte rådgivere, ligesom der har været afholdt orienterende møder.

Endelig har GeoFysikSamarbejdet løbende været i skriftlig og telefonisk kontakt med Geonics, og der har været afholdt et opklarende møde med Geonics i september 2001.

NÆRVÆRENDE RAPPORT

I nærværende rapport foretages en opsummering af TEMTest2001, en opfølgning på problemerne, som blev klarlagt i forbindelse med TEMTest2001, og resultatet af TEMTest2002.

Rapporten er skrevet i en form, som kræver nogen geofysisk indsigt. Det vil dog også være muligt for ikke-fagfolk at uddrage de centrale konklusioner af rapporten.

I rapporten skelnes der mellem måleudstyr og instrumenter. Et instrument er en specifik modtager, sender eller modtagerspole. Et måleudstyr er en kombination af specifikke instrumenter.

ANONYMISERING AF MÅLEUDSTYR

De enkelte rådgiveres resultater er omfattet af fortrolighed mellem rådgiverne og GeoFysikSamarbejdet. Det er således ikke muligt at identificere sammenhængen mellem måleserier, specifikke måleudstyr og rådgivere. I nærværende rapport er måleudstyrene nummereret fra 1 til 12.

Hver rådgiver er oplyst om hvilke numre, der svarer til deres måleudstyr. Hvis enkelte amter ønsker en udpeget en specifik rådgivers måleudstyr, henvises der derfor til den aktuelle rådgiver.

Nærværende rapport er udarbejdet af M. Sc. Max Halkjær, Phd. Esben Auken og Phd. Kurt I. Sørensen.

2

TEMTEST2001 RESUME

TEMTest2001 blev iværksat med henblik på specielt at afklare forskelle mellem måleudstyrene til de tidlige tider på UH-segmentet og forskelle i niveauerne.

Testen foranledigede, at en række problemstillinger blev analyseret:

- Variation i synkroniseringen mellem modtager og sender
- Niveauforskydning
- Spredning til tidlige tider
- Temperaturafhængighed
- Kalibrering af de enkelte tidsvinduer

- Betydning af senderudlæggets nøjagtighed
- Båndbegrænsning

Hvert af disse punkter gennemgås i det følgende.

Båndbegrænsningsfiltre, rampeforløb, fejl i synkroniseringen mellem modtager- og senderinstrumenterne og niveauforskydninger, kan, når disse er små, tilstrækkelige nøjagtighed kalibreres i form af først en niveauforskydning og dernæst en tidsforskydning.

2.1

SYNKRONISERING
MODTAGER - SENDER

VARIATION I TIDSFORSKYDNING

Gennem en numerisk analyse blev det fastlagt, at forskellene i tidsforsinkelse er forholdsvis uafhængige af, om der måles på en højmodstandsjord eller en lavmodstandsjord.

Figur 2.1 viser en sammenligning af teoretiske data målt på 3 forskellige modeller med henholdsvis 30, 60 og 120 em modstand. Der er anvendt tidsforskydninger på -0.5, 0 og 0.5 μ sek. Til tiden 10 μ sek. (regnet fra

"begin of ramp") er forskellen for tidsforskydningens betydning på en 30 og en 120 em model i størrelsesordenen 2%. Til de senere tider er forskellene uden betydning. .

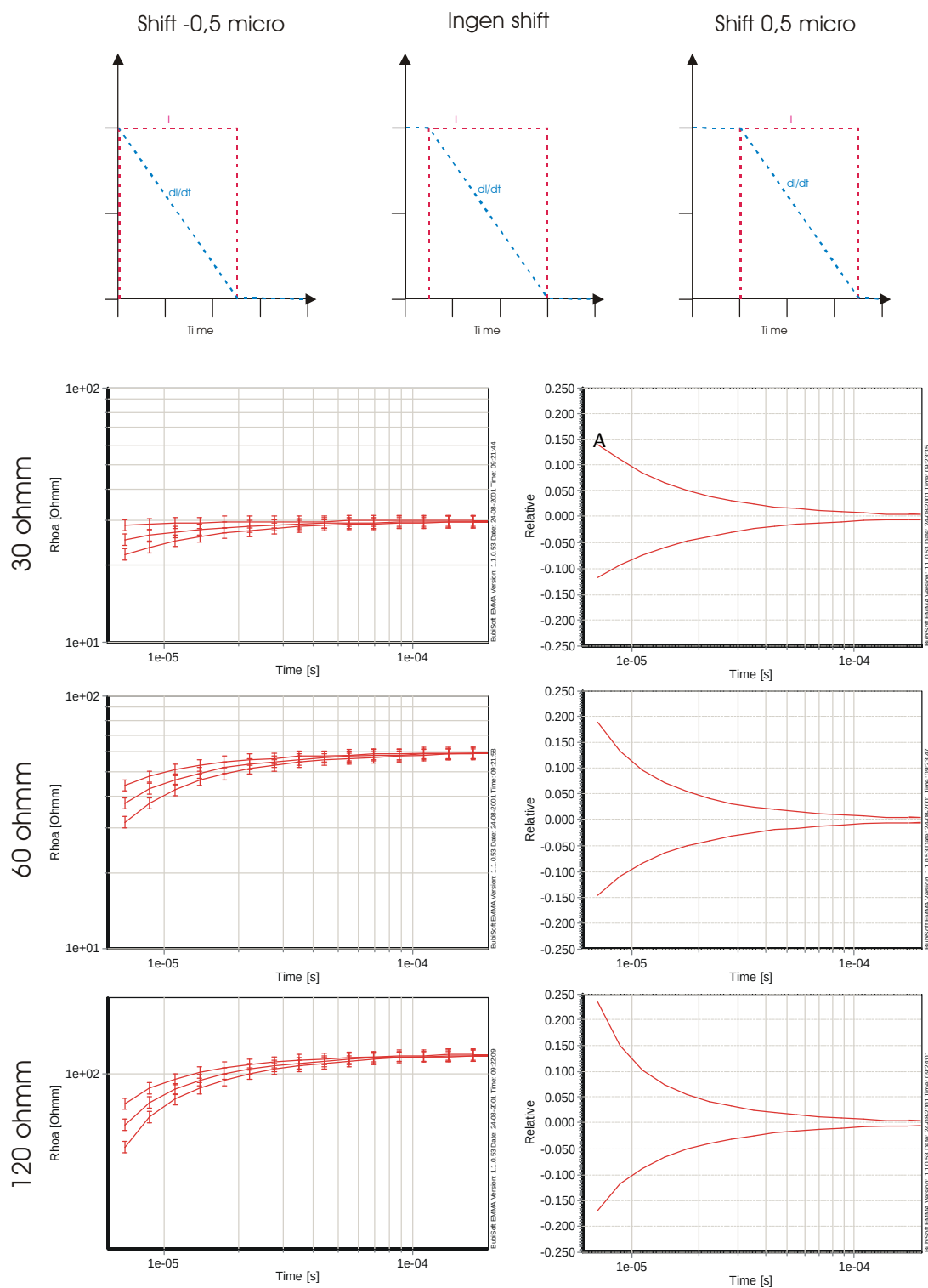
Da TEM-sonderinger i Danmark normalt udføres med data efter ca. 10 μ sek. og gennemsnitlige jordmodeller inden for intervallet 30-120 em, er det således acceptabelt at anvende den samme tidsforskydning uanset modstandsfordelingen i jorden.

2.2

NIVEAUFORSKYDNING

To måleudstyr udviste en forskydning i signalniveauet svarende til en faktor på henholdsvis 1,07 og 1,09.

Problemet blev vurderet til at være relateret til senderinstrumenterne.



Figur 2.1 Sammenligning ved tidsforskydning på henholdsvis -0,5 μ sek, 0 og 0,5 μ sek og halvrumsmodstande på 30, 60 og 120 Ω m.

2.3 SPREDNING TIL TIDLIGE TIDER

Fra det tidspunkt, hvor et senderinstrument modtager signal om at slukke for strømmen, til det tidspunkt, hvor der reelt slukkes, er der en tidsforsinkelse. Denne tidsforsinkelse viste sig at variere meget fra måleudstyr til måleudstyr.

Da referencepunktet for tidsforsinkelsen instrumentmæssigt er relateret til tyngdepunktet i slukkepuls, er det ikke direkte muligt at bestemme forskydningen på grundlag af laboratorieforsøg. Derfor blev det besluttet, at

testen på Testlokalit Aarhus skulle danne grundlag for en fastsættelse af tidsforskydningen. Således indgår variationer i tidssynkroniseringen mellem modtager- og senderinstrumenterne, som en del af den samlede tidsforskydning for de enkelte måleudstyr.

Da tidsforskydningen for et givent måleudstyr afhænger af hvilke instrumenter, der indgår, skal der foretages kalibrering for hver kombination af instrumenter, der anvendes.

2.4 TEMPERATURVARIATIONER

Temperaturvariationer viste sig at være af mindre betydning. Der blev udført sammenlignelige test ved henholdsvis 3° C og 20° C.

Det er dog afgørende, at instrumentet er tændt i nogle få minutter (2-3 min.), før der foretages målinger.

2.5 SENDERUDLÆGGETS NØJAGTIGHED

Senderloopet udlægges ideelt set i et kvadrat. Er der unøjagtighed ved udlægning af senderloopet introduceres let en fejl på flere procent.

Vælger man at anvende pløkke i de fire hjørner vil den geometriske fejl på

udlægningen af senderloopet blive reduceret betragteligt.

Udlægget af senderloopet skal derfor foretages med stor omhyggelighed.

2.6 NYE FORFORSTÆRKERKORT

Et af de digitale modtagerinstrumenter udviste et tydeligt mere korrekt måleforløb til de tidlige tider i forhold til middelforløbet fra de analoge instrumenter. Ved tests, hvor komponenter fra dette instrument blev afprøvet i et af de andre digitale modtagerinstrumenter, blev problemet lokaliseret til integratorkredse på instrumentets forforstærkerkort.

Geonics fremsendte nye forforstærkerkort, hvilket havde en positiv virkning. Problemet blev specielt reduceret i takt med, at Geonics indførte en ny type integratorkreds.

Det anbefales således, at alle digitale modtagerinstrumenter opdateres med de nye integratorkredse.

3

TEMTEST2002

TEMTest2002 indbefatter betydeligt flere måleudstyr og er mere specifikt problemfokuseret end TEMTest2001.

INSTRUMENTER

Ved TEMTest2002 er samtlige 9 modtagerinstrumenter af typen Geonics Protem47. 2 instrumenter er af analog type, mens 7 instrumenter er af digital type.

Fire måleudstyr er baseret på det samme analoge modtagerinstrument, men med forskellige senderinstrumenter. Der indgår i alt 9 senderinstrumenter af typen Geonics TEM47 og 3 højmomentsendere af typen Groundwater Instruments. Der indgår i alt 4 højfrekvente modtagerspøler af typen Geonics og 8 modtagerspøler af typen Groundwater Instruments.

3.1

MÅLEPROCEDURE VED TEMTEST2002

TESTPROBLEMSTILLINGER

På baggrund af TEMTest2001 samt løbende information fra de forskellige rådgivere om potentielle proble-

mer, blev TEMTest2002 udført i forhold til problemstillingerne skitseret i Tabel 3.1:

Sondering	Beskrivelse
1	Variabel gain (Tabel 3.2)
2	Variabel strøm (Tabel 3.3)
3	Polaritet af referencesignal (Tabel 3.4)
4	Polaritet af modtagerspøle (Tabel 3.5)
5	Variabel integrationstid (Tabel 3.6)
6	Variabel turnoff tid (Tabel 3.7)
7	Vurdering af støjmålinger (Tabel 3.8)

Tabel 3.1 TEMTest2002 sonderinger i relation til de forskellige problemstillinger. I de refererede tabeller er angivet målesekvensen for den enkelte sondering.

Testen er opdelt i 7 sonderinger, hvor hver enkelt sondering refererer til en test af en bestemt problemstilling.

I forbindelse med udførelse af TEMTest2002 er der fastlagt en måleprocedure, som beskrevet ved nedenstående tabeller (se Tabel 3.2 til Tabel 3.8).

MÅLEGEOMETRI

Sonderingerne er udført med et 40x40 m enkeltvindings-senderloop og med modtagerspølen placeret i centrum af opstillingen. Opstillingen er nøjagtig opmålt og markeret med pløkke i hjørner og i centrum, hvorfor der ikke skulle kunne forekomme geometriske opstillingsfejl.

Måleudstyr nummer 10, 11 og 12 er målt ved en kombination af en offset konfiguration og en central loop kon-

figuration. Senderloopet er her 30x30 m med en enkelt vinding. UH og VH segmenterne er målt i central loop, mens HI segmentet er målt i offset konfiguration.

MÅLEFREKVENSER

Sonderingerne er udført ved nedenævnte repetitionsfrekvenser og vist på kurveplottene med de angivne kurvefarver:

- UH, 237,5 Hz - røde kurver
- VH, 62,5 Hz - grønne kurver
- HI, 25 Hz - blå kurver

TURN-OFF TID

Sonderingerne er generelt målt med en turn-off tid på 1 μ sek. Sondering 6 er målt med en turn-off på 2,5 μ sek.

For måleudstyr nr. 3 og 8 er der dog målt ved både 1.0 μ sek og 2.5 μ sek., da det blev erfaret, at disse to måleudstyr er kendetegnet ved en negativ

tidsforskydning og generelt har let til overstyring ved måling til de tidligste tider.

INTEGRATIONSTID

Generelt er integrationstiden sat til 8 sek. for de digitale modtagere, mens integrationstiden for de analoge modtagere er 45 sek.

Sondering 5 med test af integrations-tid er ikke udført med de analoge modtagerinstrumenter.

POLARITET AF MODTAGERSPOLE

For måleudstyr baseret på en modtagerspole af fabrikatet Geonics med radius 0,6 m er der ikke skiftet polaritet ved at vende spolen. Dette skyldes spolens udformning, hvor forstærkeren i spolen er monteret i en bare, som stilles vinkelret på spolen under måling. Det er derfor ikke muligt at vende polariteten på disse modtagerspoler.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.	Int. time	Antal rep.
Støj	UH	ingen	4	45 sek	2	8 sek	6
	VH	ingen	5	45 sek	2	8 sek	6
	HI	ingen	6	45 sek	4	8 sek	14
Måling	UH	1	1	45 sek	2	8 sek	6
	UH	1	3	45 sek	2	8 sek	6
	UH	1	5	45 sek	2	8 sek	6
	UH	1	7	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	1	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	3	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	5	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	7	45 sek	2	8 sek	6
	HI	3	1	45 sek	6	8 sek	18
	HI	3	3	45 sek	6	8 sek	18
	HI	3	5	45 sek	6	8 sek	18
	HI	3	7	45 sek	6	8 sek	18

Tabel 3.2 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.	Int. time	Antal rep.
Måling	UH	0.5	1	45 sek	2	8 sek	6
	UH	0.75	1	45 sek	2	8 sek	6
	VH	0.5	5	45 sek	2	8 sek	6
	VH	1	5	45 sek	2	8 sek	6
	VH	1.5	5	45 sek	2	8 sek	6
	VH	2	5	45 sek	2	8 sek	6
	HI	1	5	45 sek	6	8 sek	18
	HI	1.5	5	45 sek	6	8 sek	18
	HI	2	5	45 sek	6	8 sek	18
	HI	2.5	5	45 sek	6	8 sek	18

Tabel 3.3 Sondering 2. Målesekvens for test af lineariteten ved variabel strømstyrke.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.	Int. time	Antal rep.
Måling	UH	1	1	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	5	45 sek	2	8 sek	6
	HI	3	5	45 sek	6	8 sek	18

Tabel 3.4 Sondering 3. Målesekvens ved vending af polariteten af referencesignalet i forhold til målesekvensen i Sondering 1.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.	Int. time	Antal rep.
Måling	UH	1	1	45 sek	2	8 sek	6
	VH	3	5	45 sek	2	8 sek	6
	HI	3	5	45 sek	6	8 sek	18

Tabel 3.5 Sondering 4. Målesekvens ved vending af polariteten af modtagerspølen i forhold til målesekvensen i Sondering 1.

				Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.
Støj	HI	ingen	4	2 sek	24
	HI	ingen	5	2 sek	24
	HI	ingen	6	2 sek	24
Måling	UH	1	1	2 sek	24
	VH	3	5	2 sek	24
	HI	3	5	2 sek	72
Støj	HI	ingen	4	4 sek	12
	HI	ingen	5	4 sek	12
	HI	ingen	6	4 sek	12
Måling	UH	1	1	4 sek	12
	VH	3	5	4 sek	12
	HI	3	5	4 sek	36
Støj	HI	ingen	4	15 sek	3
	HI	ingen	5	15 sek	3
	HI	ingen	6	15 sek	3
Måling	UH	1	1	15 sek	3
	VH	3	5	15 sek	3
	HI	3	5	15 sek	9
Støj	HI	ingen	4	30 sek	2
	HI	ingen	5	30 sek	2
	HI	ingen	6	30 sek	2
Måling	UH	1	1	30 sek	2
	VH	3	5	30 sek	2
	HI	3	5	30 sek	5

Tabel 3.6 Sondering 5. Målesekvens for test af afhængighed af integrationstid.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Turn-off time	Int. time	Antal rep.	Int.time	Antal rep.
UH	1	1	2.5 μ s	45 sek	2	8 sek	6
VH	3	5	2.5 μ s	45 sek	2	8 sek	6
HI	3	5	2.5 μ s	45 sek	6	8 sek	18

Tabel 3.7 Sondering 6. Målesekvens for test af variabel turn-off tid. For sondering 6 anvendes 2.5 μ s, som sammenlignes med sondering 1 målt ved 1.0 μ s.

				Analog PROTEM 47		Digital PROTEM47	
	Rep. frekvens	Strøm [A]	Gain	Int. time	Antal rep.	Int. time	Antal rep.
Støj	UH	ingen	4	45 sek	2	8 sek	6
	VH	ingen	5	45 sek	2	8 sek	6
	HI	ingen	6	45 sek	4	8 sek	14

Tabel 3.8 Sondering 7. Målesekvens for test af støjmålinger, som kombineres med støjmålinger målt i forbindelse med sondering 1.

3.2 SAMLET VURDERING AF TEMTEST2002

I dette afsnit gennemgås testresultaterne for testen som helhed, ved at de anvendte måleudstyr sammenlignes. Det vurderes, om problemerne har mere generel karakter, eller om der er tale om problemer knyttet til enkelte instrumenter.

I de efterfølgende underafsnit gennemgås hvert enkelt måleudstyr. Problemerne kommenteres i forhold til, om der findes en umiddelbar løsning til afhjælpning af problemerne, om problemerne har væsentlig betydning for datakvaliteten, og om rådgiverne bør arbejde videre mod at klarlægge problemet.

Der er medtaget plot med henblik på at belyse specifikke problemstillinger. For en fuldstændig gennemgang af testsonderingerne listet i Tabel 3.1

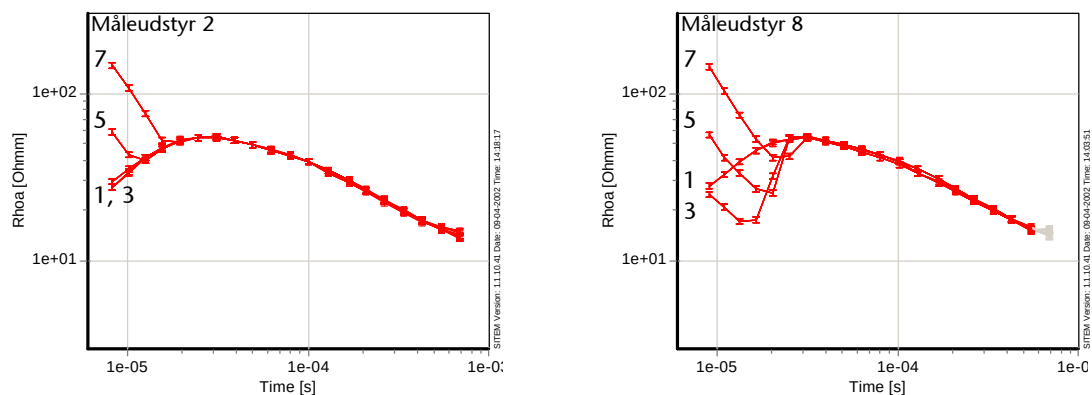
henvises til "TEMTest2002 - de enkelte måleudstyr" på side 24.

SONDERING 1: OVERSTYRING VED VARIABEL GAIN

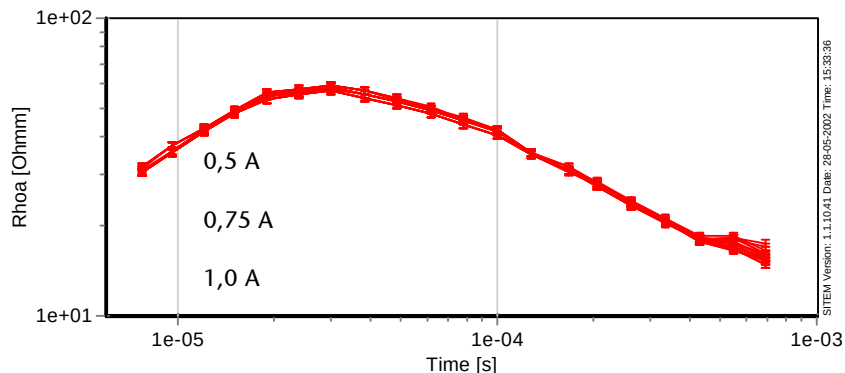
Overstyring på UH blev på grundlag af TEMTest2001 fundet overvejende relateret til et forforstærkerkort i modtagerinstrumentet.

Sammenlignes to digitale modtagerinstrumenter (f.eks. måleudstyr 2 og 8), Figur 3.1, ses tydeligt en forskel på dataene til tidlige tider. Der er tale om to måleudstyr, hvor nr. 2 er opdateret med en ny forforstærker mens måleudstyr 8 ikke er opdateret.

Måleudstyrene 3, 5 og 8 udviser dårlige egenskaber til de tidlige tider og bør opdateres med nye forforstærkerkort.



Figur 3.1 Sondering 1. Måleserier fra måleudstyr nummer 2 og 8. Ved overstyring på UH-segmentet svinger data fra måleudstyr 8 på plads 3-4 tidsvinduer senere end for måleudstyr 2.



Figur 3.2 Sondering 1 og 2, UH segment. Måleserier fra måleudstyr nummer 7. Ved variabel senderstrømstyrke ses en mindre non-linearitet.

SONDERING 1 OG 2: LINEARITET VED VARIABEL STRØMSTYRKE

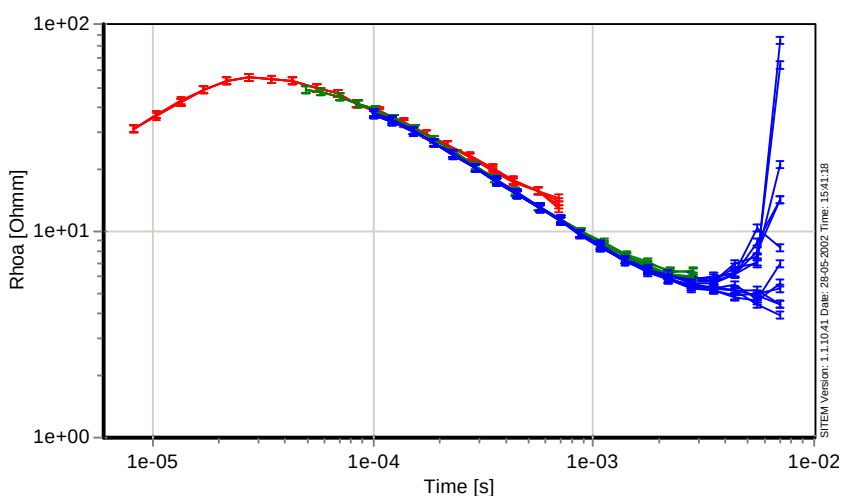
For at teste lineariteten af strømstyrken er responset sammenlignet ved forskellige strømindstillinger på senderen.

Denne test viser, at der generelt er en tendens til en mindre fejl i lineariteten, i takt med at strømmen reduceres. Det tilrådes derfor ikke at anvende strømstyrker under 0,75 ampere.

SONDERING 1, 3 OG 4: POLARITET AF REFERENCESIGNAL OG MODTAGERSPOLE

Sonderingerne nummer 3 og 4 havde til formål at vurdere forskelle, som skyldes ændring i polariteten skabt enten ved at vende polerne på referencesignalet eller ved at vende modtagerspølen.

Kun ét af måleudstyrene (nr. 9) udviste signifikant forskel afhængig af polariteten.



Figur 3.3 Sondering 1 og 3. Måleserier fra måleudstyr nummer 9. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå. Polariteten af referencesignalet vendes. Til de sene tider grupperer sonderingskurverne i forhold til polariteten. Vendes polariteten af modtagerspølen for det aktuelle måleudstyr, ses en tilsvarende gruppering.

Problemet kan løses ved at foretage målinger ved begge polariteter og efterfølgende beregne middel af disse resultater.

SONDERING 1 OG 5: VARIABEL INTEGRATIONSTID

En rådgiver har siden TEMTest2001 observeret, at valg af integrationstid påvirkede data til de tidlige tider. Dette forhold blev testet ved sammenligning af integrationstiderne 2, 4, 8, 15 og 30 sek.

Fænomenet blev alene set på måleinstrument 8. Her viste fænomenet tydeligere at være knyttet til målinger foretaget med en turnoff tid på 1 μ sek. Således udviste sonderingerne målt med en turnoff tid på 2,5 μ sek ikke forskelle ved forskellige integrationstider.

Det vurderes at problemet er relateret til overstyring af dette specifikke instrument til de tidlige tider ved måling med en turnoff tid på 1 μ sek.

SONDERING 1 OG 6: VARIABEL TURNOFF TID

Generelt er sonderingerne udført med en turnoff tid sat til 1 μ sek., mens sondering nummer 6 er udført med 2,5 μ sek. Der er ikke fundet forskelle på sonderinger målt med en turnoff tid på hhv. 1 og 2,5 μ sek.

To måleudstyr viste sig dog at være særlig "følsomme" over for overstyring på de første tidsvinduer på UH-segmentet, når der blev målt ved 1 μ sek. Der er tale om måleudstyr nummer 3 og 8.

SONDERING 1 OG 7: STØJMÅLINGER

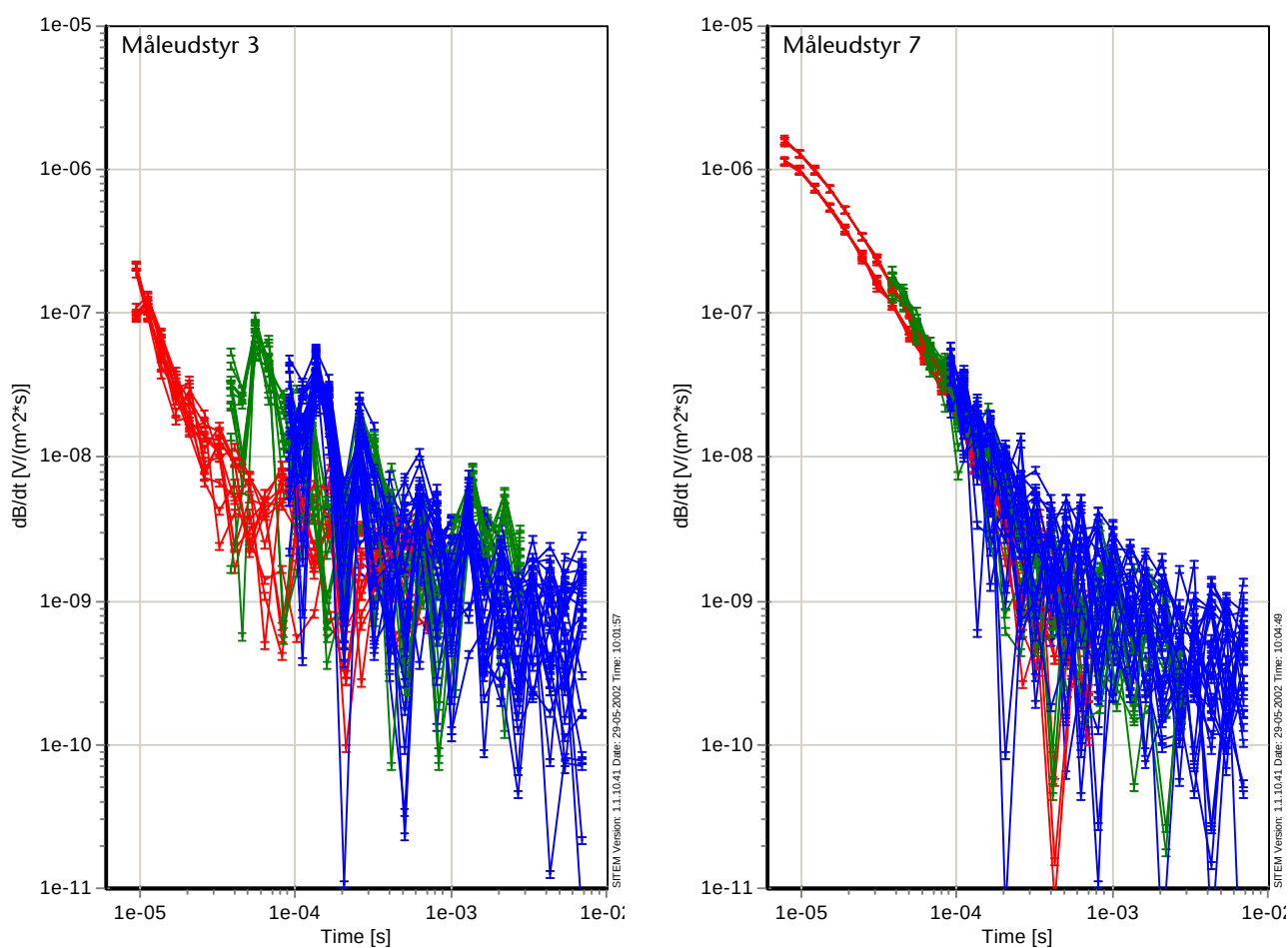
For at vurdere variationer i støjniveauet under testen af det enkelte måleudstyr, fra testdag til testdag, og eventuel internt instrumentstøj er der foretaget en række støjmålinger.

Generelt er støjniveauet stabilt i løbet af den enkelte testdag. Sammenlignes støjniveauet fra testdag til testdag, ses niveauforskelle, som vurderes at være variationer i baggrundsstøjen og ikke et resultat af de forskellige måleudstyr. Variationer i baggrundsstøjen vurderes ikke at have haft betydning for resultatet af testen.

Der er for måleudstyr nr. 3 observeret markant internt interfererende støj. Støjniveauet er af en sådan størrelse, at det vil påvirke måledata væsentligt (se Figur 3.4).

Når signalniveauet er lavt som følge af et lavt moment eller i forbindelse med en lille forstærkning (lav gain setting), ses støjen meget tydelig.

For måleudstyr nr. 7 er der observeret et markant biassignal på et niveau, som vil påvirke måledata væsentligt (se Figur 3.4).



Figur 3.4 Sondering 1 og 7. Måleserier af baggrundsstøjen fra måleudstyr nummer 3 og 7. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå. For måleudstyr 3 ses et kraftigt interfererende signal i form af synkron svingninger gennem hele måleperioden. Måleudstyr 7 udviser et kraftigt biassignal, som ligger markant over baggrundsstøjen indtil 3e-4 sek. For begge måleudstyr vurderes støjen at stamme fra måleudstyrene (modtageren eller senderen). Den interne støj i instrumenterne er af en sådan størrelse, at det påvirker nyttesignalet fra jorden væsentligt.

FORSKYDNING I TID OG NIVEAU FOR DE ENKELTE INSTRUMENTER

De enkelte måleudstyr skal forskydes i tid og niveau for at stemme overens med den beregnede referencesondering (se "Ny referencesondering" på side 18)

Figur 3.5 viser samtlige måleudstyr uden korrektioner, mens Figur 3.6 viser samtlige måleudstyr, efter at der er foretaget niveau- og tidsforskydninger.

Nedenstående Tabel 3.9 angiver disse forskydninger for de enkelte måleudstyr.

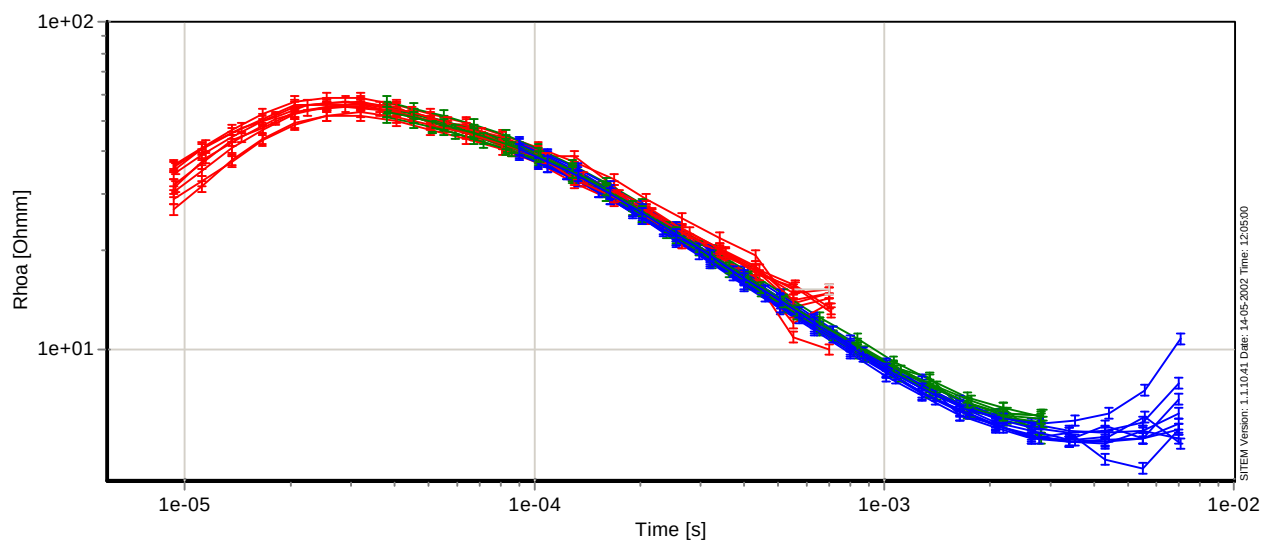
Forskydning i niveau er beregnet som et gennemsnit for hver enkelt tidsvindue på VH segmentet i intervallet fra tidsvindue 5 til 15. Måleudstyr nr. 3, 5 og 8 er ikke anvendt til beregning af niveauforskydningen.

Tidsforskydningen er fastlagt i form af en visuel sammenligning med referencesonderingen. For måleudstyr nr. 10, 11 og 12 er der ikke fastlagt en tidsforskydning, da der er anvendt en anden målekonfiguration end for de øvrige

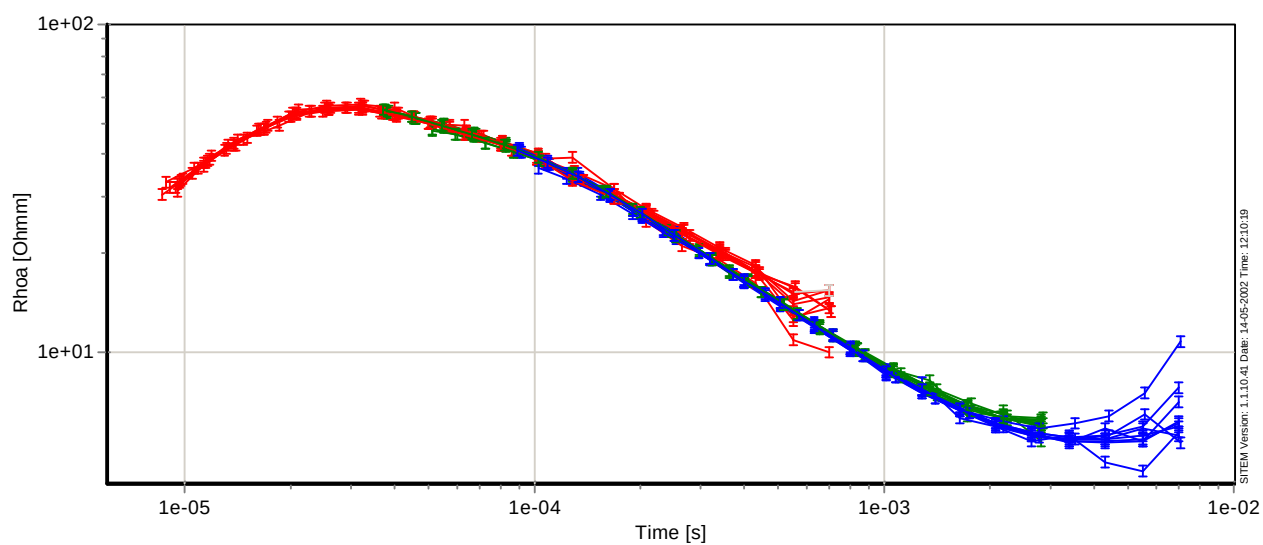
Måleudstyr	Niveauforskydning	Tidsforskydning x 10e-6 sek
1	1,091	+0,10
2	1,054	+0,25
3	1 *	-0,27
4	1,073	+0,30
5	0,94*	-0,50
6	0,956	-0,20
7	1,019	+0,18
8	1 *	-0,45
9	1,003	0
10	0,949	+1,6
11	0,967	+1,3
12	1,023	+1,6

Tabel 3.9 Forskydning i niveau og forskydning i tid for hvert enkelt måleudstyr.

*) angiver at instrumentet ikke har indgået i beregningen af referencesonderingen mht. fastlæggelse af niveauet. Tidsforskydningen er for måleudstyr 1 til 9 regnet som "end off ramp", idet turnoff tiden er 2,5 µsek. Tidsforskydningen er for måleudstyr 10 til 12 regnet som "begin off ramp" plus en generel forskydning på 6,6 µsek (se kapitel 6.10, Måleudstyr 10 til 6.12, Måleudstyr 12). Faktoren, som angiver niveauforskydningen, er relateret til signalet angivet i dB/dt.



Figur 3.5 Måleserier fra samtlige måleudstyr før de er forskudt i niveau og i tid. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



Figur 3.6 Måleserier fra samtlige måleudstyr efter, at de er forskudt i niveau og i tid. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

4

NY REFERENCESONDERING

I forbindelse med TEMTest2001 blev referencesonderingen baseret på to måleudstyr, hvoraf det ene blev udpeget til at udgøre referencen.

Under TEMTest2002 er der fastlagt en ny referencesondering på baggrund af alle måleudstyr.

4.1

METODIK

Metodikken bag beregning af referencesonderingen kan beskrives ved følgende punkter:

1. De enkelte måleudstyrs pålidelighed er indledningsvis vurderet.
2. Der er ikke anvendt tidsforskydning fastlagt for de enkelte måleudstyr
3. Der er anvendt strømkorrektioner, hvor man på forhånd har kendskab til fejlvisninger
4. Der er ikke anvendt justering af de enkelte tidsvinduer bortset fra autokalibreringen, som foretages i de digitale modtagerinstrumenter.
5. Der er fravalgt måleudstyr, som ikke udviser en acceptabel stabilitet mht. momentniveauet og kontinuitet i kurveforløbet generelt.
6. Der er beregnet gennemsnit for hvert enkelt tidsvindue fra 5 til 15 på VH for måleudstyrene 1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11 og 12. Derefter er der beregnet et samlet gennemsnit for tidsvinduerne 5 til 15, som definerer niveauforskydningen.

7. Dernæst er de enkelte måleudstyr korrigeret i forhold til gennemsnittet, således at sonderingerne er forskudt til et fælles niveau.

8. Endelig er der beregnet et simpelt gennemsnit af de niveaukorrigerede sonderinger på hvert enkelt tidsvindue fra tidsvinduerne 1 til 9 på UH segmentet. I beregningen indgår data fra måleudstyrene 2, 4, 6 og 9, hvor der er anvendt en modtagerspole med en afskæringsfrekvens på 450 kHz. Måleudstyr 1 og 7 er ikke anvendt, da disse udstyr er baseret på en modtagerspole med en afskæringsfrekvens på 700 kHz. Måleudstyrene 3, 5 og 8 er ikke anvendt, da disse udstyr ikke har fået udskiftet forstærkerkort. Måleudstyr 10, 11 og 12 er ikke anvendt da disse udstyr er baseret på samme modtager instrument og modtagerspole, som måleudstyr 9.

På baggrund af denne procedure er der fastlagt en referencesondering, som samtlige sonderinger efterfølgende er forskudt i tid i forhold til.

Den resulterende referencesondering fremgår af Figur 4.1 og Tabel 4.1.

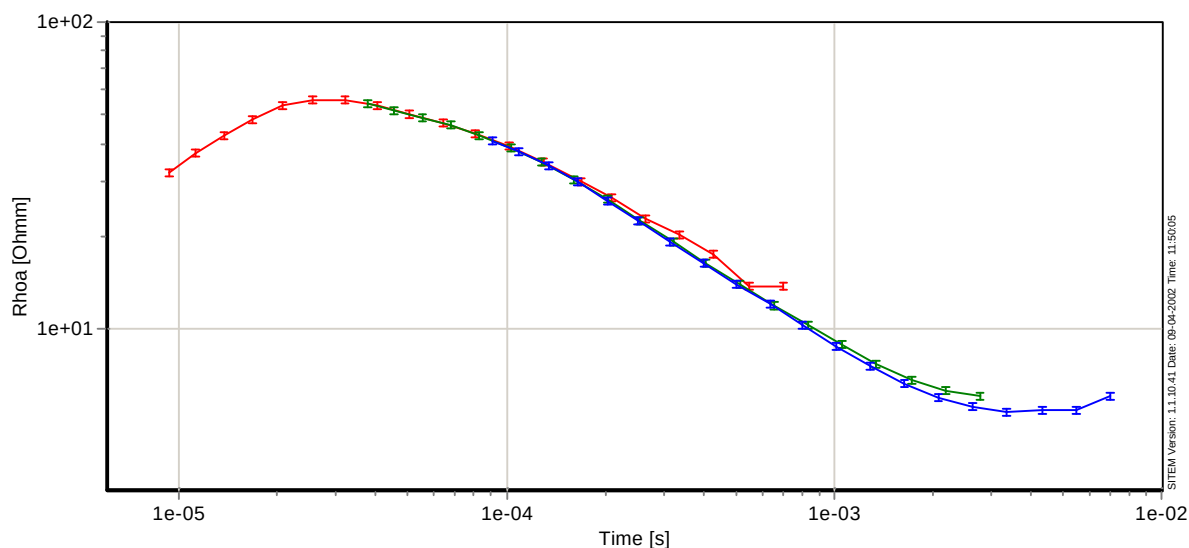
4.2

SYSTEMPARAMETRE FOR REFERENCESONDERINGEN

Referencesonderingen er fastlagt på baggrund af følgende systemparametre:

LAVPASFILTRE

- Modtagerspole 450 kHz 1. orden
- Modtagerinstrument 270 kHz 1. orden



Figur 4.1 Referencesonderingen beregnet på grundlag af TEMTest2002. UH segmentet er rødt, VH segmentet grønt og HI segmentet blåt

Gate center	Gate	Frekvens	db/dt [V/m ²]
9.313e-06	1	237,5	5.239E-04
1.119e-05	2	237,5	2.666E-04
1.363e-05	3	237,5	1.317E-04
1.669e-05	4	237,5	6.670E-05
2.057e-05	5	237,5	3.397E-05
2.556e-05	6	237,5	1.857E-05
3.194e-05	7	237,5	1.057E-05
4.006e-05	8	237,5	6.386E-06
5.044e-05	9	237,5	3.951E-06
6.363e-05	10	237,5	2.428E-06
8.044e-05	11	237,5	1.540E-06
1.019e-04	12	237,5	9.785E-07
1.292e-04	13	237,5	6.484E-07
1.689e-04	14	237,5	4.109E-07
2.085e-04	15	237,5	2.935E-07
2.653e-04	16	237,5	2.006E-07
3.377e-04	17	237,5	1.333E-07
4.302e-04	18	237,5	8.956E-08
5.481e-04	19	237,5	6.999E-08
6.984e-04	20	237,5	3.866E-08
3.775e-05	1	62,5	2.184E-05
4.525e-05	2	62,5	1.485E-05
5.500e-05	3	62,5	9.909E-06
6.725e-05	4	62,5	6.578E-06
8.275e-05	5	62,5	4.364E-06

Tabel 4.1 Den uprocesserede referencesondering på tabelform.

GEOFYSIKSAMARBEJDET

1.028e-04	6	62,5	2.903E-06
1.283e-04	7	62,5	1.970E-06
1.608e-04	8	62,5	1.366E-06
2.023e-04	9	62,5	9.599E-07
2.550e-04	10	62,5	6.824E-07
3.223e-04	11	62,5	4.823E-07
4.080e-04	12	62,5	3.396E-07
5.173e-04	13	62,5	2.378E-07
6.568e-04	14	62,5	1.667E-07
8.348e-04	15	62,5	1.141E-07
1.062e-03	16	62,5	7.871E-08
1.351e-03	17	62,5	5.334E-08
1.722e-03	18	62,5	3.466E-08
2.193e-03	19	62,5	2.118E-08
2.795e-03	20	62,5	1.227E-08
9.063e-05	1	25	3.688E-06
1.094e-04	2	25	2.611E-06
1.338e-04	3	25	1.849E-06
1.644e-04	4	25	1.330E-06
2.031e-04	5	25	9.652E-07
2.531e-04	6	25	6.984E-07
3.169e-04	7	25	5.027E-07
3.981e-04	8	25	3.604E-07
5.019e-04	9	25	2.562E-07
6.338e-04	10	25	1.807E-07
8.019e-04	11	25	1.273E-07
1.016e-03	12	25	8.869E-08
1.289e-03	13	25	6.147E-08
1.639e-03	14	25	4.069E-08
2.084e-03	15	25	2.626E-08
2.651e-03	16	25	1.581E-08
3.376e-03	17	25	9.235E-09
4.299e-03	18	25	4.986E-09
5.478e-03	19	25	2.676E-09
6.981e-03	20	25	1.246E-09

Tabel 4.1 Den uprocesserede referencesondering på tabelform.

RAMPER

Referencesonderingen er baseret på følgende op- og nedrampning af senderstrømmen.

- Oprampe start = $1/(\text{rep freq} \times 4) - 2,5 \mu\text{sek.}$

- Oprampe slut = Oprampe start + $123 \mu\text{sek.}$
- Nedrampning start = $0 \mu\text{sek.}$
- Nedrampning slut = $2,5 \mu\text{sek.}$

Som det fremgår af rampeforløbet, er tiderne for referencesonderingen fastlagt som "begin of ramp".

