

NGU Rapport 2011.072

Geofysiske målinger Nussir - Ulveryggen
Kvalsund kommune, Finnmark

Rapport nr.: 2011.072		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger Nussir - Ulveryggen, Kvalsund kommune, Finnmark				
Forfatter: Einar Dalsegg og Jan S. Rønning		Oppdragsgiver: Nussir A/S - NGU		
Fylke: Finnmark		Kommune: Kvalsund		
Kartblad (M=1:250.000) Honningsvåg		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1935 I Repparfjorden		
Forekomstens navn og koordinater: Nussir - Ulveryggen 35 V 395990 7818250		Sidetall: 30	Pris: 205,-	
Kartbilag: 2				
Feltarbeid utført: Juli 2011	Rapportdato: 01.01.2012	Prosjektnr.: 340100	Ansvarlig: <i>Oystein Nordgulen</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Nussir A/S har NGU utført måling av Indusert Polarisasjon (IP) og resistivitet mellom utgående av Nussir-forekomsten og Ulveryggen. Hensikten med målingene var å se om det kunne være indikasjoner på nye mineraliseringer mellom disse to tidligere kjente forekomstene. Planen var å måle ett profil som krysset begge forekomstene, men meget dårlige jordingsbetingelser inn mot Ulveryggen gjorde at dette profilet ble stoppet før en kom til selve Ulveryggen. I stedet ble det målt tre kortere profiler i den sentrale delen av området, da det første profilet her indikerte partier med forhøyet IP-effekt. Det ble målt fire profiler med en samlet lengde på 7,6 km med 2D resistivitet og Indusert Polarisasjon (IP). IP var her hovedmetoden da Nussir og Ulveryggen består av disseminert kobberkis og bornitt, en mineraliseringstype som nødvendigvis ikke gir store responser på elektrisk ledningsevne. Rapporten inneholder også represserte data fra målingene over Nussir-forekomsten i 2007.</p> <p>De geofysiske målingene mellom Nussir og Ulveryggen har påvist et betydelig antall IP-anomalier, og kvaliteten på de data som presenteres vurderes som god. Selve Nussir-forekomsten gir en svak IP-anomali og noe lavere resistivitet. I likhet med målingene i 2007, indikerer også årets målinger at det ved utgående av Nussir er flere parallelle soner.</p> <p>Mot Ulveryggen i den sentrale delen av det undersøkte området endrer anomalibildet seg, ved at de fleste IP-anomaliene øker i styrke og i flere tilfeller også i bredde. I motsetning til ved Nussir, gir de aller fleste IP-anomaliene ingen reduksjon i resistiviteten. Snarere tvert om, flere anomalier samsvarer med en økning i resistiviteten. Dette er ikke vanlig for sulfidmineraliseringer, og det er usikkert hva slags mineraliseringstype som gir disse anomaliene. Disse forskjeller i IP og resistivitet tyder på at den er av en annen type mineralisering enn Nussir. Profil 4-11er unntaket. Her samsvarer tre av de meget kraftige IP-anomaliene som ble påvist, med markerte lave resistivitetssoner.</p> <p>Før en eventuelt går videre med mer avanserte målinger av IP-effekt, bør det avklares hva for mineralisering som er årsak til de påviste IP-anomalier.</p>				
Emneord: Geofysikk	2D resistivitet	Indusert Polarisasjon		
Malm				
		Fagrapport		

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. METODEBESKRIVELSE - GEOFYSIKK.....	4
2.1 Målemetode og utførelse	4
2.2 Datainnsamling	5
2.3 Strømstyrke og datakvalitet	5
2.4 Inversjon.....	5
3. RESULTATER	6
4. REPROSESSERTE DATA FRA 2007	17
5. DISKUSJON	23
6. KONKLUSJONER	25
7. REFERANSER	26

FIGURER

Figur 1. Profil 1-11 A. Invertert resistivitet og IP-effekt.	8
Figur 2. Profil 1-11 B. Invertert resistivitet og IP-effekt.	9
Figur 3. Profil 1-11 C. Invertert resistivitet og IP-effekt.	10
Figur 4. Profil 1-11 D. Invertert resistivitet og IP-effekt.	11
Figur 5. Profil 1-11 E. Invertert resistivitet.....	12
Figur 6. Profil 1-11 F. Invertert resistivitet.....	13
Figur 7. Profil 2-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.	14
Figur 8. Profil 3-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.	15
Figur 9. Profil 4-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.	16
Figur 10. Profil 1-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.	18
Figur 11. Profil 2-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.	19
Figur 12. Profil 3-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.	20
Figur 13. Profil 4-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.	21
Figur 14. Profil 5-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.	22

TEKSTBILAG

For tekstbilag for metoden(e) som er anvendt, vennligst gå til våre nettsider <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Elektriske-metoder/>.

DATABILAG

Databilag 1: Innmålte profiler 2D resistivitet med IP-anomalier.

KARTBILAG

Kartbilag -01: Oversiktskart over undersøkt område 1 : 50 000.

Kartbilag -02: Oversiktskart med profiler 1: 10 000

1. INNLEDNING

I samarbeid med Nussir A/S har NGU utført måling av Indusert Polarisasjon (IP) og resistivitet mellom utgående av Nussir-forekomsten og Ulveryggen. Hensikten med målingene var å se om det kunne være indikasjoner på nye mineraliseringer mellom disse to tidligere kjente forekomstene. Planen var å måle ett profil som krysset begge forekomstene, men meget dårlige jordingsbetingelser inn mot Ulveryggen gjorde at dette profilet ble stoppet før en kom til selve Ulveryggen. I stedet ble det målt tre kortere profiler i den sentrale delen av området, da det første profilet her indikerte partier med forhøyet IP. Det undersøkte området og de målte profiler er vist på oversiktskart i kartbilagene -01 og -02.