4.3 REFERENCEMODEL

Data for referencesonderingen er processeret og udlæst til en TEM-datafil.

Derefter er de processerede data inverteret med "em1dinv" uden inddragelse af a priori information.

Referencesonderingen fra Testlokalitet Århus giver anledning til en firelags model, som vist i Tabel 4.2 og Figur 4.2. Denne model er referencemodellen for Testlokalitet Århus

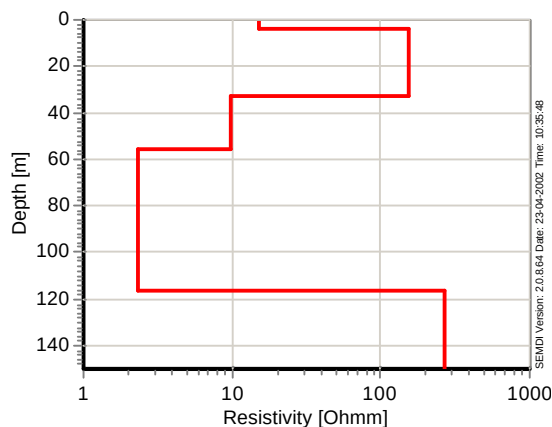
	Resistivitet	STD Res.	Tykkelse	STD Tykkelse.	Dybde	STD Dybde.
Lag 1	15,4	9,17	3,5	99	3,5	99
Lag 2	155,2	8,49	29,1	1,74	32,6	1,15
Lag 3	9,8	1,23	23,0	1,19	55,5	1,17
Lag 4	2,4	1,03	61,1	1,08	116,7	1,06
Lag 5	270,6	99				
Total residual					0,33	

Tabel 4.2 Referencemodellens parametre og analyse. Modstanden er angivet i ohmmeter og tykkelser og dybder i meter. En standardafvigelse angivet som "99" henviser til, at parameteren er ubestemt

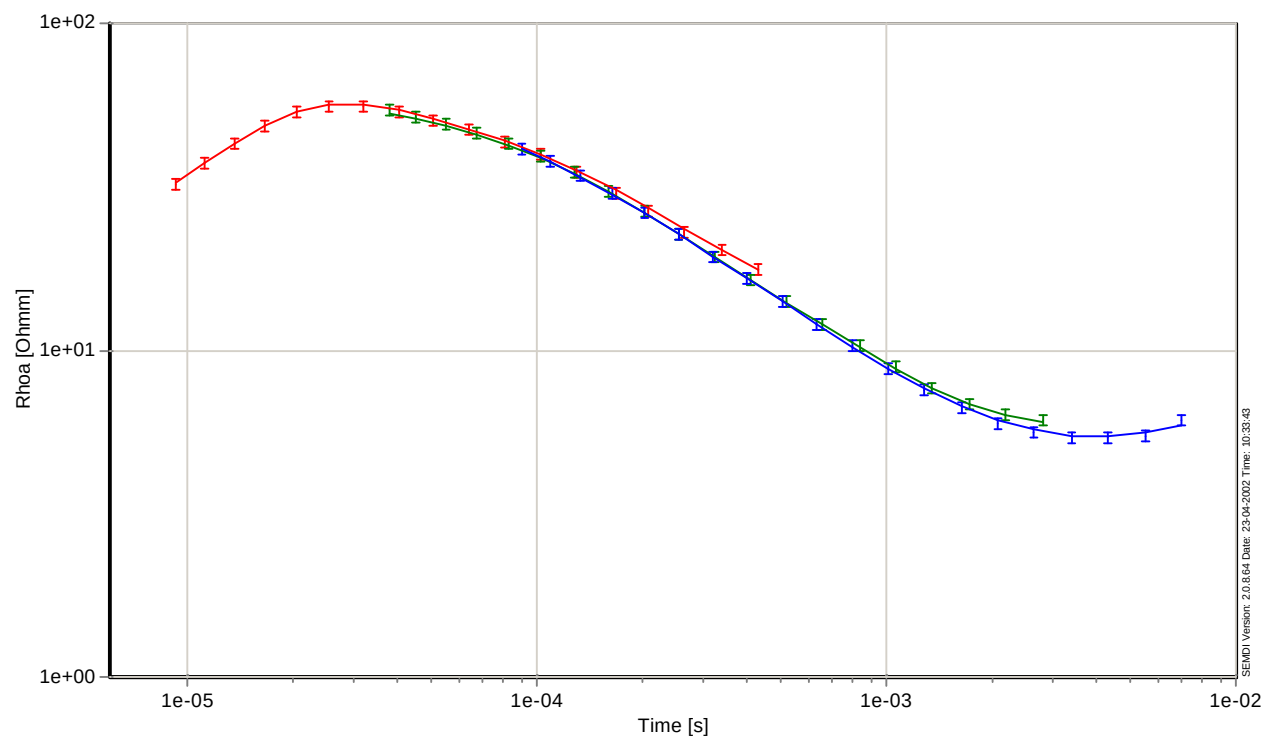
Den fundne geofysiske model kan tolkes fra terræn og nedefter som fedt moræneler, sand, tertiært ler, fedt tertiært ler og kalk..

Tilpasning til referencesonderingen er god. Residualet er 0,33, og der ses

generelt en god tilpasning langs hele kurveforløbet (se Figur 4.3). Dog ses der en mindre systematisk fejl på tilpasningen for de sidste 5 tidsvinduer på H1 segmentet, hvilket formentlig afspejler større usikkerhed på det allersidste tidsvindue.



Figur 4.2 Modelkurve for femlagsmodellen som tilpasser referencesonderingen.



Figur 4.3 Modelresponset for 5 lags modellen og data for referencesondering fra TEMTest2002. UH segmentet er rødt, VH segmentet grønt og HI segmentet blåt

5

**KALIBRERING AF ANDRE
MÅLEKONFIGURATIONER**

I nærværende afsnit gives en kortfattet beskrivelse af, hvordan data indsamlet på Testlokalitet Århus, målt med andre konfigurationer og med andre typer TEM måleudstyr, kan kalibreres.

Det skal bemærkes, at ved anvendelse af målekonfigurationer i offset konfiguration skal man være opmærksom på, at inhomogeniteter i jorden kan give anledning til variationer specielt for de første tidsvinduer. Dette er naturligvis uheldigt for kalibreringen.

MÅLEUDSTYR 10, 11 OG 12

Den beskrevne metodik er anvendt til kalibrering af måleudstyr 10, 11 og

12, hvor der er benyttet en kombination af 30x30 m off set og central loop målekonfiguration.

GENERELT

For at være i stand til at kalibrere de nye data (data målt efter en anden metodik) beregnes justeringskonstanter for hvert enkelt tidsvindue. Derved omsættes de nye data til et virtuelt datasæt svarende til referencesonderingen. Det virtuelle datasæt niveauforskydes og tidsforskydes, til datasættet stemmer overens med referencesonderingen. Herved er der fastlagt kalibreringsværdier for niveauforskydning og tidsforskydning.

5.1

**BEREGNING AF
OMSÆTNINGSFAKTORER**

Beregning af omsætningsfaktorer kan foretages ved anvendelse af analyseprogrammet EMMA /4/.

Først beregnes forwardresponset for modellen til referencesonderingen beskrevet i Tabel 4.2, idet der anvendes målegeometri, bølgeformer og filterværdier svarende til referencesonderingen. Forwardresponset beregnes i dB/dt, og for de tidsvinduer, der aktuelt ønskes anvendt ved den nye målemetodik.

Dernæst beregnes forwardresponset for modellen til referencesonderingen beskrevet i Tabel 4.2, idet der anvendes målegeometri, bølgeformer og filterværdier svarende til den målemetodik, som ønskes kalibreret.

Forholdet mellem forwardresponset for referencesonderingen og sonderingen målt ved den nye metodik beregnes for hvert enkelt tidsvindue.

5.2

**BEREGNING AF
KALIBRERINGSFAKTORER**

Der foretages en måling efter den nye målemetodik på Testlokalitet Århus jf. vejledningen.

Data normeres med sendermomentet, og omsætningsfaktorerne ganges på de enkelte tidsvinduer.

Til sidst foretages en niveauforskydning og en tidsforskydning, således at

det nye datasæt stemmer overens med referencesonderingen. Herved er der fastlagt kalibreringsværdier for niveauforskydning og tidsforskydning, som efterfølgende anvendes ved måling efter den nye metodik.

6

**TEMTEST2002 - DE ENKELTE
MÅLEUDSTYR**

I det følgende gennemgås de enkelte måleudstyr.

Der vises et plot af en kalibreret sonderingskurve for det aktuelle måleudstyr sammen med den nye referencesondering vist på Figur 4.1. Forskellen mellem de kalibrerede sonderingskurver og referencesonderingen vil for måleudstyrene uden instrumentelle problemer være minimal. Til de tidlige tider på UH segmentet vil kurverne dog kunne skelnes som følge af tidsforskydningerne.

Der gives en kort beskrivelse af eventuelle problemer med måleudstyret sammen med en anbefaling til opdatering af måleudstyret.

I bilagene 1-10 findes plot svarende til sonderingerne 1 til 7 for hvert enkelt måleudstyr. Det skal bemærkes, at ikke alle sonderinger er udført for hvert enkelt måleudstyr jf. testbeskrivelsen under afsnit "3.1, Måleprocedure ved TEMTest2002".

Hvor der er angivet en niveauforskydningen, er faktoren relateret til dB/dt værdier.

6.1 MÅLEUDSTYR 1

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 1 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender og en modtagerspole. Alle tre instrumenter af fabrikatet Geonics.

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 1 er vist på Figur 6.1 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes +0,1 μ sek. og niveauforskydes en faktor 1,091.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvi-

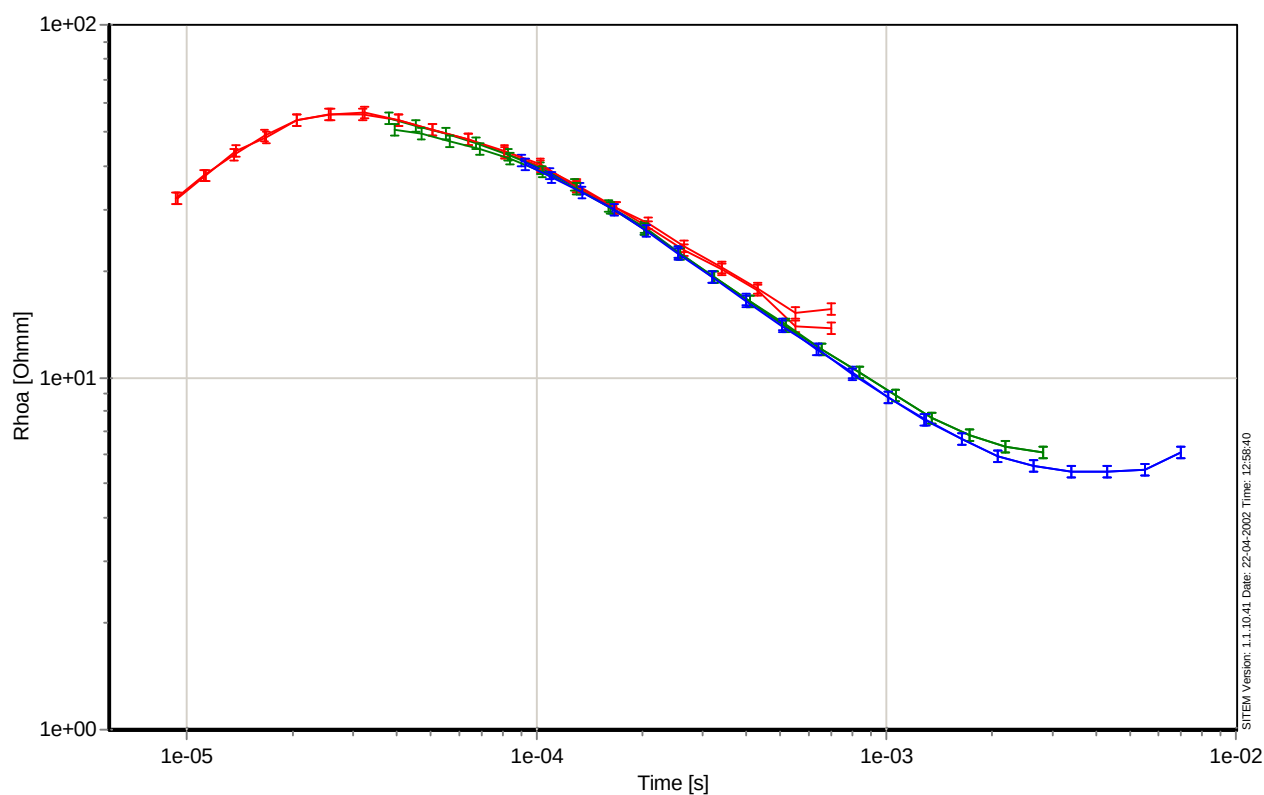
gelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Måleudstyret udviser en mindre non-linearitet ved anvendelse af forskellige strømstyrker under sondering 2.

Det anbefales, at man løbende vurderer, om den relativt store niveauforskydning er en konstant faktor, eller om der kan forekomme variationer fra dag til dag eller variationer over længere perioder.

Endvidere anbefales det, at man foretager supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencen.



Figur 6.1 Måleudstyr 1, Tidsforskydning 0,1 μ sek. Niveauforskydning 1,091. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå

6.2 MÅLEUDSTYR 2

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 2 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender af fabrikatet Geonics og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments.

Et plot af den niveau- og tidsforskydte måleserie for måleudstyr 2 er vist på Figur 6.2 sammen med den fastlagte referencesondering.

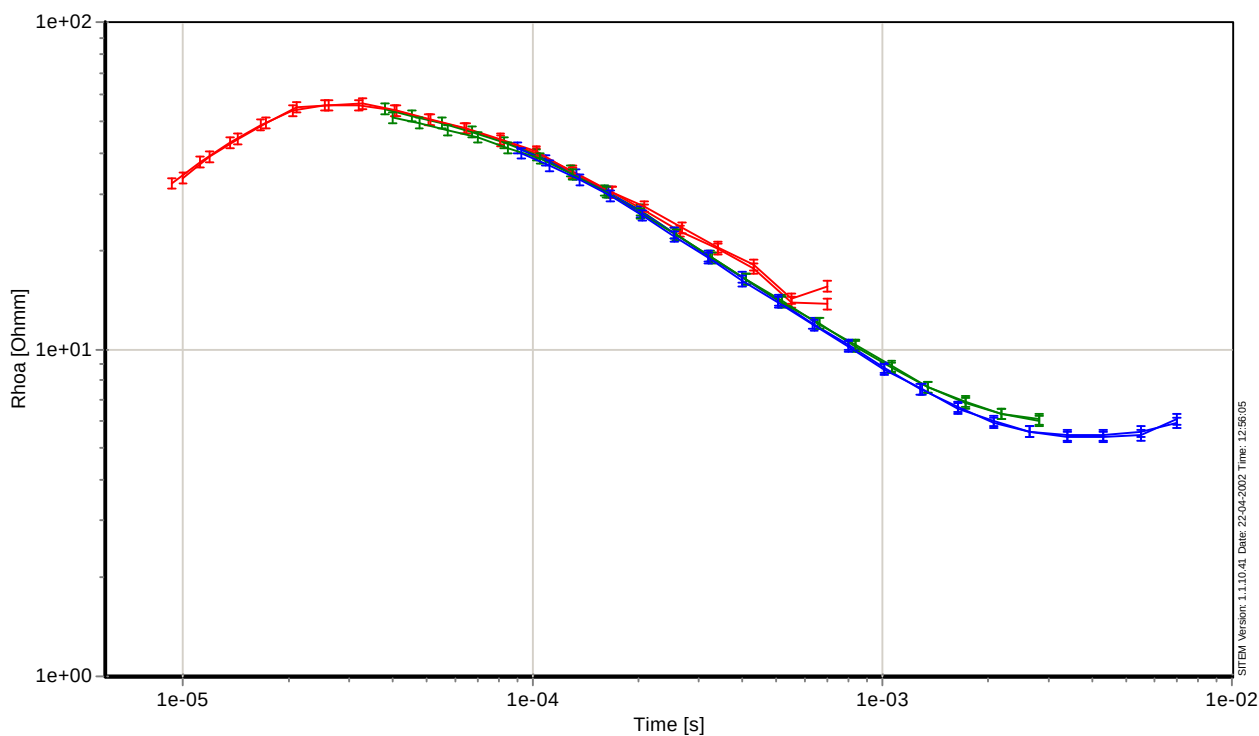
KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $+0,2 \mu\text{sek}$ og niveauforskydes en faktor 1,054.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars)

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.



Figur 6.2 Måleudstyr 2, Tidsforskydning $0,25 \mu\text{sek}$, Niveauforskydning 1,054. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

6.3 MÅLEUDSTYR 3

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 3 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender af fabrikatet Geonics og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 3 er vist på figur 6.3 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $-0,27 \mu\text{sek}$. Niveauforskydningen er ikke fastlagt, pga. det høje støjniveau, som kendetegner instrumentet. Niveauforskydningen vurderes at være 0.

VURDERING OG ANBEFALING

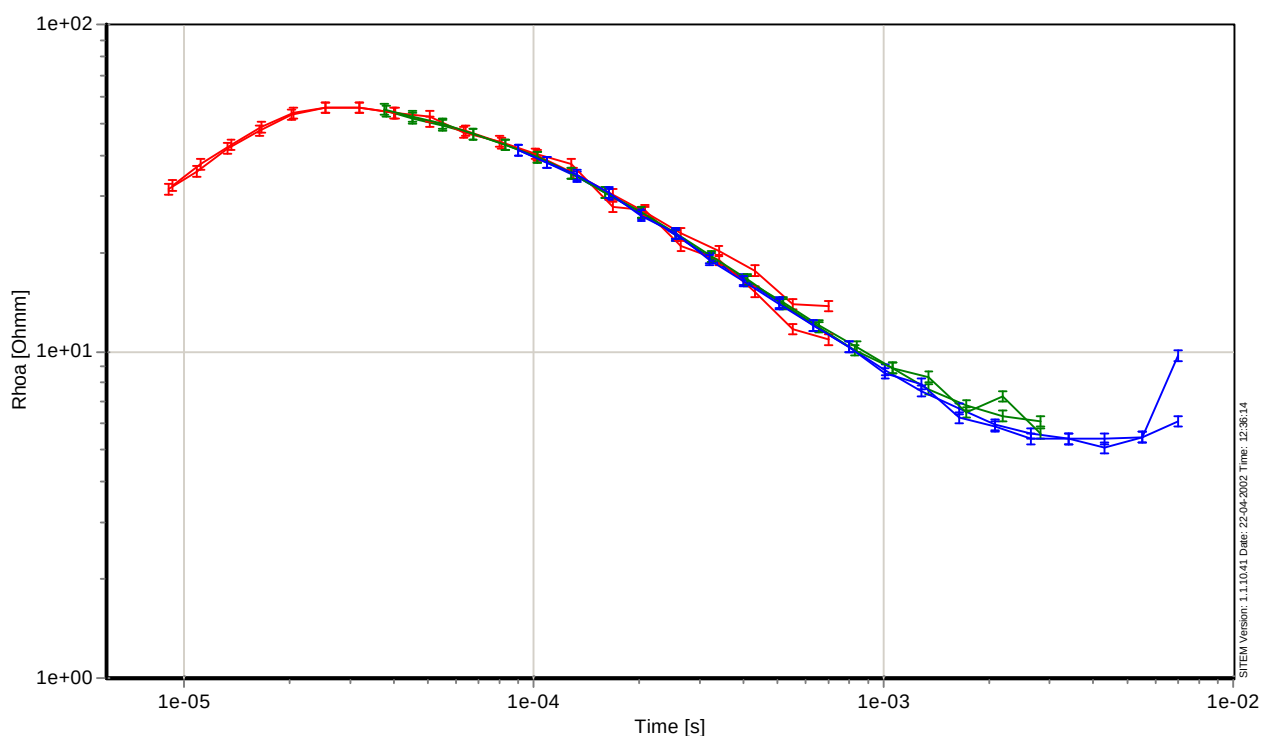
Måleudstyret udviser, på trods af det relativt høje signalniveau på testlokaliteten, tydeligt præg af internt støj. Støjen kommer til udtryk ved korrele-

rede svingninger, som ses fra før $0,5$ millisek. og bevirker, at data er af meget ringe kvalitet efter ca. $1 \cdot 10^{-3}$ millisek.

Denne støj er svær og ofte umulig at skelne fra koblinger med eksterne installationer. Desuden vil den tolkede geofysiske model være mere usikker end tolkninger foretaget på basis af data fra andre måleudstyr. De dybere dele af modellen vil ikke kunne bestemmes, idet det ikke anbefales at anvende data efter 1 millisek.

Sondering 7 indeholder alene støjmålinger. Den interne støj ses som en synkronstøj over samtlige tidsvinduer for alle tre frekvenser. Se støjplottet vist på Figur 3.4 og Figur 10.22.

På denne baggrund anbefales det, at der ikke udføres feltproduktion med dette måleudstyr i dets nuværende stand. Måleudstyret har gennemgået TEMTest2002 to gange og oven-



Figur 6.3 Måleudstyr 3, Tidsforskydning $-0,27 \mu\text{sek}$, Niveauforskydningen er ikke beregnet, men ligger meget tæt på en faktor 1. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå

nævnte støjproblematik er konstateret ved begge test.

Endvidere anbefales det, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencen.

Instrumentet har problemer med ringe indsvingning efter overstyring. Det anbefales, at instrumentet opdateres med nyt forforstærkerkort.

Måleudstyret er meget følsomt over for overstyring, hvorfor der ved måleudstyrets anden test under TEMTest2002 er anvendt en turnoff tid på såvel 2,5 μ sek som 1,0 μ sek.

6.4 MÅLEUDSTYR 4

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 4 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender af fabrikatet Geonics og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 4 er vist på Figur 6.4 sammen med den fastlagte referencesondering.

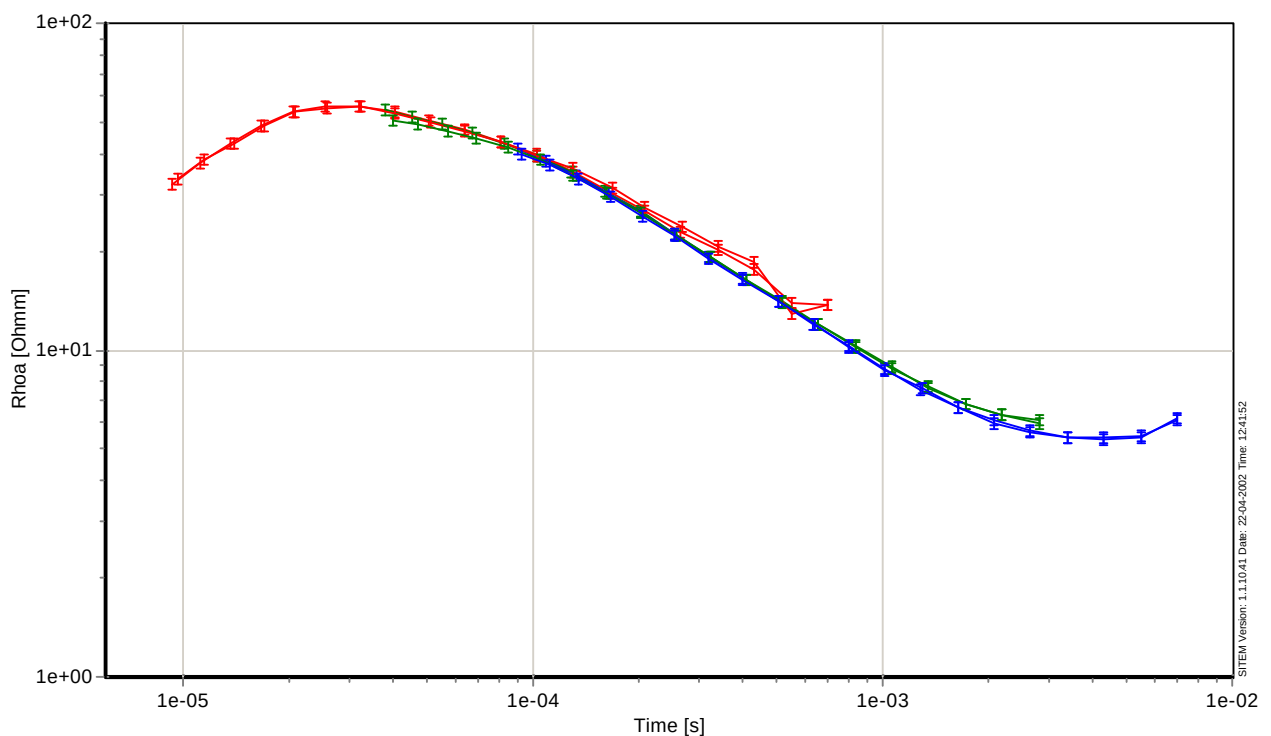
KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $+0,3 \mu\text{sek.}$ og niveauforskydes en faktor 1,073.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.



Figur 6.4 Måleudstyr 4, Tidsforskydning $0,30 \mu\text{sek.}$, Niveauforskydning 1,073. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

6.5 MÅLEUDSTYR 5

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 5 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender og en modtagerspole. Alle tre instrumenter af fabrikatet Geonics.

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 5 er vist på Figur 6.5 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $-0,5 \mu\text{sek.}$ og niveauforskydes en faktor 0,95.

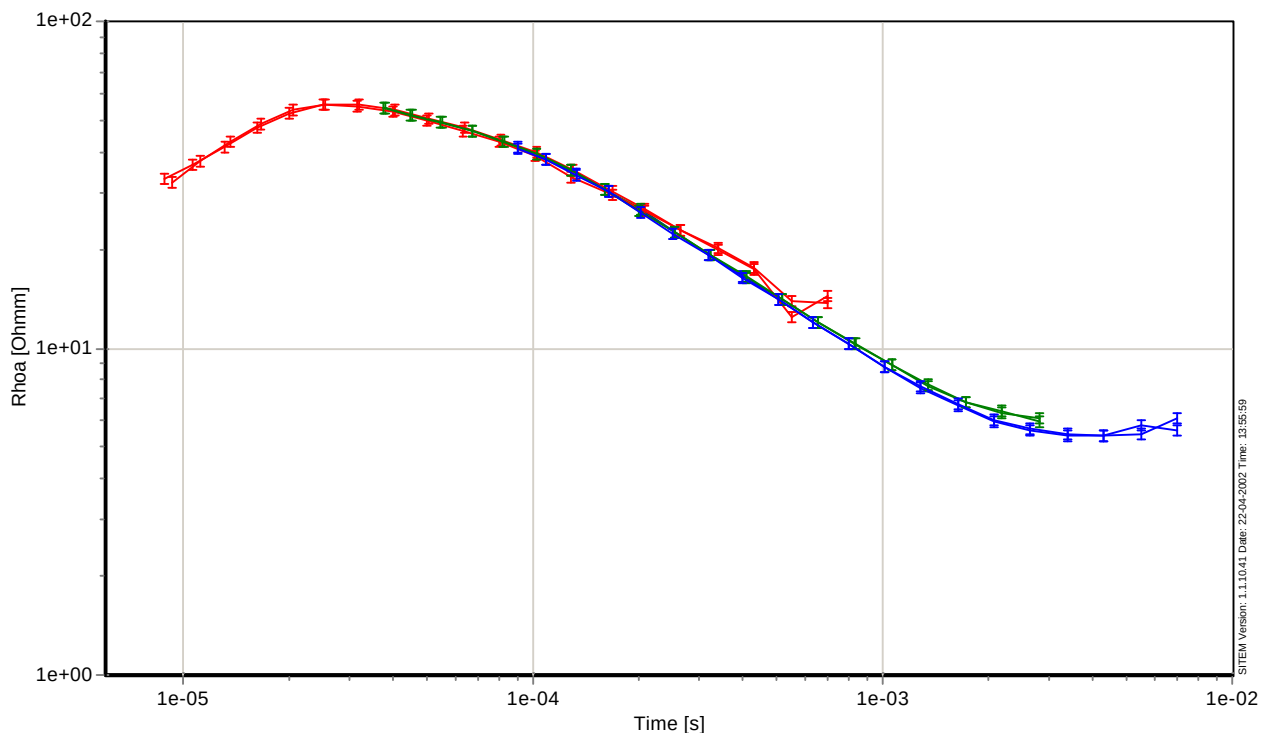
Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars)

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Instrumentet har problemer med ringe indsvingning efter overstyring. Det anbefales, at instrumentet opdateres med nyt forforstærkerkort.

Måleudstyret har gennemgået TEMTest2002 to gange. Under begge test har måleudstyret udvist problemer med at opretholde et stabilt signalniveau, hvilket kommer til udtryk i vertikale parallelforskydninger. Det anbefales, at måleudstyret ikke anvendes, før ovennævnte problemstilling er afklaret og løst.



Figur 6.5 Måleudstyr 5, Tidsforskydning $-0,5e-6$, Niveauforskydning 0,95. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

6.6 MÅLEUDSTYR 6

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 6 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47A modtager, TEM47 sender af fabrikatet Geonics og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskydte måleserie for måleudstyr 6 er vist på Figur 6.6 sammen med den fastlagte referencesondering.

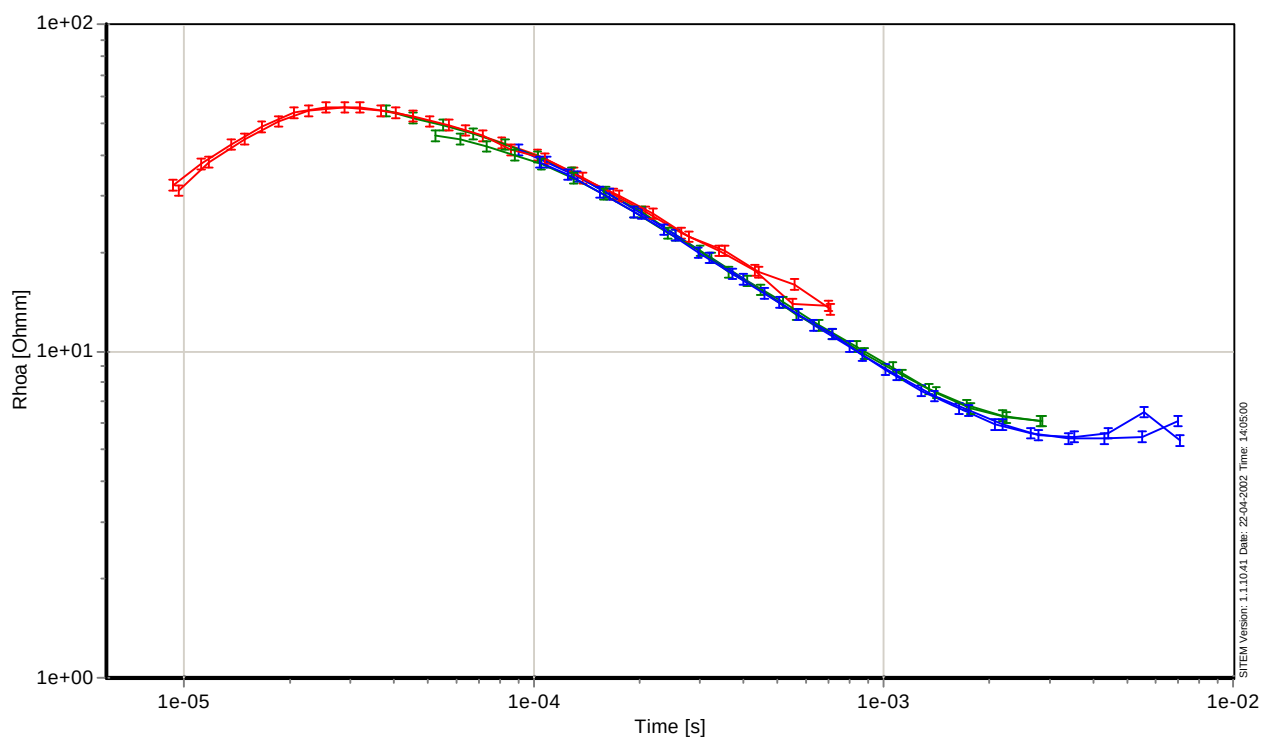
KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $-0,2 \mu\text{sek}$. og niveauforskydes en faktor 0,956.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencen. Dette er specielt nødvendigt for de analoge modtagere, hvor der ikke er mulighed for at foretage en autokalibrering af de enkelte tidsvinduer.



Figur 6.6 Måleudstyr 6, Tidsforskydning $-0,2 \mu\text{sek}$, Niveauforskydning 0,956. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

6.7 MÅLEUDSTYR 7

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 7 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender og en modtagerspole. Alle tre instrumenter af fabrikatet Geonics.

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 7 er vist på Figur 6.7 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes 0,18 μ sek. og niveauforskydes en faktor 1,019.

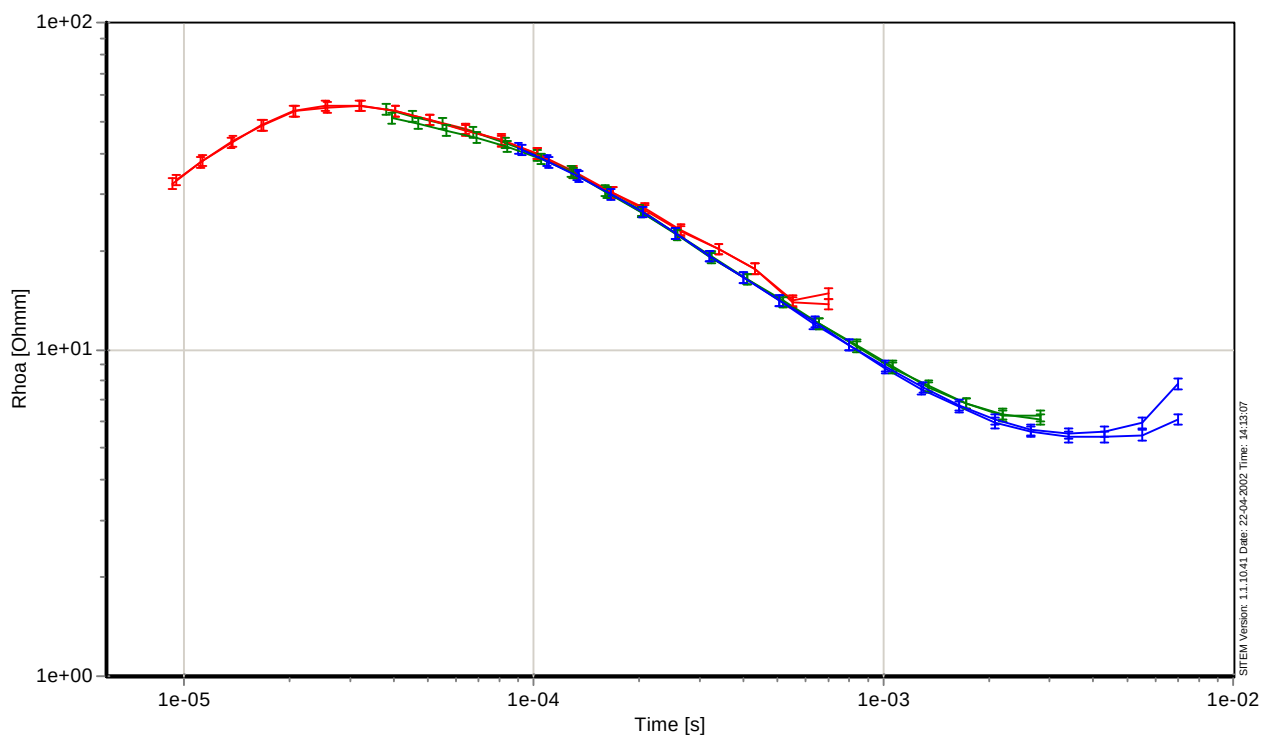
Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Ved støjmålingerne foretaget ved sondering 1 og 7 ses et kraftigt bias signal (se Figur 3.4 og Figur 10.52). Støjniveauet er af en sådan størrelse, at det anbefales ikke at anvende udstyret, før problemstillingen er afklaret og løst.

Måleudstyret udviser en mindre non-linearitet ved anvendelse af forskellige strømstyrker under sondering 2



Figur 6.7 Måleudstyr 7, Tidsforskydning 0,18 μ sek., Niveauforskydning 1,019. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

6.8 MÅLEUDSTYR 8

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 8 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47D modtager, TEM47 sender og en modtagerspole. Alle tre instrumenter af fabrikatet Geonics.

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 8 er vist på Figur 6.8 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes $-0,45 \mu\text{sek}$. Niveauforskydningen er ikke fastlagt, men vurderes at være lille.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

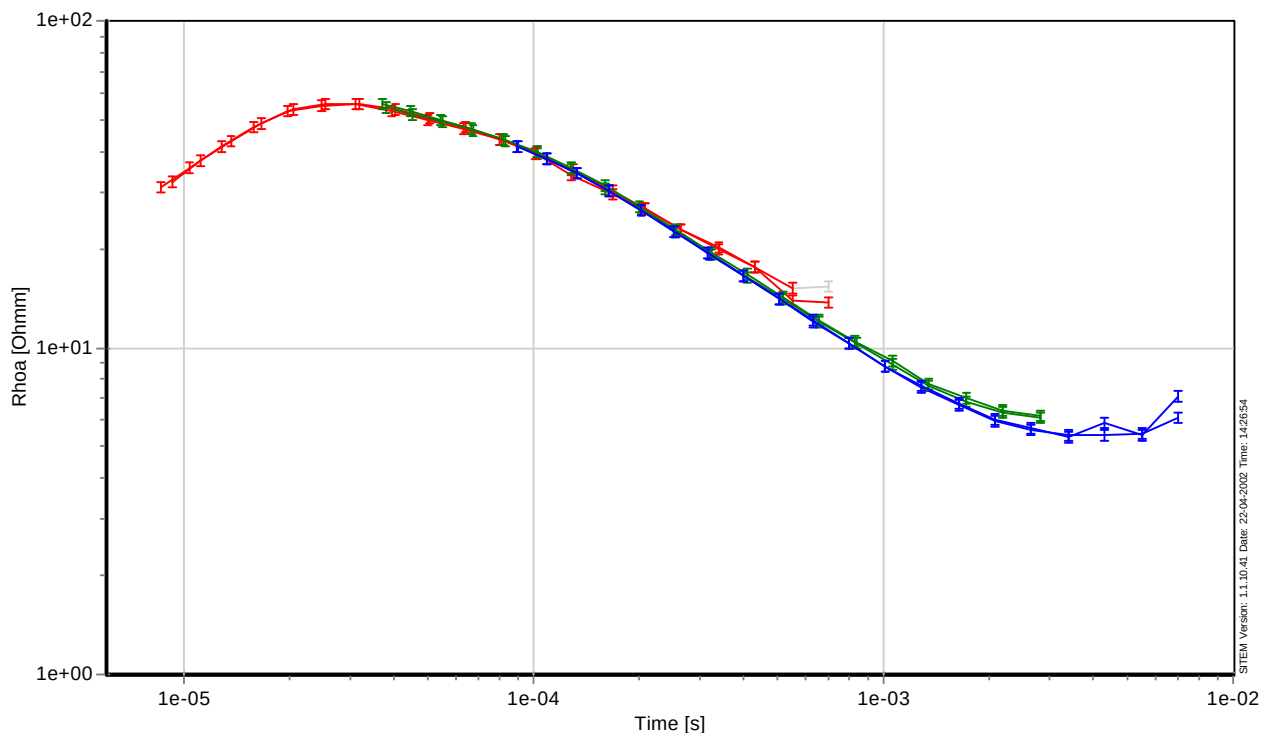
VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Måleudstyret udviser en mindre non-linearitet ved anvendelse af forskellige strømstyrker under sondering 2.

Instrumentet er meget følsomt over for overstyring, hvorfor TEMTest2002 er udført ved en turnoff tid på såvel $2,5 \mu\text{sek}$ som $1,0 \mu\text{sek}$.

Måleudstyret har problemer med ringe indsvingning efter overstyring. Det anbefales, at instrumentet opdateres med nyt forforstærkerkort.



Figur 6.8 Måleudstyr 8, Tidsforskydning $-0,45 \mu\text{sek}$. Niveauforskydningen er ikke fastlagt. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

Måleudstyret har gennemgået TEMTest2002 to gange. Under den første testsession blev der konstateret markante variationer i signalet til tider efter ca 0,5 μ sek. Rådgiveren har efterfølgende udskiftet et kabel, hvorved denne fejl blev udbedret, og anden testsession blev udført.

Rådgiveren har tidligere observeret non-linearitet ved variable integrati-

onstider. Det er konstateret, at dette er relateret til overstyring af de første tidsvinduer. Således varierer signalniveauet afhængig af integrationstiden, når instrumentet overstyrer. Dette forhold blev konstateret under første testsession, hvor der er anvendt en turnoff tid på 1,0 μ sek, mens anden testsession målt ved 2,5 μ sek. Ikke gav anledning til overstyring ved sondering 5.

6.9 MÅLEUDSTYR 9

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 9 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47A modtager, TEM47 sender af fabrikatet Geonics og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskydte måleserie for måleudstyr 9 er vist på Figur 6.9 sammen med den fastlagte referencesondering.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret ikke tidsforskydes, mens der skal foretages en niveauforskydning med en faktor 1,003.

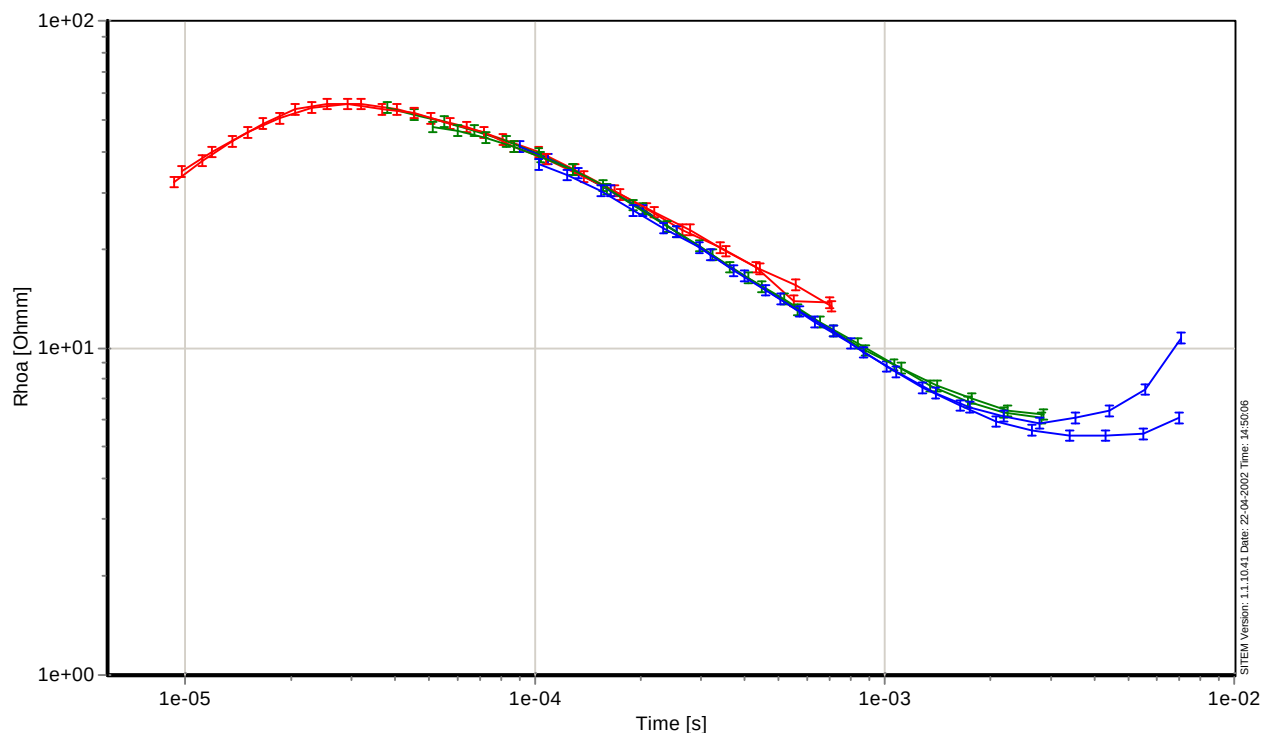
Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencen. Dette er specielt nødvendigt for de analoge modtagere, hvor der ikke er mulighed for at foretage en autokalibrering af de enkelte tidsvinduer.

Måleudstyret udviser en mindre non-linearitet ved anvendelse af forskellige strømstyrker under sondering 2.

Måleudstyret giver forskellige måleresultater til de seneste tider på VH og HI segmenterne, hvis polariteten af reference-signalet eller polariteten af modtagerspølen vendes (sondering 3 og 4, Figur 10.62 og Figur 10.63). Det anbefales at foretage målinger således, at halvdelen er foretaget med én polaritet og den anden halvdel med den modsatte



Figur 6.9 Måleudstyr 9, Tidsforskydning 0 μ sek, Niveauforskydning 1,003. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå

polaritet, hvorved denne fejl midles
bort.

6.10 MÅLEUDSTYR 10

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 10 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47A modtager af fabrikatet Geonics, TEM-TX sender og en modtagerspole begge af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskudte måleserie for måleudstyr 10 er vist på Figur 6.10 sammen med den fastlagte referencesondering.

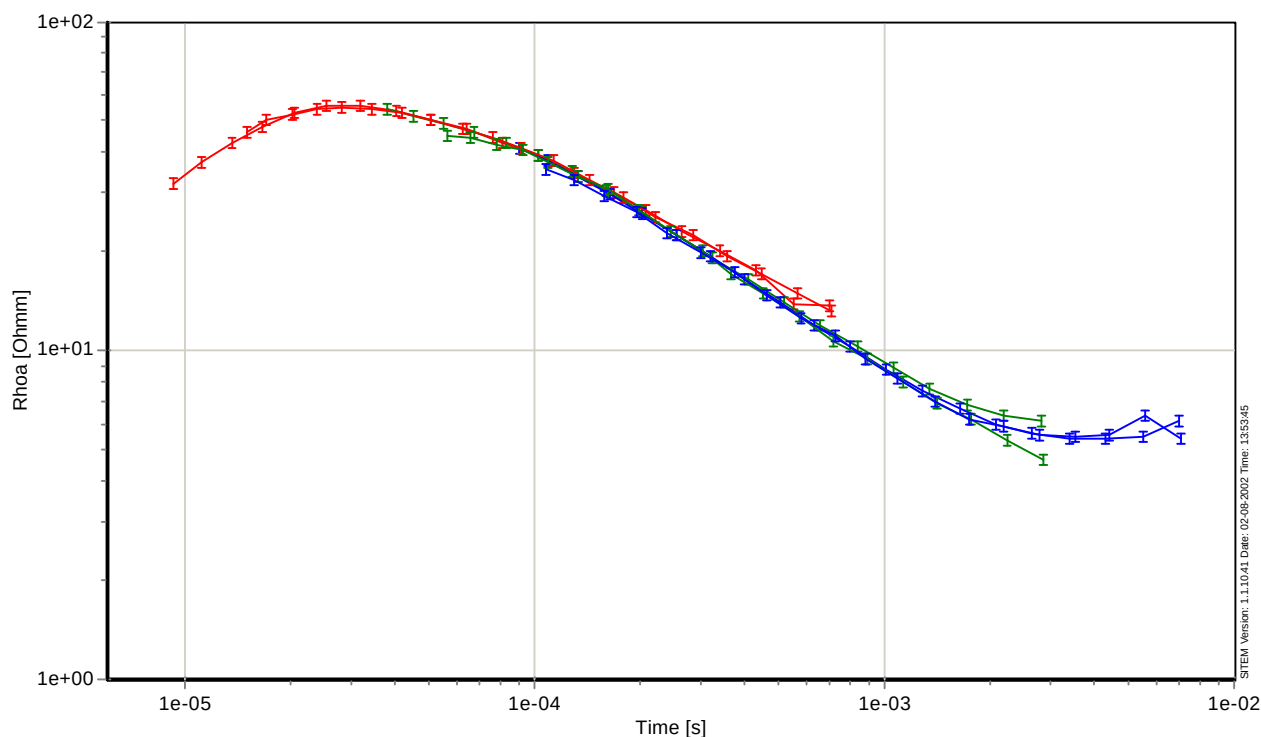
Det skal bemærkes, at data er omregnet til en 40 x 40m central loop konfiguration svarende til referencesonderingen. Omregningen er beskrevet i afsnittet "Kalibrering af andre målekonfigurationer" på side

23 og "Måleudstyr 10-12" på side 113.

Nærværende rapport indeholder ikke samtlige resultater af testsonderingerne. Dette skyldes, at måleudstyret, bortset fra senderinstrumentet, er baseret på samme instrumenter som måleudstyr 9.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes 1,6 + 6,6 μ sek regnet som "begin off ramp". De 6,6 msek opstår, da TEM-TX senderen sammenlignet med TEM47 senderen ikke har indbygget en tidsforsinkelse. Dette betyder, at TEM-TX senderen



Figur 6.10 Måleudstyr 10, Tidsforskydning 1,6+6,6 μ sek regnet som begin off ramp, Niveauforskydning 1,023. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

slukker i samme øjeblik, den får besked fra modtageren.

Niveauforskydningen er beregnet til en faktor 1,023.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Måleudstyret giver forskellige måleresultater til de seneste tider på VH og HI segmenterne, hvis polariteten af referencesignalet eller polariteten af modtagerspølen vendes (sondering 3 og 4). Dette kan ses af plotten for måleudstyr 9 på Figur 10.62 og Figur 10.63, som er baseret på det samme modtagerinstrument. Det anbefales at foretage målinger således, at halvdelen er foretaget med én polaritet og den anden halvdel med den modsatte polaritet, hvorved denne fejl midles bort.

6.11 MÅLEUDSTYR 11

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 11 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47A modtager, TEM-TX sender af fabrikatet Groundwater Instruments og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskydte måleserie for måleudstyr 10 er vist på Figur 6.10 sammen med den fastlagte referencesondering.

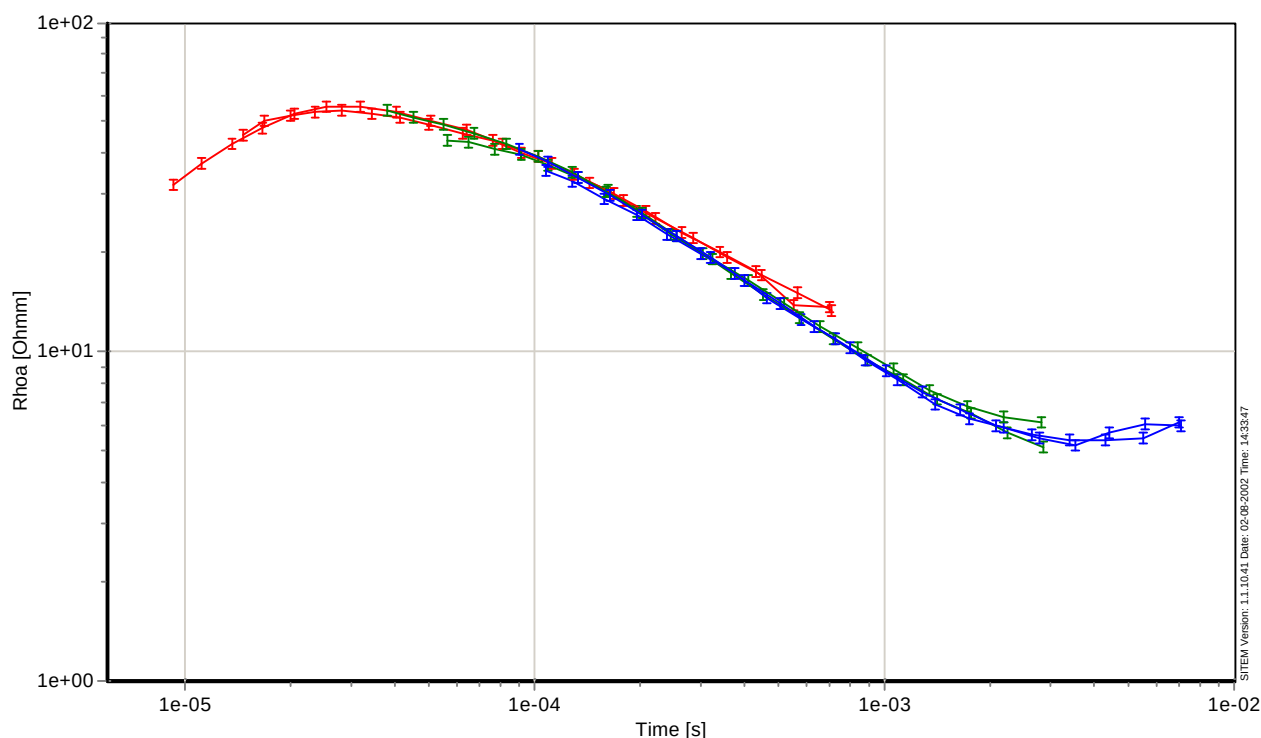
Det skal bemærkes, at data er omregnet til en 40 x 40m central loop konfiguration svarende til referencesonderingen. Omregningen er beskrevet i afsnittet "Kalibrering af andre målekonfigurationer" på side 23 og "Måleudstyr 10-12" på side 113.

Nærværende rapport indeholder ikke samtlige resultater af testsonderingerne. Dette skyldes, at måleudstyret, bortset fra senderinstrumentet, er baseret på samme instrumenter som måleudstyr 9.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes 1,3 + 6,6 msek regnet som "begin off ramp". De 6,6 msek opstår, da TEM-TX senderen sammenlignet med TEM47 senderen ikke har indbygget en tidsforsinkelse. Dette betyder, at TEM-TX senderen slukker i samme øjeblik, den får besked fra modtageren.

Niveauforskydningen er beregnet til en faktor 0,967.



Figur 6.11 Måleudstyr 11, Tidsforskydning 1,3+6,6 μsek regnet som begin off ramp, Niveauforskydning 0,967. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Måleudstyret giver forskellige måleresultater til de seneste tider på VH og HI segmenterne, hvis polariteten af referencesignalet eller polariteten af modtagerspølen vendes (sondering 3 og 4). Dette kan ses af plotten for måleudstyr 9 på Figur 10.62 og Figur 10.63, som er baseret på det samme modtagerinstrument. Det anbefales at foretage målinger således, at halvdelen er foretaget med én polaritet og den anden halvdel med den modsatte polaritet, hvorved denne fejl midles bort.

6.12 MÅLEUDSTYR 12

BESKRIVELSE

Måleudstyr nummer 12 er sammensat af følgende instrumenter: Protem47A modtager, TEM-TX sender af fabrikatet Groundwater Instruments og en modtagerspole af fabrikatet Groundwater Instruments

Et plot af den niveau- og tidsforskydte måleserie for måleudstyr 10 er vist på Figur 6.10 sammen med den fastlagte referencesondering.

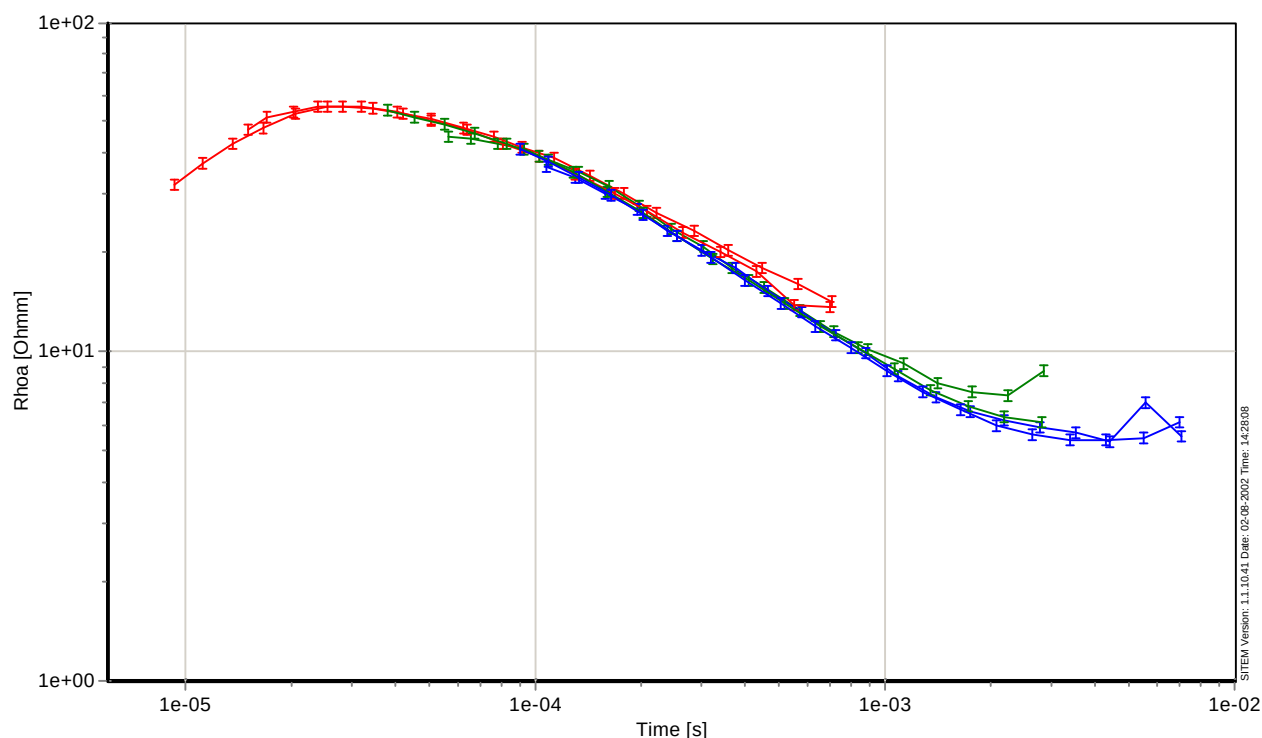
Det skal bemærkes, at data er omregnet til en 40 x 40m central loop konfiguration svarende til referencesonderingen. Omregningen er beskrevet i afsnittet "Kalibrering af andre målekonfigurationer" på side 23 og "Måleudstyr 10-12" på side 113.

Nærværende rapport indeholder ikke samtlige resultater af testsonderingerne. Dette skyldes, at måleudstyret, bortset fra senderinstrumentet, er baseret på samme instrumenter som måleudstyr 9.

KALIBRERING

I forhold til referencesonderingen skal måleudstyret tidsforskydes 1,6 + 6,6 msek regnet som "begin off ramp". De 6,6 msek opstår, da TEM-TX senderen sammenlignet med TEM47 senderen ikke har indbygget en tidsforsinkelse. Dette betyder, at TEM-TX senderen slukker i samme øjeblik, den får besked fra modtageren.

Niveauforskydningen er beregnet til en faktor 0,949.



Figur 6.12 Måleudstyr 12, Tidsforskydning 1,6+6,6 μ sek regnet som begin off ramp, Niveauforskydning 0,949. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

Efter disse forskydninger tilpasser data referencesonderingen med en afvigelse på under 5 procent (størrelsen af errorbars).

VURDERING OG ANBEFALING

Det anbefales, at man vurderer, om der er behov for at foretage supplerende niveauforskydninger for de enkelte tidsvinduer baseret på en sammenligning med referencesonderingen.

Måleudstyret giver forskellige måleresultater til de seneste tider på

VH og HI segmenterne, hvis polariteten af referencesignalet eller polariteten af modtagerspølen vendes (sondering 3 og 4). Dette kan ses af plotten for måleudstyr 9 på Figur 10.62 og Figur 10.63, som er baseret på det samme modtagerinstrument. Det anbefales at foretage målinger således, at halvdelen er foretaget med én polaritet og den anden halvdel med den modsatte polaritet, hvorved denne fejl midles bort.

7

TILBAGEVÆRENDE PROBLEMSTILLINGER

På baggrund af TEMTest2001 og TEMTest2002 er der klarlagt en række problemstillinger. Tilbage er nogle få

spørgsmål, som skitseres i dette afsnit.

7.1

TEST PÅ HØJMODSTANDSJORD

TEMTest2002 er udført på en testlokalitet, hvor den elektriske modstand er forholdsvis lav. Dette giver anledning til et højt målesignal, hvor jordresponset for samtlige tidsvinduer på HI, VH og UH segmenterne ligger over støjniveauet.

En ny testrunde kan med fordel udføres på en testlokalitet, hvor den elektriske modstand er høj. På en sådan lokalitet vil variationer i datakvaliteten, f.eks. som følge af instrumentstøj, træde tydeligere frem end ved måling på Testlokaliteten Århus.

7.2

UH TIDSVINDUE 10-20

Der ses nogen fejl på UH segmentet fra tidsvindue 10-20. Fejlen er dog blevet reduceret væsentligt i forbindelse med forbedring/udskiftning af modtagerens forforstærker.

Problemet med tidsvinduerne 10-20 på UH er af mindre betydning, da

man under normal måleprocedure foretager målinger på VH segmentet. Derved opnås en datadækning i tidsintervallet med dårlige datapunkter på UH segmentet. Således vil man i praksis som standard fjerne tidsvinduerne 10-20 på UH segmentet.

7.3

AUTOKALIBRERING

De digitale modtagerinstrumenter kan foretage en autokalibrering af de enkelte tidsvinduer. På baggrund af erfaringerne med de analoge modtagerinstrumenterne kan der være tale om forskydninger på op til nogle få procent. Da autokalibreringen i de digitale instrumenter ikke er synlig for brugeren, kan det ikke kontrolleres, hvorvidt der er tale om konstante tidsvindue-kalibreringsfaktorer, eller

om der i forbindelse med hver kalibrering i instrumentet foretages betydelige ændringer af de enkelte tidsvinduers kalibreringsfaktorer.

Det anbefales, at man fremover ikke foretager autokalibrering, med mindre det foretages i forbindelse med udførelse af en ny kalibreringssondering på testlokaliteten.

7.4

FASTLÆGGELSE AF STRØMNIVEAU

Som det fremgår af tabel 5.1, er der en niveaumæssig forskel på de enkelte senderinstrumenter på adskillige procent.

Dette er et problem, som formentlig er knyttet til den måde hvormed strømmen fastlægges i senderinstru-

mentet. Er strømniveauet fastlagt for det enkelte instrument, skulle denne problemstilling være afklaret. Det anbefales således ikke, at der foretages instrumentelle indgreb i senderinstrumentet med henblik på hardwaremæssigt at kalibrere senderne.

**7.5
MÅLEUDSTYR DER HAR
MEGET LET TIL OVERTYRING**

Der blev under TEMTest2002 udpeget 2-3 måleudstyr, som har let til overstyring. For alle instrumenter er der fastlagt en negativ tidsforskydningsfaktor.

Det skal bemærkes, at de tre modtagerinstrumenter, som indgår i disse

måleudstyr, ikke er opdateret med hensyn til forforstærkerkort.

Det anbefales, at problematikken omkring overstyring for disse måleudstyr revurderes, i takt med at forforstærkerkortene bliver opdateret.

8

**FREMTIDIG INSTRUMENT
KVALITETSSIKRING**

Sikring af, at måleudstyrene måler korrekt, foretages ved udførelse af test på Århus Testsite og daglig genmåling af en udvalgt sondering i kortlægningsområdet.

Det er rådgiverne og rekvirenternes ansvar at sikre, at de beskrevne kvalitetssikringsrutiner og metodikker følges, således at måleudstyrenes tilstand løbende testes og dokumenteres.

8.1

**REGELMÆSSIG TEST PÅ
TESTLOKALITETEN ÅRHUS**

Fremover bør der udføres regelmæssig test af de enkelte måleudstyr på Århus Testlokalitet. Testen udføres i henhold til vejledningen på GeoFysik-Samarbejdets hjemmeside. På baggrund af TEMTest2002 vil vejledningen blive suppleret med

beskrivelse af målinger udført ved lavt gain og strømstyrke.

Disse test vedlægges som dokumentation for de enkelte måleudstyrs tilstand i forbindelse med rapportering af TEM-kortlægninger udført med det aktuelle måleudstyr.

8.2

DAGLIG GENMÅLING

For at sikre den daglige reproducerbarhed genmåles en referencesondering i kortlægningsområdet

hvorved man efterfølgende kan afgøre, hvilke data der måtte være fejlbehæftet.

Således vil en fejl på et måleudstyr kunne henføres til en specifik feltdag,

9

REFERENCER

/1/ Beskrivelse af Testlokalitet
Århus, GeofysikSamarbejdet, [http://
www.gfs.au.dk](http://www.gfs.au.dk)

/2/ Undersøgelse af fejl ved transi-
ente målinger udført med Geonics
PROTEM 47 måleinstrumentet, Geo-
fysikSamarbejdet, 2001, [http://
www.gfs.au.dk](http://www.gfs.au.dk)

/3/ Vejledning i kalibrering af Geo-
nics Protem 47 måleinstrument, Geo-

fysikSamarbejdet, 2001, [http://
www.gfs.au.dk](http://www.gfs.au.dk)

/4/ Auken, E., Nebel, I., Breiner, M.,
Pellerin, L. and Christensen, N. B.,
2002, EMMA - A Geophysical Train-
ing and Education Tool for Electro-
magnetic Modeling and Analysis:
Journal of Environmental & Enginee-
ring Geophysics, June 2002 Volume 7
Issue 2

10
DATA FOR DE ENKELTE
MÅLEUDSTYR

I dette afsnit præsenteres data for de enkelte måleudstyr jf. testsonderingerne beskrevet i afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.

I det omfang kurverne ikke er sammenfaldende, er sonderingsnumrene angivet på plottet. Der er evt. præsenteret et forstørret billede af en del af kurveforløbet.

10.1 MÅLEUDSTYR 1

Måleudstyr nummer 1 er baseret på en digital ProteM47D modtager, en TEM47 sender og en HF modtager-spole alle tre dele af fabrikatet Geonics.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af reference signal

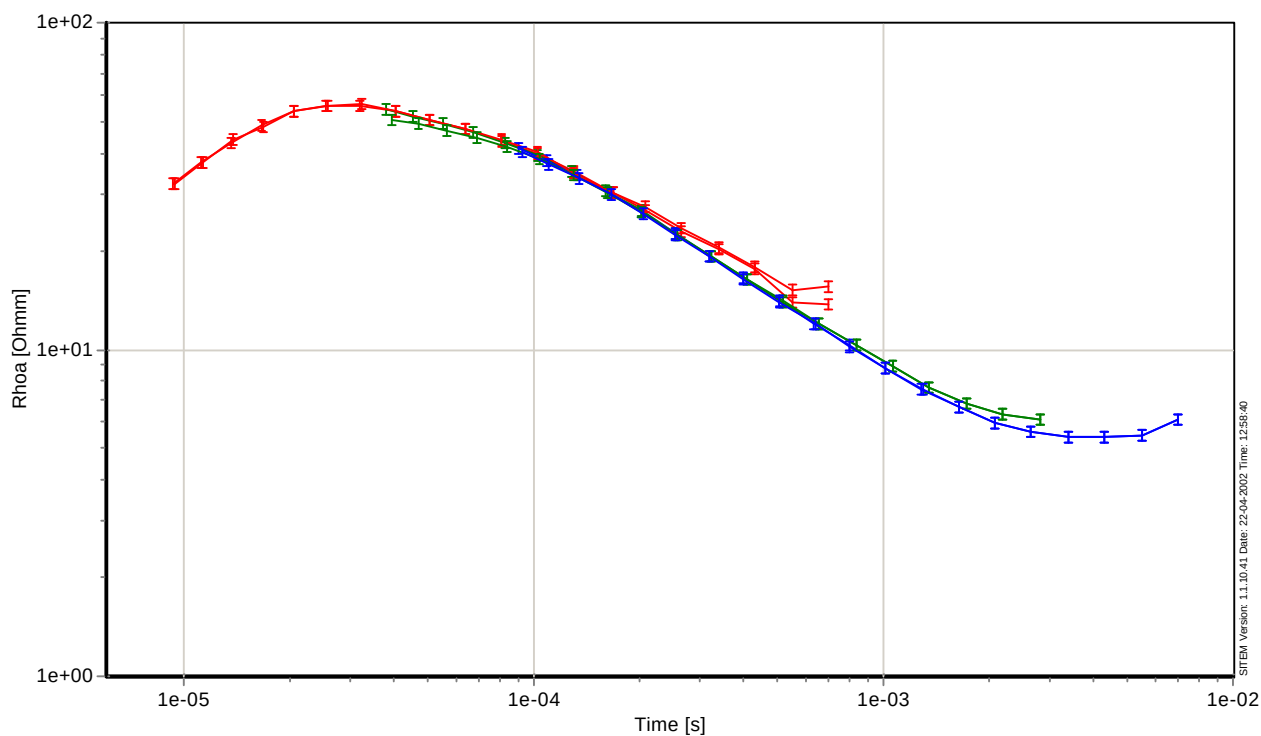
4. Polaritet af modtagerspole

5. Variabel integrationstid

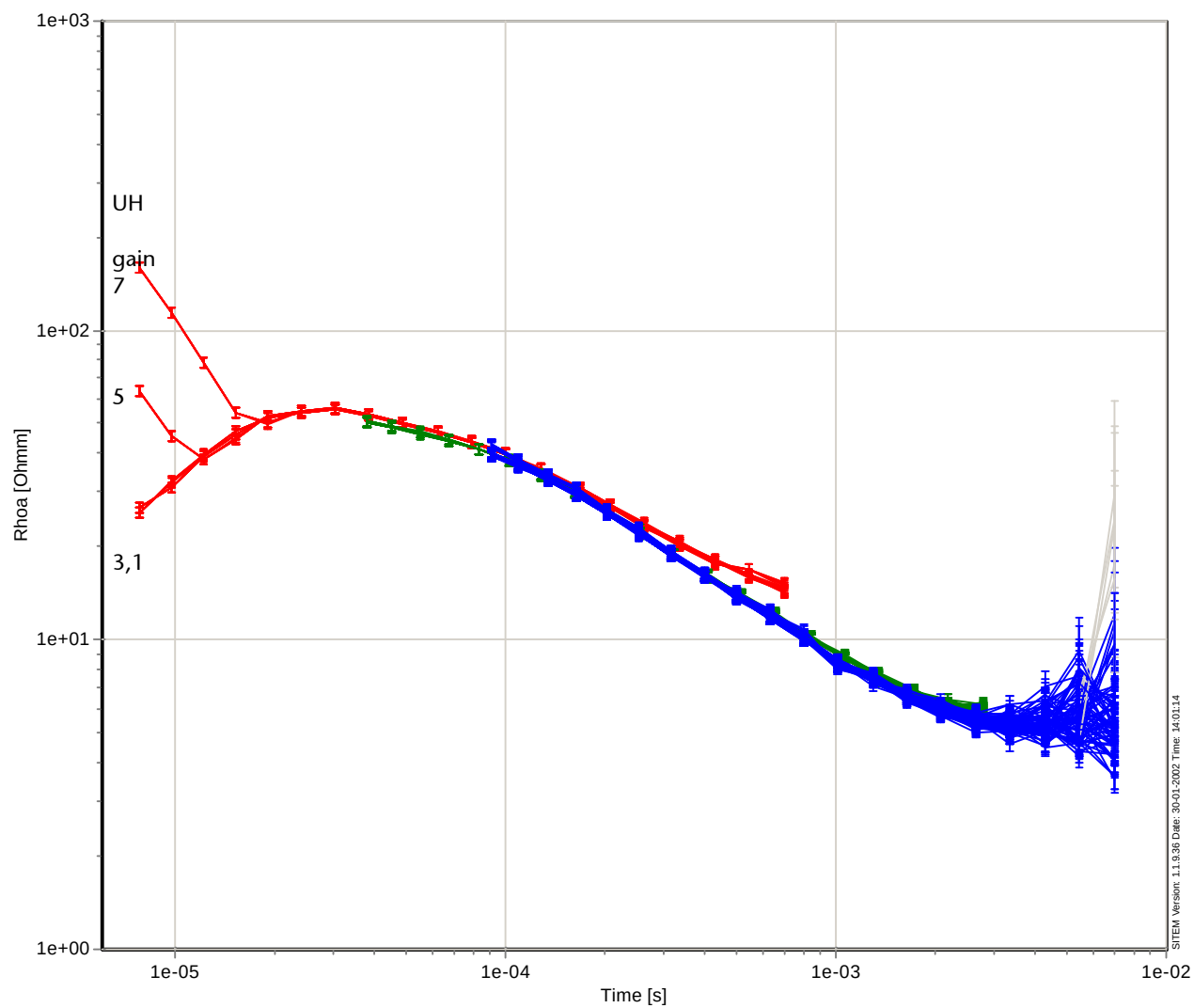
6. turnoff tid

7. Støjmåling

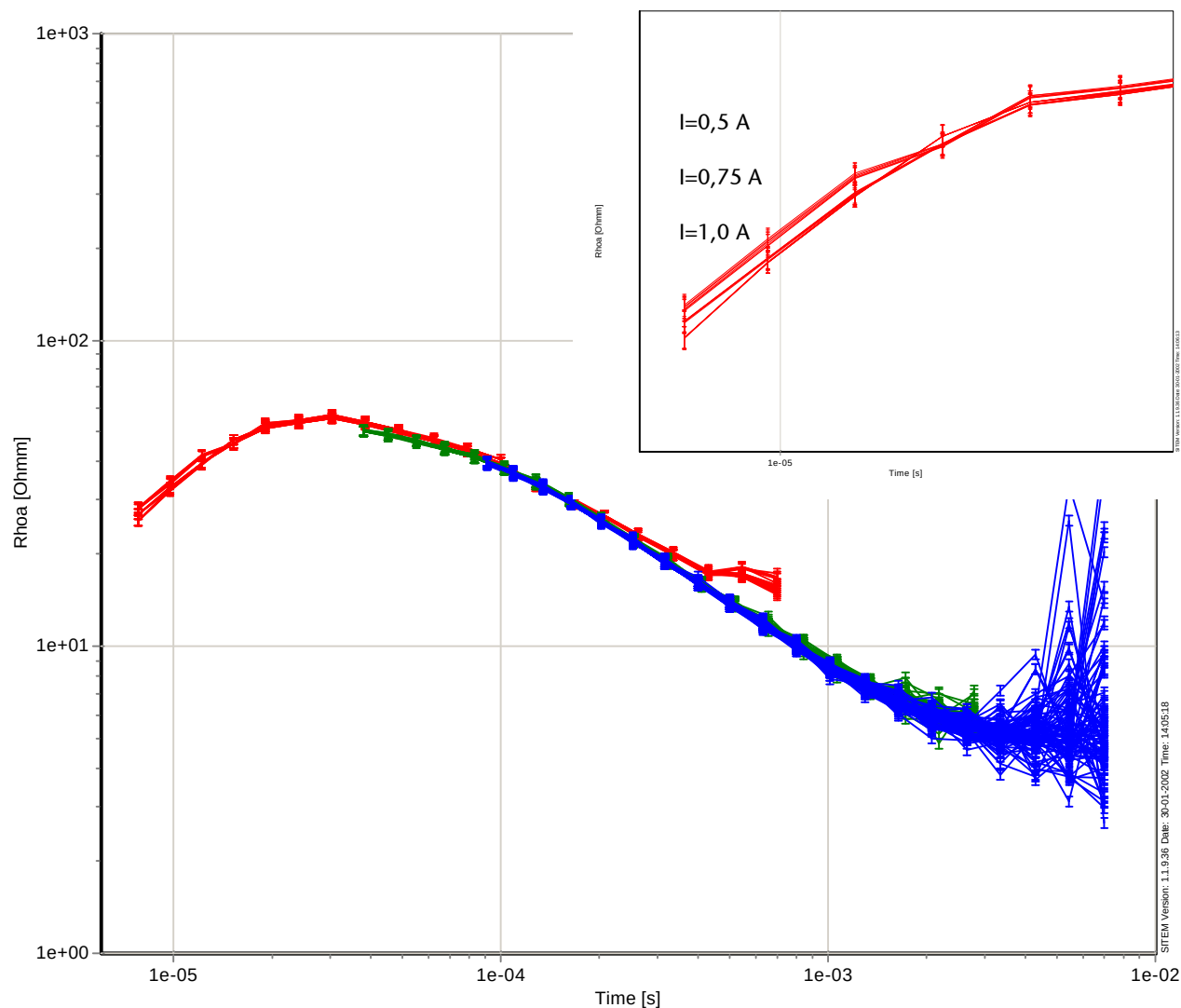
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



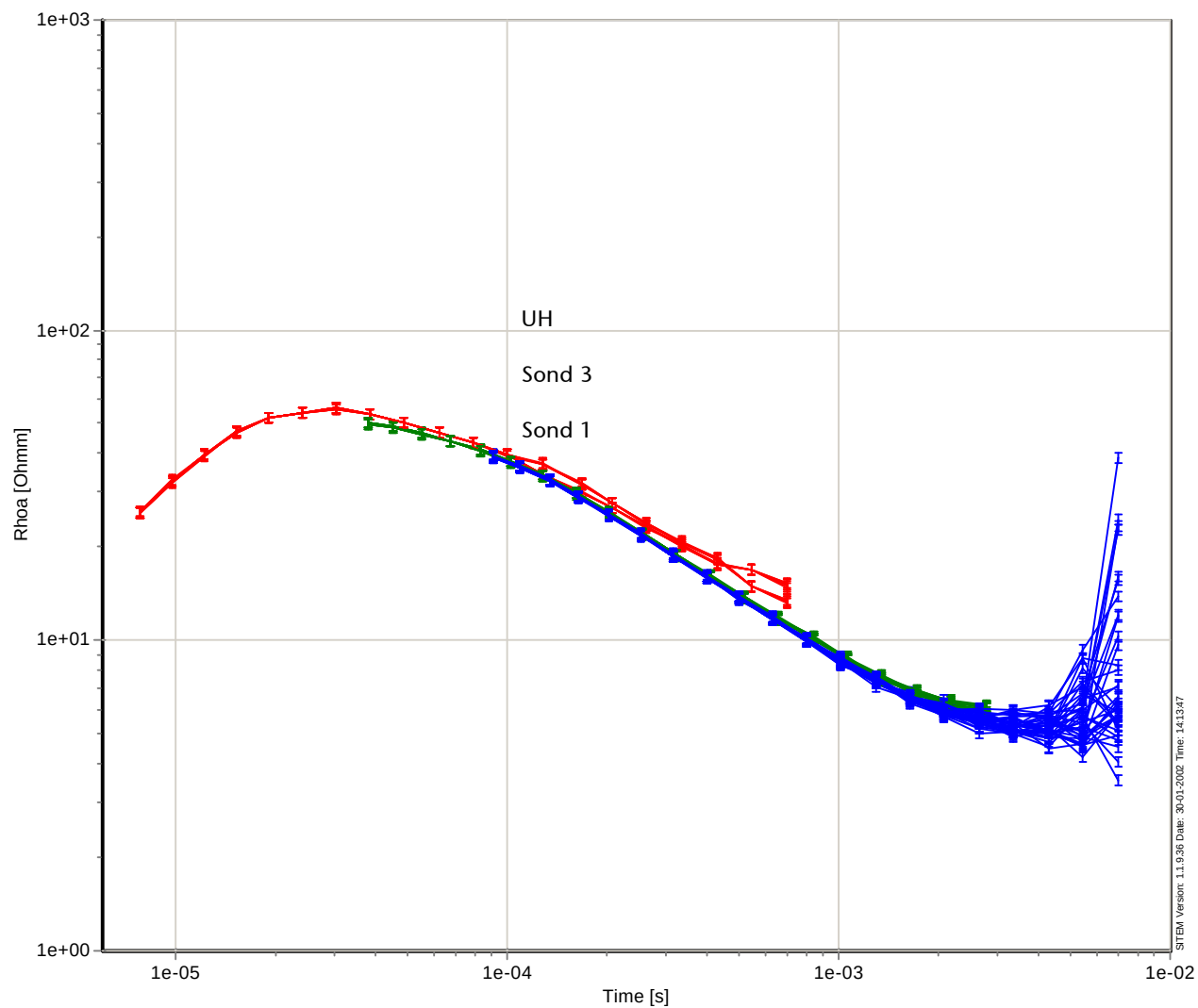
Figur 10.1 Referencesonderingen og sondering 6, Tidsforskydning 0,1 μ sek. Niveauforskydning 1,091. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



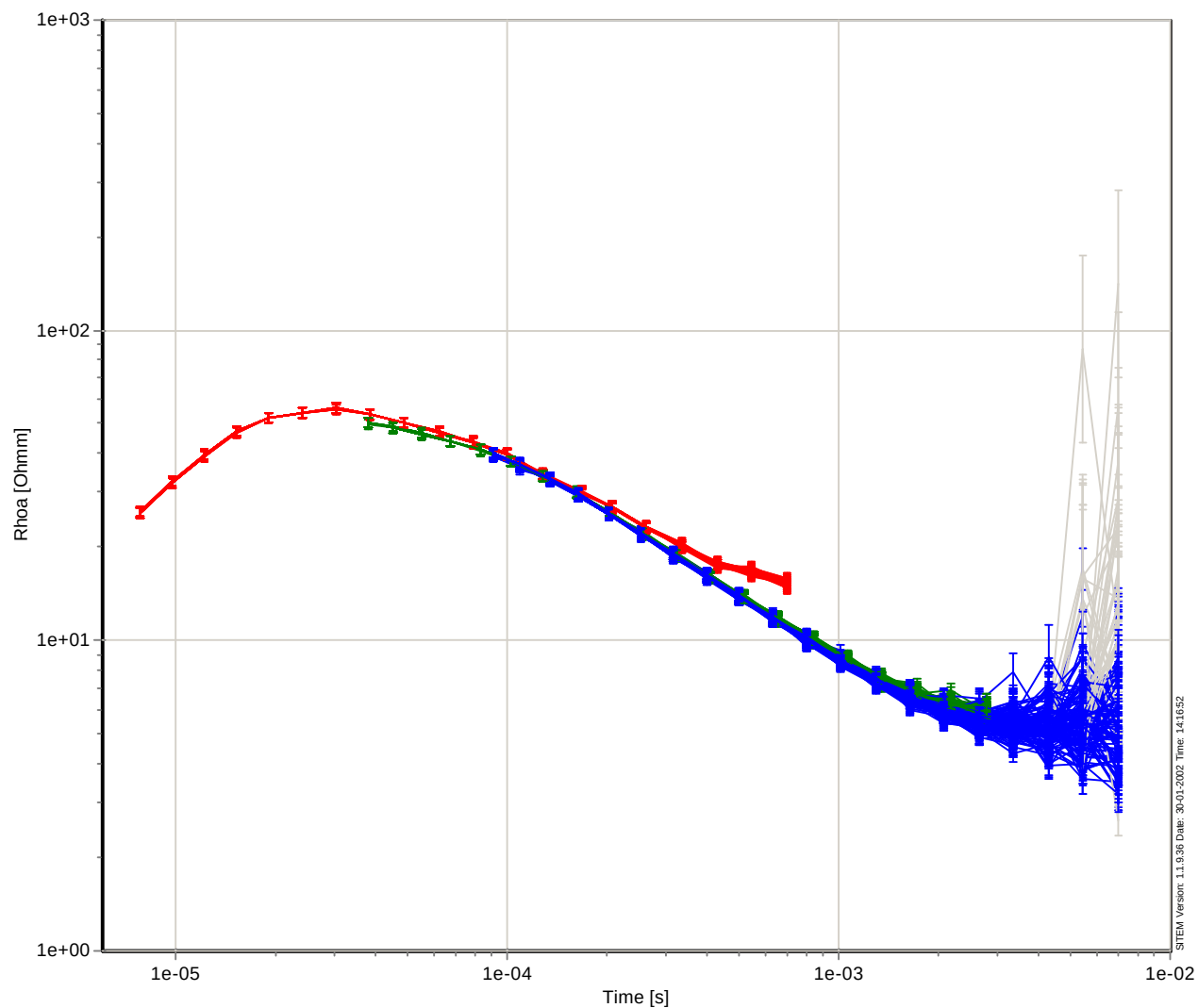
Figur 10.2 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



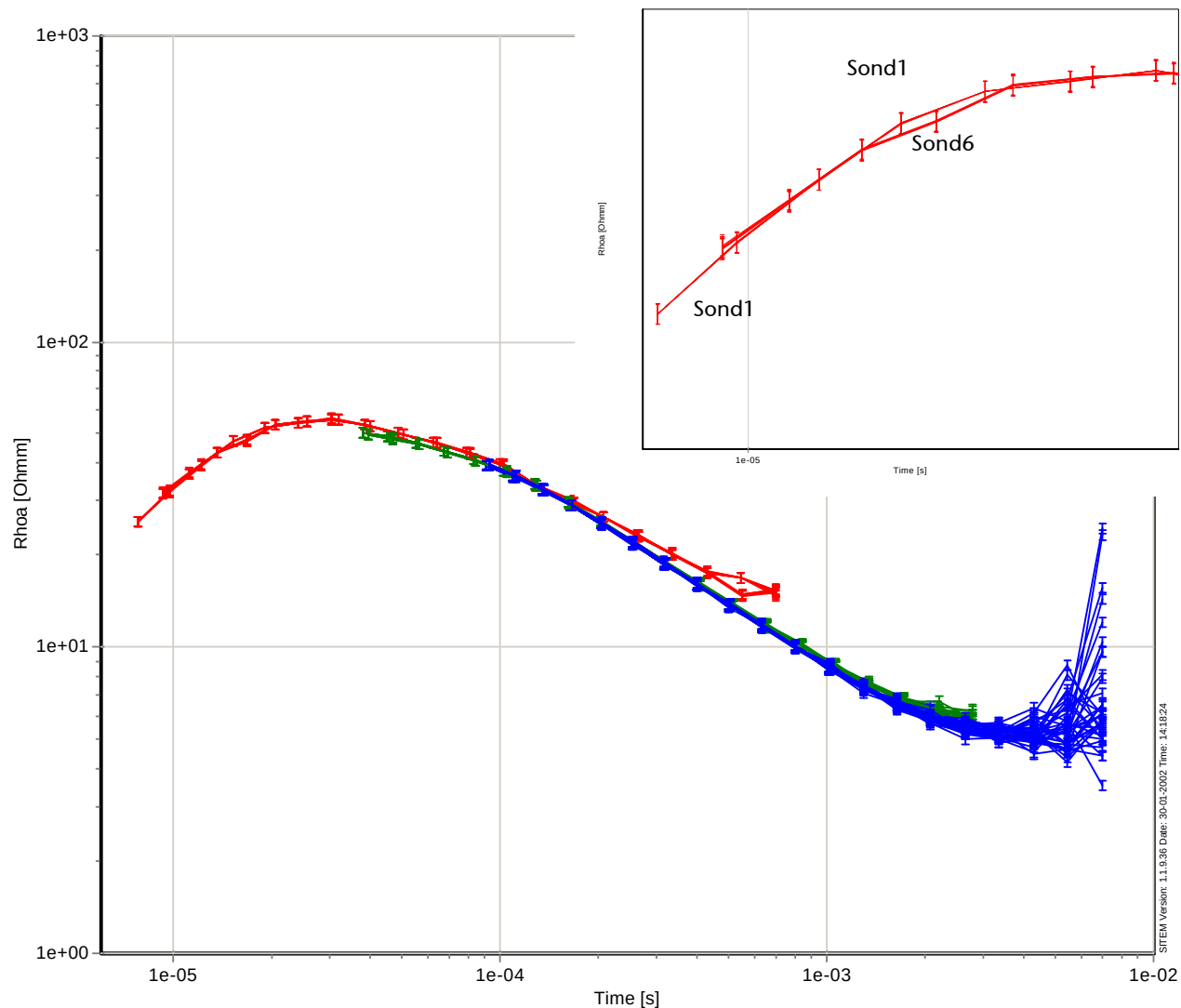
Figur 10.3 Sondering 2 Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



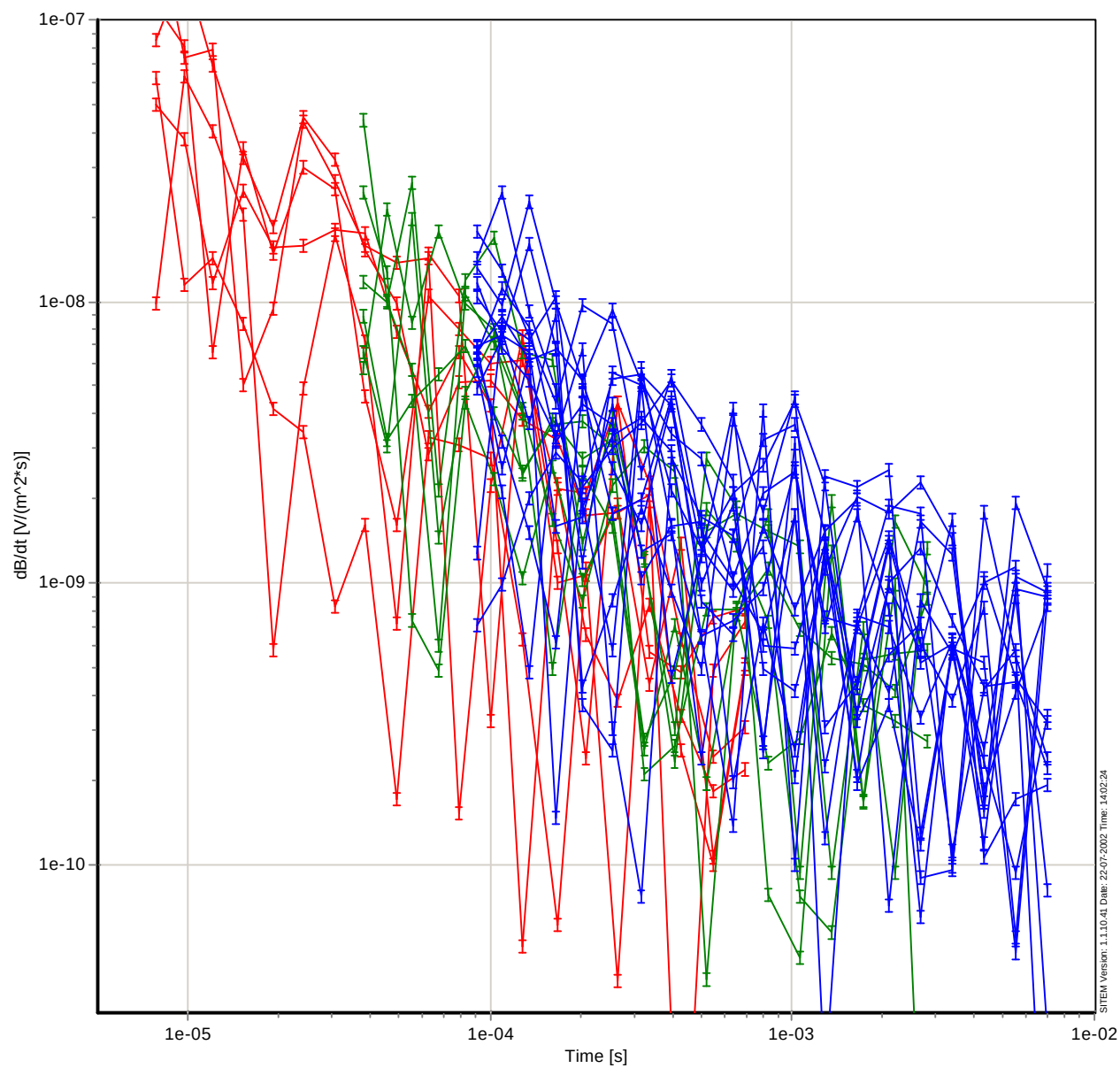
Figur 10.4 Sondering 3 Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.5 Sondering 5 Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.6 Sondering 6 Turn-off tid. Data fra sondering 6 tidsforskudt +1,5 μ sek, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1