Det ble målt fire profiler med en samlet lengde på 7,6 km med 2D resistivitet og Indusert Polarisasjon (IP). IP var her hovedmetoden da Nussir og Ulveryggen består av disseminert kobberkis og bornitt, en mineraliseringstype som vanligvis ikke gir store responser på elektrisk ledningsevne.

Målingene ble utført i juli 2011 av Einar Dalsegg fra NGU med assistanse fra Knut Emil Thomassen og Anders Hansen fra Nussir A/S.

I 2007 utførte NGU IP-målinger langs 5 profiler over utgående av Nussir-forekomsten (Rønning m. fl. 2007). Hensikten med disse målingene var å se om forekomsten ga IP- og resistivitet-anomalier for dermed å få vurdert nytten av helikoptermålinger ved kartlegging av Nussir-forekomsten. Målingene viste at forekomsten har en klar men liten kontrast i resistivitet (inverse av elektrisk ledningsevne) mot sideberget. For IP-data derimot var det klare kontraster, og det ble konkludert med at IP var den best egnede metoden for kartlegging av denne type mineralisering.

Prosesseringsprogrammet som ble benyttet i 2007, er nå forbedret og alle profiler er derfor prosessert på nytt og presentert i denne rapporten.

2. METODEBESKRIVELSE - GEOFYSIKK

2.1 Målemetode og utførelse

Ved denne undersøkelsen var IP den sentrale målemetoden, men i det benyttede måleinstrumentet foretas det samtidig måling av **2D resistivitet og indusert polarisasjon (IP)**. Det er alltid en fordel å måle både resistivitet og IP, da en ved å kombinere de to metodene reduserer faren for feiltolkninger. I det følgende blir metoden og utførelse kort beskrevet.

En mer utførlig beskrivelse av metoden finnes på <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Elektriske-metoder/>.

2.2 Datainnsamling

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem utviklet ved den tekniske høgskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av en relèboks (Electrode Selector ES 10-64C) og to eller fire multi-elektrode kabler. Måleprosessen styres av et ABEM Terrameter SAS 4000 (ABEM 1999). Ved denne undersøkelsen ble det benyttet fire kabler med 10 meters elektrodeavstand og Gradient elektrodekonfigurasjon. Dybderekkevidden er ca 120 meter. Oppløsningen, og dermed nøyaktigheten, er størst i den øvre halvdel av seksjonen. Når en måling er avsluttet, kan første kabel flyttes foran de tre andre og på denne måten kan profilene forlenges, i prinsippet ubegrenset. Ved målingene i 2007 var elektrodeavstanden 2 meter. Årets målinger med 10 meters elektrodeavstand har klart dårligere oppløsning og dermed nøyaktighet dagnært, men med så lange profiler ville det vært for ressurskrevende å måle med kortere elektrodeavstand. En fordel med økt elektrodeavstand er at dybderekkevidden øker.

Strøm ble sendt i pulser på 1 sekund og alternerende polaritet. Dette gir en målesyklus på 3,8 sekund. Målingen av resistivitet (enhet ohmm eller Ωm) startet 0,3 sekund etter at strømmen ble slått på og måletiden var 0,5 sekund. Indusert polarisasjon ble målt som en integrering av signalet fra 10 ms etter strømbrudd i et tidsvindu på 100 ms. Integrert IP-signal over tid med enhet mVms, normaliseres mot resistivitetssignalet (mV) og får enheten ms.

Profilenes beliggenhet er innmålt med håndholdt GPS (databilag 1).

2.3 Strømstyrke og datakvalitet

Det var store forskjeller i jordingsbetingelsene og dermed strømstyrken i det undersøkte området. I nord ved Nussir var det brukbare jordingsbetingelser og strømstyrken for mesteparten av profil 1-11 A og B lå i området 50-100 mA. I midtpartiet som omfattet profil 1-11 C og D samt profilene 2-11, 3-11 og 4-11 ble det tørrere jordsmonn og dermed dårligere jordingsbetingelser. Strømstyrken for mesteparten av målingene i dette området sank til 20-50 mA. I sør mot Ulveryggen ble jordingsbetingelsene enda dårligere med mye blokkmark, og strømstyrken for mesteparten av målingene for profil 1-11 E og F lå i området 5-20 mA. Dette er under det som er anbefalt som minimum strømstyrke ved IP-målinger (50 mA). Måledata viste seg her å inneholde så mye støy på IP-målingene at profilet ble avbrutt selv om det var planlagt å måle det over selve Ulveryggen-mineraliseringen.

På alle profiler innholdt datafila i varierende grad en del negative IP-verdier. Dette er nesten alltid støy, og disse målingene ble derfor fjernet før data ble prosessert.

2.4 Inversjon

Ved alle målinger av denne type måles en tilsynelatende resistivitet og IP-effekt. Disse representerer et veid middel av alle måleverdier som er innenfor målingens influensvolum. For å finne de spesifikke verdiene i ulike deler av undergrunnen må data inverteres. Dette utføres ved at bakken deles opp i blokker som tilordnes en bestemt resistivitetsverdi. Denne blir så justert i flere trinn (iterasjoner) inntil responsen fra den teoretiske modellen blir mest mulig lik de målte data.