Figur 10.7 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.2 MÅLEUDSTYR 2

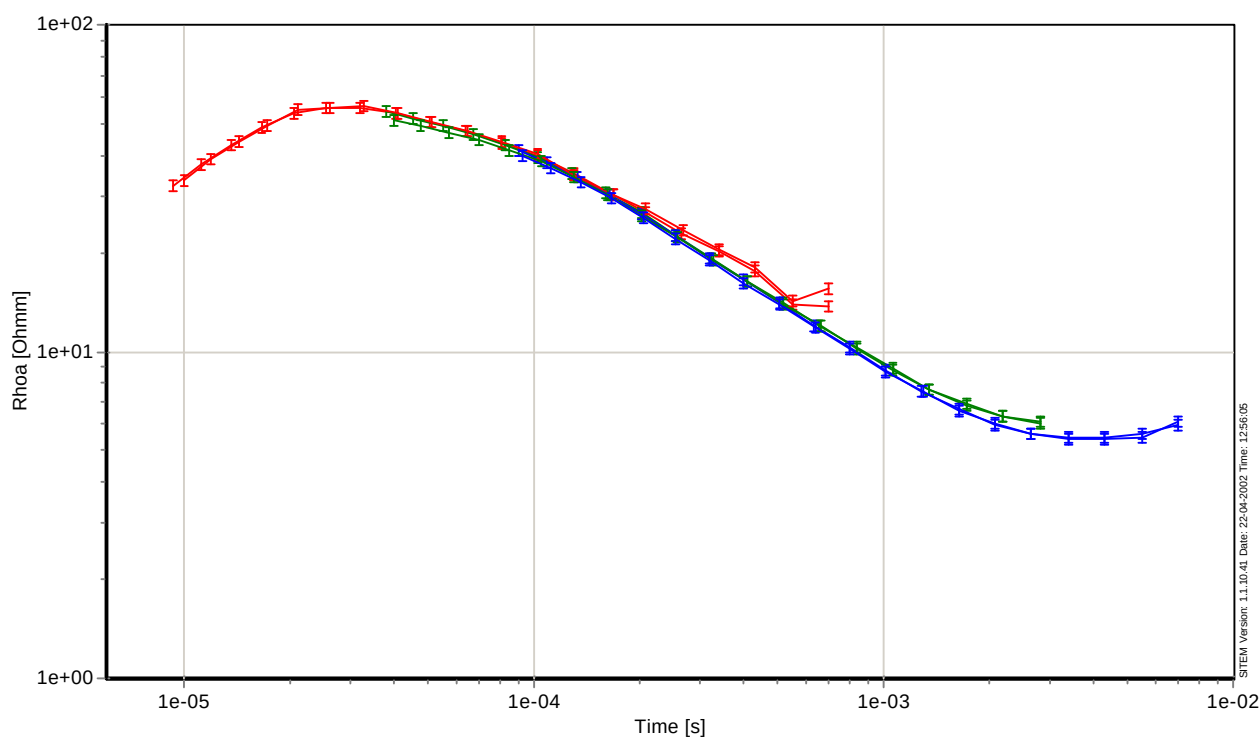
Måleudstyr nummer 2 er baseret på en digital Protem47D modtager og en TEM47 sender af fabrikatet Geonics samt en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

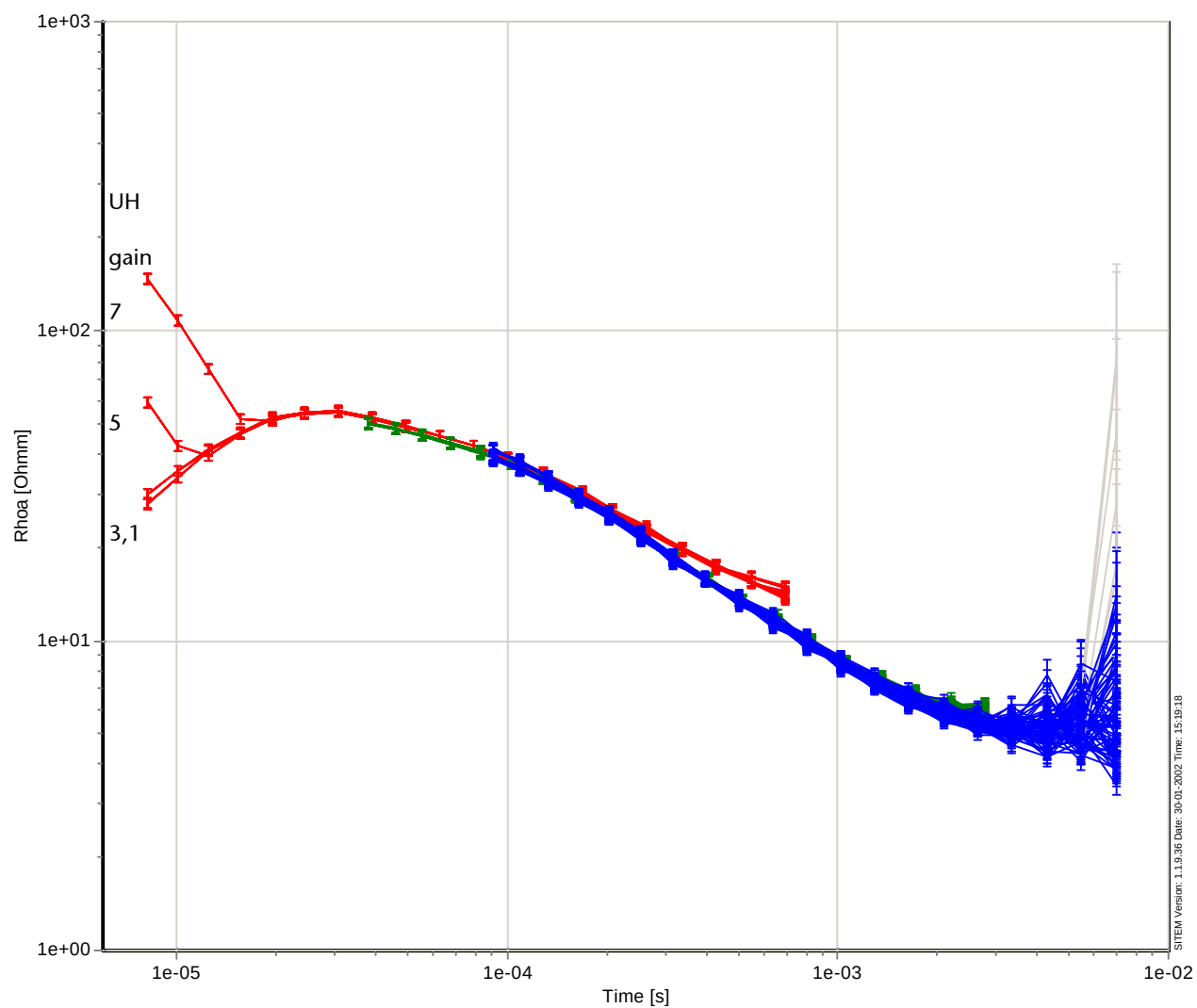
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

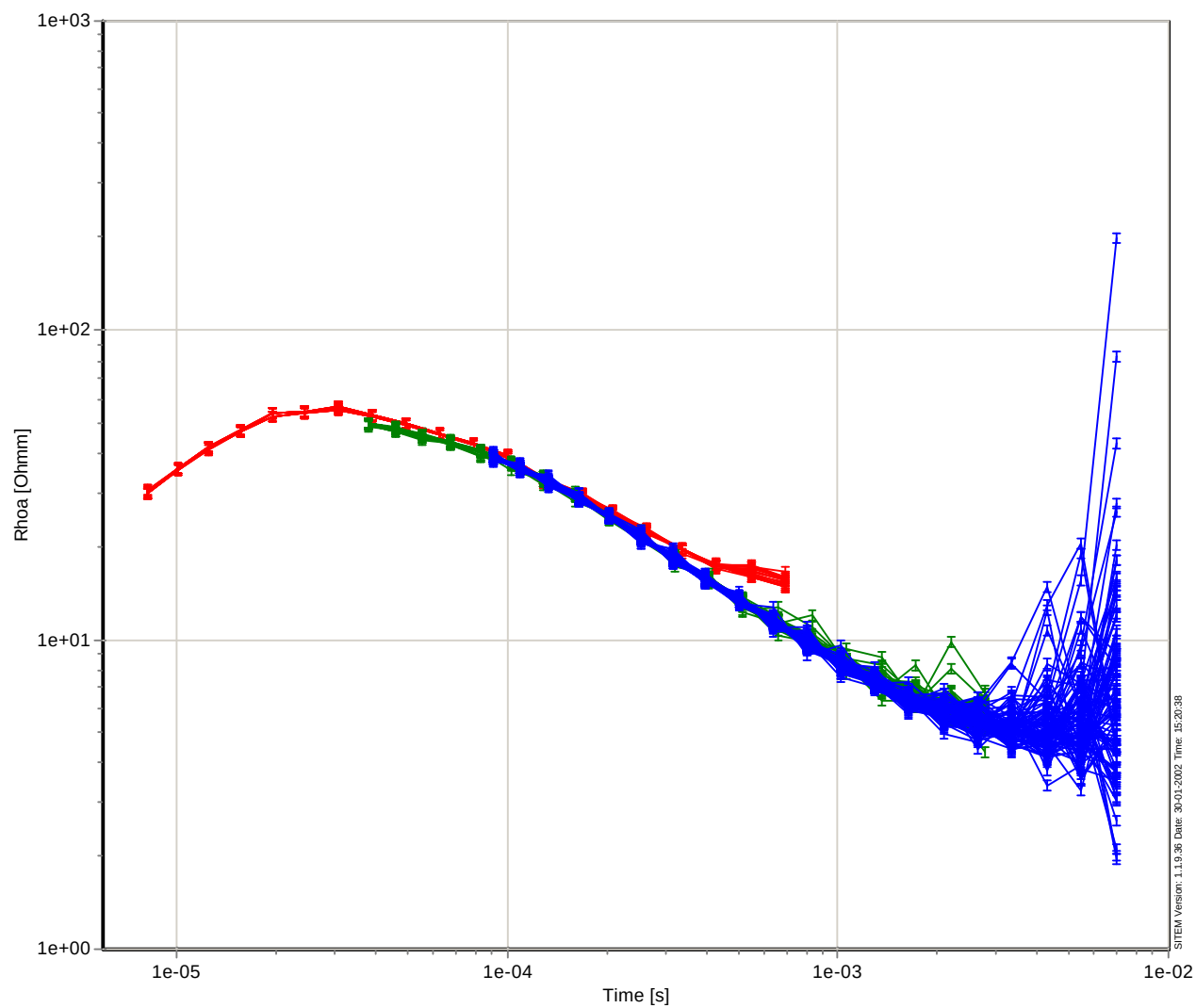
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



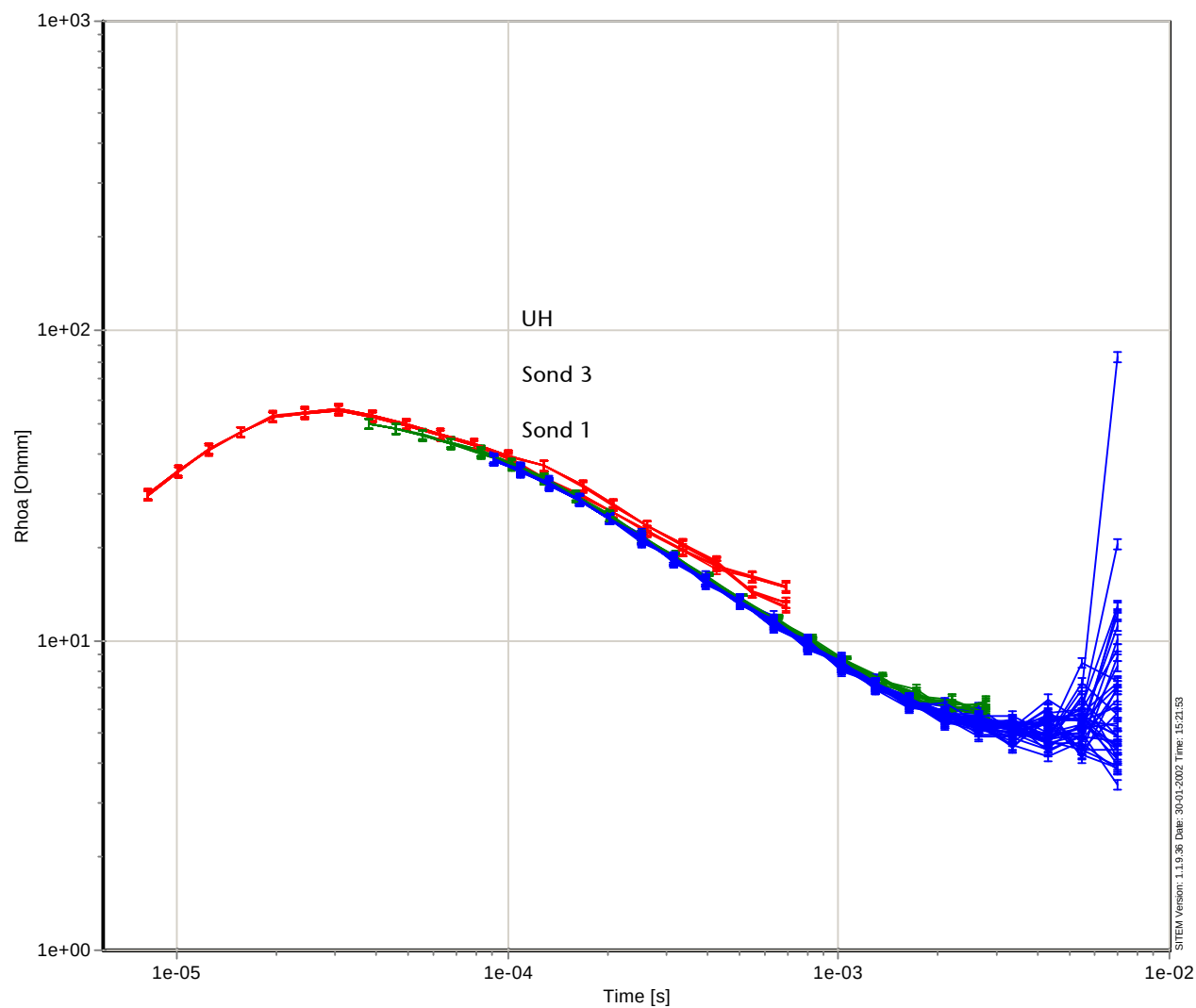
Figur 10.8 Referencesonderingen og sondering 6, Tidsforskydning 0,25 μ sek, Niveauforskydning 1,054. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå



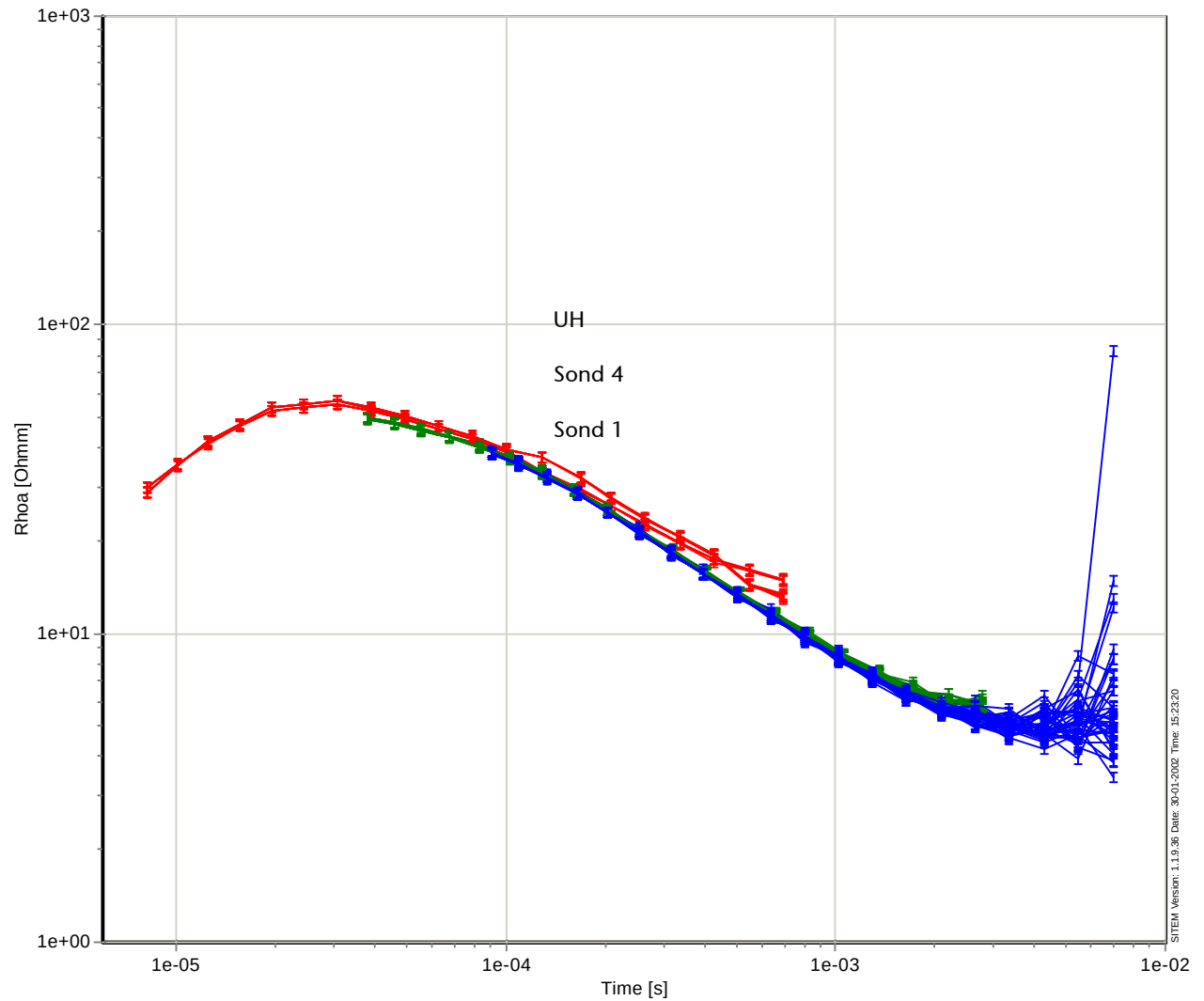
Figur 10.9 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



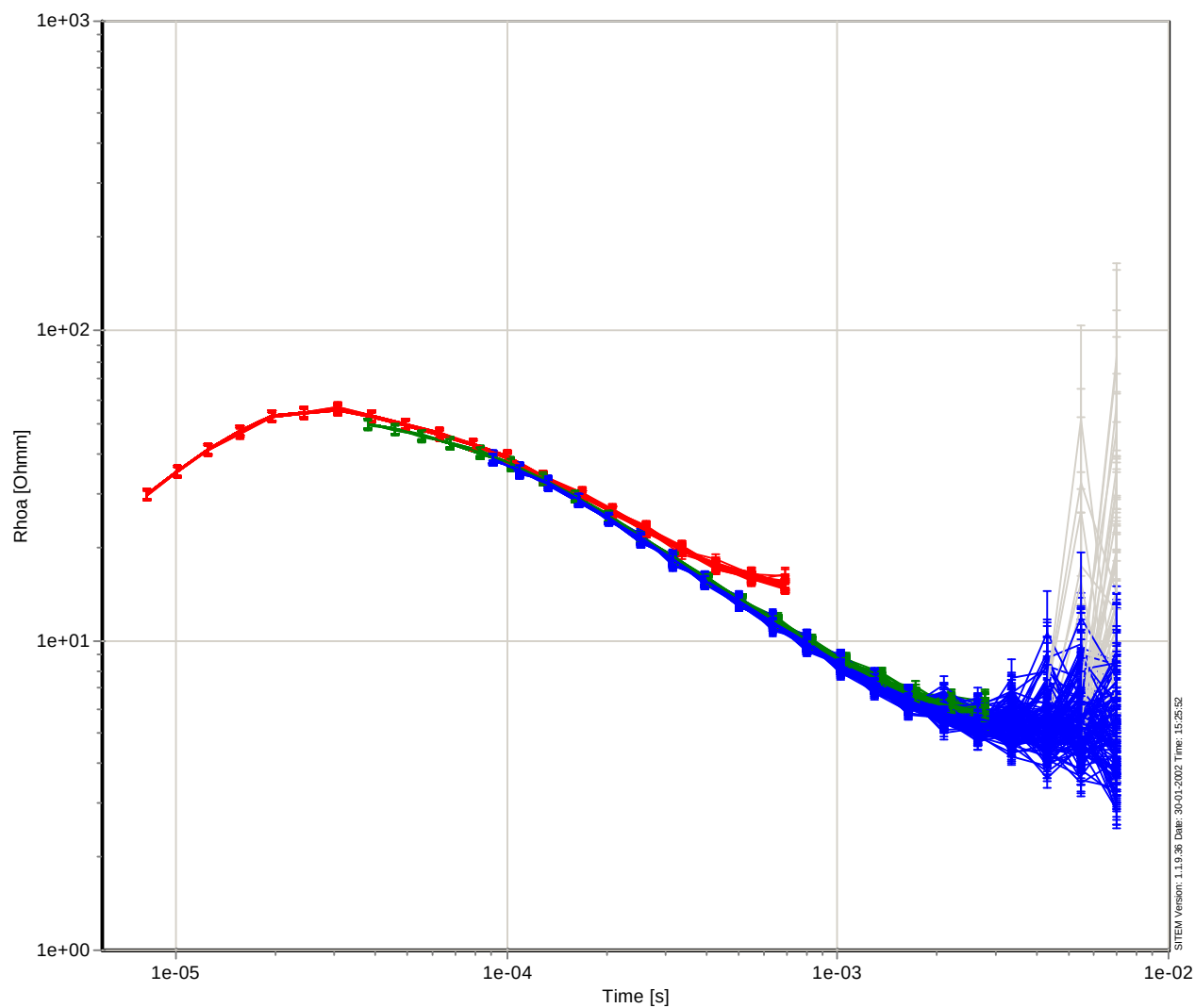
Figur 10.10 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



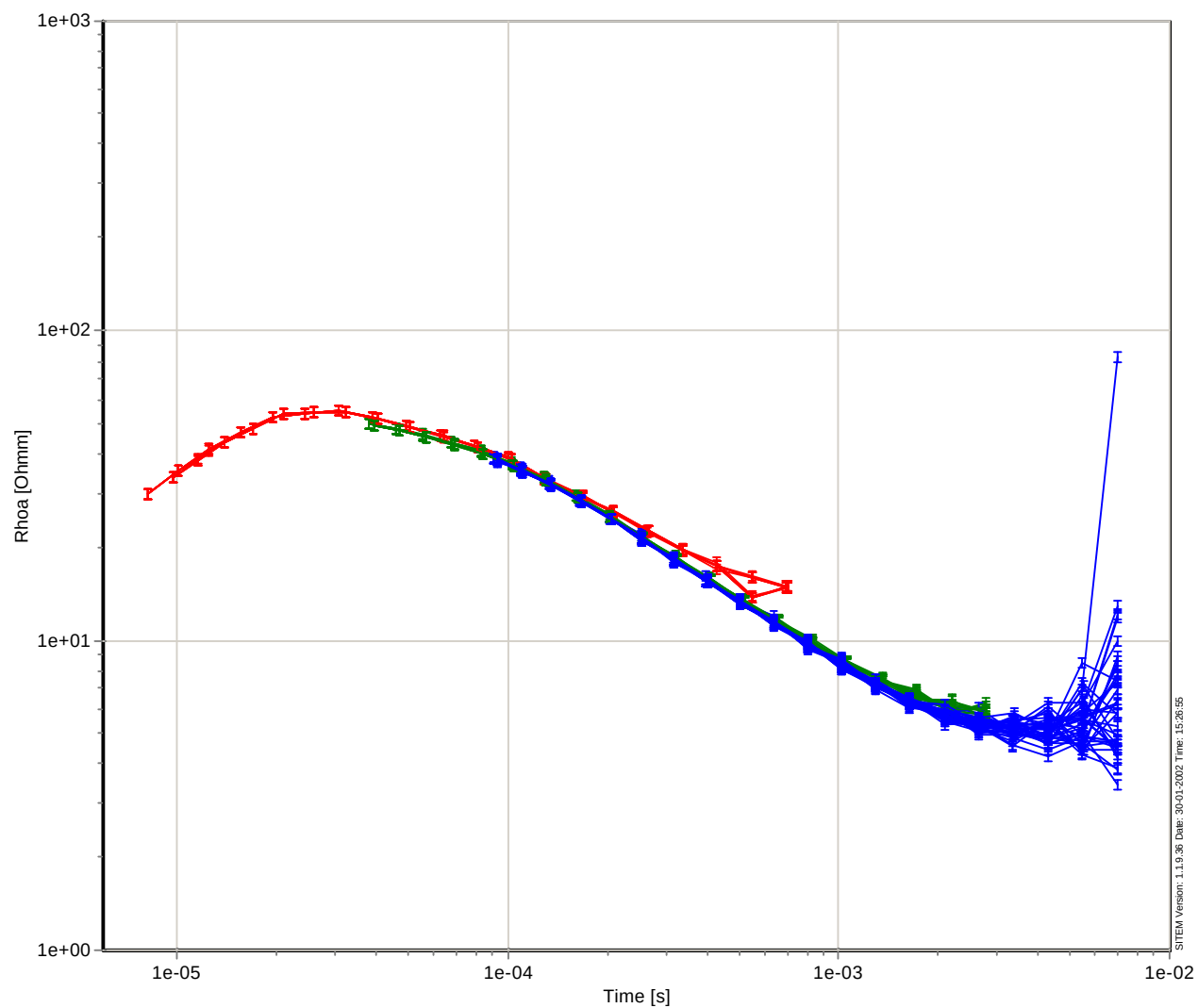
Figur 10.11 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



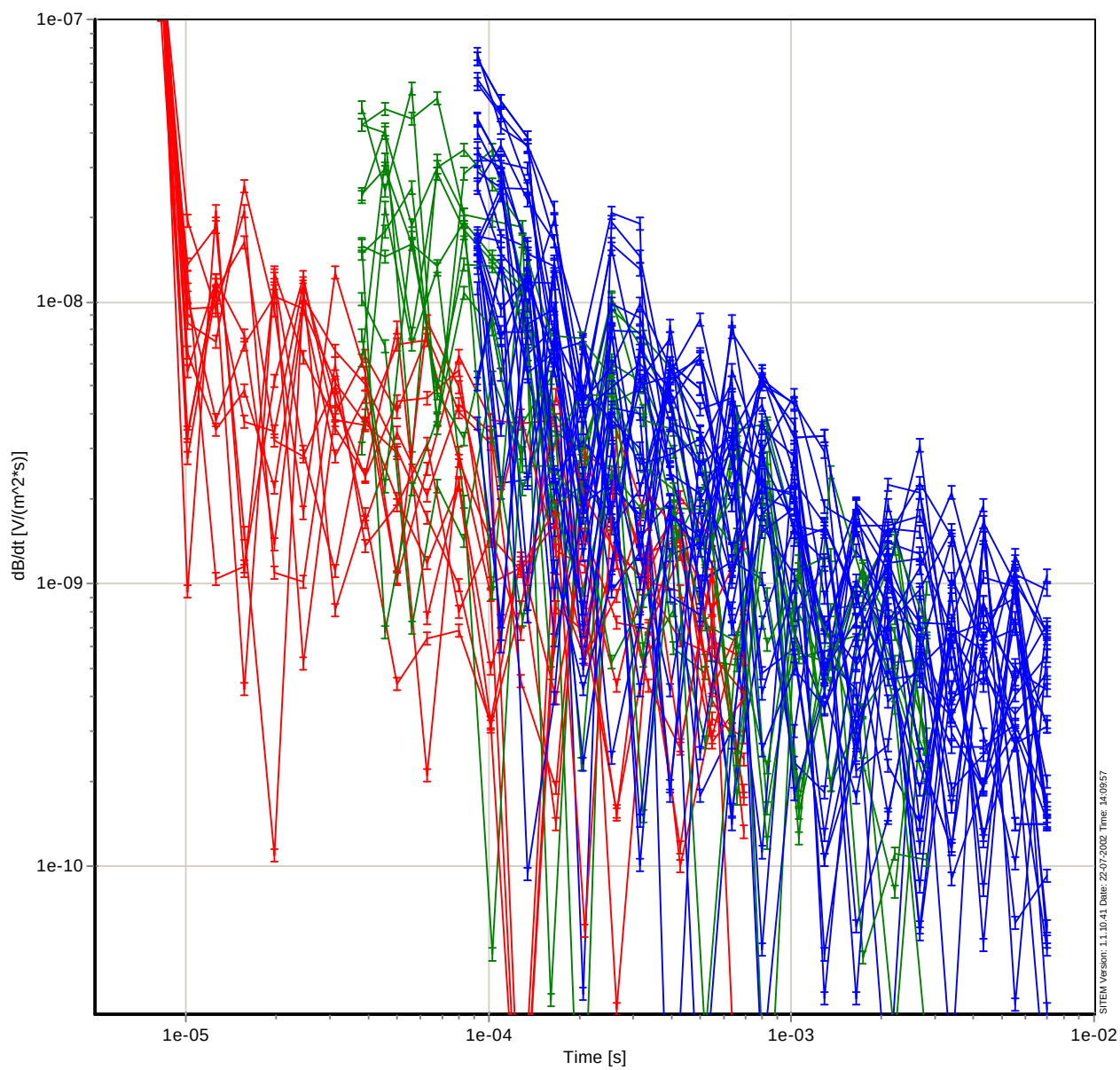
Figur 10.12 Sondering 4. Polariteten af modtagerspølen vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 4 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.13 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1



Figur 10.14 Sondering 6. Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1



Figur 10.15 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.3 MÅLEUDSTYR 3

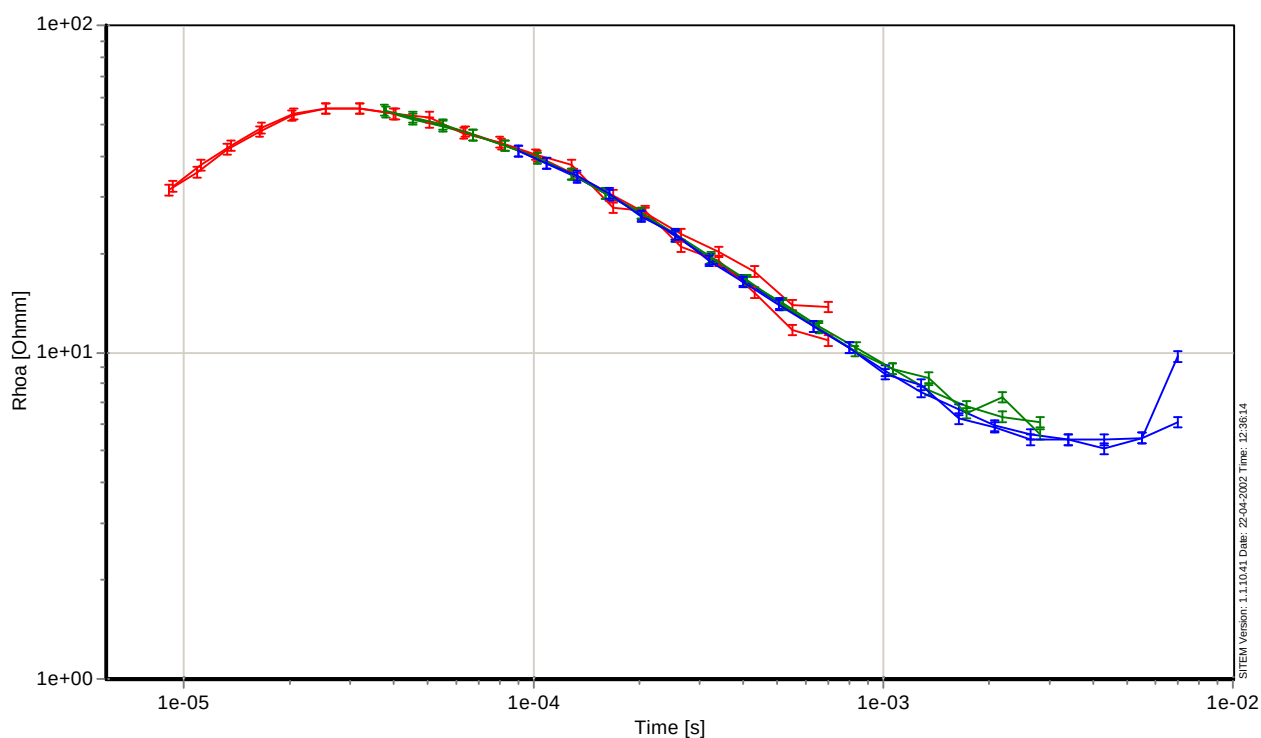
Måleudstyr nummer 3 er baseret på en digital Protem47D modtager, en TEM47 sender af fabrikatet Geonics samt en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

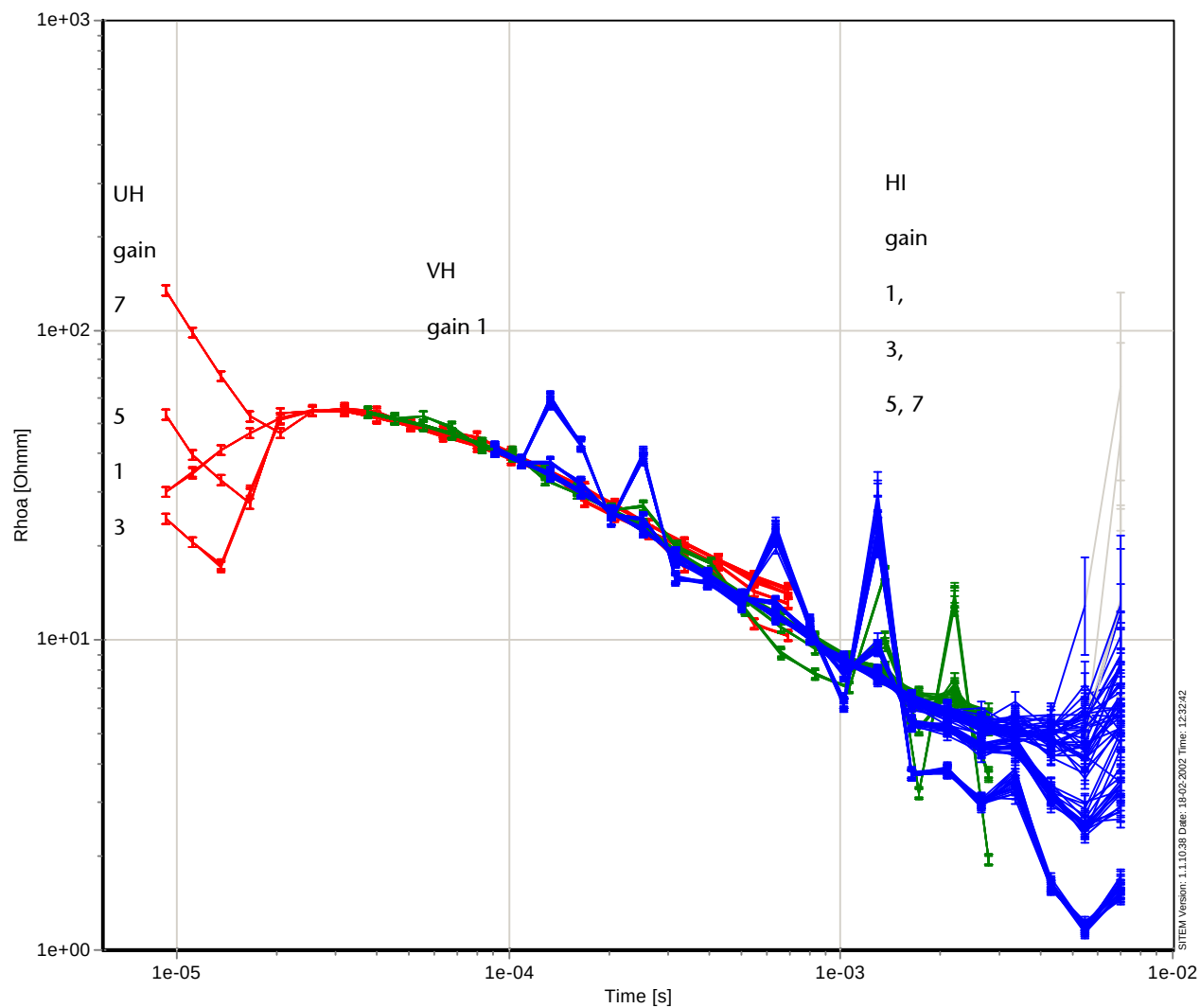
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af reference signal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

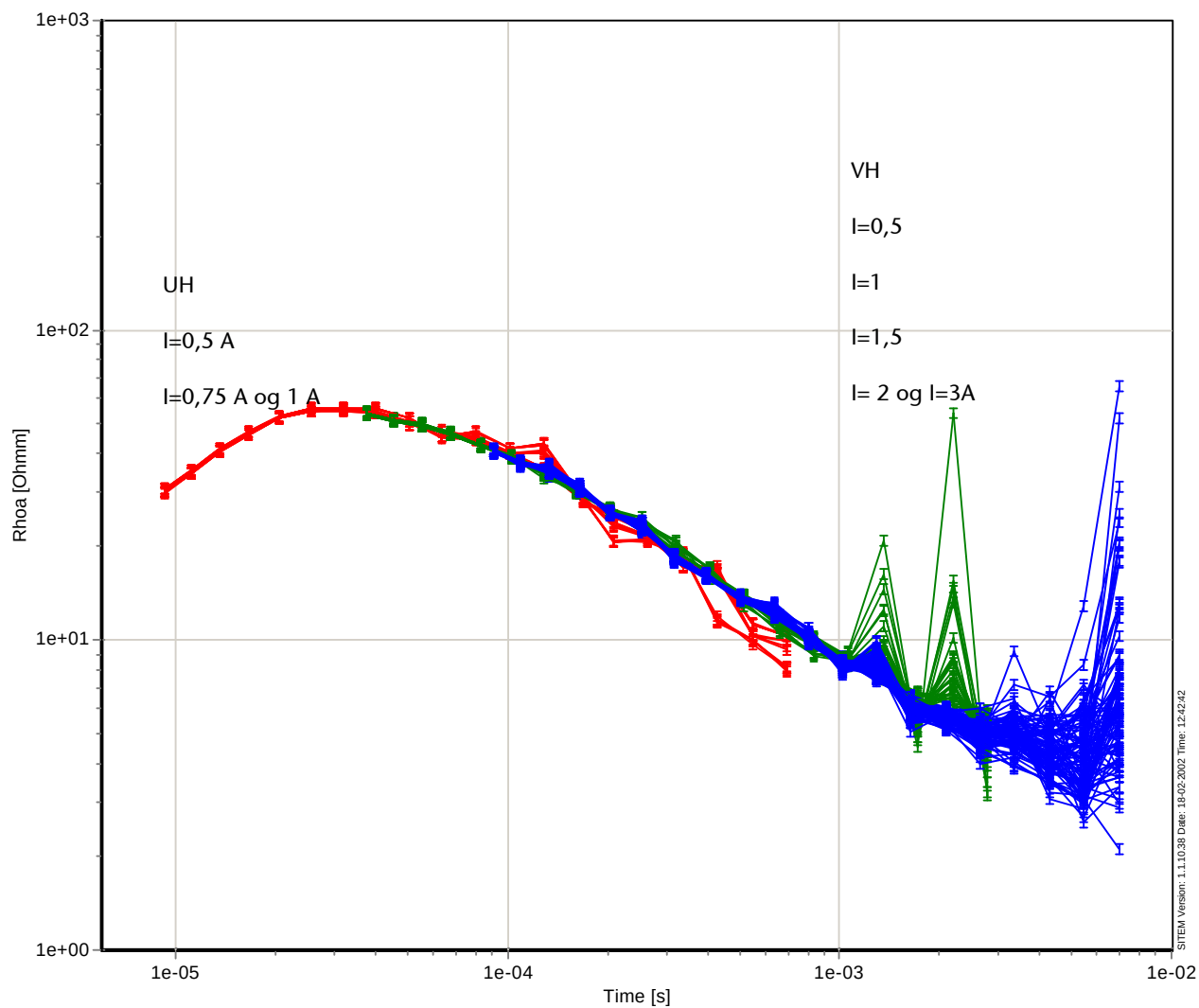
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



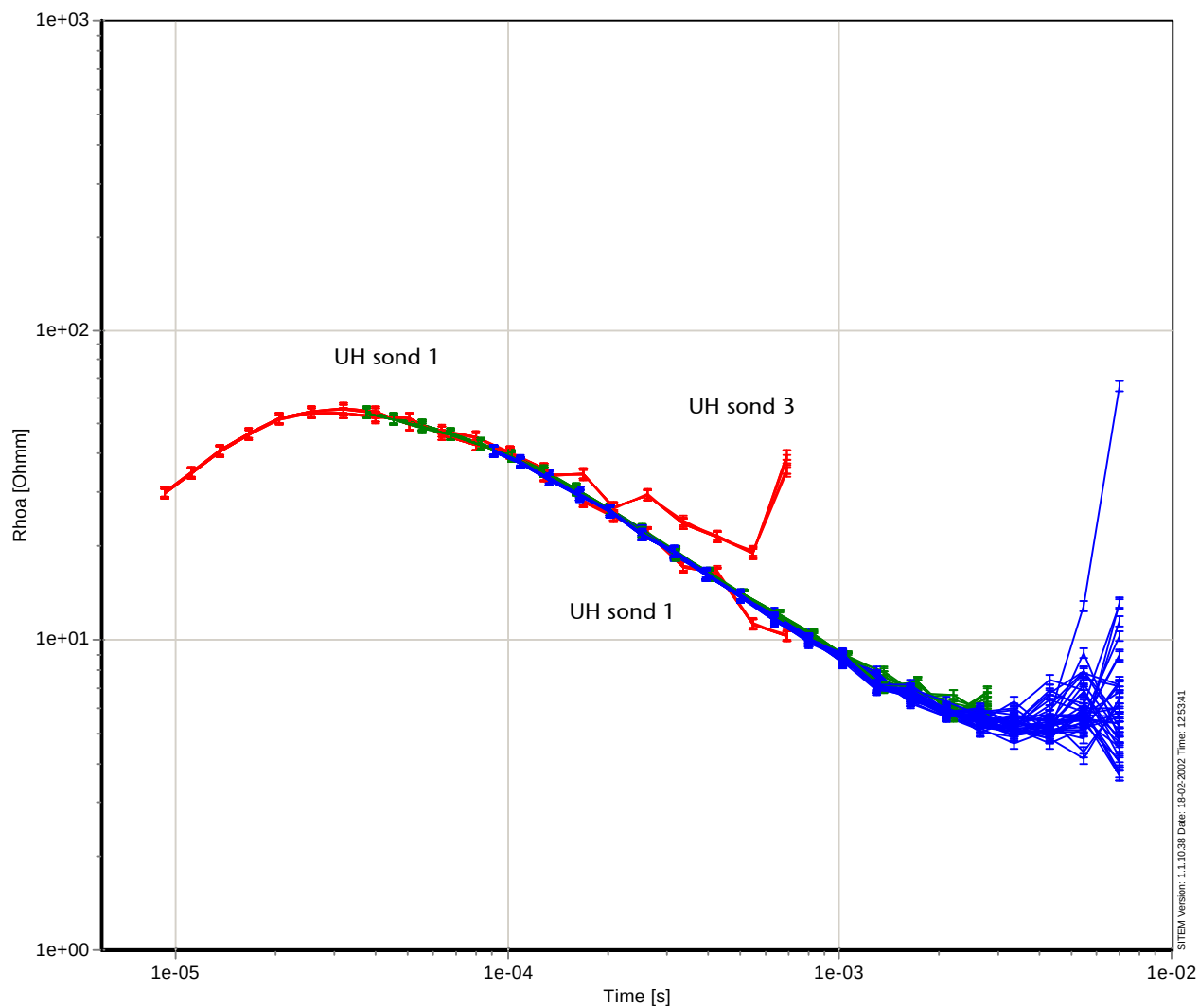
Figur 10.16 Måleudstyr 3, Tidsforskydning $-0,27 \mu\text{sek}$. Niveauforskydningen er ikke beregnet, men ligger meget tæt på en faktor 1. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



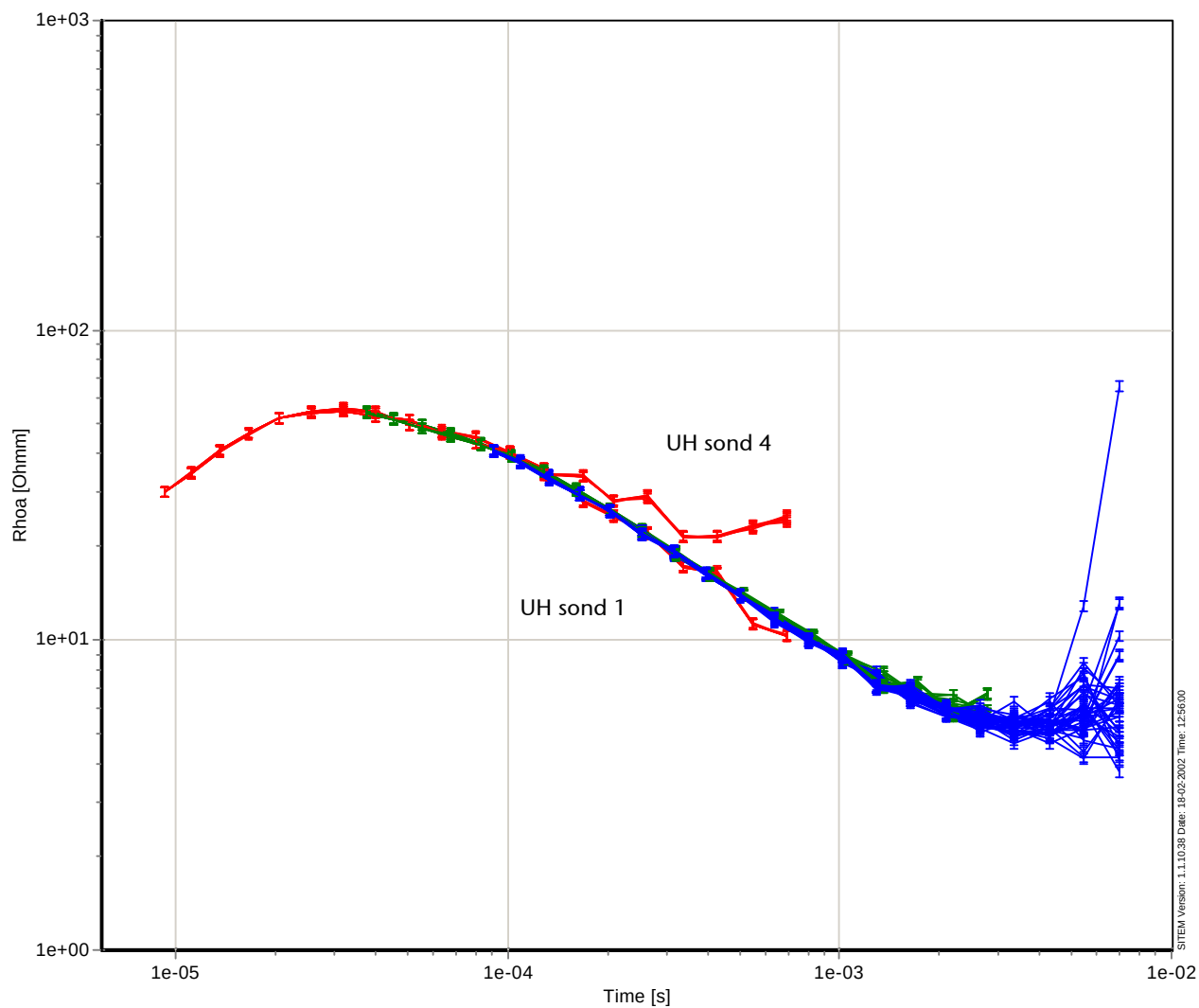
Figur 10.17 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.

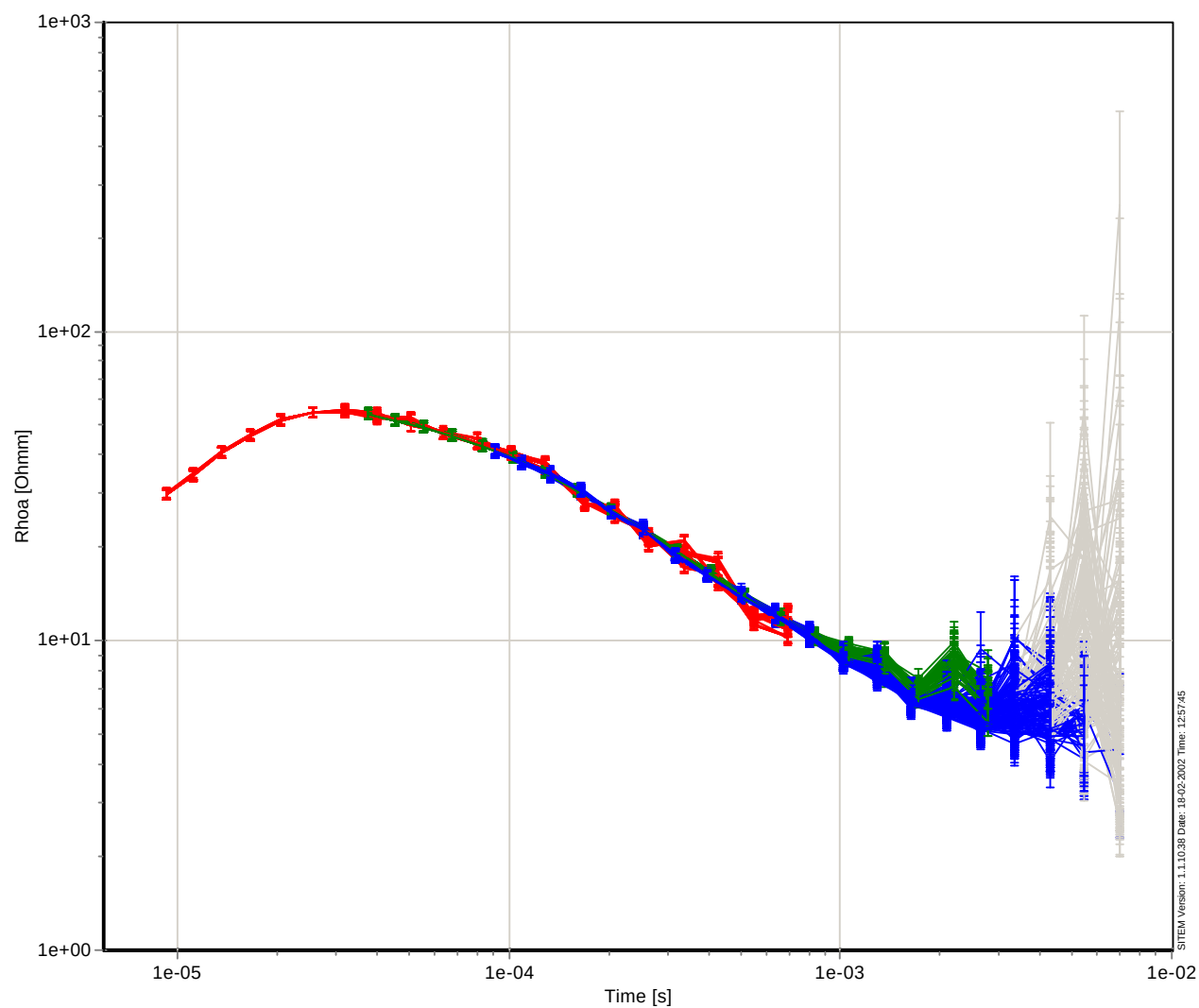


Figur 10.18 Sondring 2. Lineariteten af strømstyrken Data fra sondring 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondring 1.

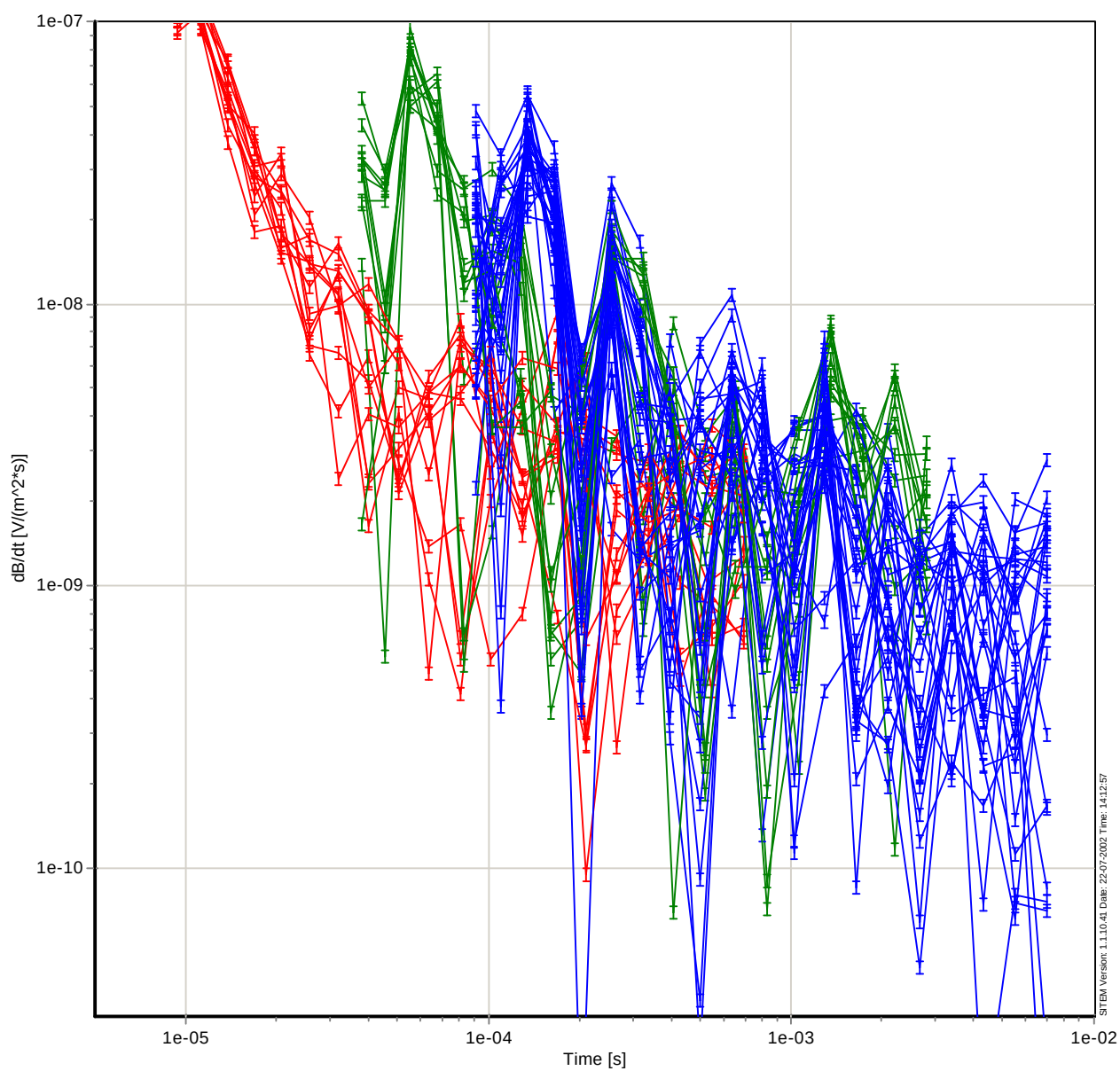


Figur 10.19 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.





Figur 10.21 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.22 Sondering 7. Data fra sondeirng 7 samt støj fra sondering 1.

10.4 MÅLEUDSTYR 4

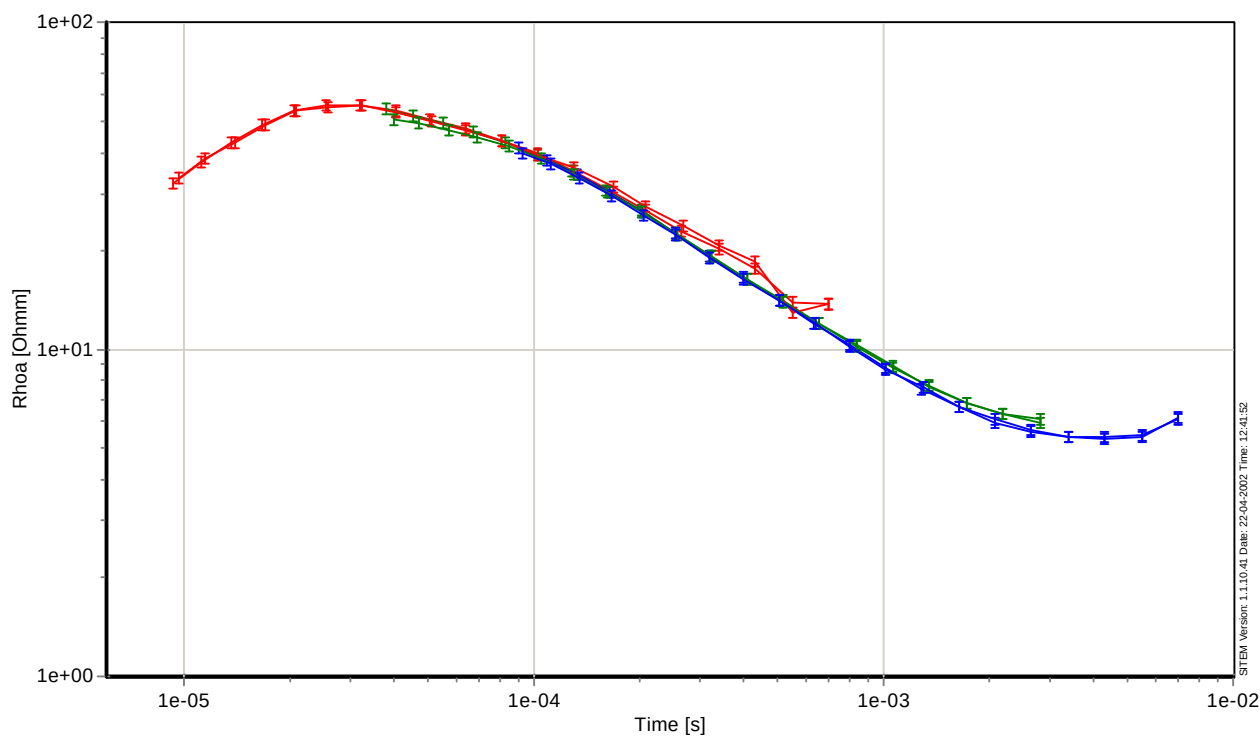
Måleudstyr nummer 4 er baseret på en digital Protem47D modtager, en TEM47 sender af fabrikatet Geonics samt en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

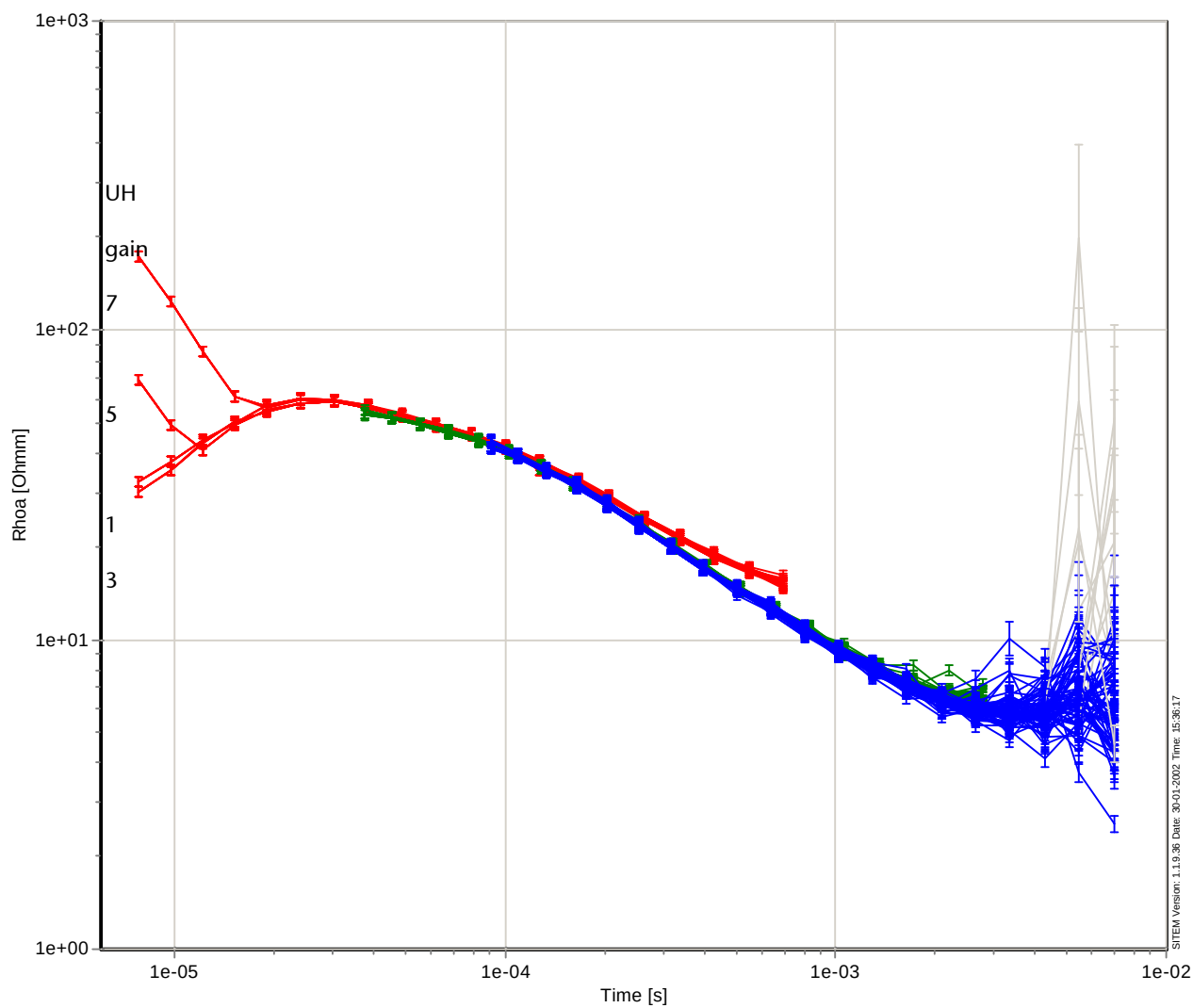
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

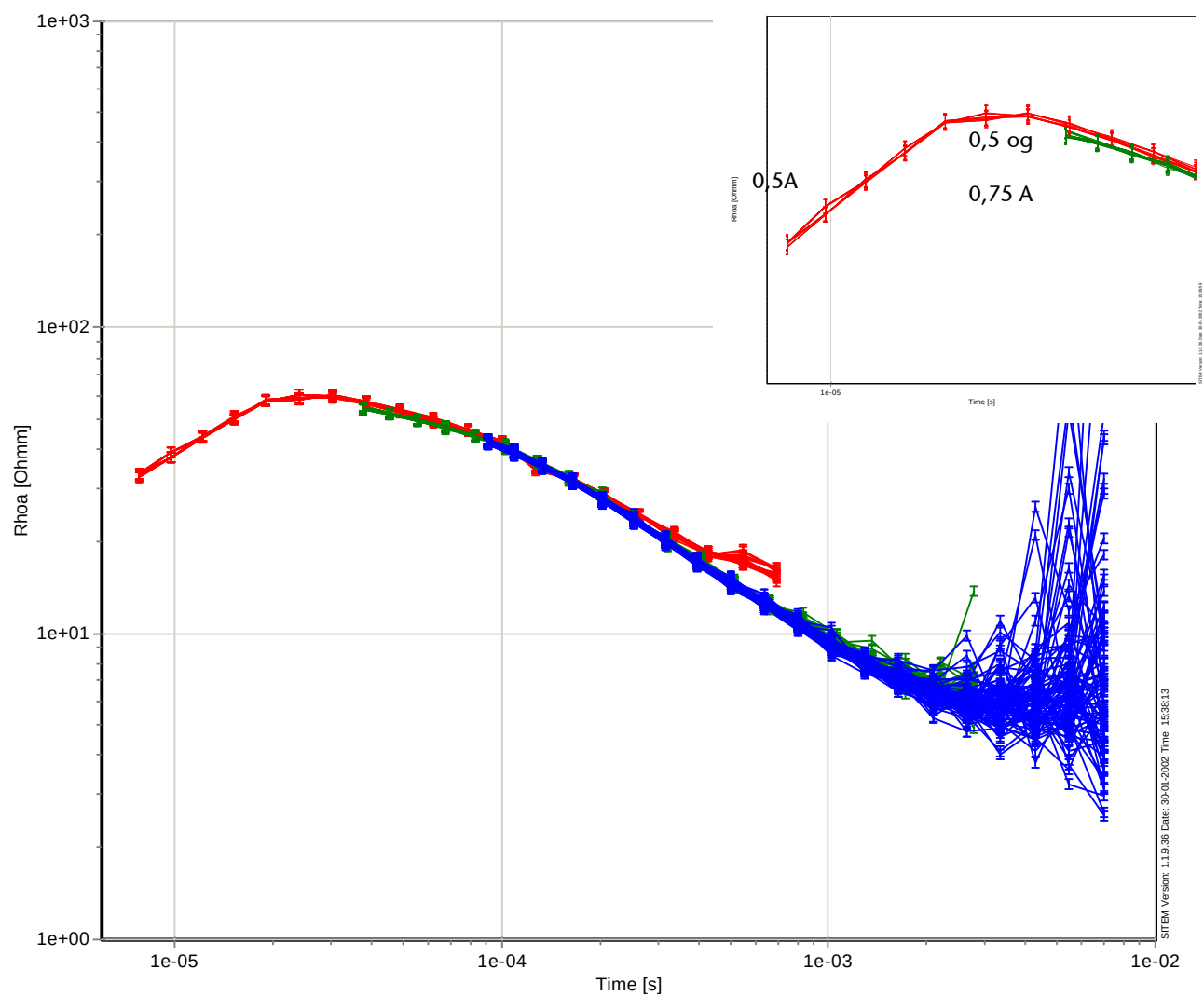
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



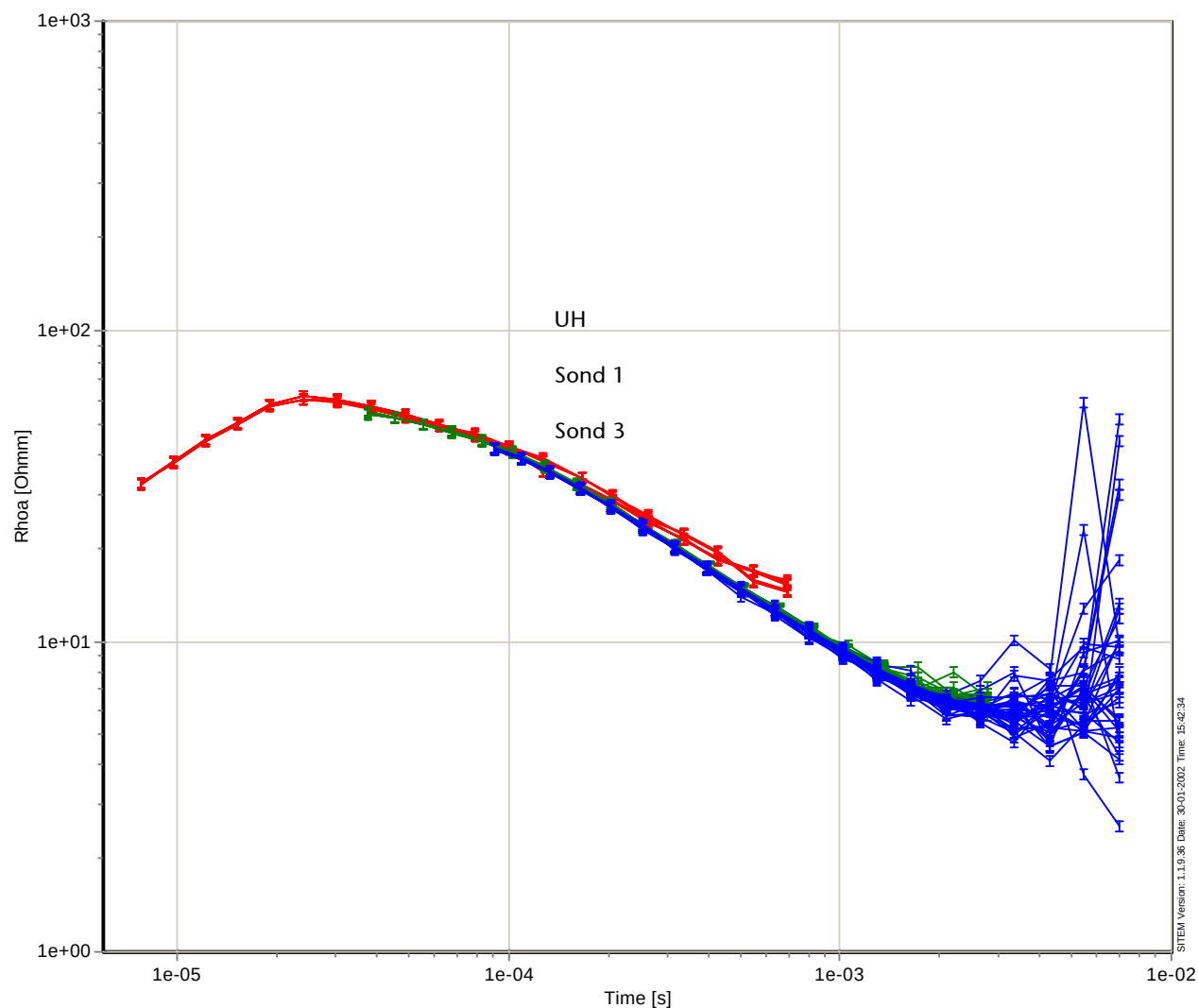
Figur 10.23 Måleudstyr 4, Tidsforskydning 0,3 μ sek., Niveauforskydning 1,073. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



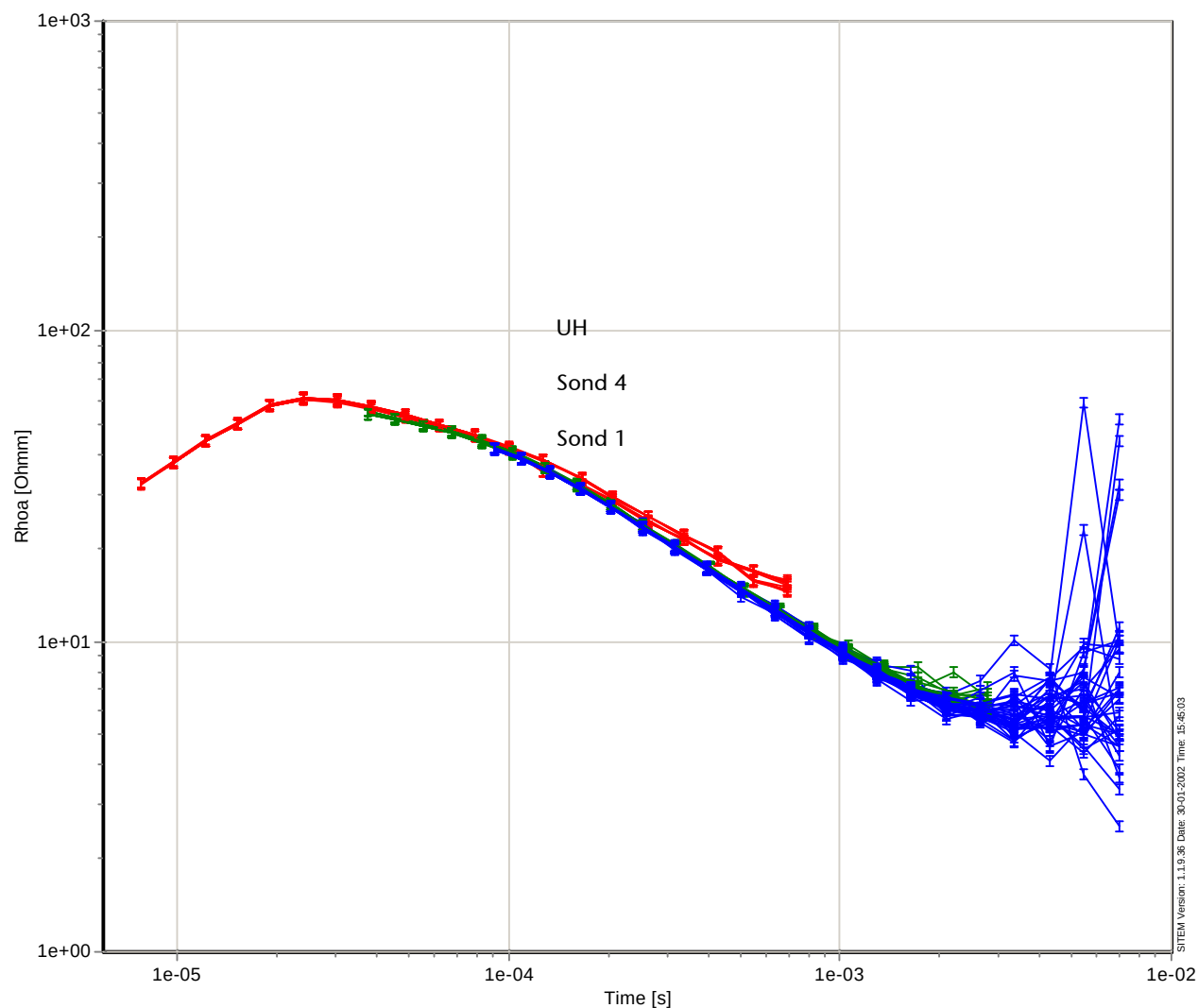
Figur 10.24 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



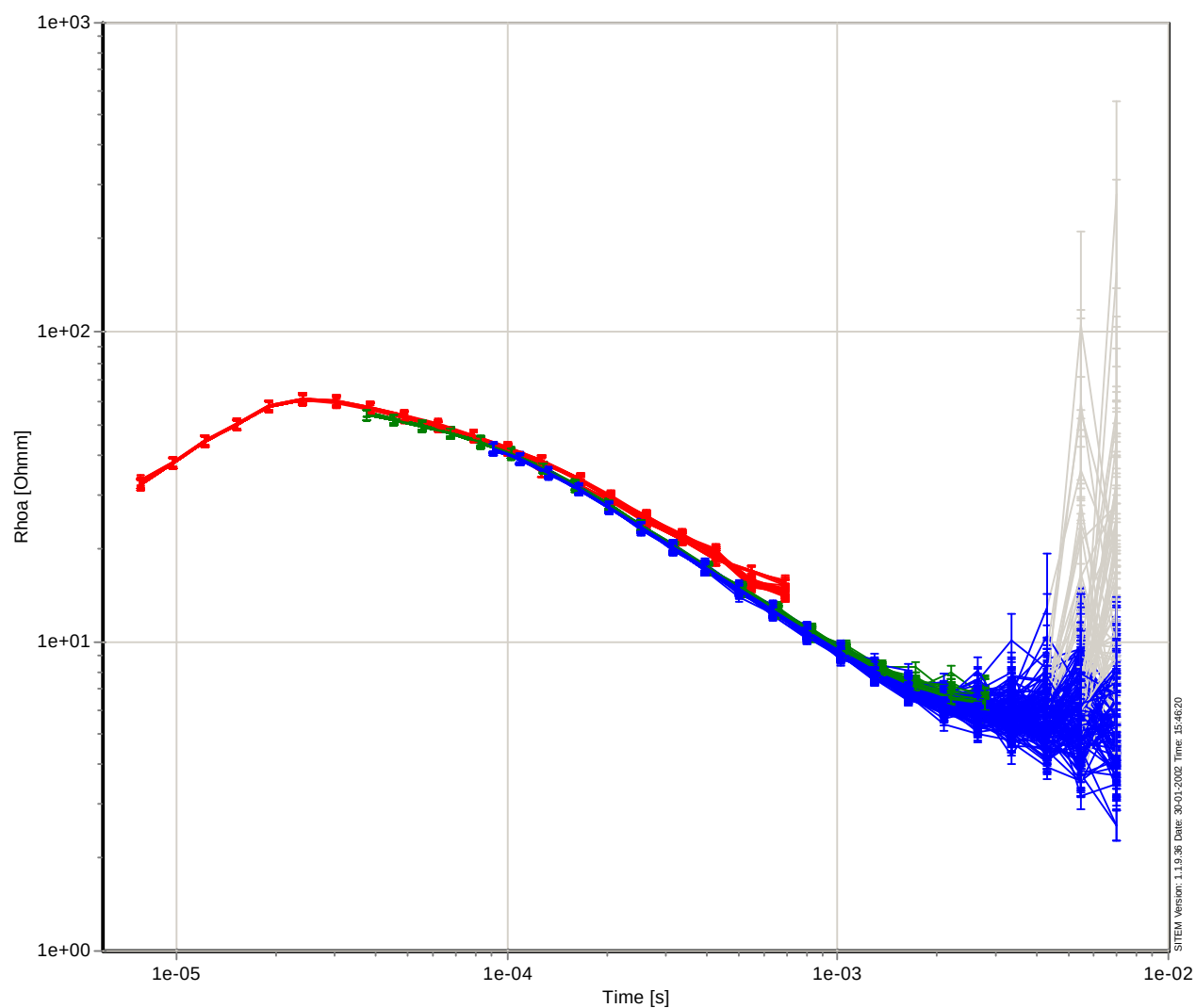
Figur 10.25 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



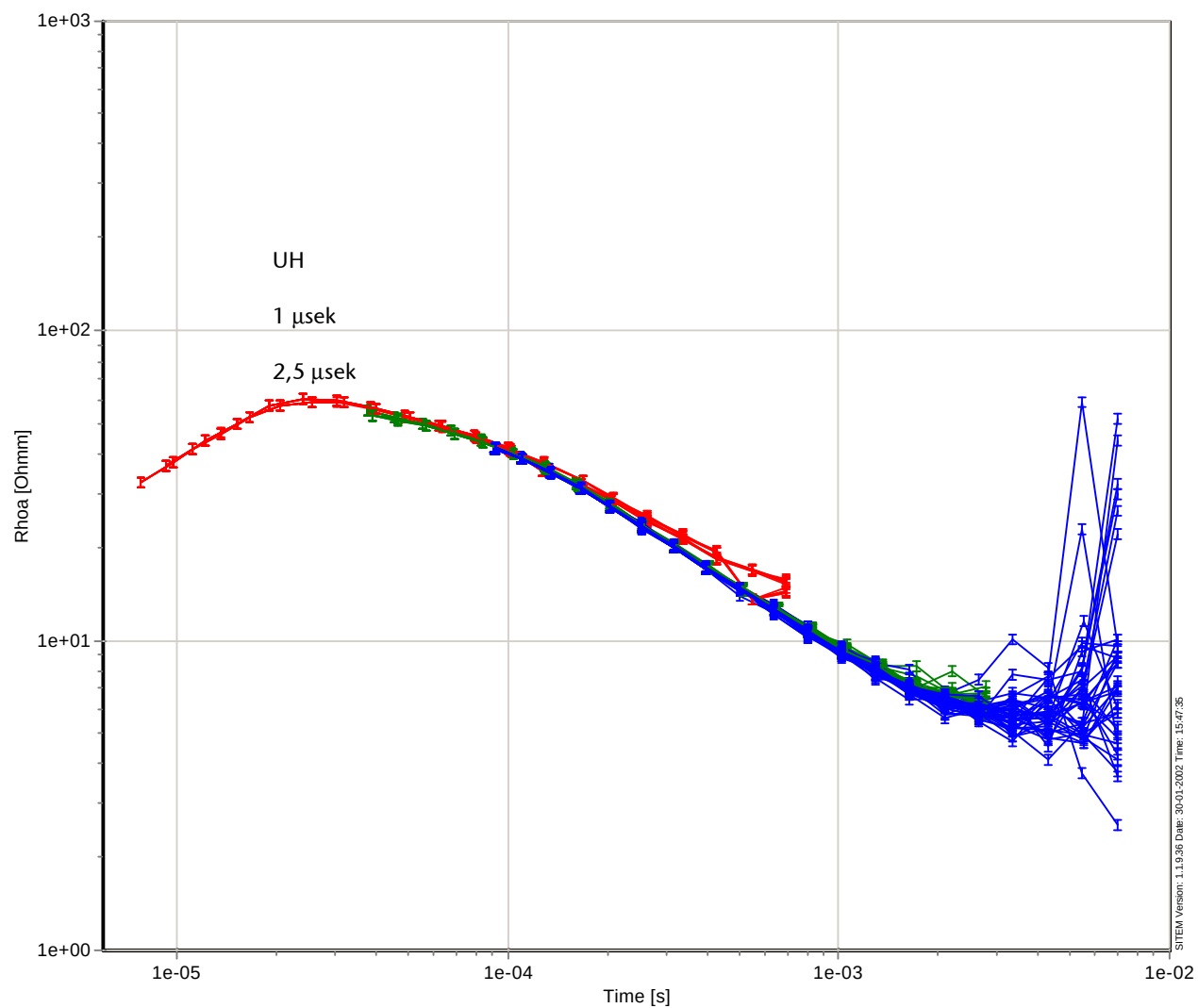
Figur 10.26 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



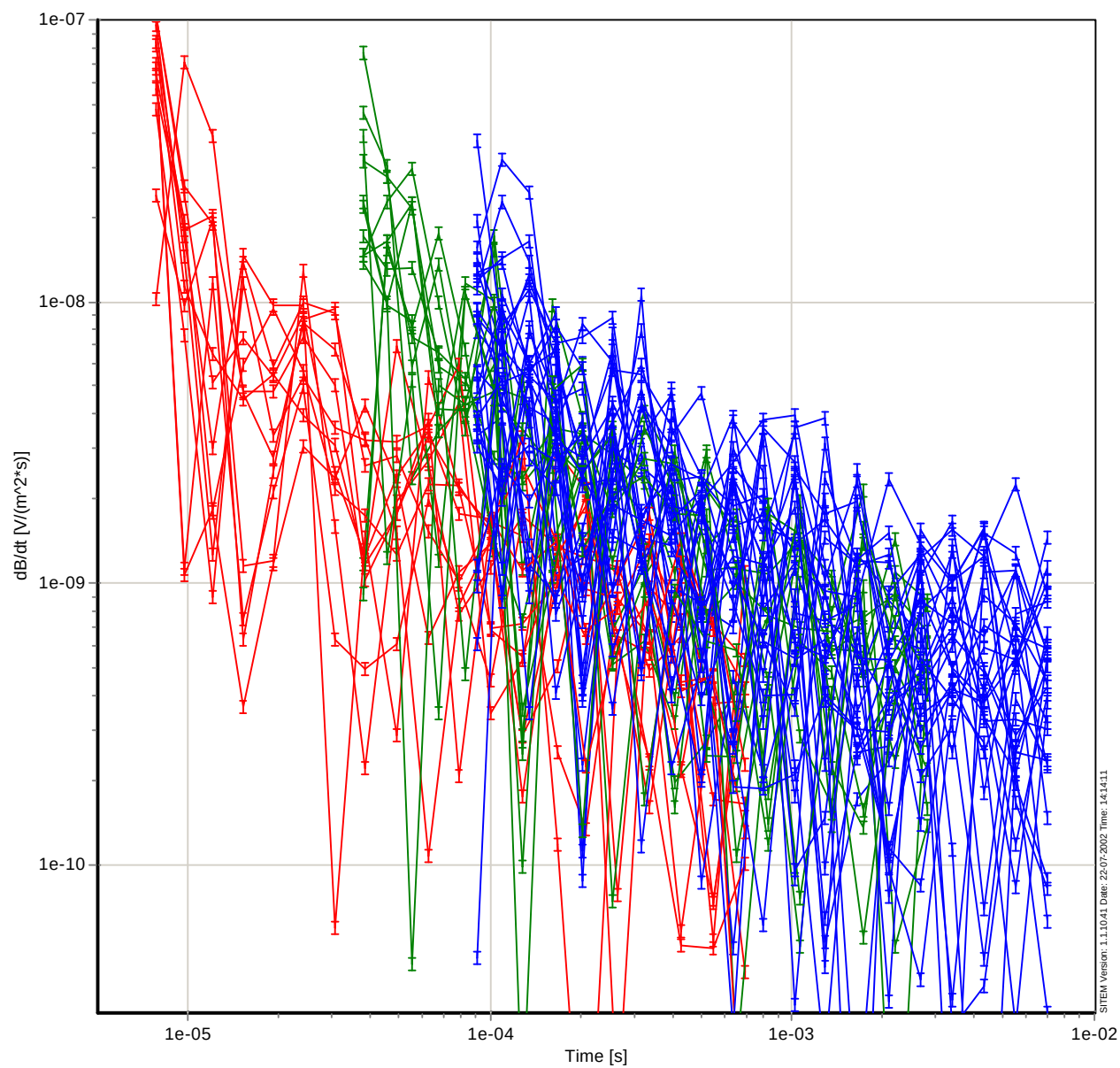
Figur 10.27 Sondering 4. Polariteten af modtagerspølen vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 4 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.28 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.29 Sondering 6. Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.30 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.5 MÅLEUDSTYR 5

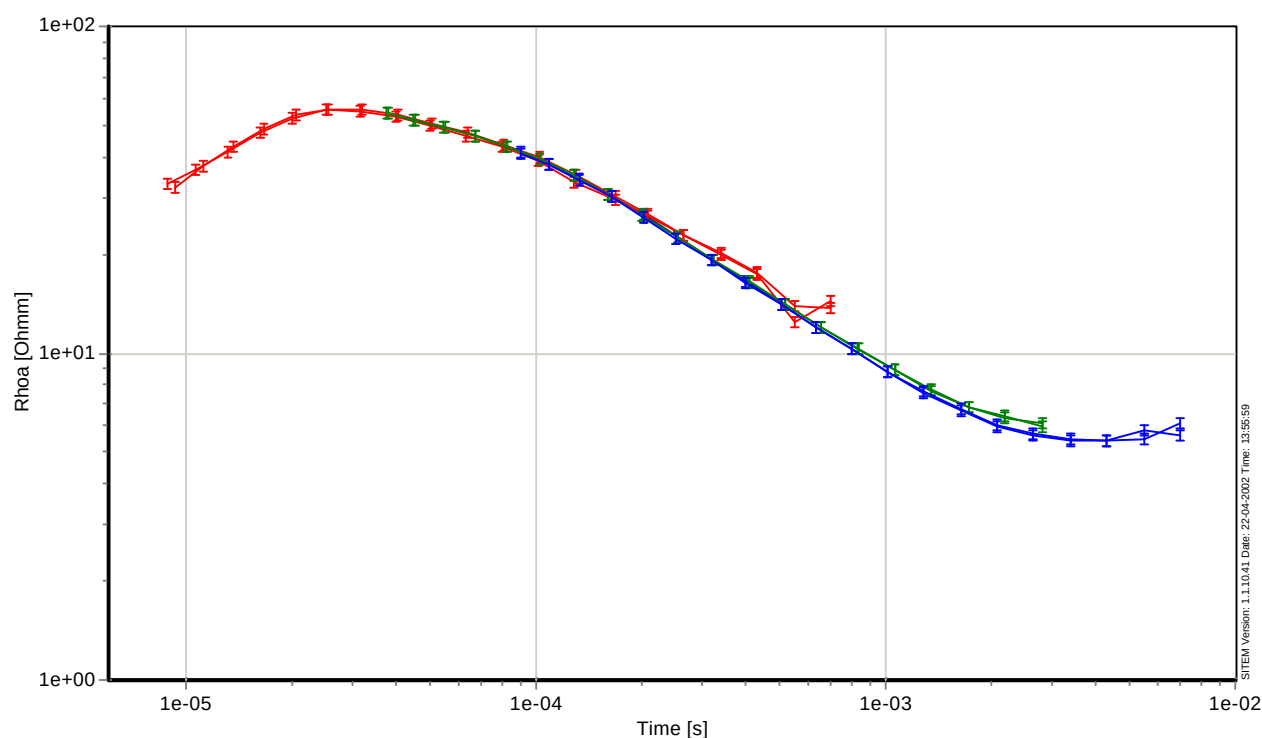
Måleudstyr nummer 5 er baseret på en digital Protem47D modtager, en TEM47 sender og en modtagerspole, alle af fabrikatet Geonics.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

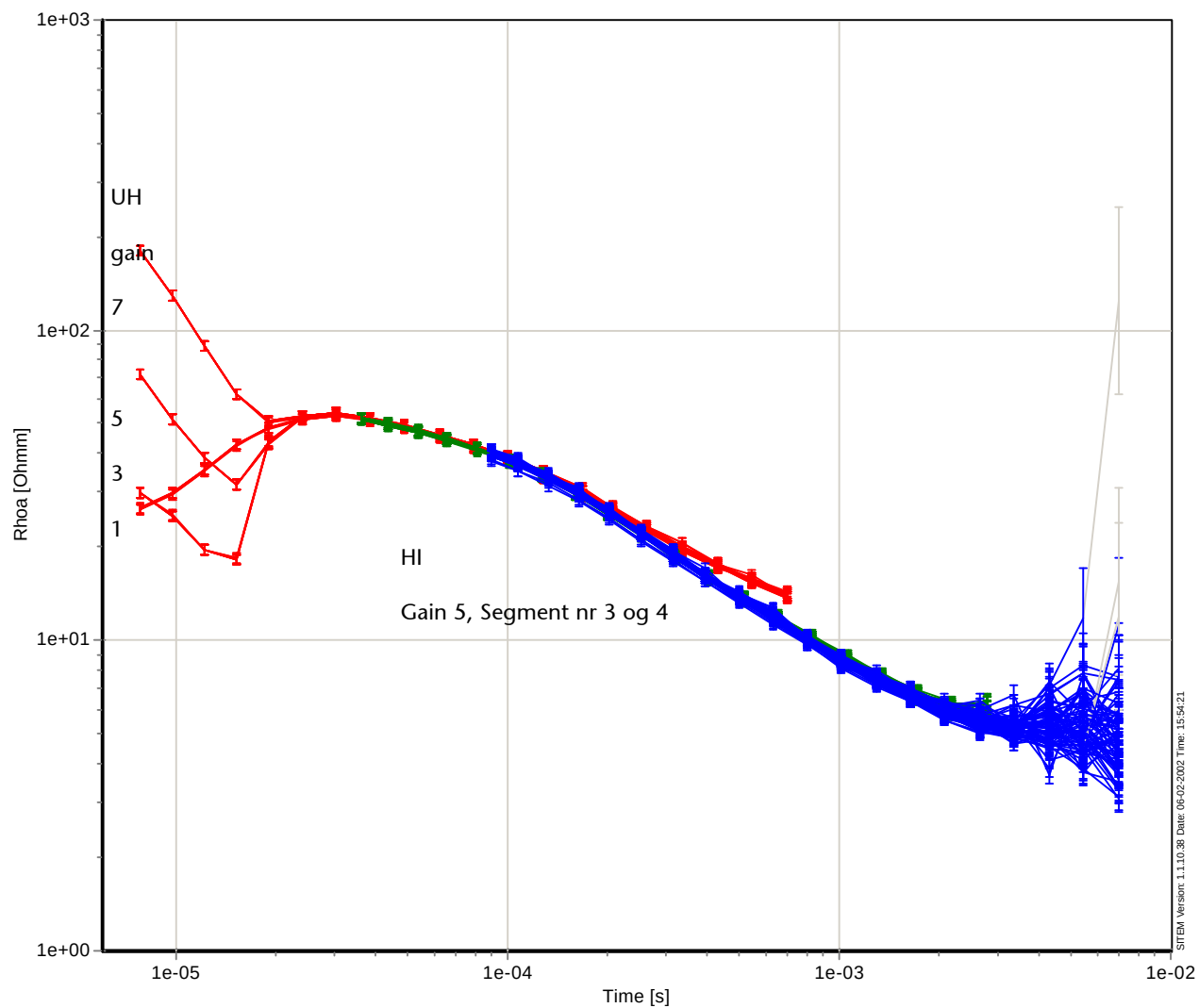
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

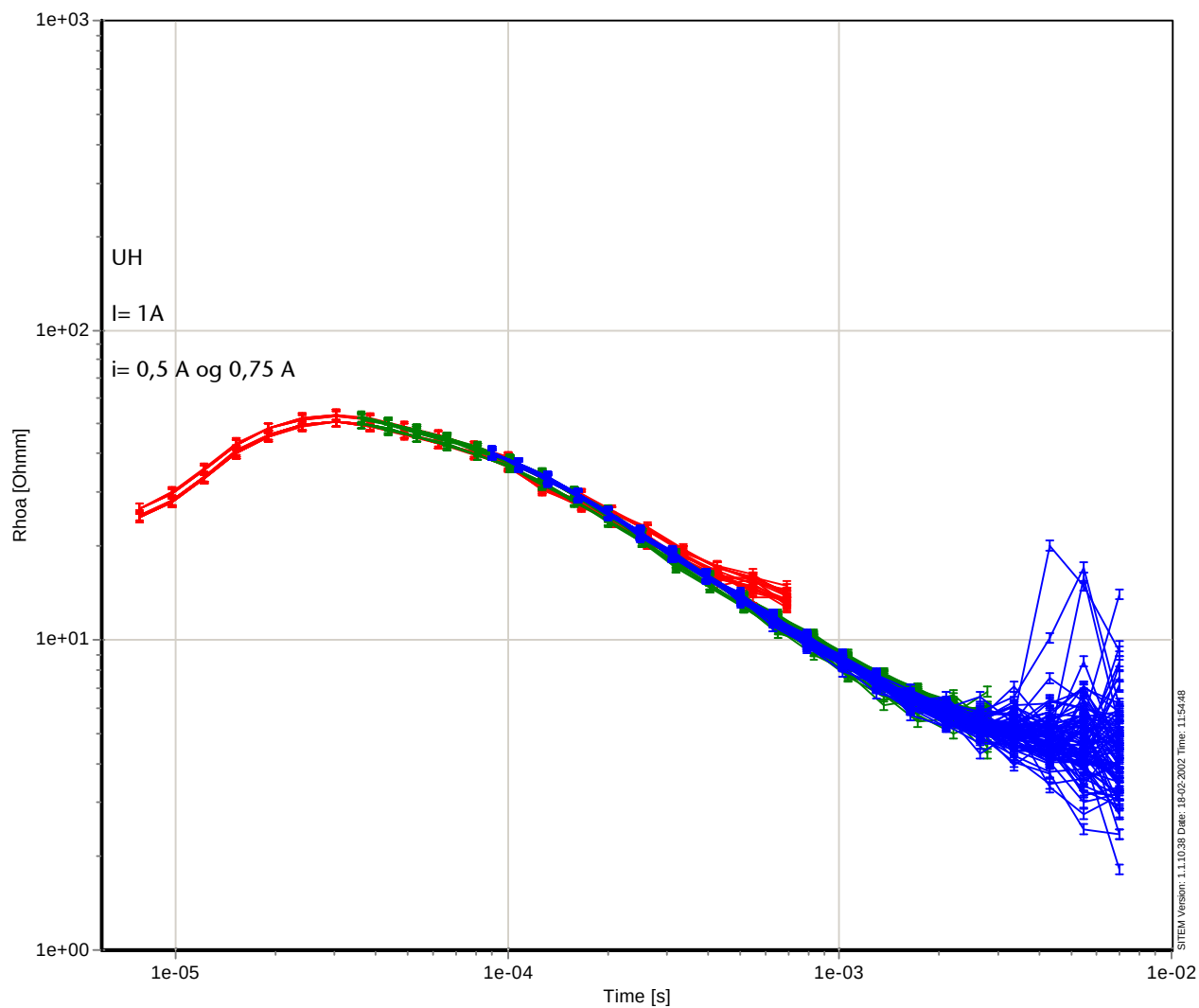
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