Resistivitets- og IP-data ble invertert ved bruk av dataprogrammet RES2DINV (Loke 2010). Det ble gjort forsøk med forskjellige inversjonsmetoder (Least Square og Robust) og det ble eksperimentert med forskjellige inversjonsparametre, dempningsfaktorer og forskjellige filtre. Dette ga ikke noen endringer i hovedtrekkene i de inverterte profilene, men mindre avvik i detaljer. Det er benyttet vertikal/horisontal-filter=2, som gjør at vertikale strukturer fremheves.

3. RESULTATER

Måleresultatene er presentert i figurene 1 til 9. Her er det valgt fargeskalaer som fremhever de påviste anomaliene på beste måte. Profil 1-11, som var 4 km langt, er av praktiske grunner delt opp i seks delprofiler (profil 1-11 A til F). For å sikre full dybderekkevidde er det overlapp mellom disse delene. På alle profiler med unntak av profilene 1-11 E og F, er invertert resistivitet og IP-effekt vist. På profilene 1-11 E og F var det som tidligere nevnt så mye støy at IP-dataene ikke er pålitelige. På disse profiler er derfor bare invertert resistivitet presentert. På grunn av strengere kvalitetskrav på måledata, er en del måleverdier fjernet. Dette har ført til at de resultatene som presenteres i denne rapporten, er noe forskjellig fra de foreløpige resultatene som ble presentert like etter måleperiodens avslutning. Profilene overlapper hverandre slik at de anomalier som er påvist vil bli kommentert i de delprofiler hvor de ligger i den sentrale delen av profilet.

De IP-anomalier som er påvist er angitt med GPS-koordinater i databilag-1 sammen med de innmålte GPS-verdiene for profilene. For å få en referanse ble starten av profil 1-11 lagt så langt nord at en krysset utgående av Nussir-forekomsten med full dybderekkevidde på profilet.

På **Profil 1-11 A** (figur 1) indikeres en forholdsvis svak IP-anomali ved koordinat 380, som faller sammen med utgående av Nussir. Som øvre del av figur 1 viser, indikeres det også en lavresistivitetssone ved denne koordinaten. Som kartbilag -02 viser går årets profil ca 100 meter vest for profil 1-07 (figur 10). Anomaliene på utgående av Nussir er mye sterkere på dette profilet. Grunnen til dette er at årets målinger har en elektrodeavstand på 10 meter, mens en ved målingene i 2007 hadde en elektrodeavstand på 2 meter (for detaljer, se diskusjonen). Det er også indikasjoner på forhøyet IP ved koordinat 290 og 335. Dette indikerer at utgående av Nussir kan bestå av flere parallelle soner, noe som også ble indikert på profilene 2 og 3 fra målingene i 2007 (figur 11 og 12).

På **Profil 1-11 B** (figur 2) indikeres svake IP-anomalier ved koordinatene 520 og 990, og en sterkere IP-anomali ved koordinat 1060. Det kan tyde på at disse anomaliene kan skyldes en annen type mineralisering enn Nussir-forekomsten, da de ikke har gitt anomalier på resistivitetmålingene. Ved koordinat 700 er det en markert lavresistivitetssone, men denne kommer ikke fram på IP-målingene. Dette kan være en knusningssone med økt porøsitet.

Profil 1-11 C (figur 3) indikerer en forholdsvis bred men svak IP-anomali ved koordinat 1620. Denne sonen kommer heller ikke fram med lavere resistivitet, men som øvre del av figuren viser ligger den i et område med høy resistivitet (> 8000 ohmm). Den generelle resistiviteten langs profilet blir markert høyere fra koordinat 1150 og sørover, noe som tyder på en endring i bergartstypen. Ved koordinat 1520 markeres en sone med lavere resistivitet uten IP-effekt, noe som indikerer en knusningssone i fjellet.

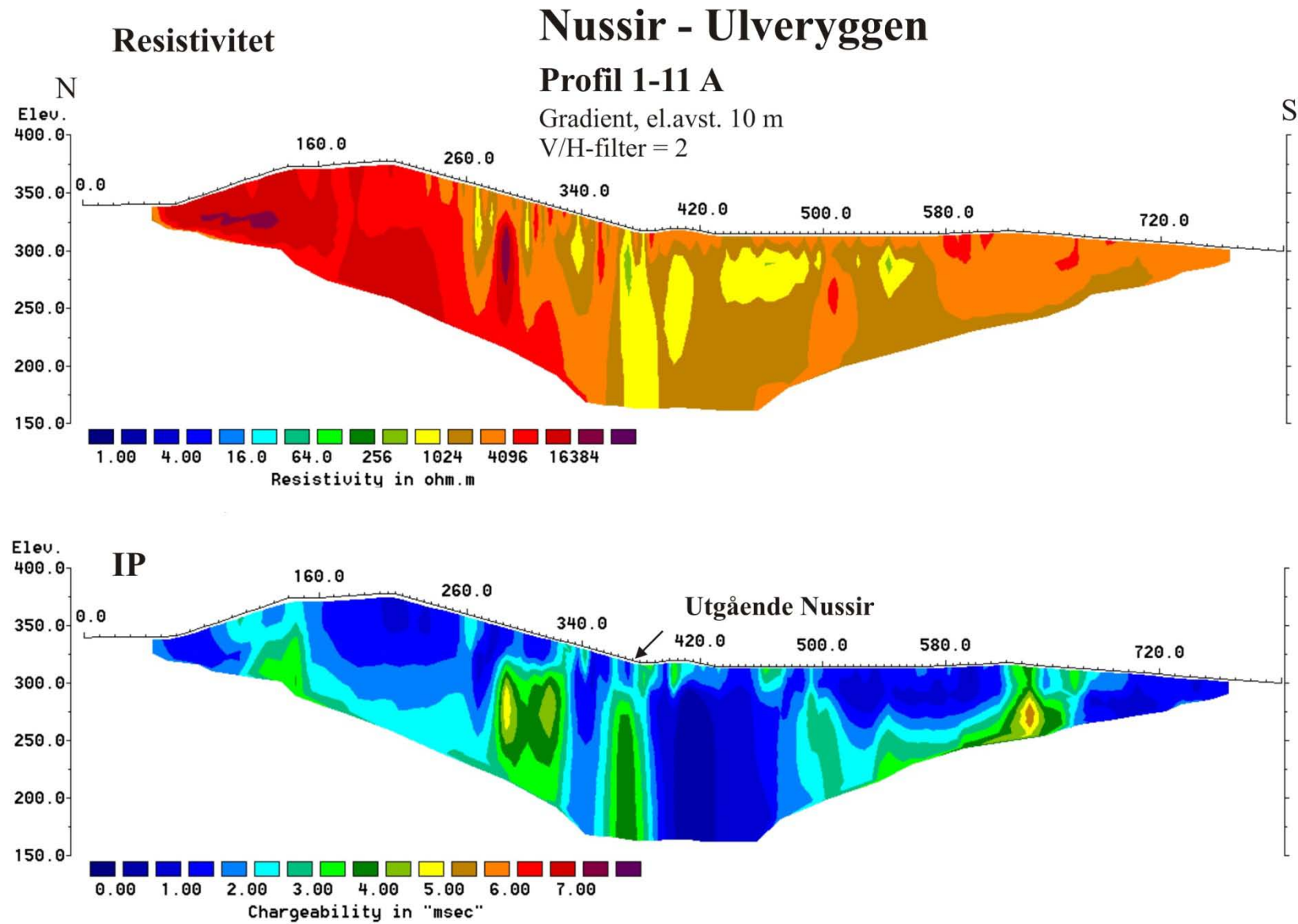
På **Profil 1-11 D** (figur 4) kommer en inn i et område med flere markerte og brede IP-anomalier. Ingen av sonene gir lavere resistivitet, snarere tvert om, de fleste anomaliene viser forhøyet resistivitet. Dette er ikke vanlig ved sulfidmineraliseringer, og det er usikkert hva slags mineraliseringstype som gir disse anomaliene. Som tidligere nevnt ble strømstyrken gradvis lavere mot sør på grunn av dårligere jordingsbetingelser, og en har valgt ikke å presentere IP-målingene på de to neste delprofilene (E og F). Men allerede på dette delprofilet ligger flere målinger under anbefalt strømstyrke på 50 mA for å måle IP. De måledata som tydeligvis er støy er fjernet. De resterende verdiene ser tilsynelatende ut til å være reelle, men på grunn av den lave strømstyrken kan det være noen støypunkter igjen i datasettet for IP. Både resistiviteten og IP-verdiene i denne delen av profilet viser at det her trolig er en del løsmasser. Resistiviteten indikerer i de sentrale delene av profilet at løsmassetykkelsen er fra 10 til 20 meter, mens IP-målingene indikerer et noe større dyp.

På **Profil 1-11 E og F** (figurene 5 og 6) vises bare resistivitetsdata. Disse er ikke så følsomme for lave strømstyrker som IP, og ansees derfor som reelle. Figurene viser at bergarten her har høy resistivitet (> 5000 ohmm), med partier med vesentlig høyere resistivitet. Det er også partier her med lavere resistivitet, men det kommer ikke fram noen markerte svakhetsoner.