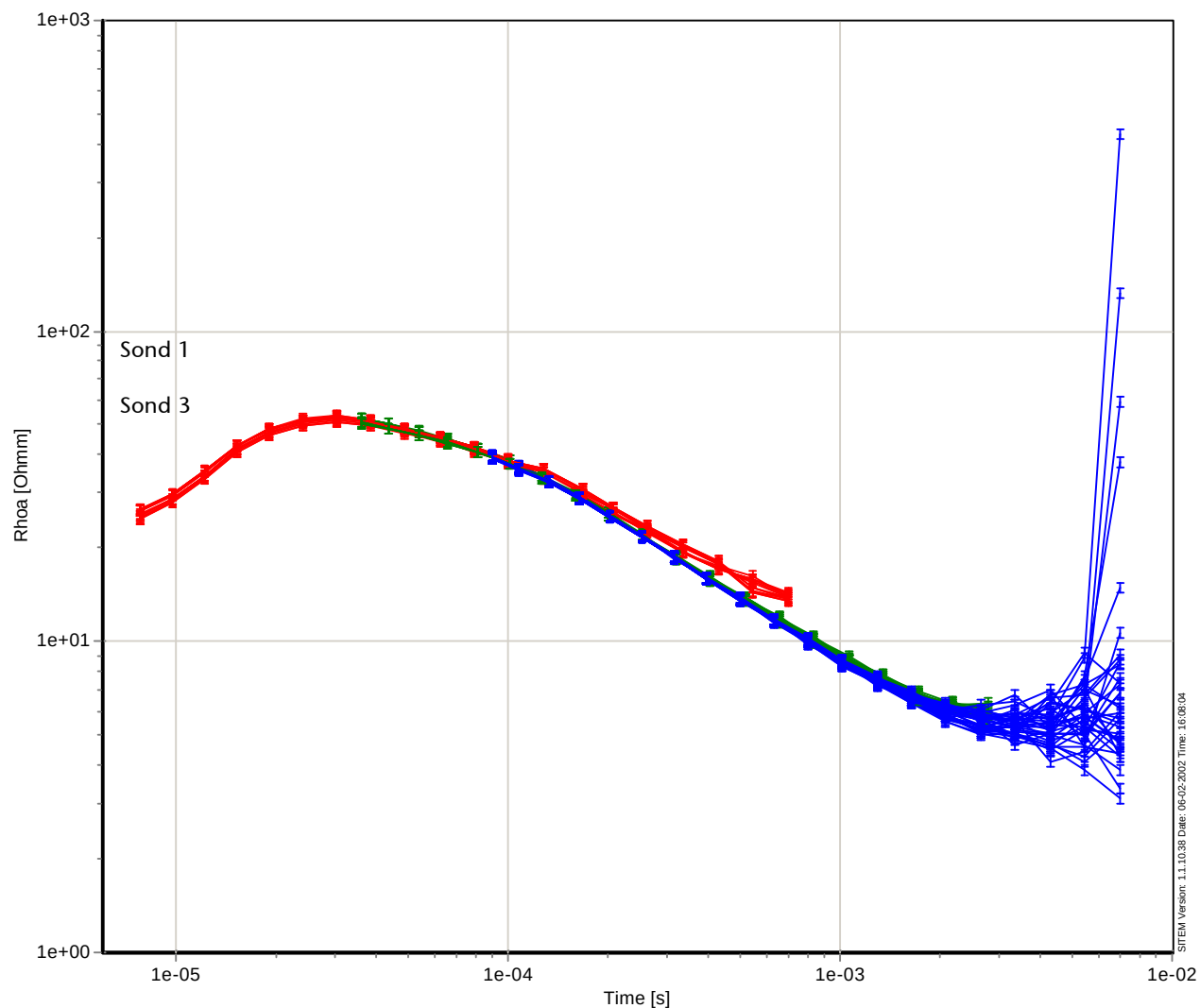
Figur 10.31 Måleudstyr 5, Tidsforskydning -0,5 μ sek. Niveauforskydning 0,95. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå



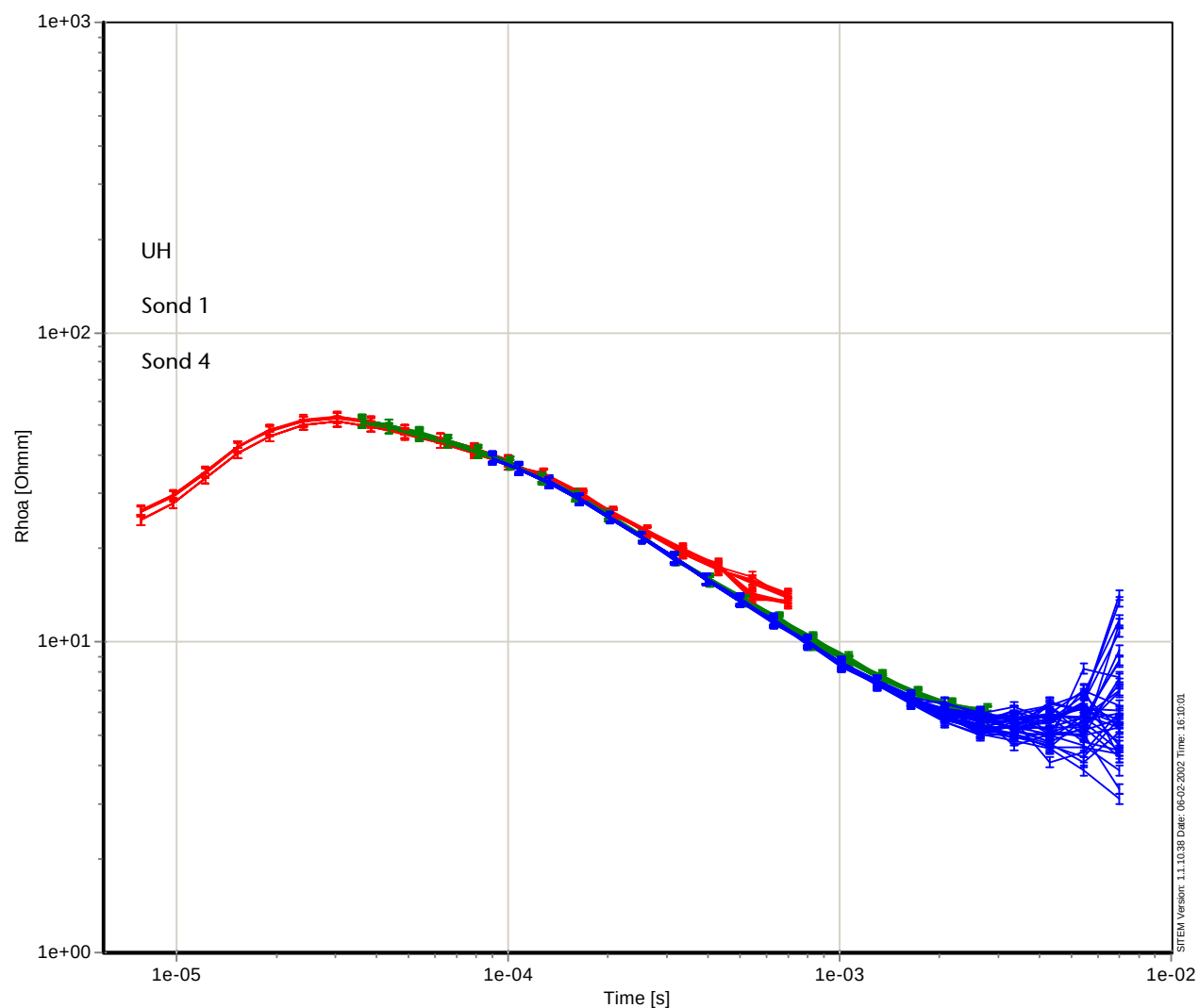
Figur 10.32 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



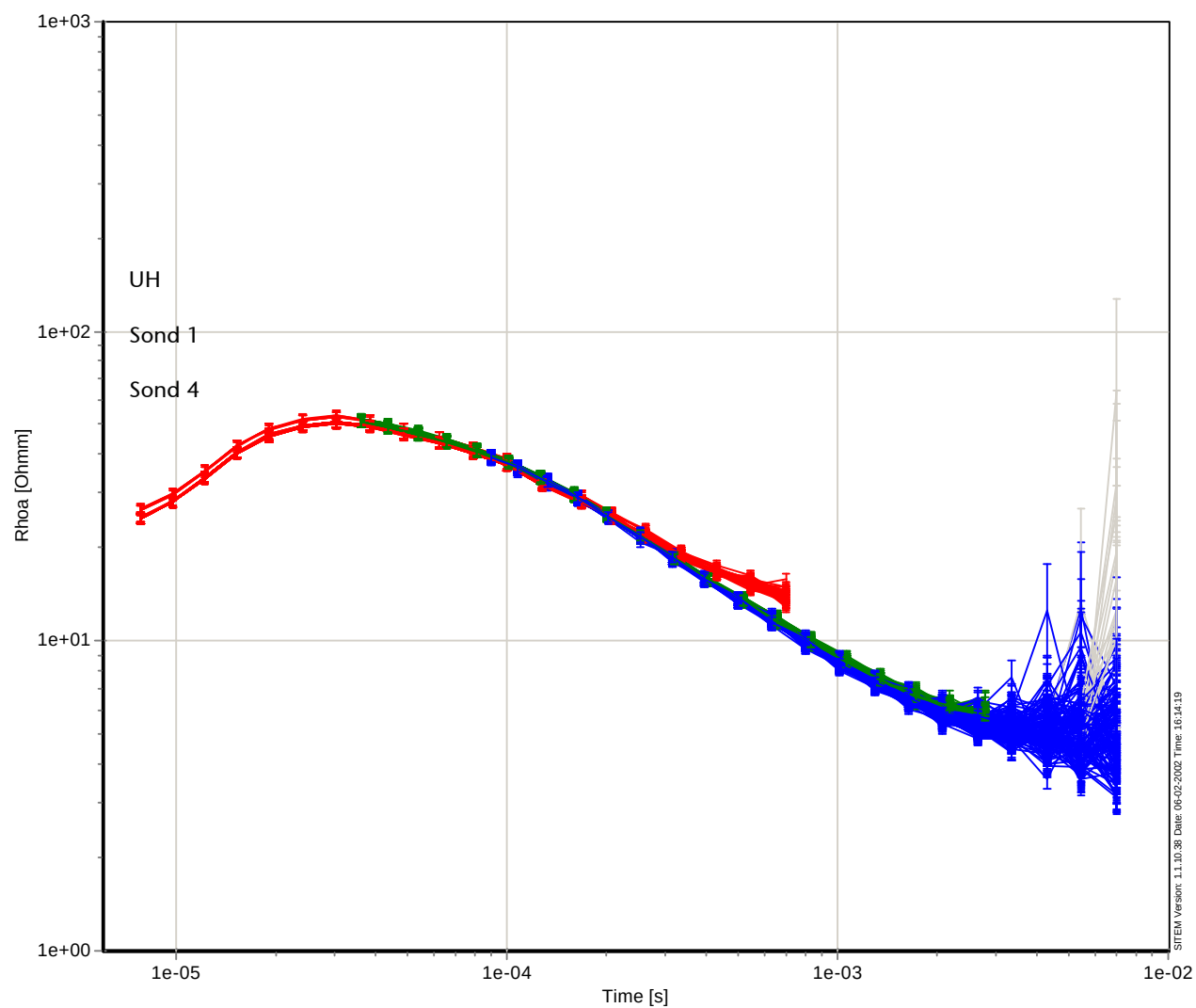
Figur 10.33 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



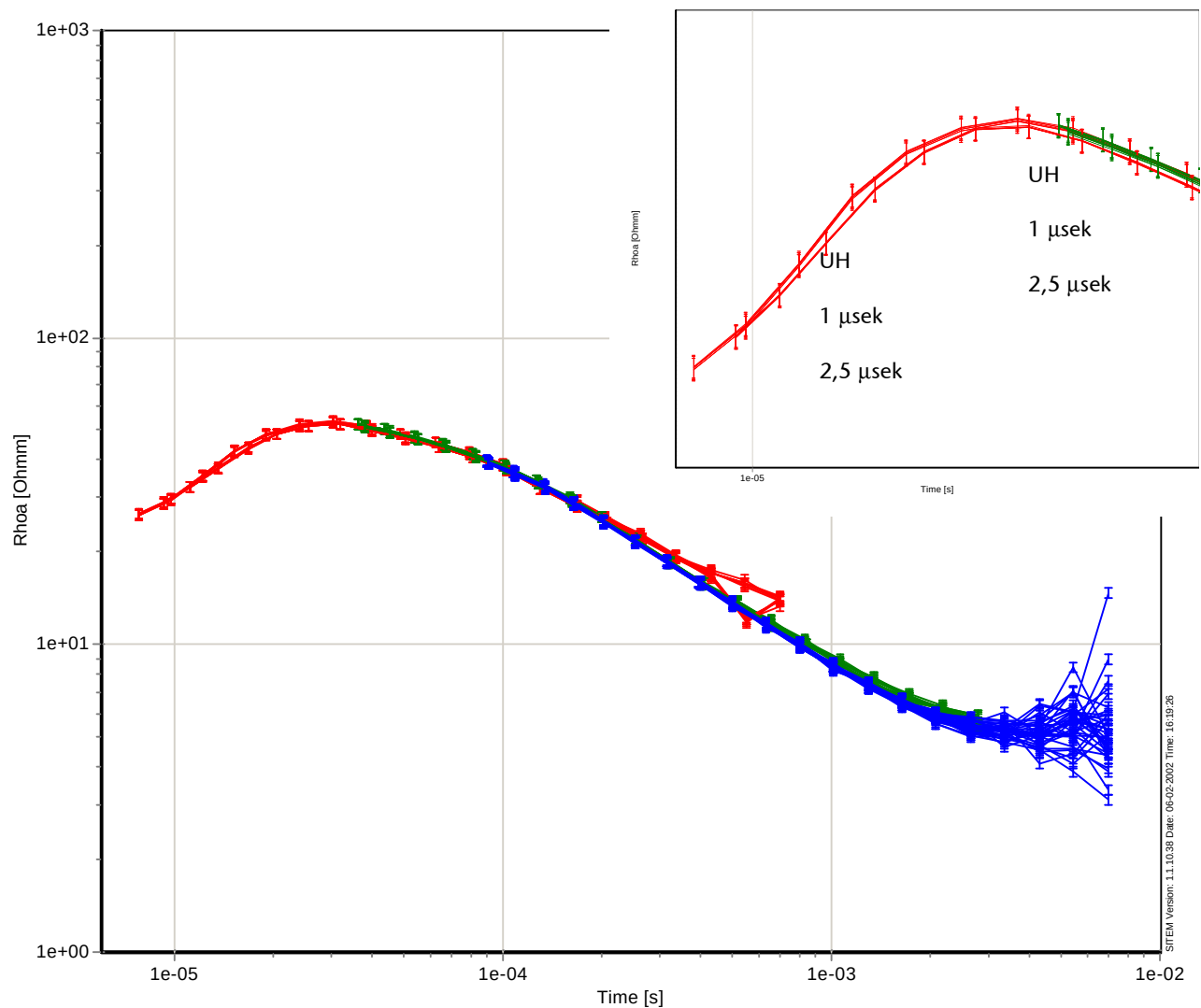
Figur 10.34 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



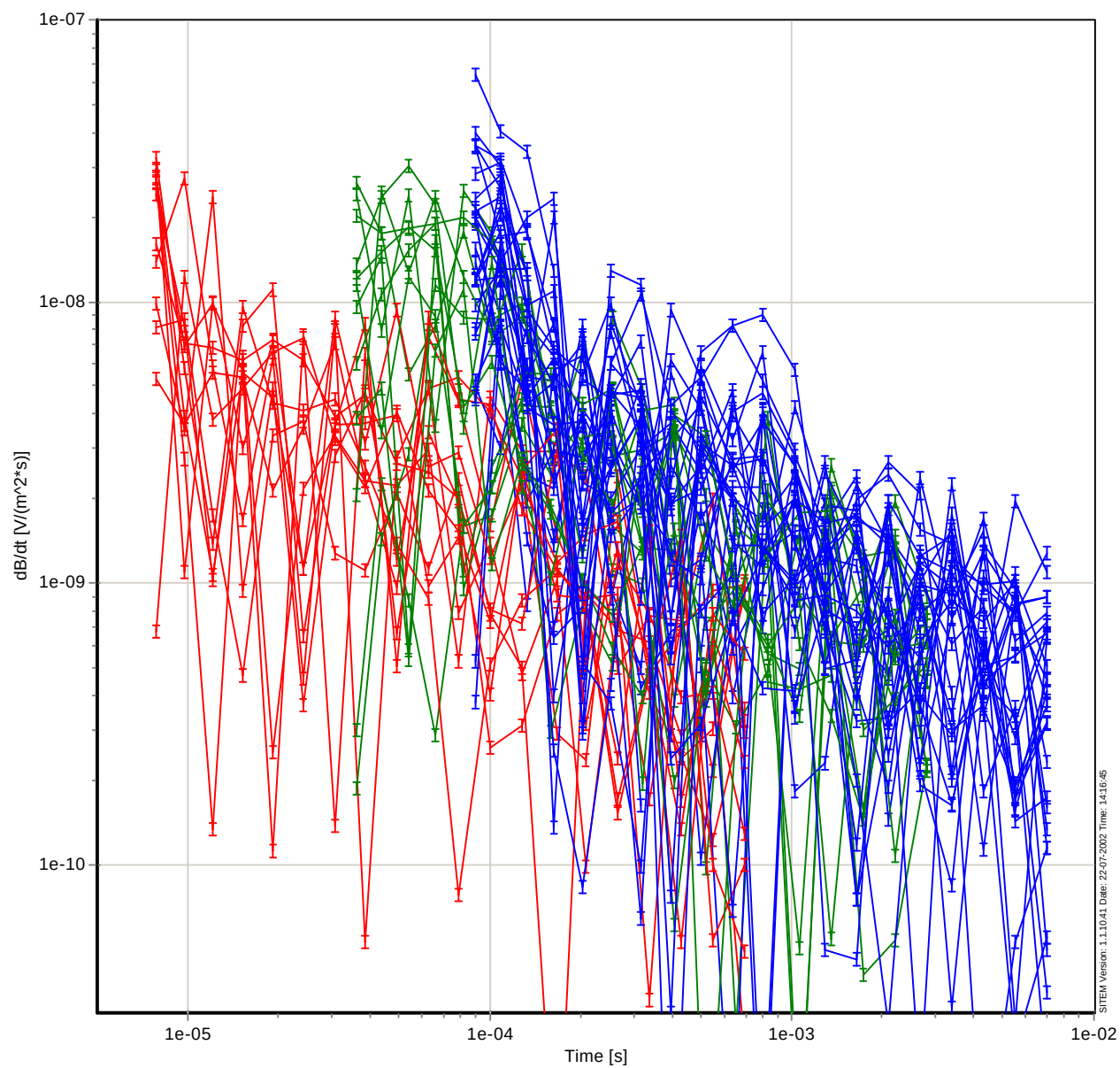
Figur 10.35 Sondering 4. Polariteten af modtagerspølen vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 4 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.36 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.37 Sondering. 6 Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.38 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.6 MÅLEUDSTYR 6

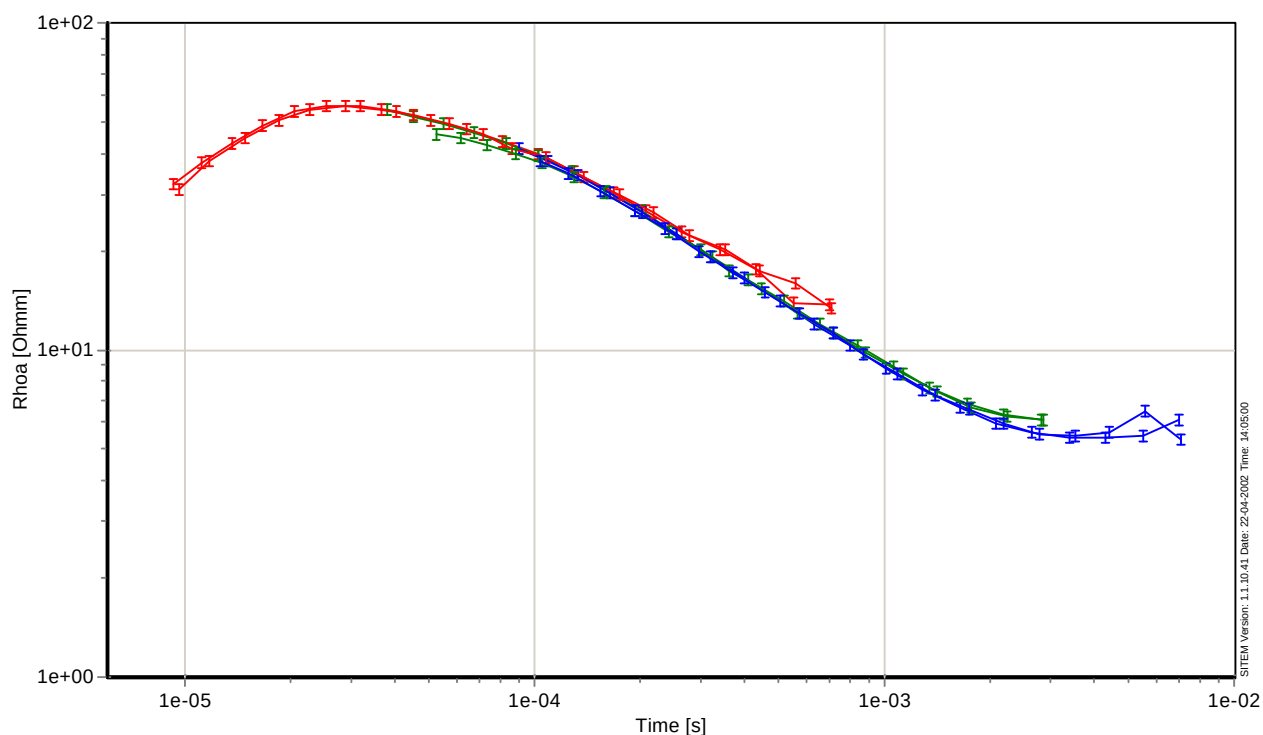
Måleudstyr nummer 6 er baseret på en analog ProteM47A modtager, en TEM47 sender af fabrikatet Geonics samt en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

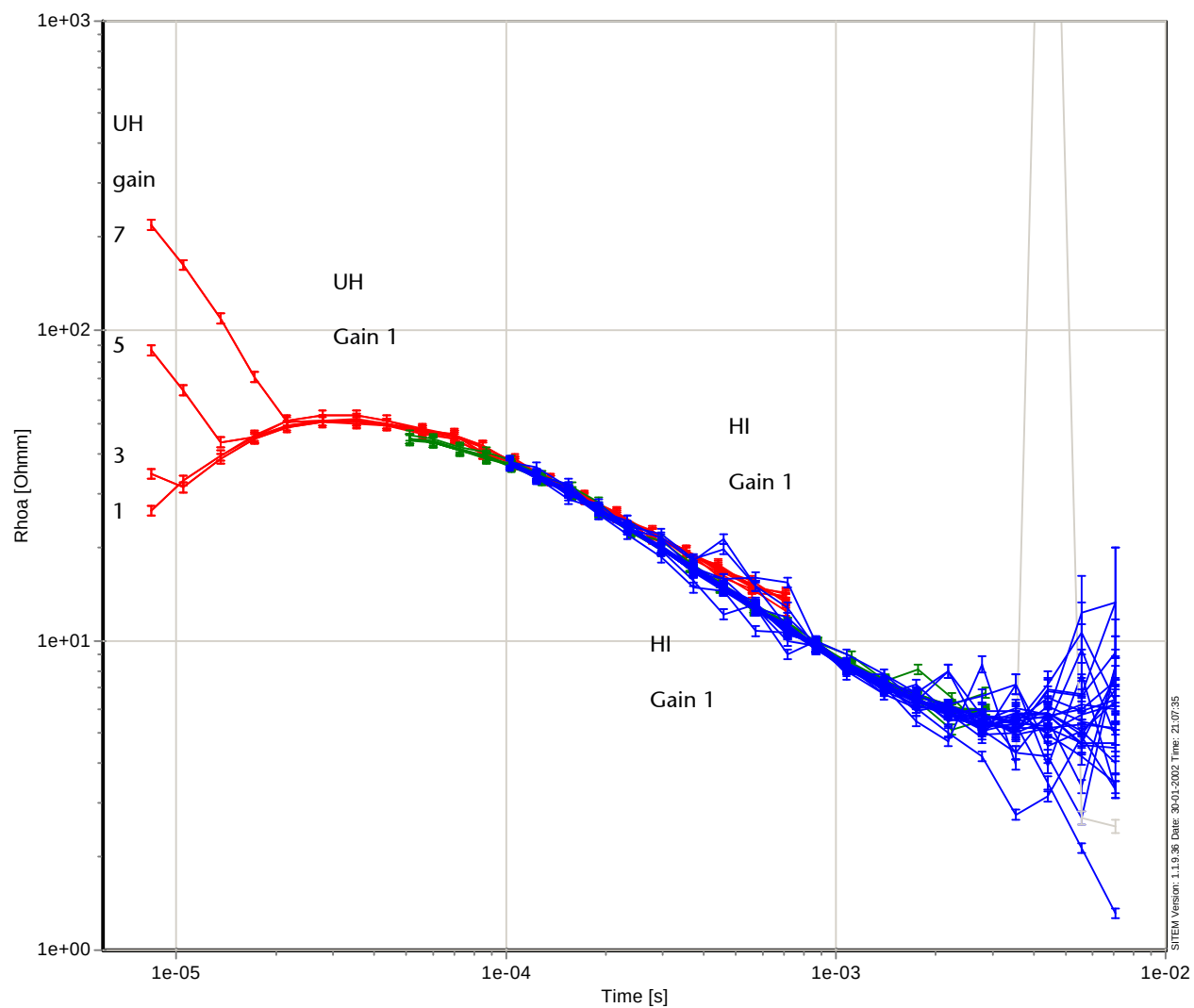
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

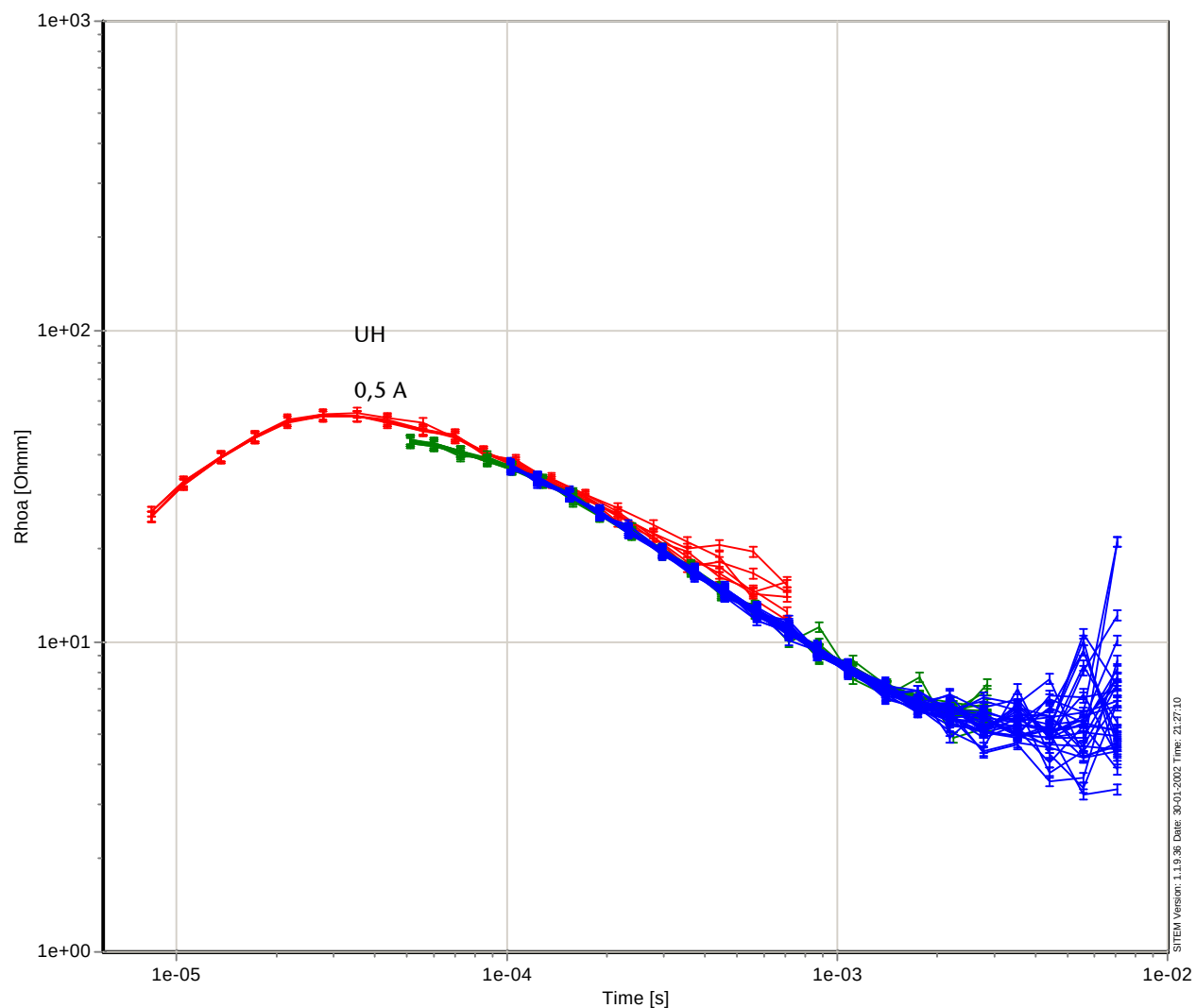
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



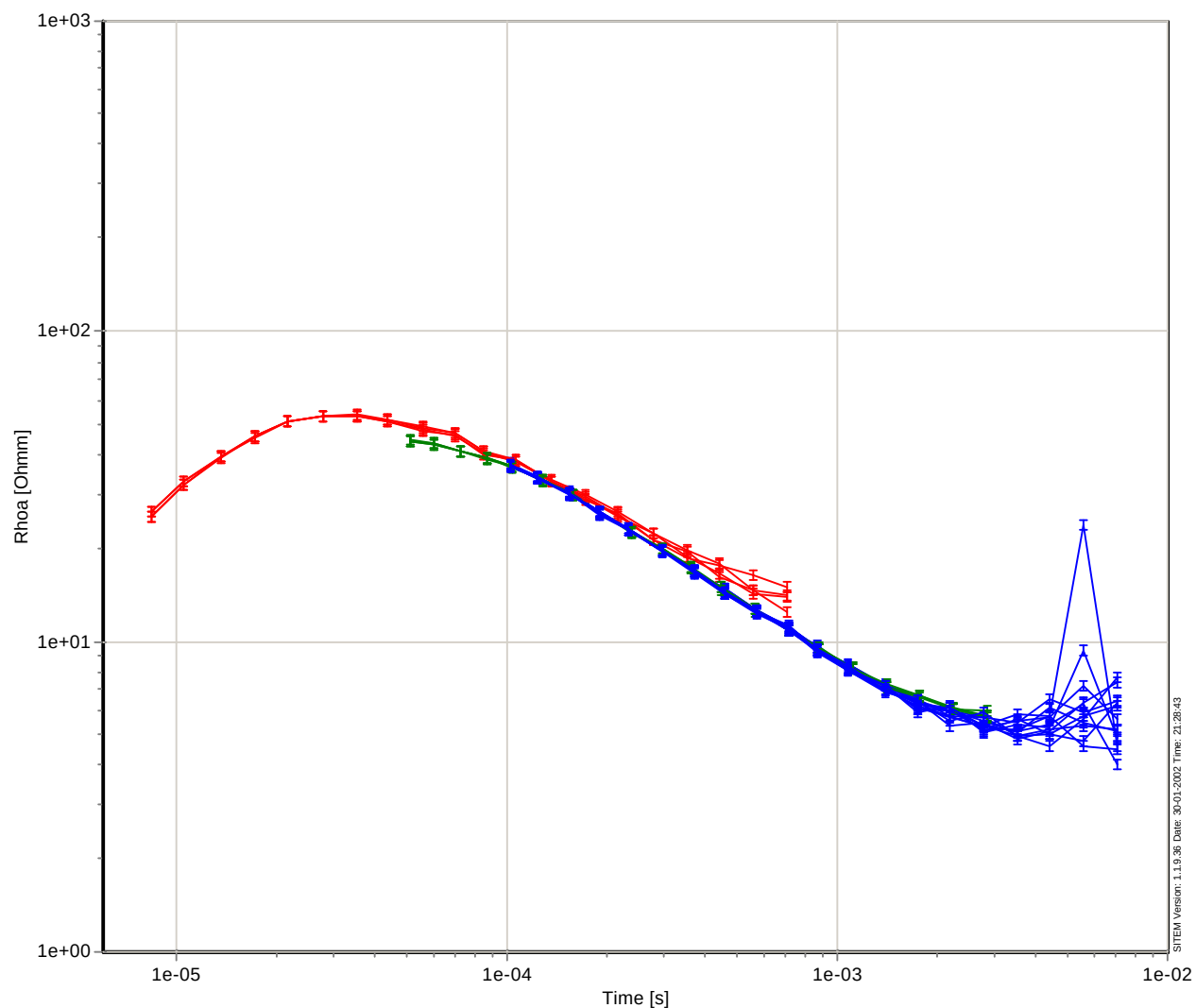
Figur 10.39 Måleudstyr 6. Tidsforskydning -0,2 μ sek. Niveauforskydning 0,9560. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



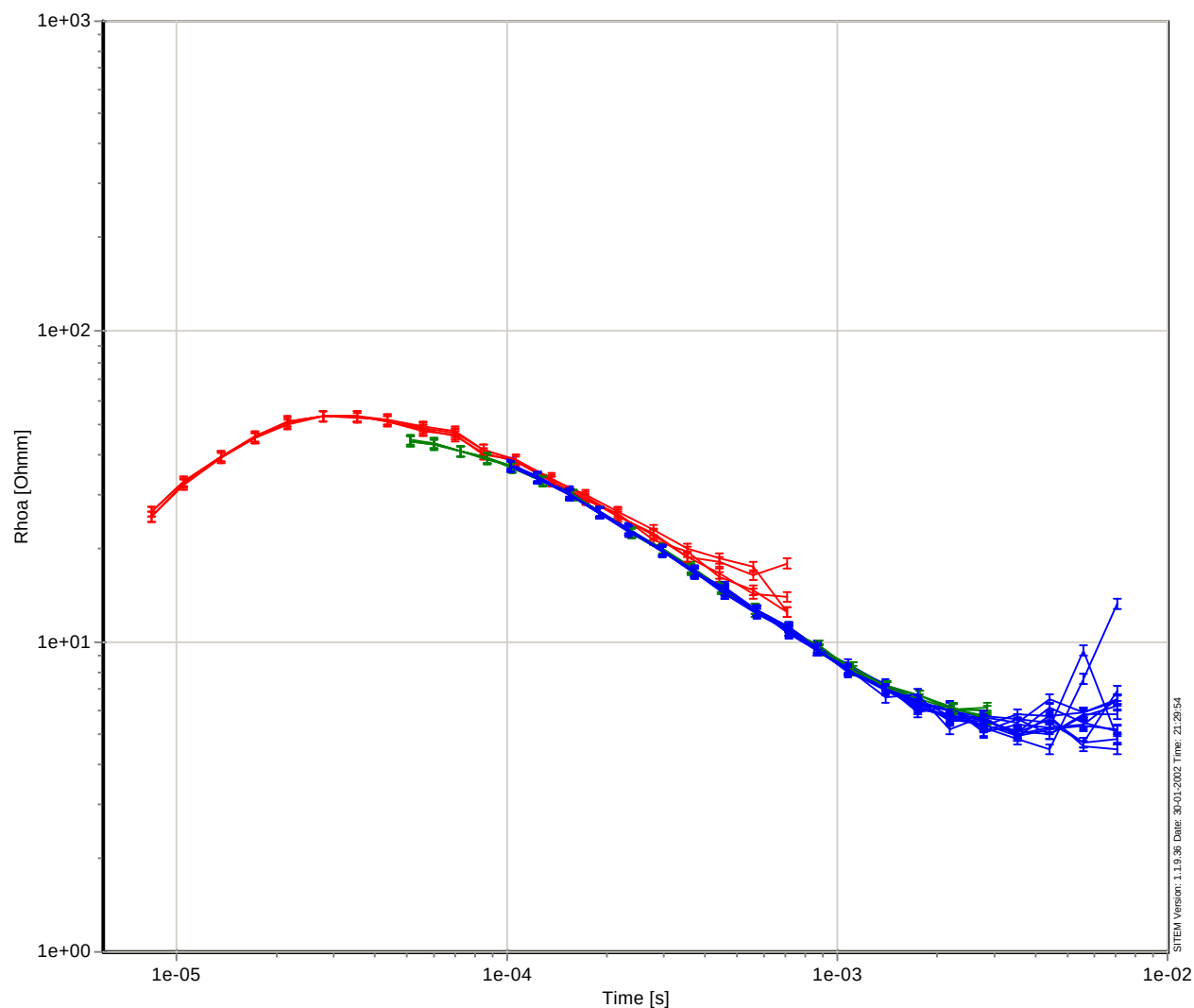
Figur 10.40 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



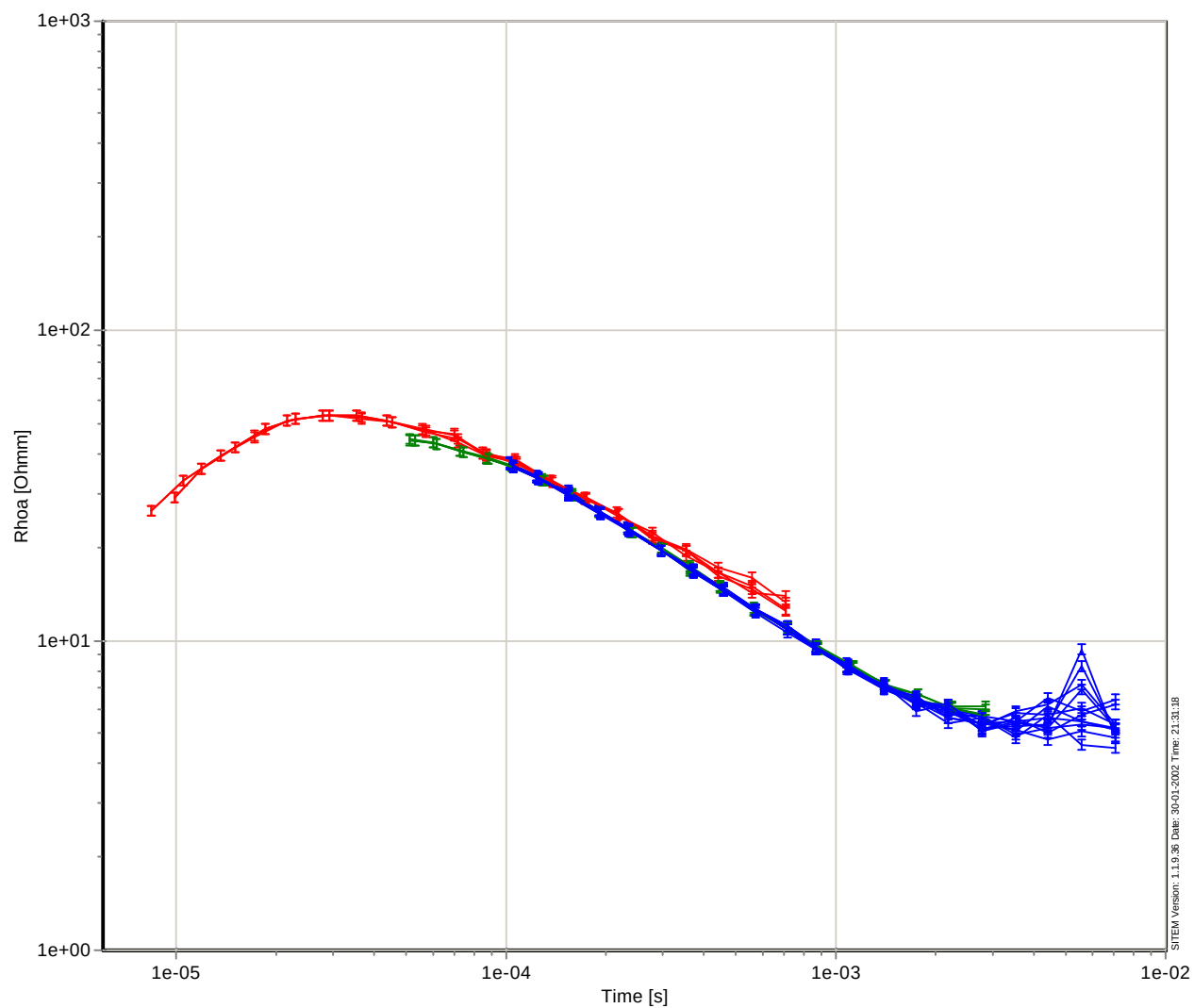
Figur 10.41 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



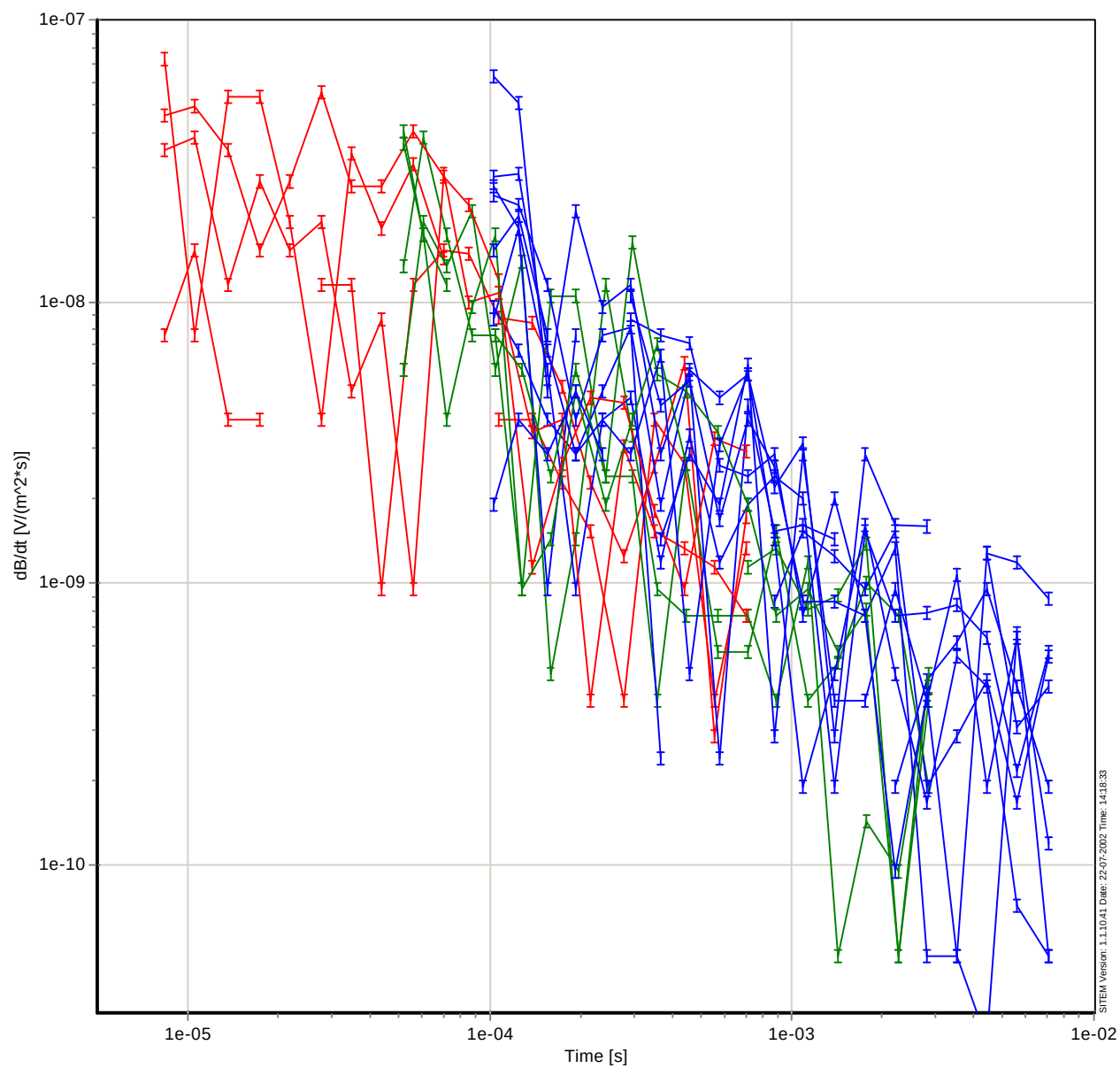
Figur 10.42 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.43 Sondering 4. Polariteten af modtagerspølen vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 4 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.44 Sondering 6. Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.45 Sonering 7. Data fra sonering 7 samt støj fra sonering 1.