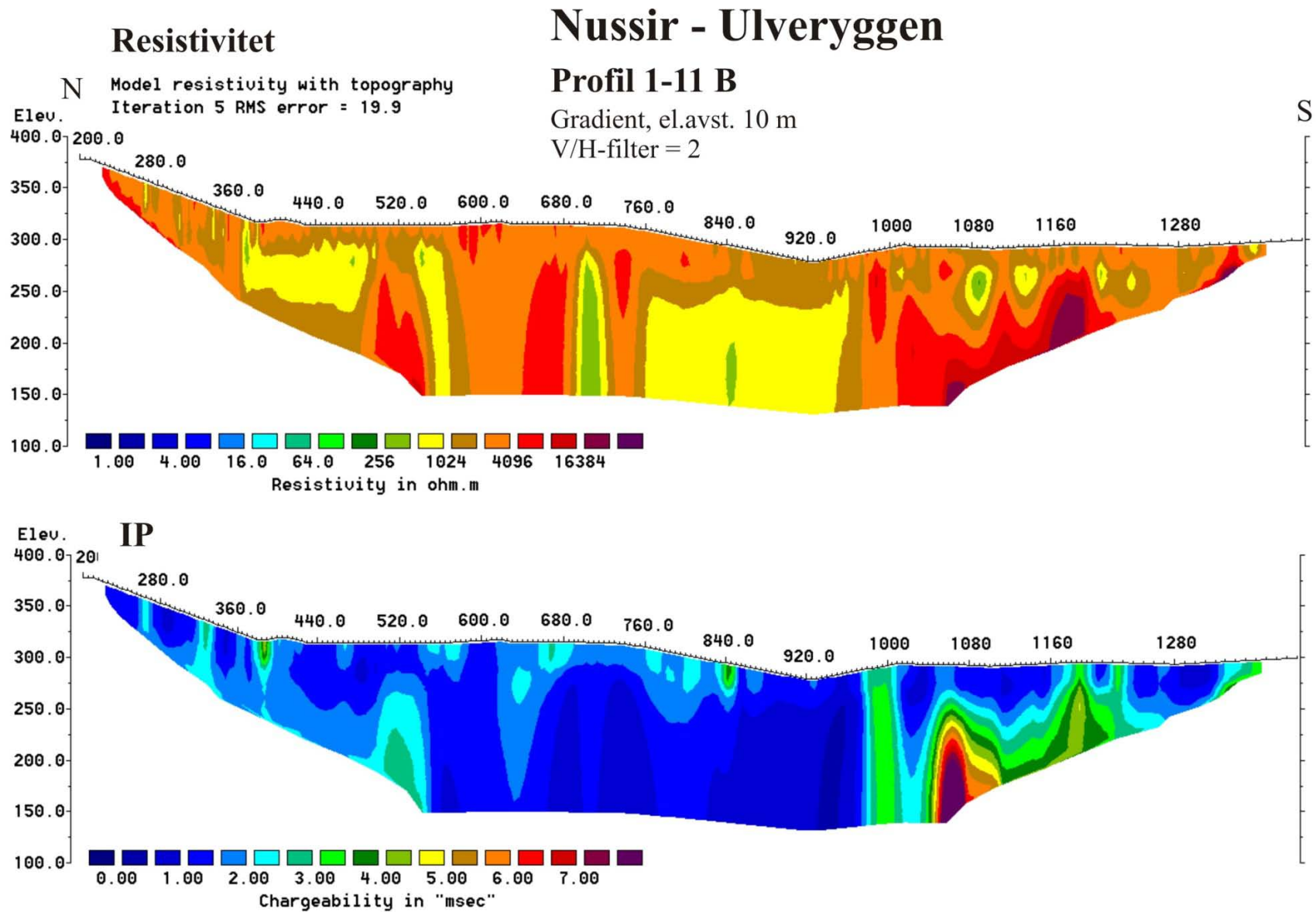
Profil 2-11 (figur 7) ligger like øst for profil 1-11 D, og ble målt for å sjekke de anomalier som framkom på dette profilet. Som figuren viser er det noe forhøyet IP i starten av profilet, med en svak sone ved koordinat 470. Mot sør ved koordinat 700 er det en markert IP-anomali med indikert fall mot nord, mens hele området fra koordinat 800 til 900 har et meget høyt IP-nivå. I likhet med de fleste sterke IP-anomaliene på delprofil 1-11 D, ligger også disse i områder med forhøyet resistivitet. Det indikeres en markert lavresistivitetssone ved koordinat 720, men sonen gir ikke IP-anomali. Profilet krysser her en elv og anomaliårsaken er trolig en svakhetsone i fjellet. Måledata indikerer at det også på dette profilet er store løsmassetykkelser.

Profil 3-11 (figur 8) ligger på vestsiden av profil 1-11, og ble målt av samme grunn som profil 2-11. Det ble påvist flere IP-anomalier også på dette profilet, men anomalibildet er noe rotete. Den mest markerte sonen er ved koordinat 315 mens anomaliene lengre sør på profilet mere fremstår som bobler med forhøyet IP. I likhet med profil 1-11 D og profil 2-11 kommer ingen av IP-anomaliene fram med lavere resistivitet. Resistivitet-målingene indikerer derimot at bergarten i de sentrale delene av dette profilet er homogen og har høy resistivitet (> 4000 ohmm).

På **Profil 4-11** (figur 9) som ligger lengst øst av profilene er det flere tildels meget brede IP-soner. I stort sett hele området fra koordinat 230 til koordinat 580 er det forhøyet IP, med tre meget markerte brede soner. Videre mot sør ved koordinat 710 er det igjen en markert IP-anomali. Det som er forskjellig på dette profilet og profilene lengre vest i dette området, er at det er markerte lavresistivitetssoner som faller delvis sammen med tre av IP-anomaliene. Dette gjelder sonene ved koordinatene 440, 570 og 720. Det at sonene kommer fram med både lav resistivitet og høy IP, gjør at de framstår som mere troverdige enn sonene som har både høy resistivitet og høy IP. Dette kan også være en indikasjon på at det her finnes en annen mineraliseringstype. Samtlige soner ser ut til å være steile. Ingen av sonene indikeres å gå ut i dagen, noe som kan skyldes at løsmassetykkelsen i området er betydelig.



Figur 1. Profil 1-11 A. Invertert resistivitet og IP-effekt.



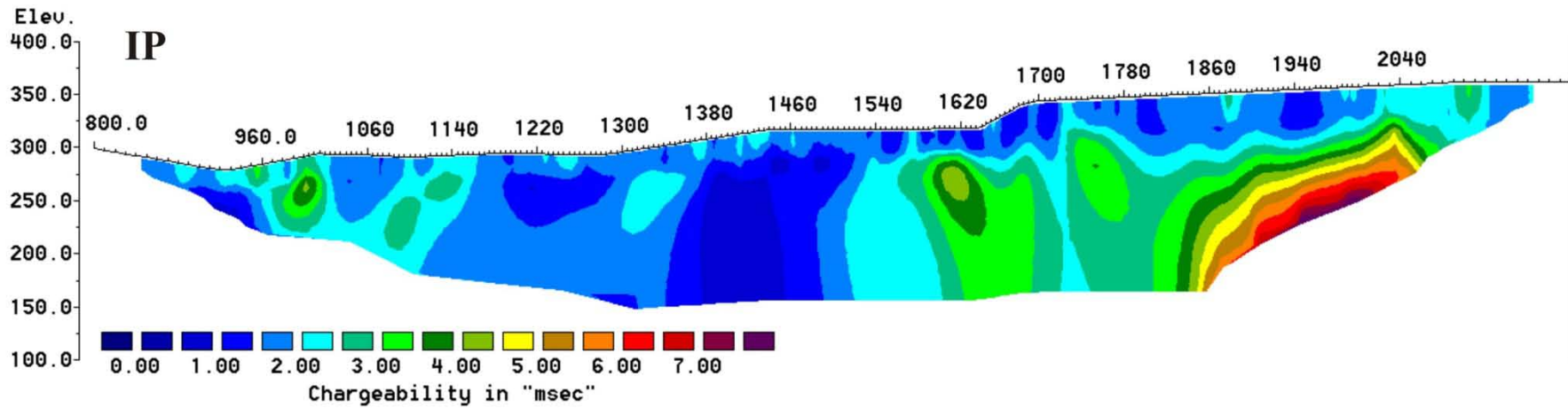
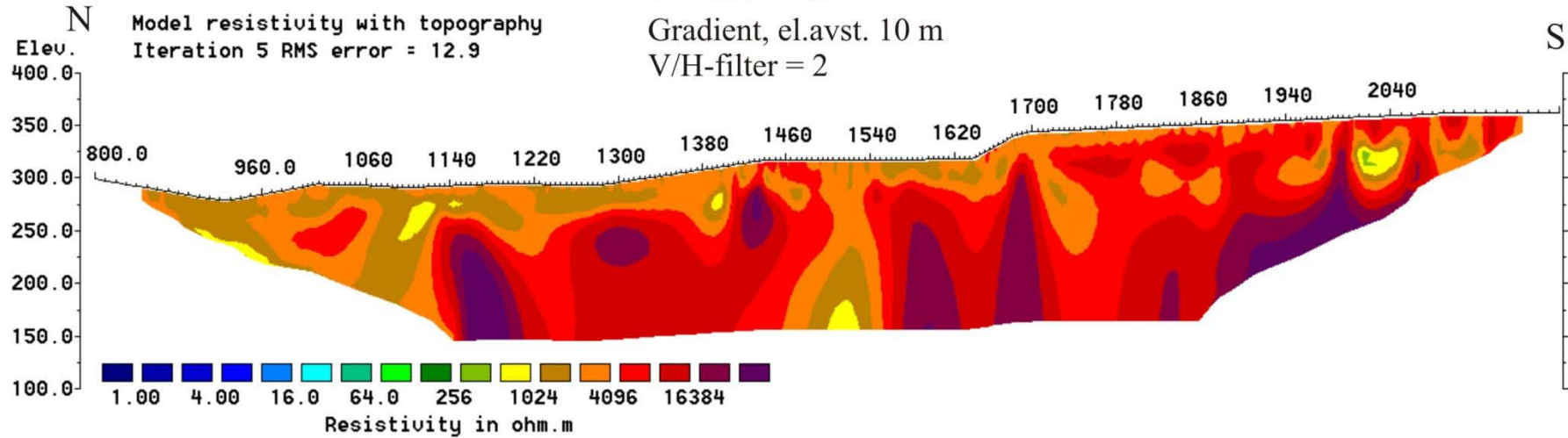
Figur 2. Profil 1-11 B. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Nussir - Ulveryggen

Resistivitet

Profil 1-11 C

Gradient, el.avst. 10 m
V/H-filter = 2



Figur 3. Profil 1-11 C. Invertert resistivitet og IP-effekt.