10.7 MÅLEUDSTYR 7

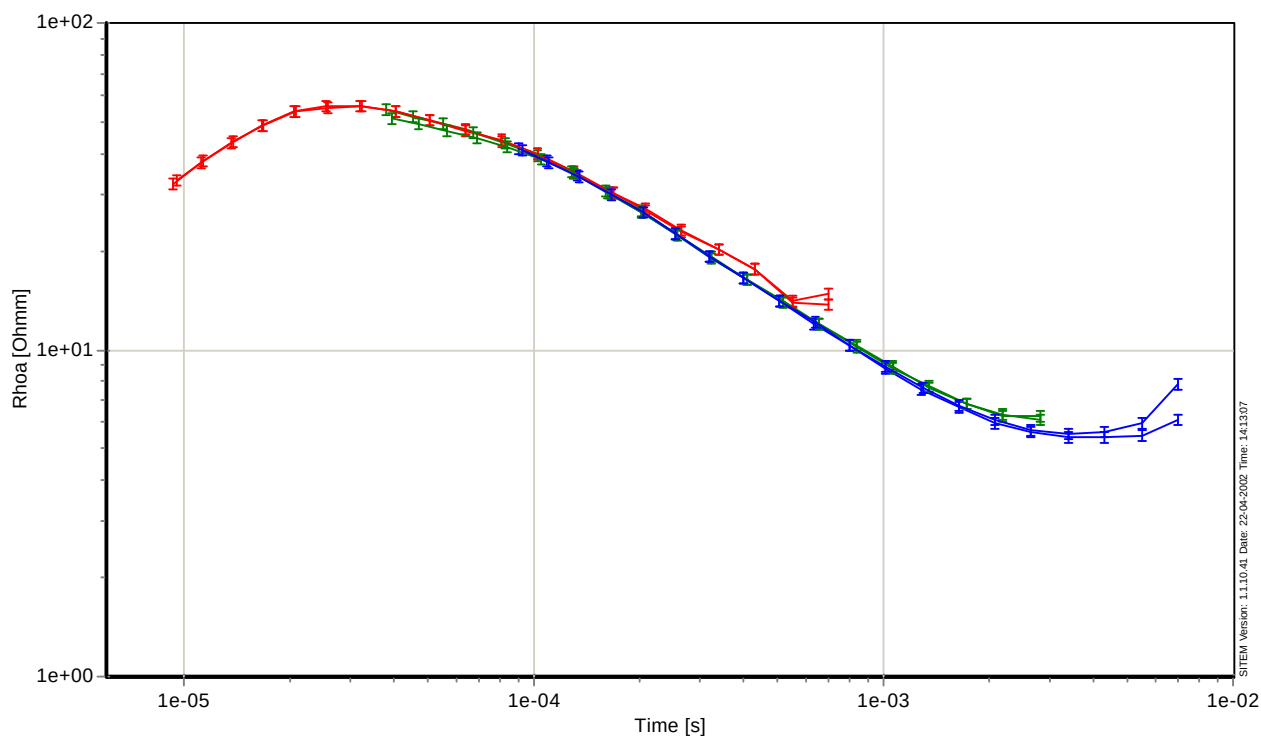
Måleudstyr nummer 7 er baseret på en digital Protem47D modtager, en TEM47 sender og en modtagerspole alle af fabrikatet Geonics.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

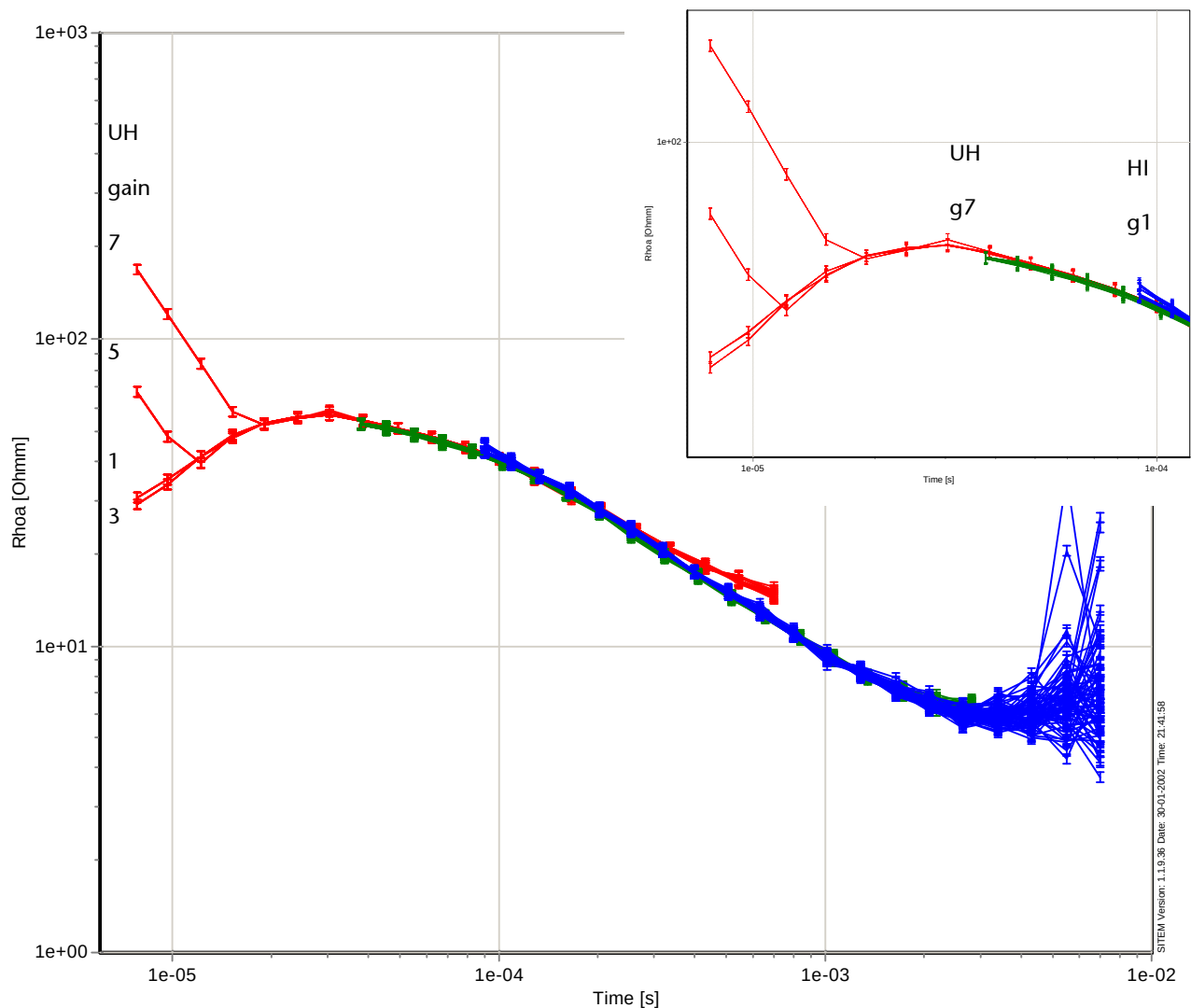
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

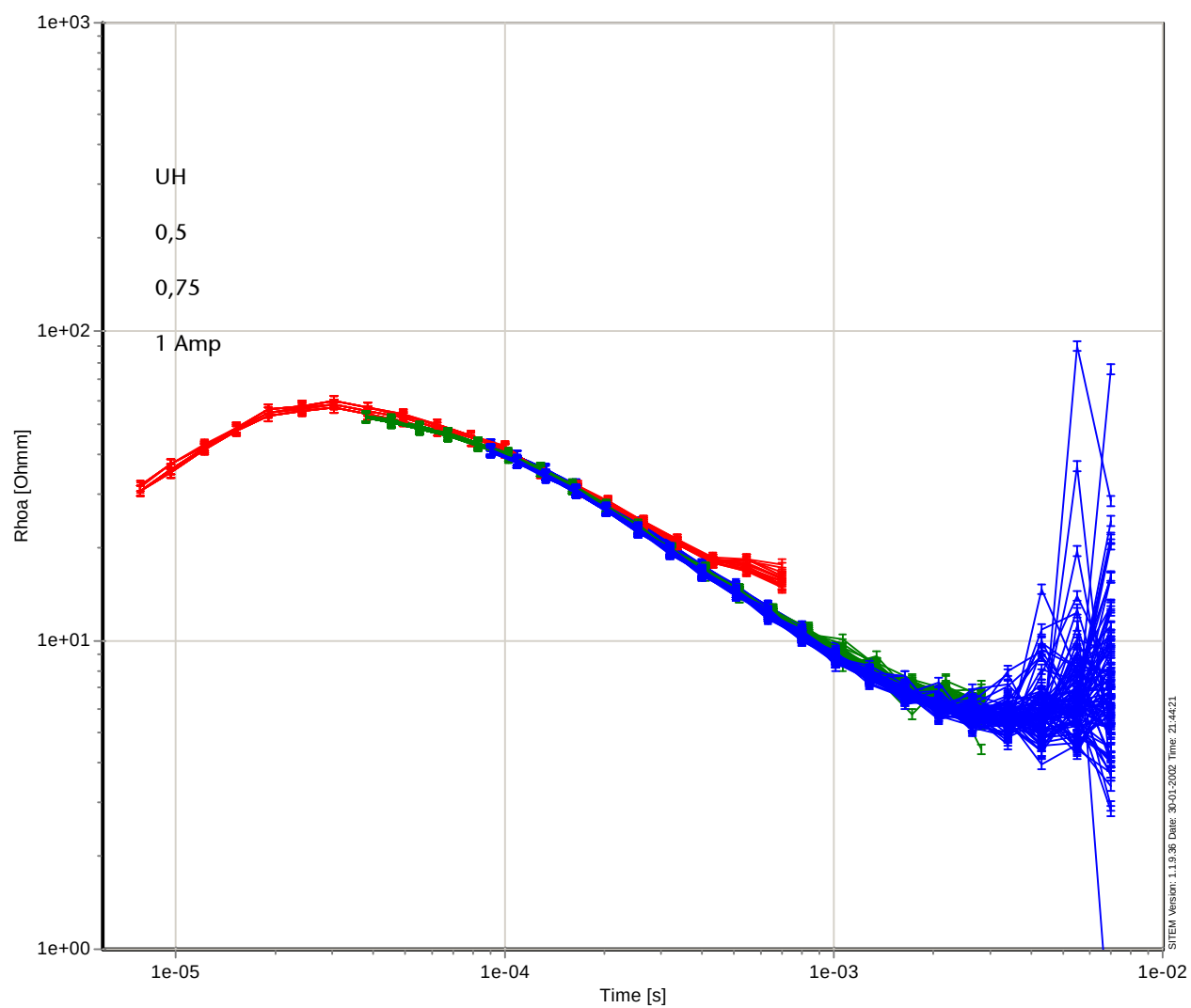
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



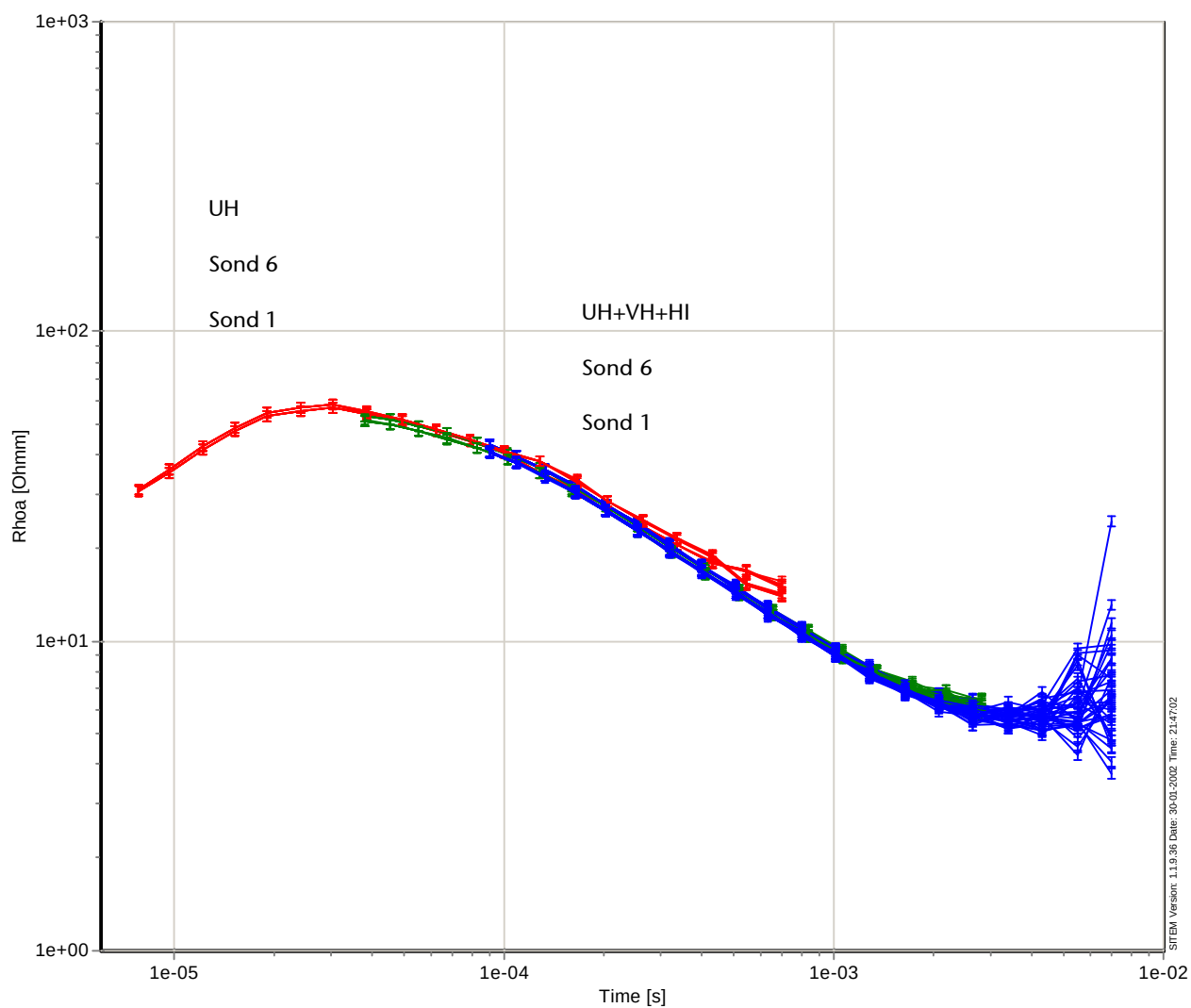
Figur 10.46 Måleudstyr 7. Tidsforskydning 0,18 μ sek. Niveauforskydning 1,019. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



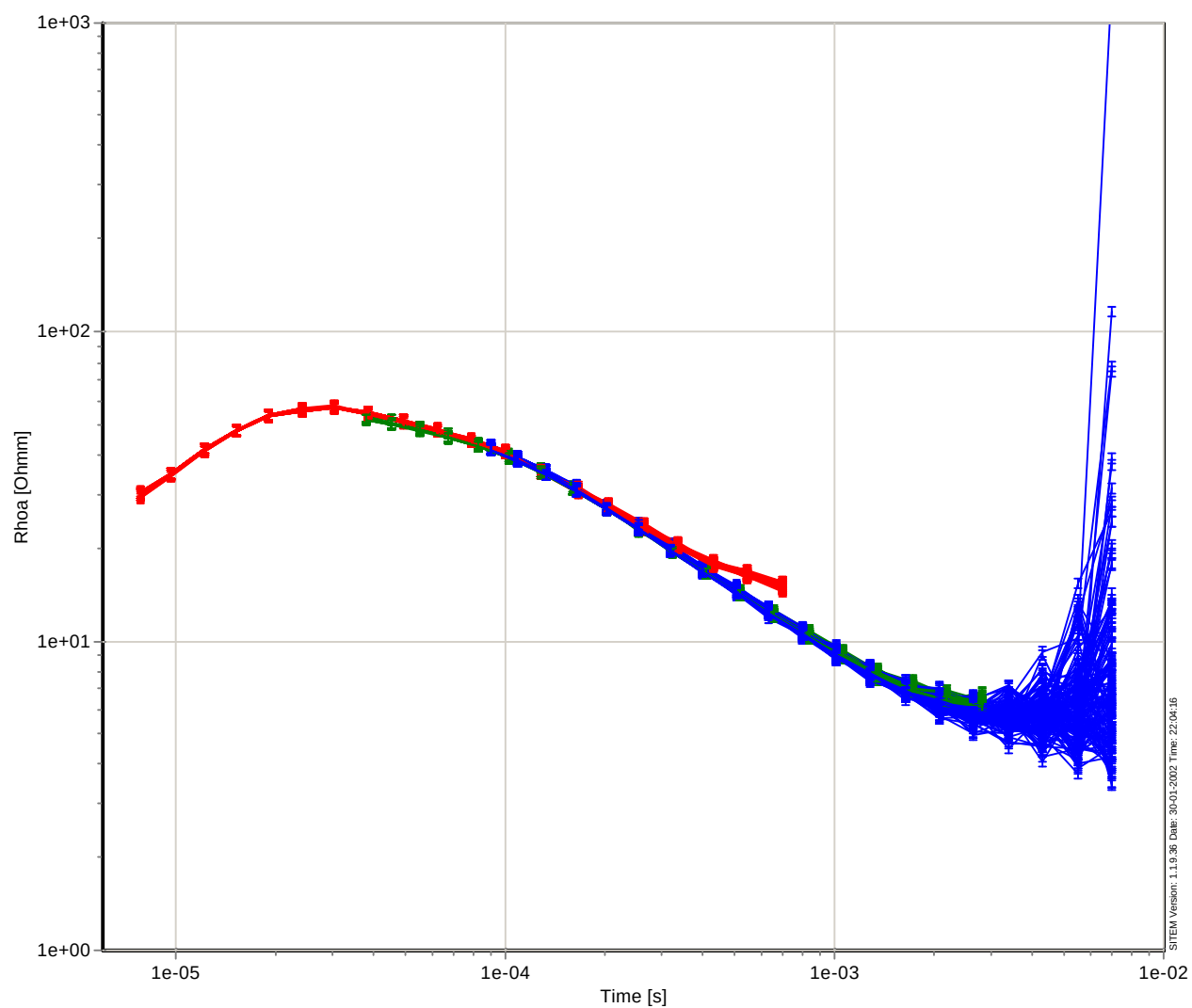
Figur 10.47 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



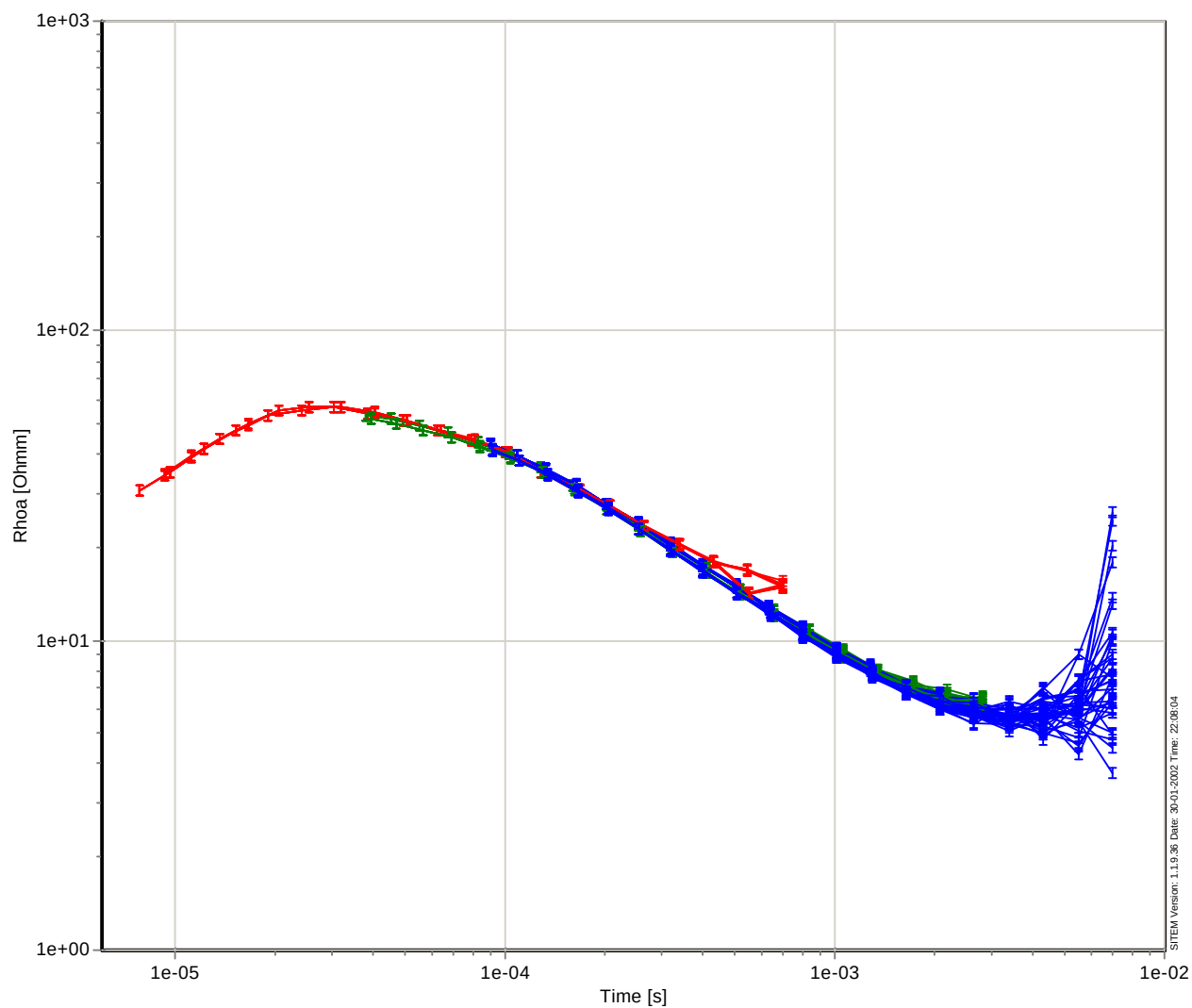
Figur 10.48 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



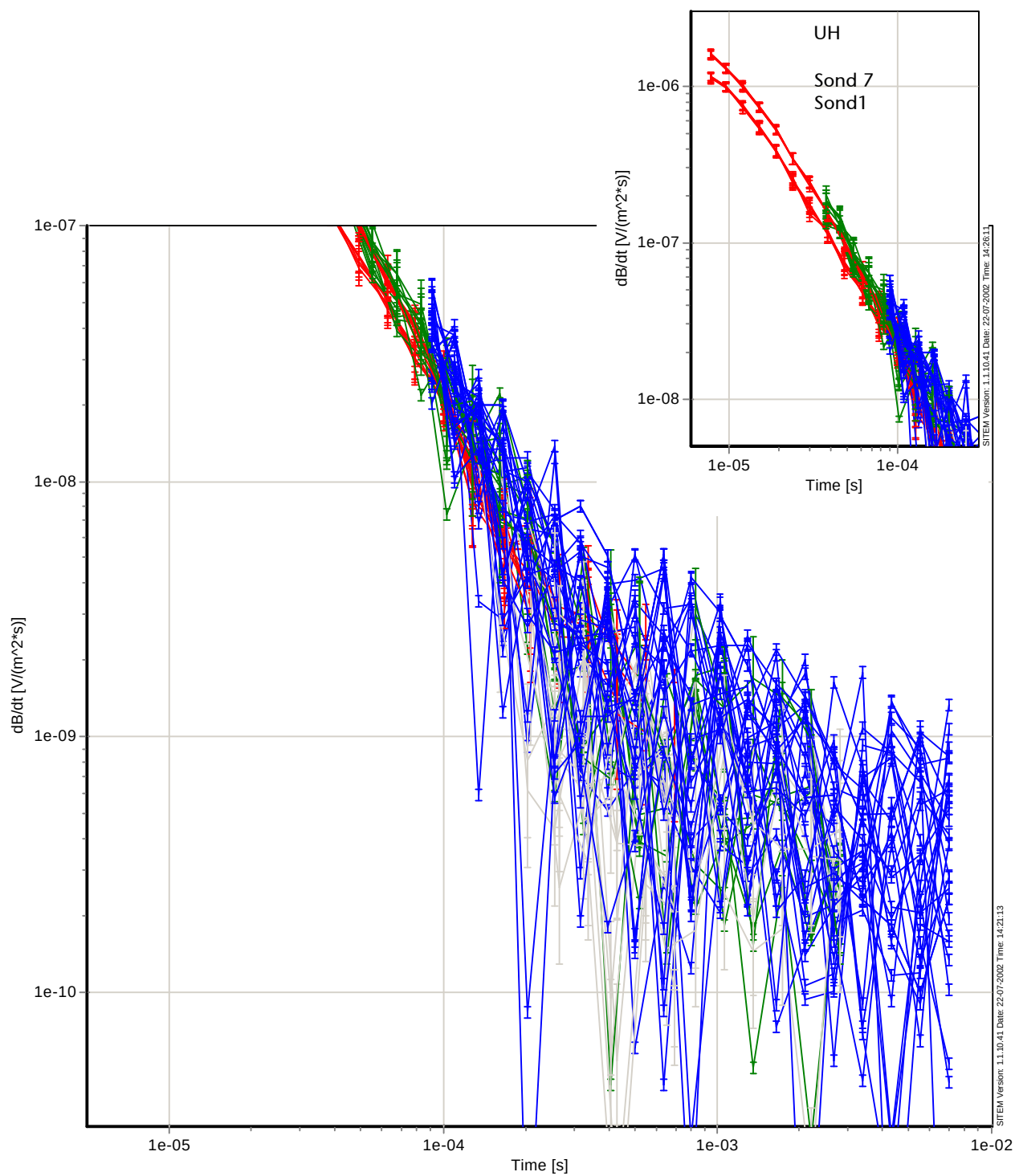
Figur 10.49 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.50 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.51 Sondering 6. Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.52 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.8 MÅLEUDSTYR 8

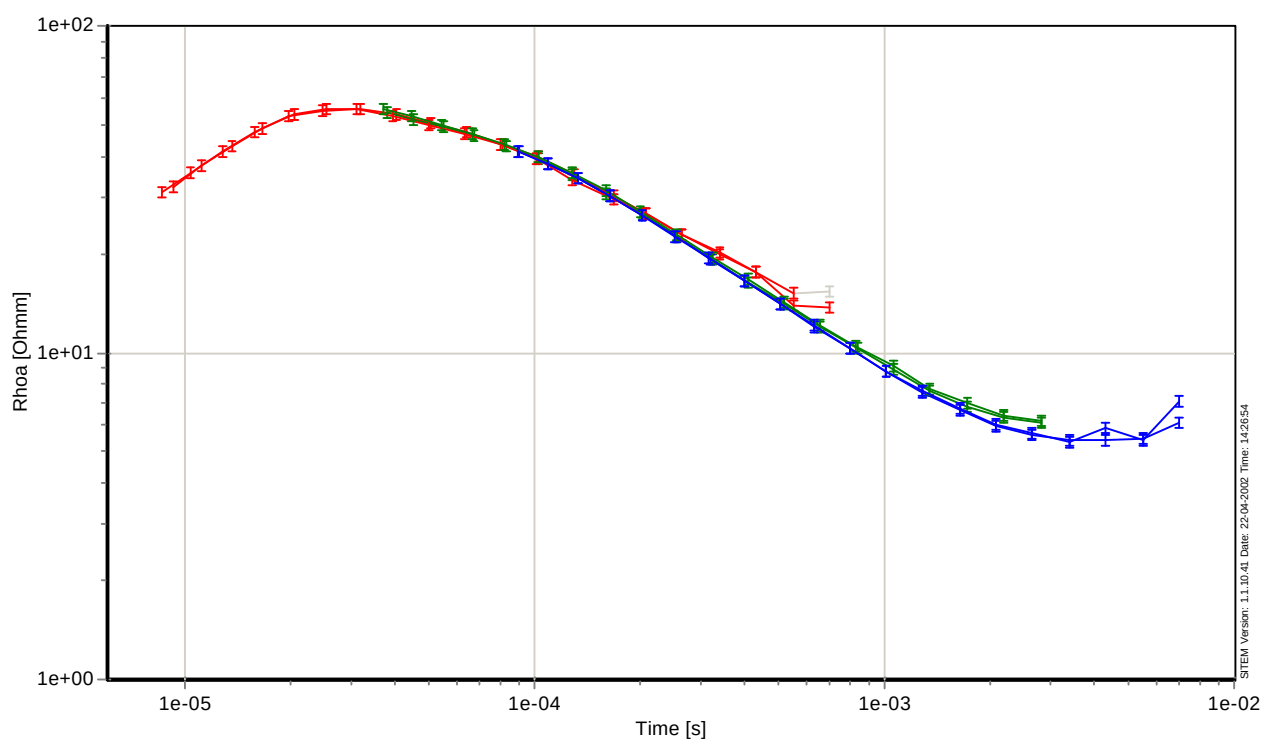
Måleudstyr nummer 8 er baseret på en digital Protem47D modtager, en TEM47 sender og en modtagerspole, alle af fabrikatet Geonics.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

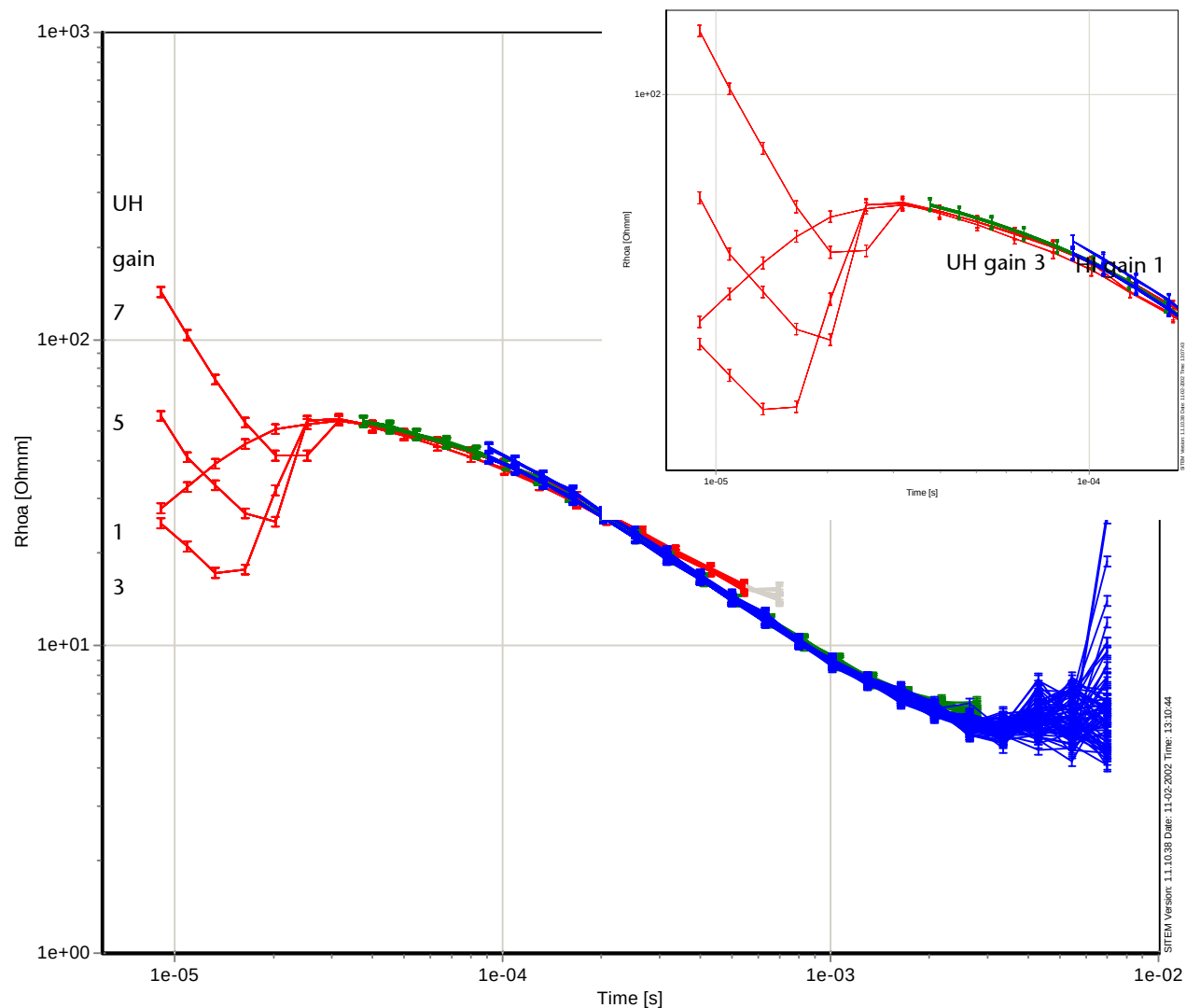
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

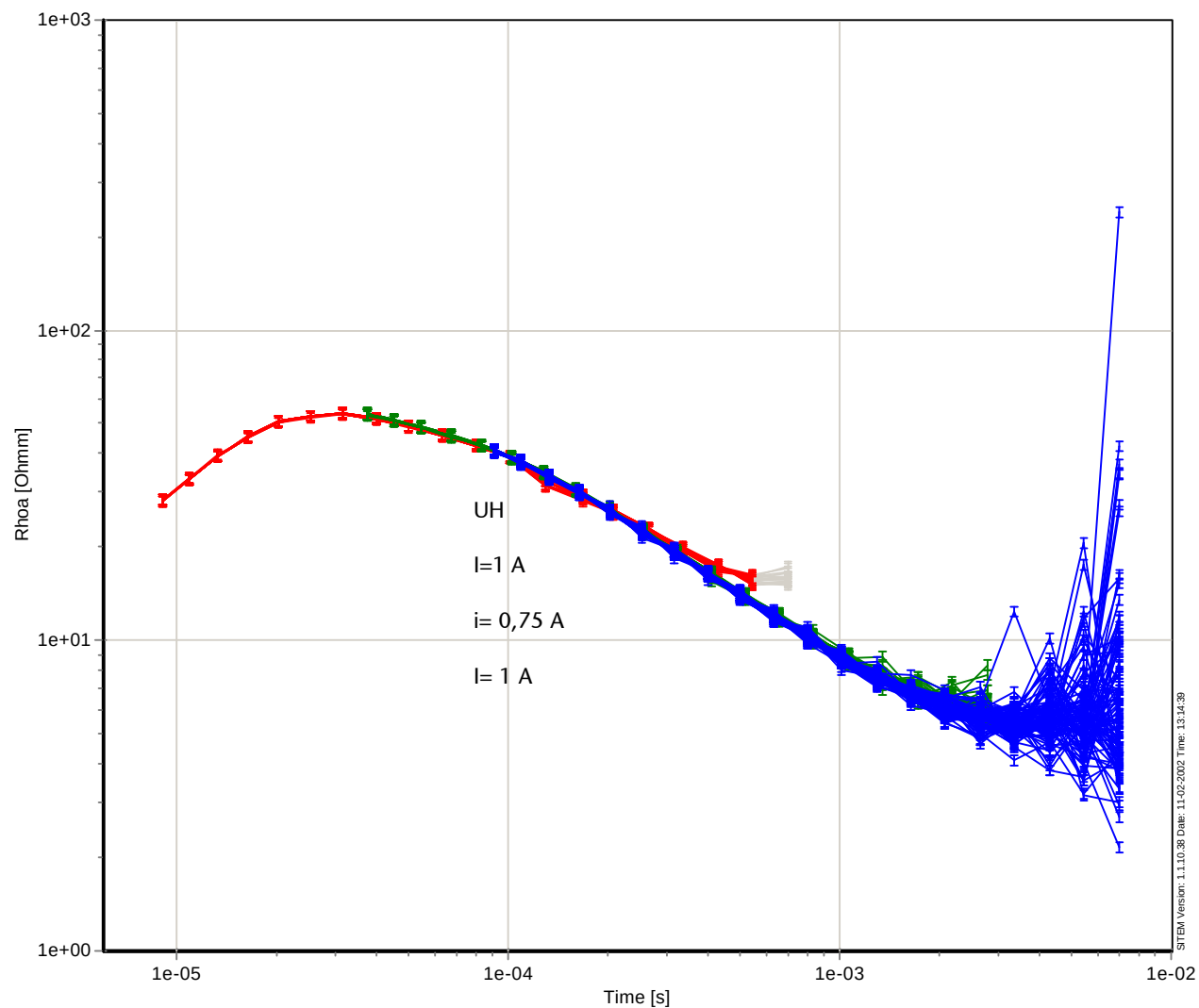
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



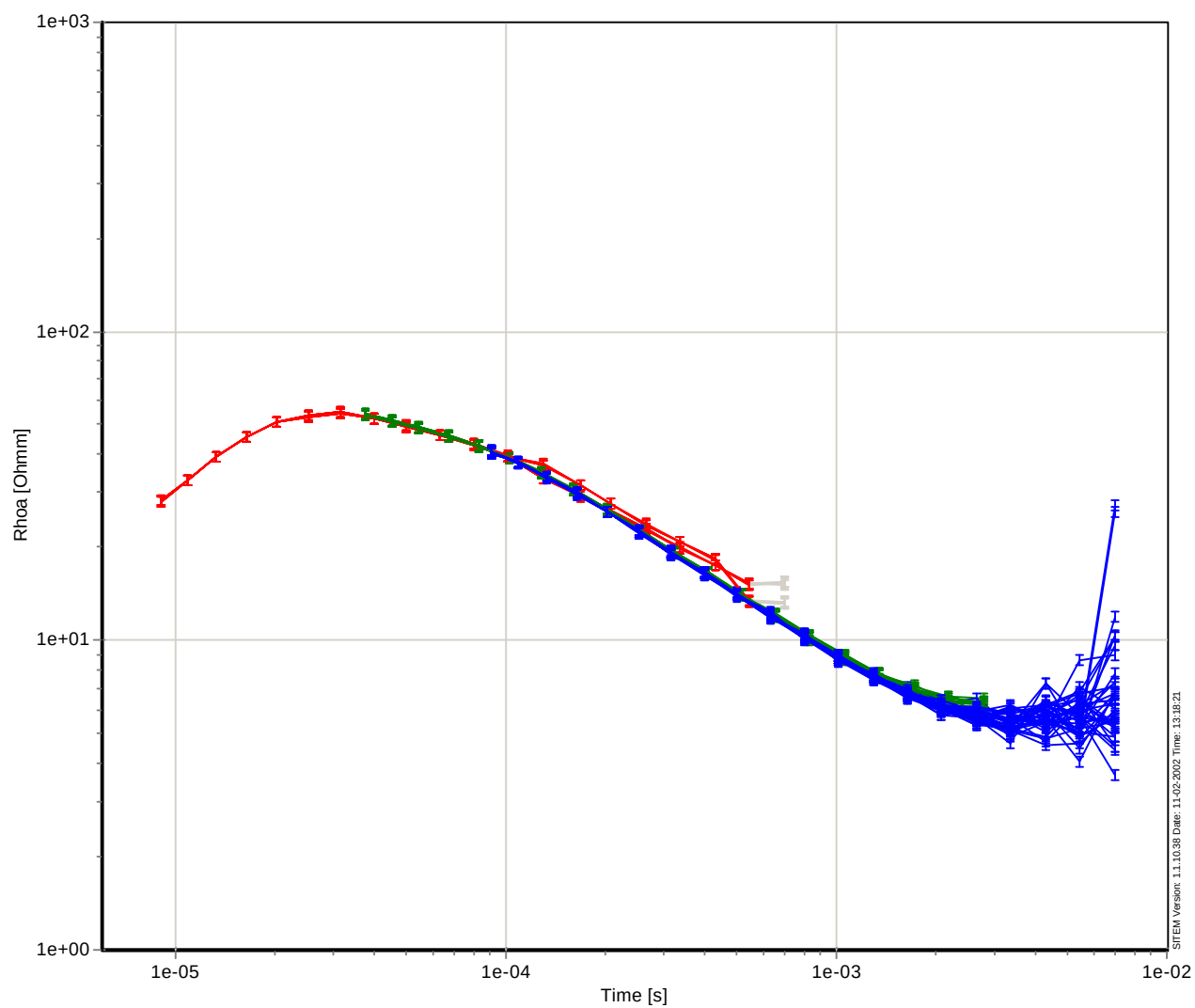
Figur 10.53 Måleudstyr 8. Tidsforskydning -0,45 μ sek. Niveauforskydningen er ikke fastlagt. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



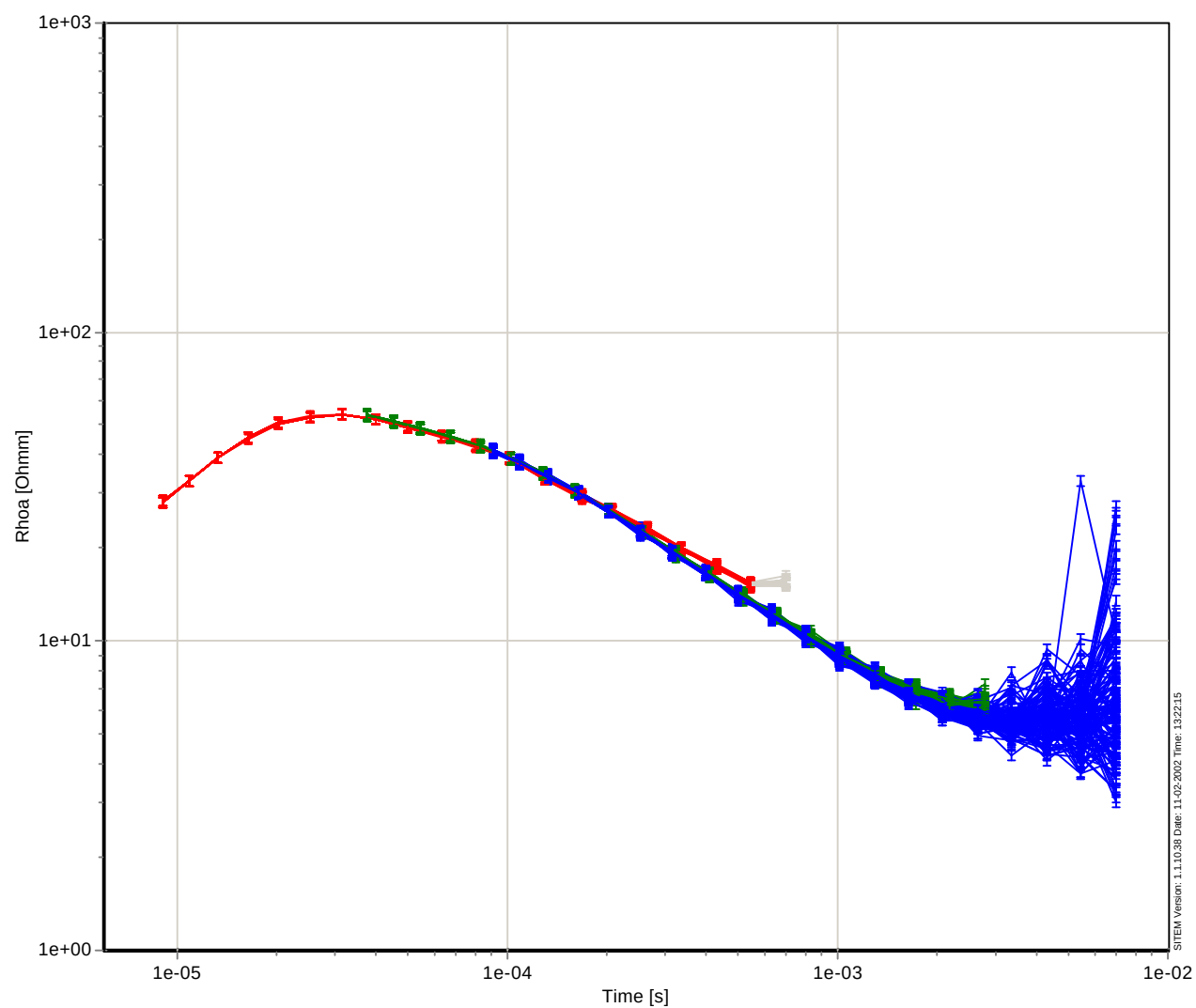
Figur 10.54 Sondering 1. Målesekvens for test af over- og understyring.



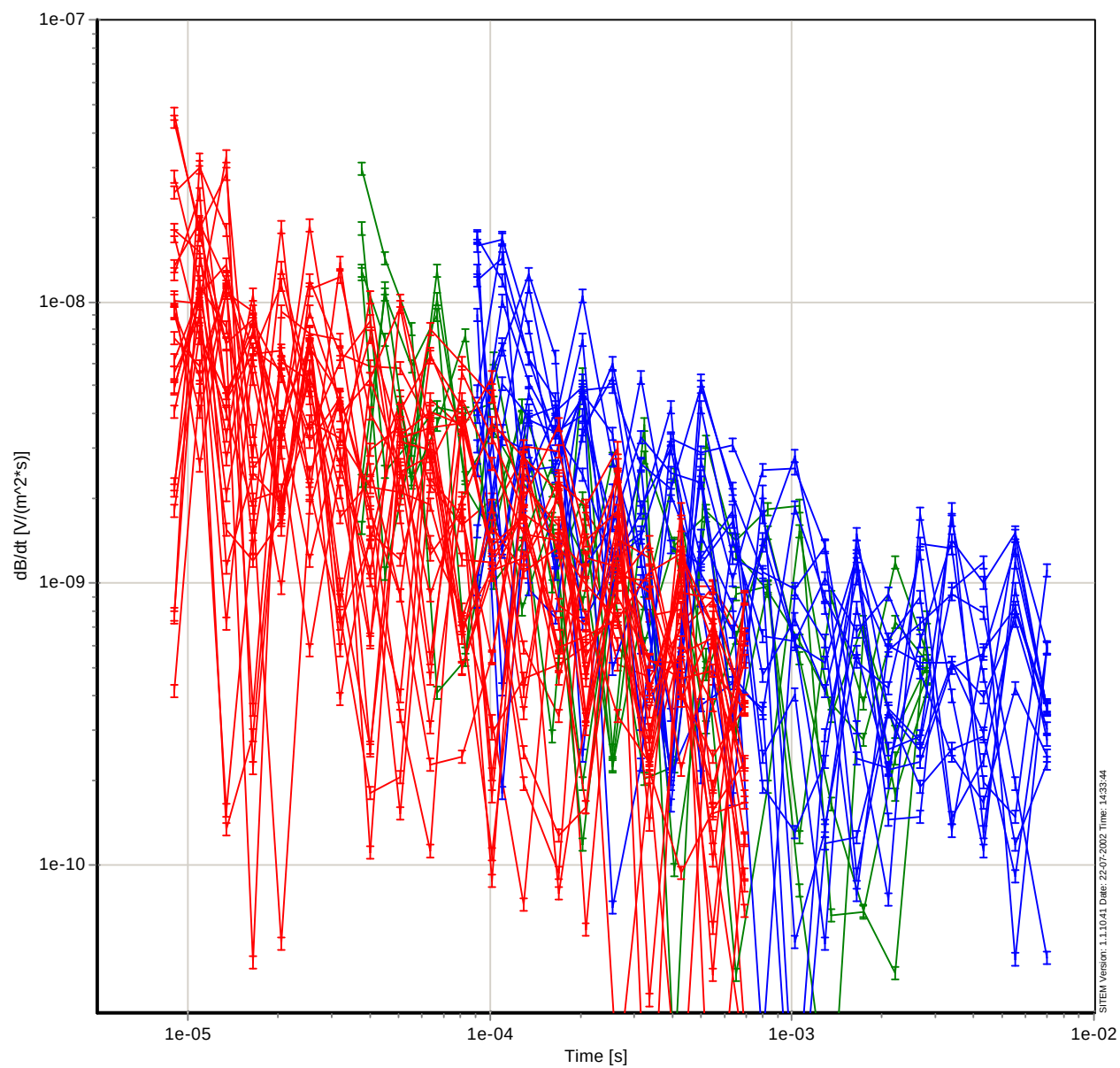
Figur 10.55 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.56 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.57 Sondering 5. Variabel integrationstid. Data fra sondering 5 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.58 Sonering 7. Data fra sonering 7 samt støj fra sonering 1.