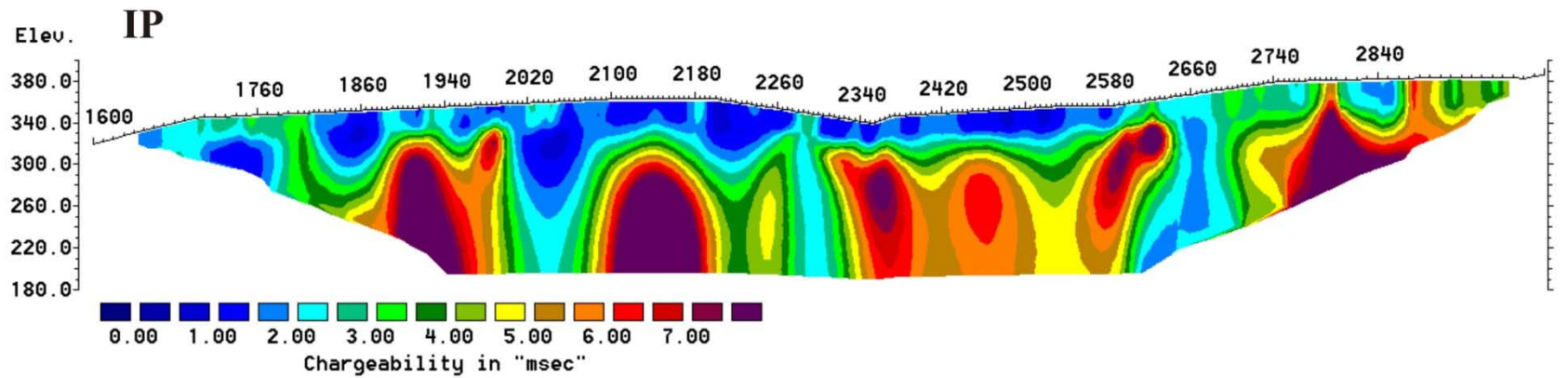
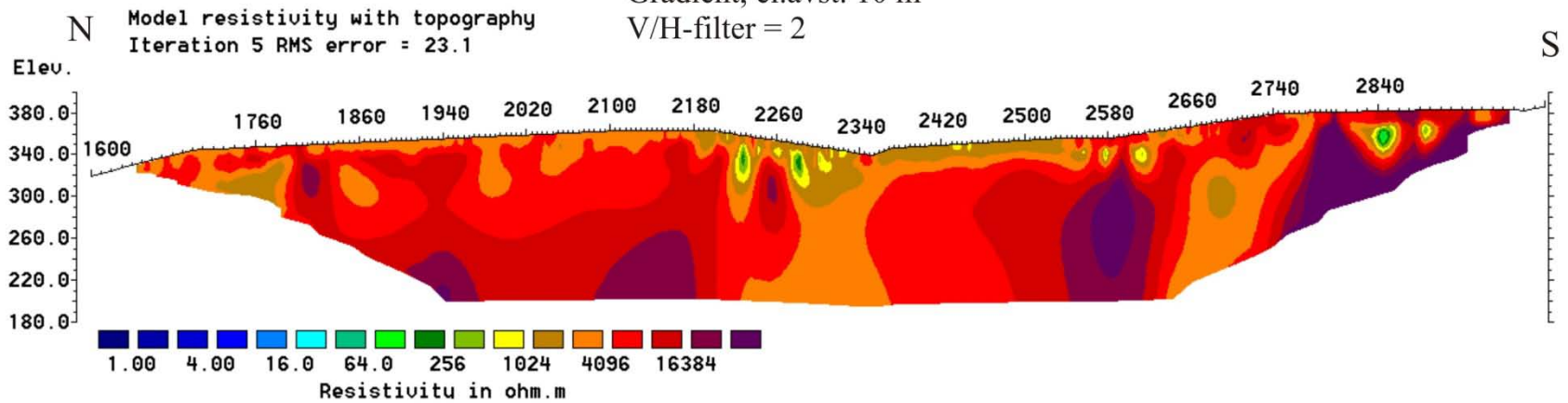
Nussir- Ulveryggen

Resistivitet

Profil 1-11 D

Gradient, el.avst. 10 m

V/H-filter = 2



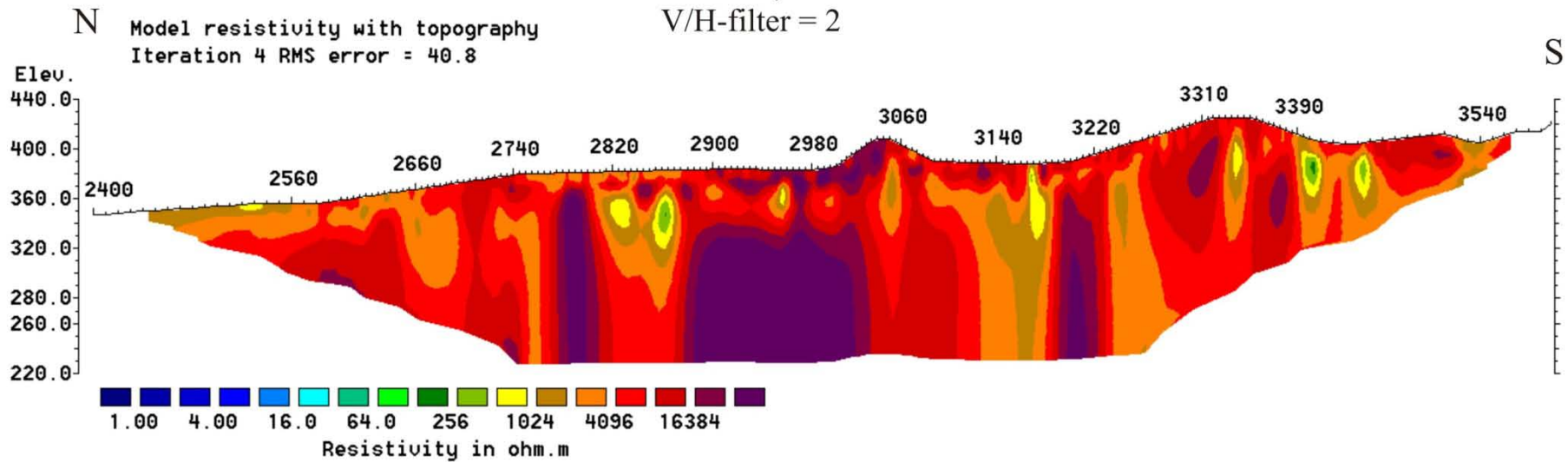
Figur 4. Profil 1-11 D. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Nussir - Ulveryggen

Profil 1-11 E

Gradient, el.avst. 10 m
V/H-filter = 2

Resistivitet



Horizontal scale is 5.02 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 2400.0 m.
Last electrode is located at 3540.0 m.