10.9 MÅLEUDSTYR 9

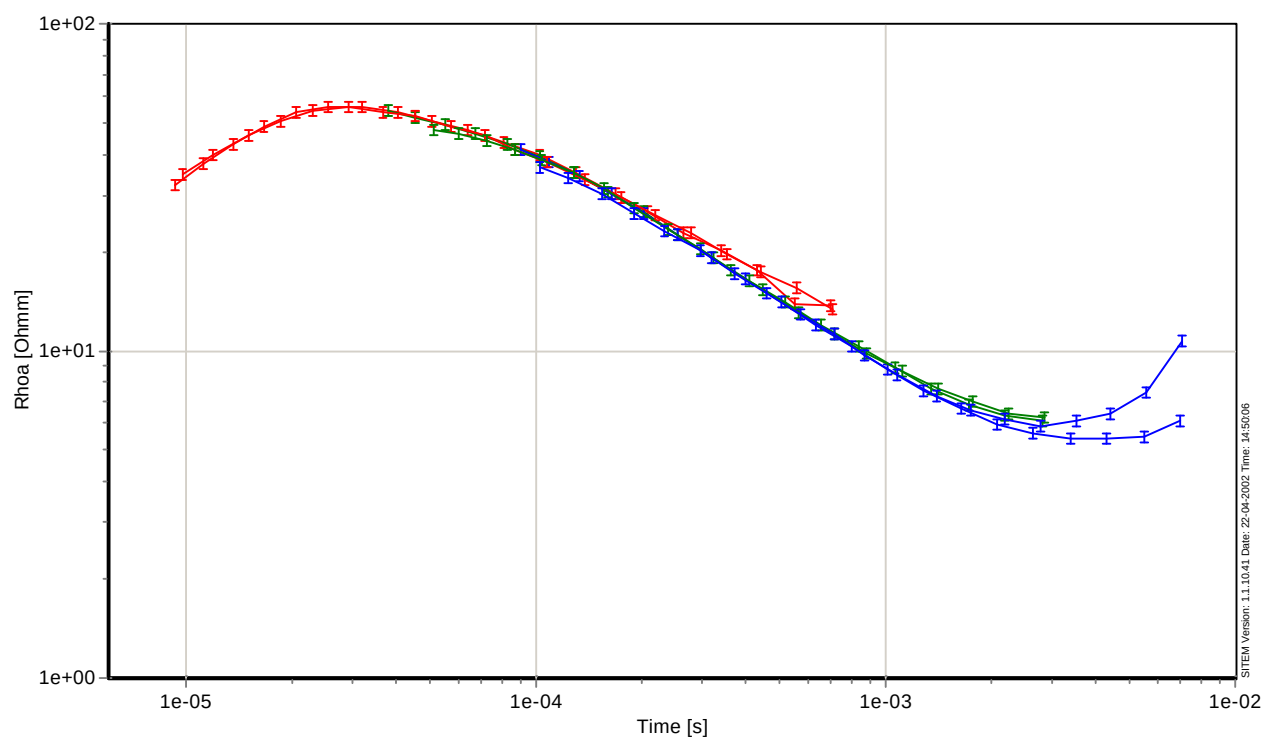
Måleudstyr nummer 9 er baseret på en analog ProteM47A modtager, en TEM47 sender af fabrikatet Geonics samt en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

På de følgende plots vises resultaterne af den udførte TEMTest2002. De enkelte test benævnes sondering 1-7. Følgende emner er testet:

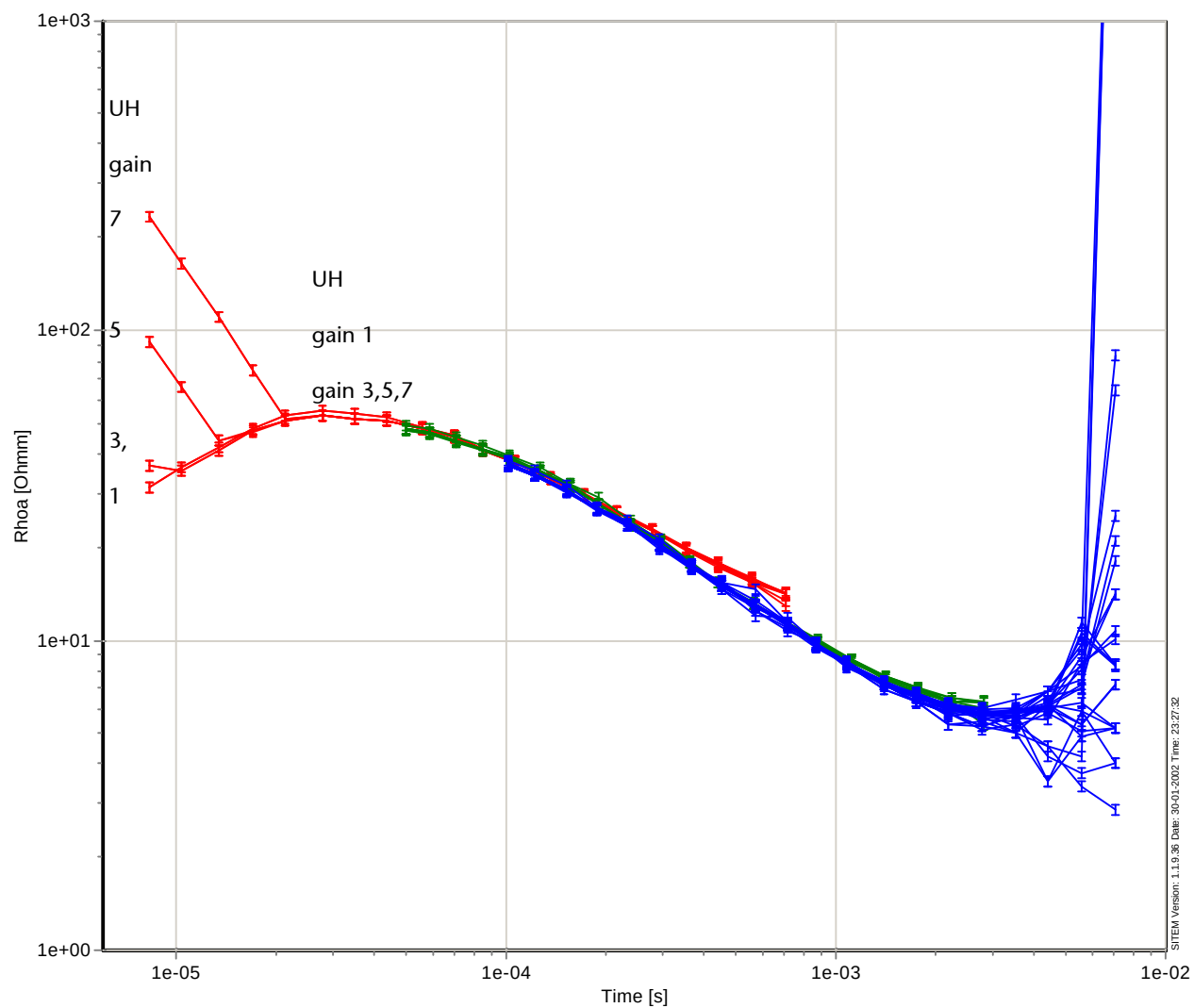
1. Overstyring på UH segment
2. Linearitet af strøm

3. Polaritet af referencesignal
4. Polaritet af modtagerspole
5. Variabel integrationstid
6. turnoff tid
7. Støjmåling

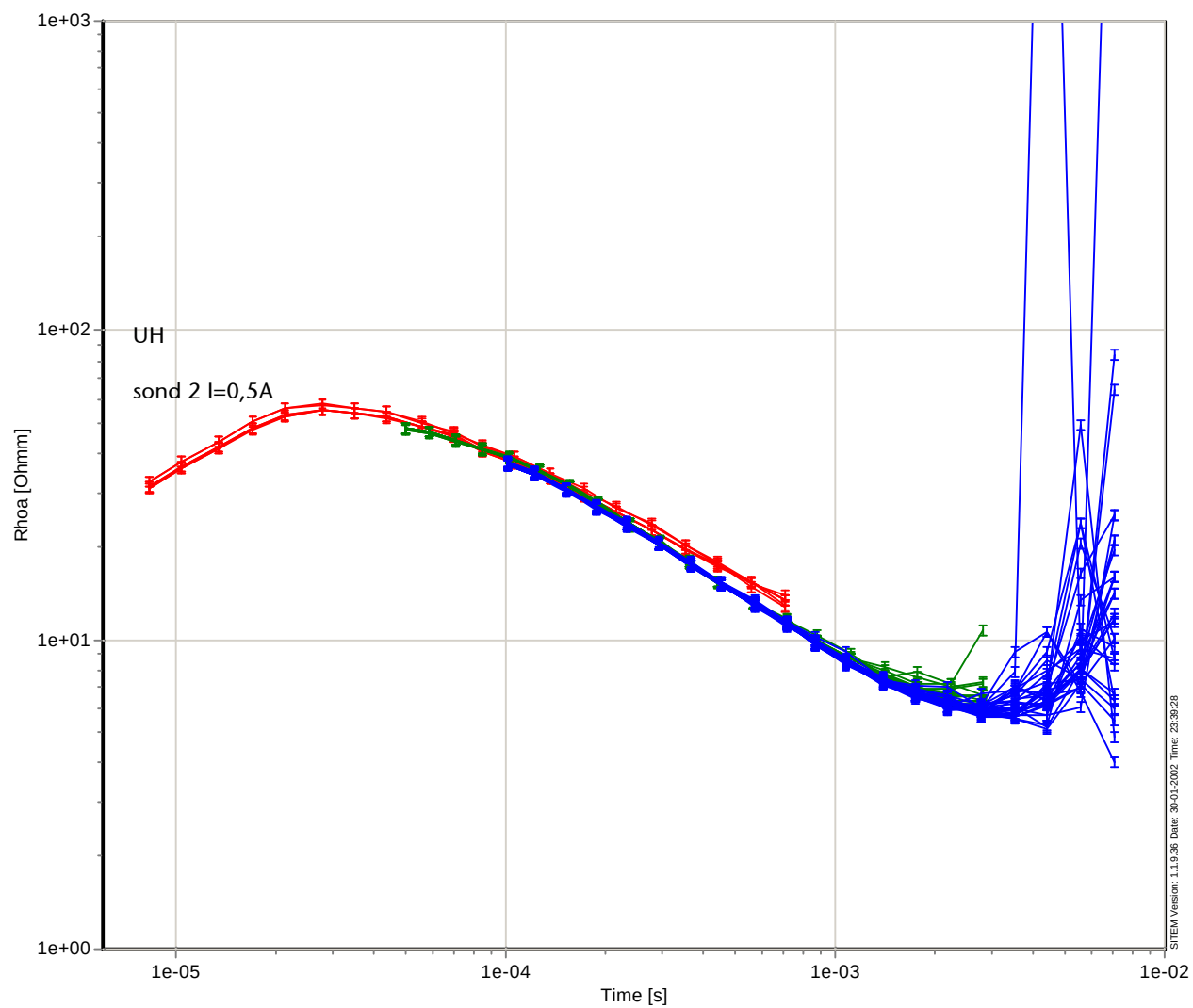
Måleprocedure for hver enkelt sondering fremgår af afsnittet "Måleprocedure ved TEMTest2002" på side 8.



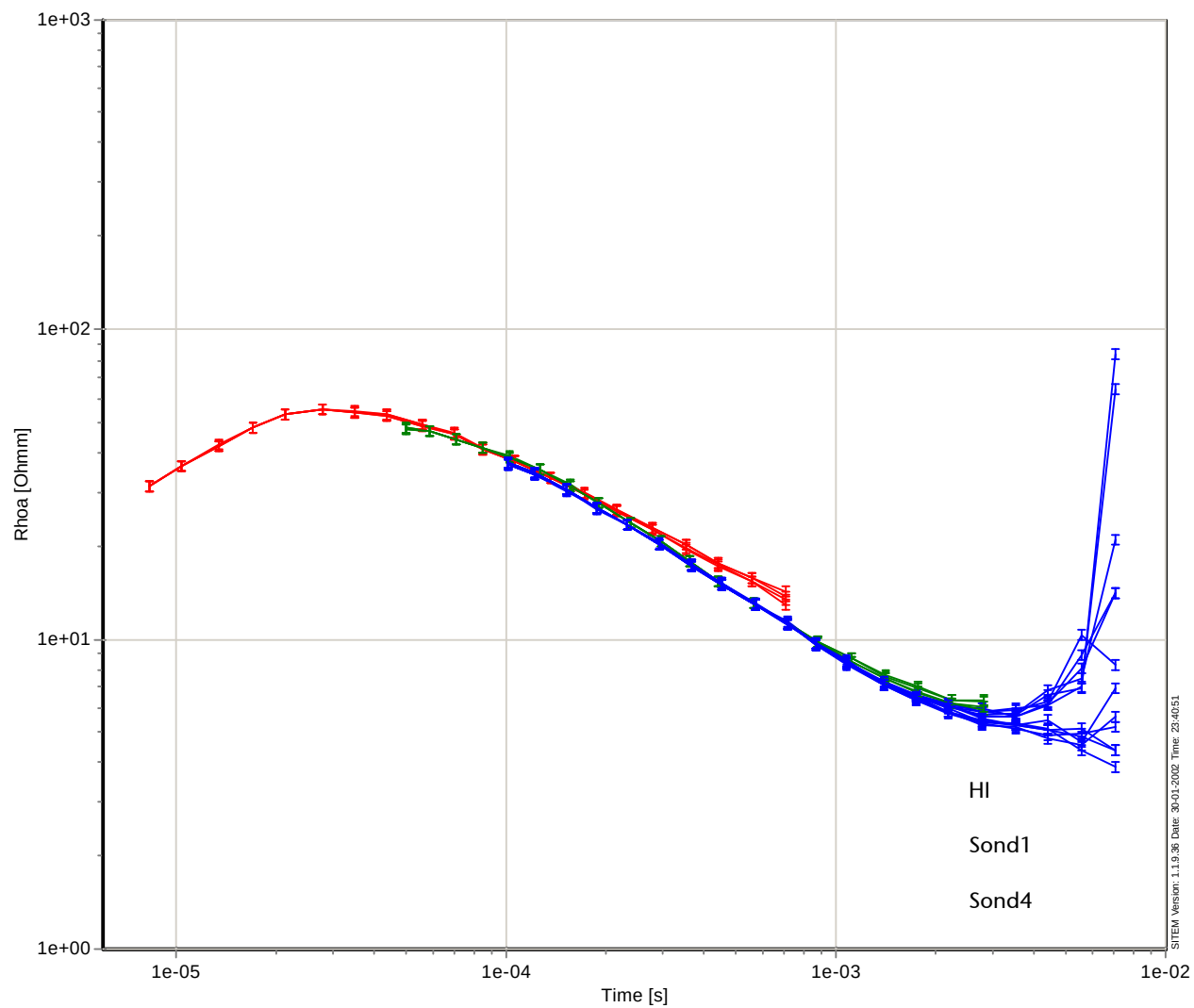
Figur 10.59 Måleudstyr 9, Tidsforskydning 0 μ sek. Niveauforskydning 1,003. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



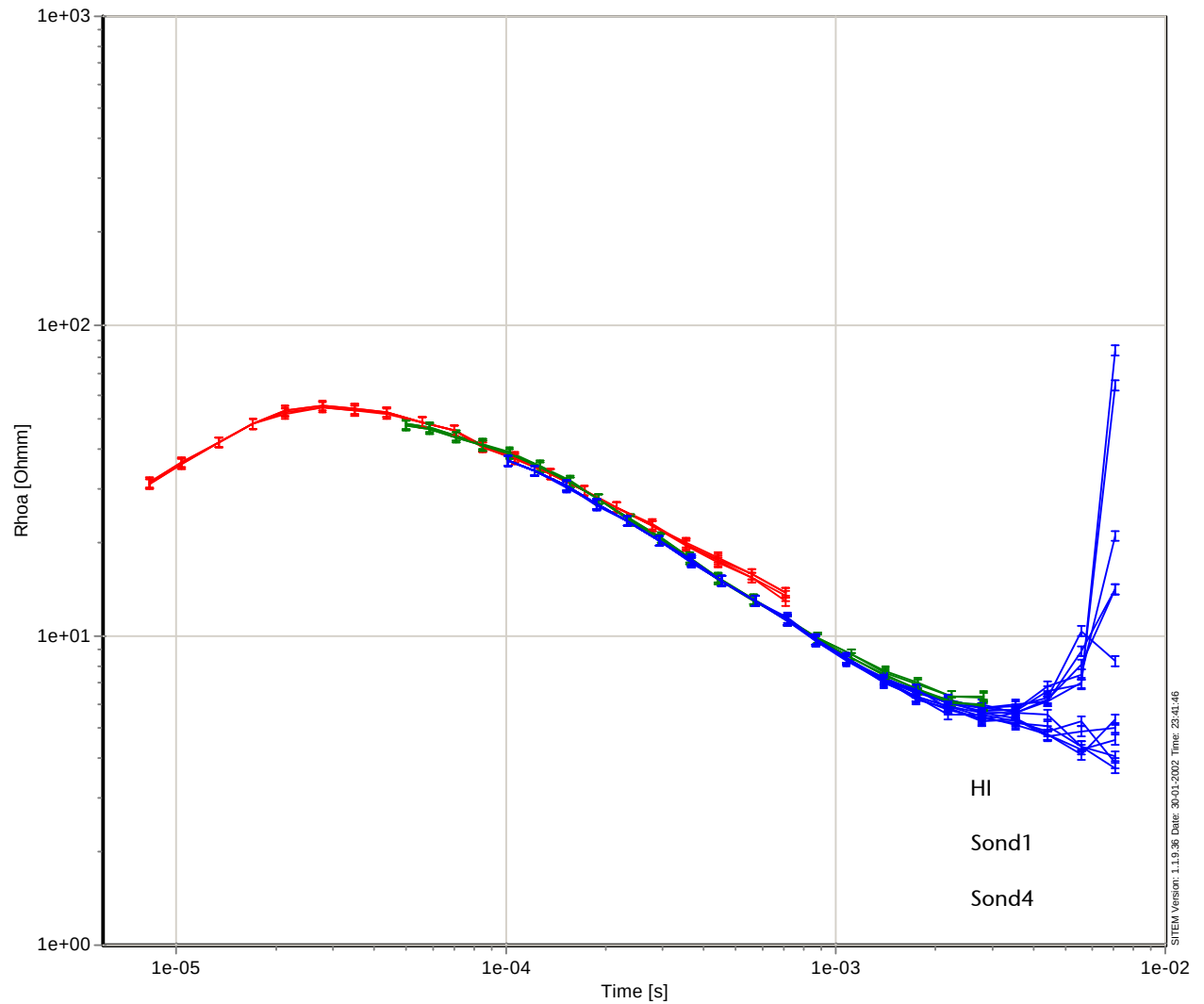
Figur 10.60 Sondering 1.Målesekvens for test af over- og understyring.



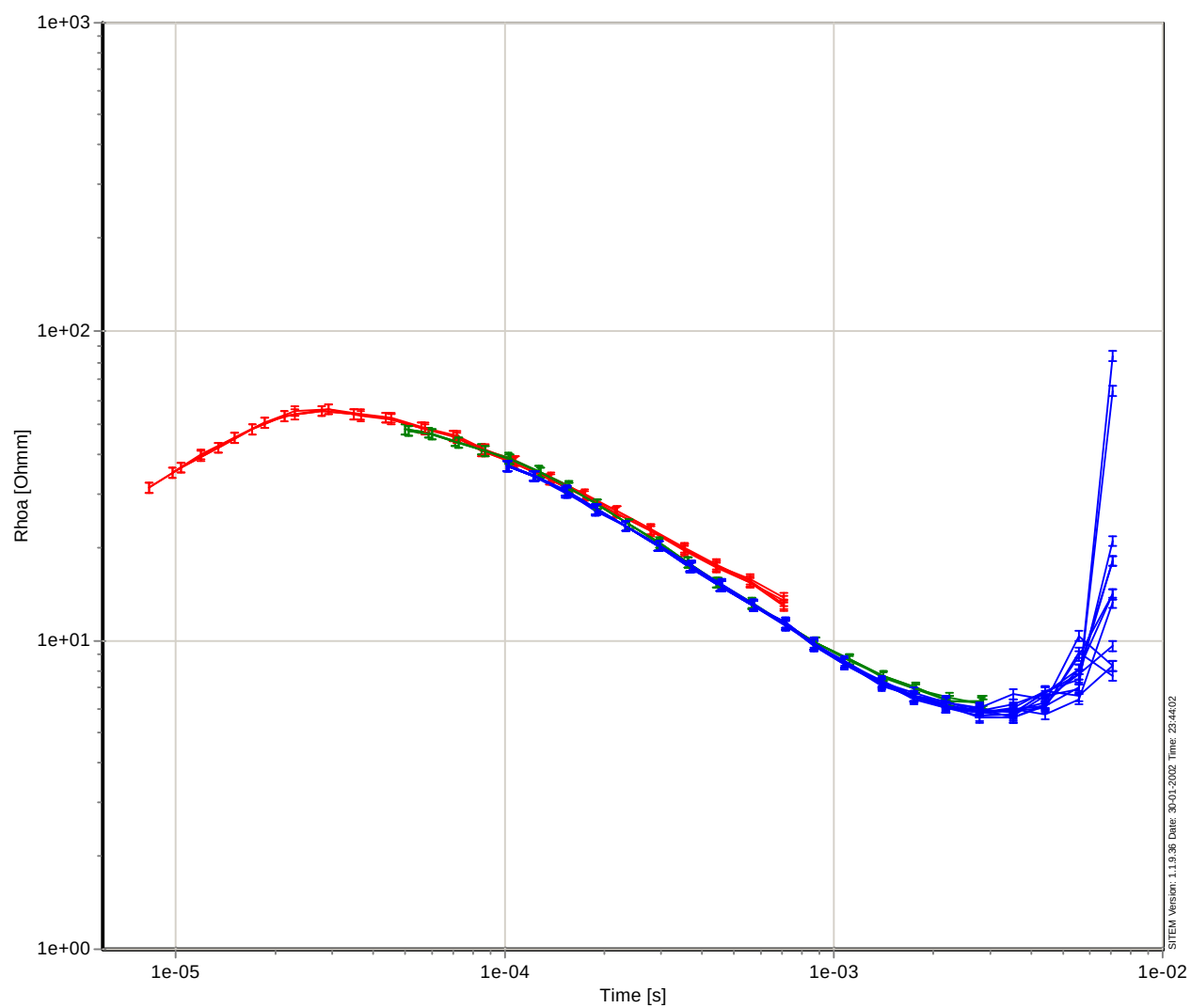
Figur 10.61 Sondering 2. Lineariteten af strømstyrken. Data fra sondering 2 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



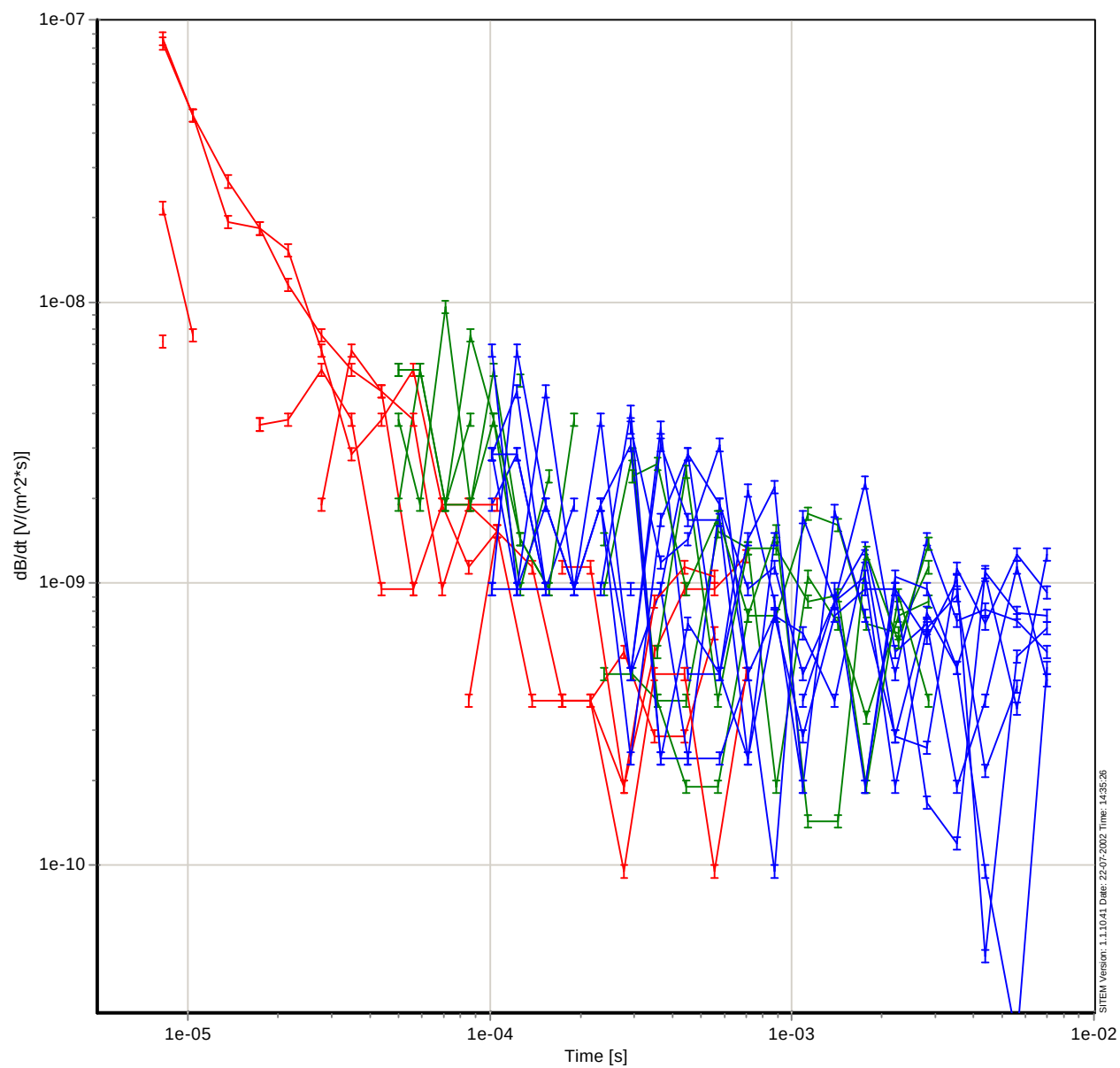
Figur 10.62 Sondering 3. Polariteten af referencesignalet vendes i forhold til sondering 1. Data fra sondering 3 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



Figur 10.63 Sondring 4. Polariteten af modtagerspølen vendes i forhold til sondring 1. Data fra sondring 4 samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondring 1.



Figur 10.64 Sondering 6. Turn-off tid. Data fra sondering 6, samt UH g1, VH g7 og HI g7 fra sondering 1.



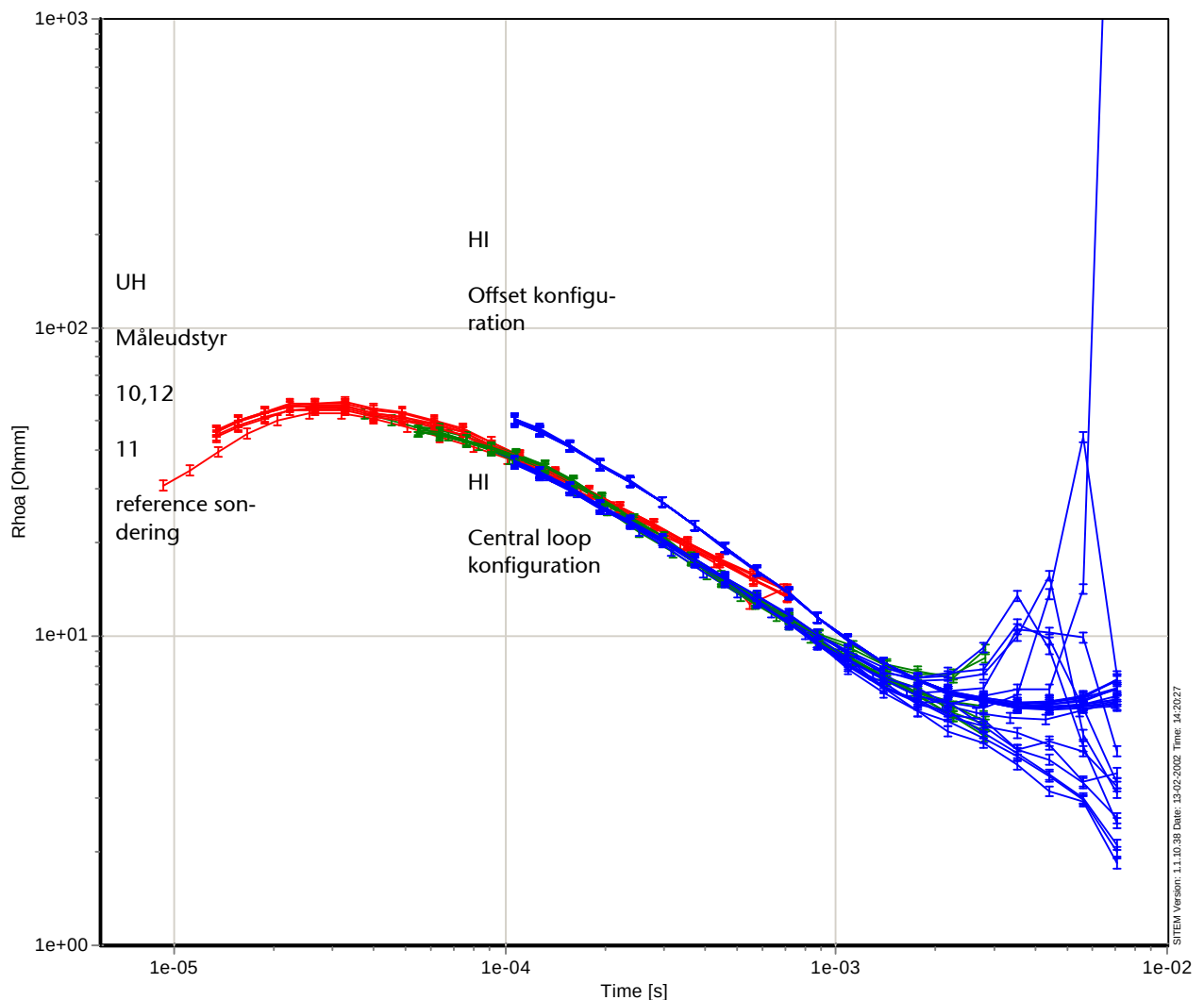
Figur 10.65 Sondering 7. Data fra sondering 7 samt støj fra sondering 1.

10.10 MÅLEUDSTYR 10-12

Måleudstyr nummer 10, 11 og 12 er baseret på en analog Protem47A modtager af fabrikatet Geonics, TEM-TX sendere og en modtagerspole af fabrikat Groundwater Instruments.

Figur 10.66 viser et plot af den fastlagte referencesondering sammen med måleserierne for de tre måleudstyr.

For at kunne sammenligne data opmålt med en 30x30 m offset konfiguration er der beregnet omsætningsfaktorer for de enkelte tidsvinduer. Således er data for måleudstyrene 10-12 omregnet til værdier, som svarer til målekonfigurationen, der er anvendt til referencesonderingen. Omsætningsfaktorerne er beregnet som angivet i afsnittet "Kalibrering af



Figur 10.66 Måleudstyr 10, 11, 12 og referencesonderingen. Repetitionsfrekvenserne UH og VH er målt i en 30x30 m centralloop konfiguration, mens HI er målt i såvel en central loop som i en offset konfiguration. Data er kalibreret som angivet i Tabel 10.2.

GEOFYSIKSAMARBEJDET

andre målekonfigurationer" på side 23.

Nedenstående tabel angiver omsætningsfaktorerne for de enkelte tidsvinduer.

Da måleudstyrene 10-2 er baseret på samme instrumenter som måleudstyr 9, bortset fra senderinstrumentet, er der ikke foretaget en fuldttestsekvens af disse måleudstyr.

For hvert af måleudstyrene 10-12 er der foretaget en sondering, som giver

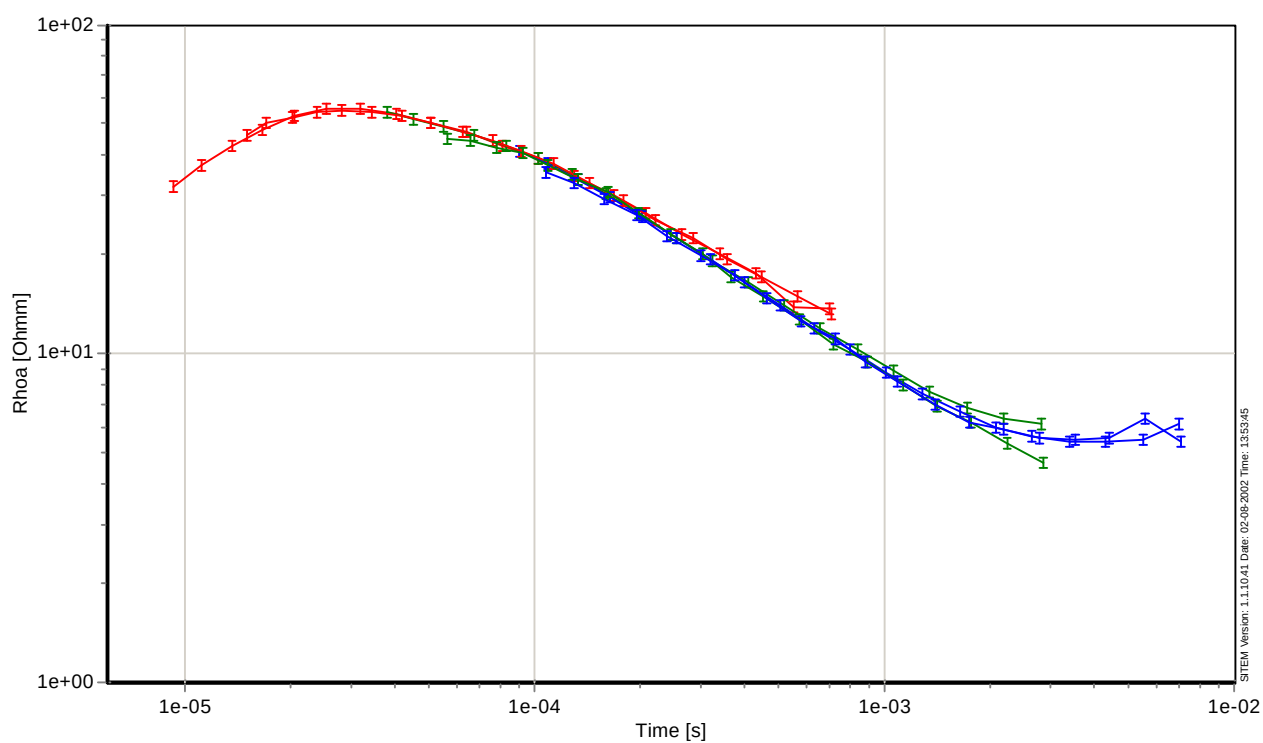
Fre-kvens	Tids vindue	Tid	Omsætnings-faktor
237.5	1	0.00001545	0.69
237.5	2	0.00001755	0.74
237.5	3	0.00002068	0.79
237.5	4	0.00002432	0.83
237.5	5	0.00002865	0.87
237.5	6	0.00003477	0.89
237.5	7	0.00004205	0.91
237.5	8	0.0000507	0.92
237.5	9	0.0000627	0.93
237.5	10	0.0000768	0.94
237.5	11	0.0000924	0.95
237.5	12	0.0001132	0.96
237.5	13	0.0001442	0.96
237.5	14	0.0001809	0.96
237.5	15	0.0002235	0.97
237.5	16	0.0002836	0.97
237.5	17	0.0003576	0.97
237.5	18	0.0004446	0.97
237.5	19	0.0005636	0.97
237.5	20	0.0007096	0.97
62.5	1	0.0000569	0.96
62.5	2	0.0000655	0.97
62.5	3	0.0000779	0.97
62.5	4	0.0000926	0.97
62.5	5	0.0001096	0.97
62.5	6	0.0001336	0.97
62.5	7	0.0001631	0.98
62.5	8	0.0001976	0.98
62.5	9	0.0002456	0.98
62.5	10	0.0003026	0.98

Fre-kvens	Tids vindue	Tid	Omsætnings-faktor
62.5	11	0.0003656	0.98
62.5	12	0.0004496	0.98
62.5	13	0.0005716	0.99
62.5	14	0.0007186	0.99
62.5	15	0.0008896	0.99
62.5	16	0.001131	0.99
62.5	17	0.001423	0.99
62.5	18	0.001772	0.99
62.5	19	0.002249	0.99
62.5	20	0.002834	1.00
25	1	0.0001086	0.97
25	2	0.0001296	0.97
25	3	0.0001596	0.97
25	4	0.0001966	0.98
25	5	0.0002396	0.98
25	6	0.0002996	0.98
25	7	0.0003736	0.98
25	8	0.0004606	0.98
25	9	0.0005786	0.99
25	10	0.0007206	0.99
25	11	0.0008796	0.99
25	12	0.001089	0.99
25	13	0.001399	0.99
25	14	0.001759	0.99
25	15	0.002189	1.00
25	16	0.002789	1.00
25	17	0.003529	1.00
25	18	0.004399	1.00
25	19	0.005569	1.00
25	20	0.007049	1.00

Tabel 10.1 Omsætning af data fra måleudstyr 10, 11 og 12 til et datasæt som svarer til konfigurationen anvendt til referencesonderingen.

mulighed for at fastlægge niveauforskydning og tidsforskydning. I Tabel 10.2 ses de beregnede kalibreringsværdier.

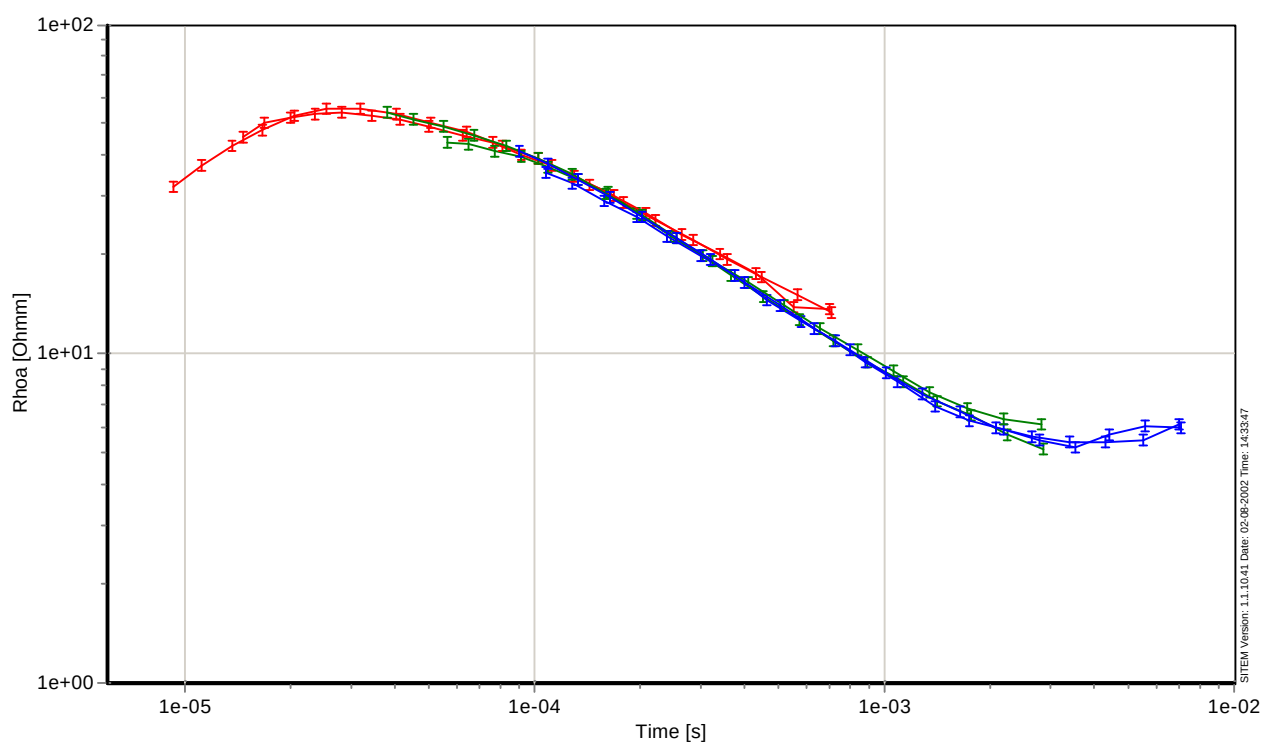
Figur 10.67 -10.69 viser de omregnede data for måleudstyr 10, 11 og 12.



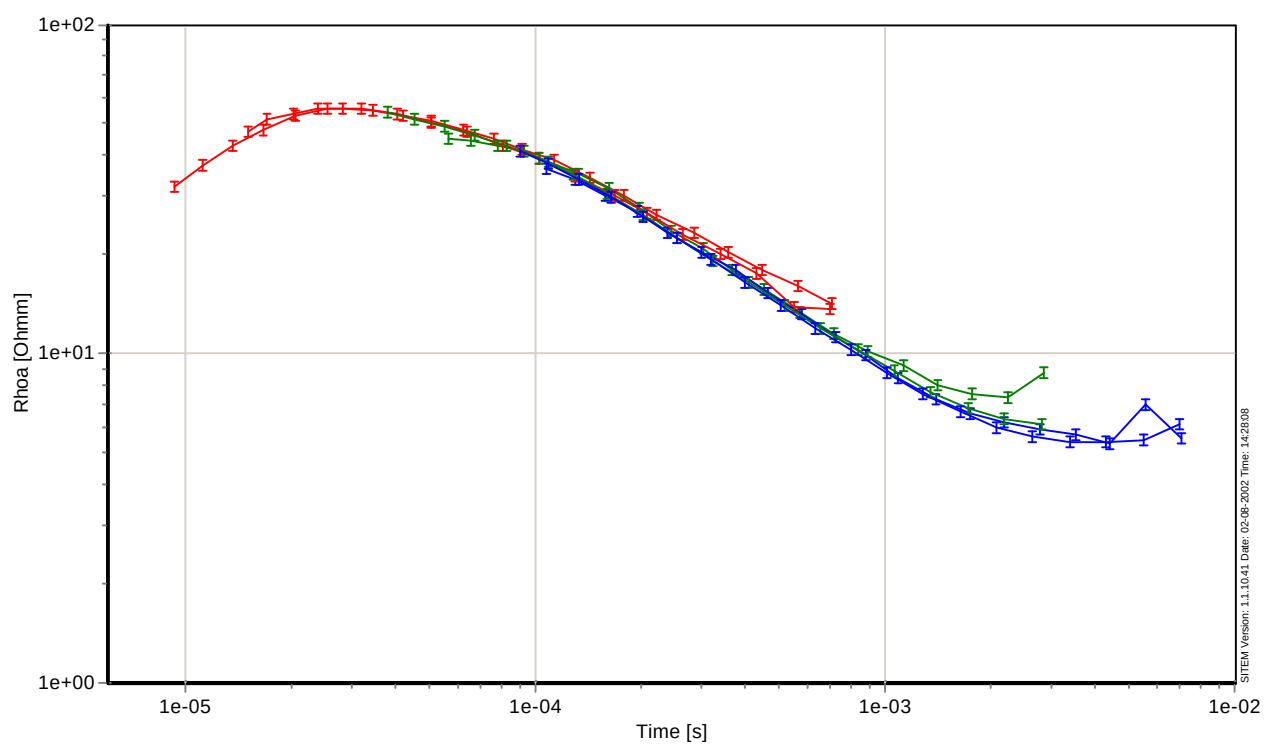
Figur 10.67 Måleudstyr 10, Tidsforskydning 1,6+6,6 μ sek regnet som "begin off ramp", Niveauforskydning 1,023. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.

Måleudstyr	Niveauforskydning	Tidsforskydning x 10e-6 sek
10	0,949	+1,6
11	0,967	+1,3
12	1,023	+1,6

Tabel 10.2 Forskydning i niveau og forskydning i tid for måleudstyr 10 til 12. Tidsforskydningen er regnet som "begin off ramp" plus en generel forskydning på 6,6 μ sek. Faktoren, som angiver niveauforskydningen, er relateret til signalet angivet i dB/dt.



Figur 10.68 Måleudstyr 11, Tidsforskydning 1,3+6,6 μ sek regnet som "begin off ramp", Niveauforskydning 0,967. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.



Figur 10.69 Måleudstyr 12, Tidsforskydning 1,6+6,6 μ sek regnet som "begin off ramp", Niveauforskydning 0,949. UH segmenterne er røde, VH segmenterne grønne og HI segmenterne blå.