Figur 5. Profil 1-11 E. Invertert resistivitet.

Nussir-Ulveryggen

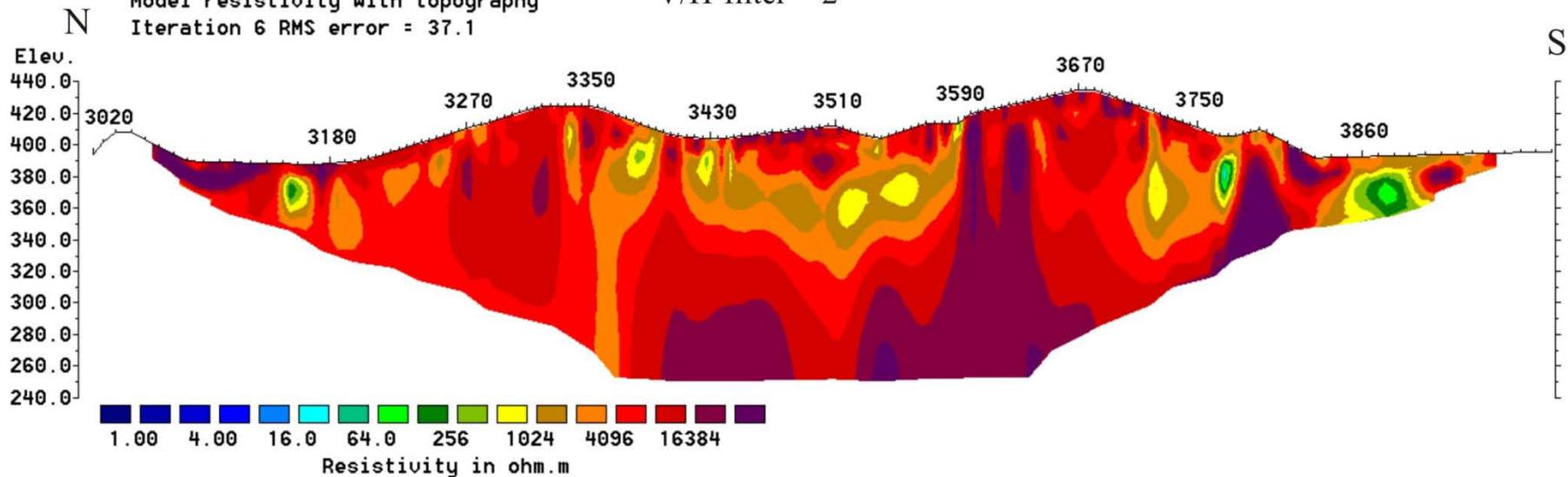
Profil 1-11 F

Gradient, el.avst. 10 m

V/H-filter = 2

Resistivitet

Model resistivity with topography
Iteration 6 RMS error = 37.1



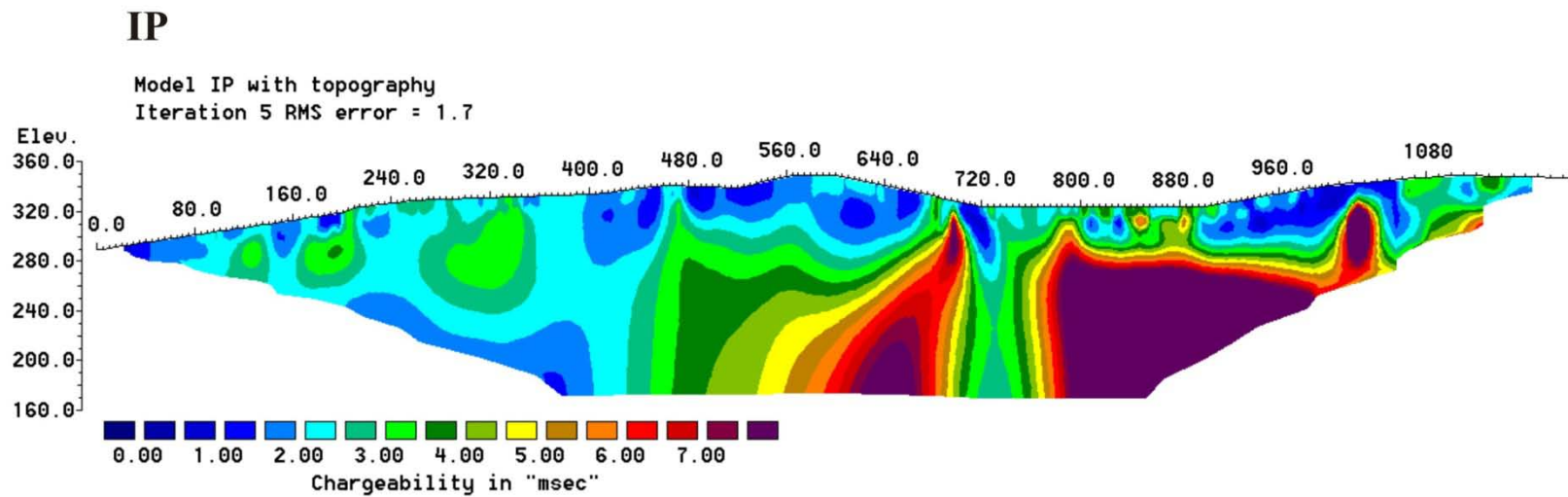
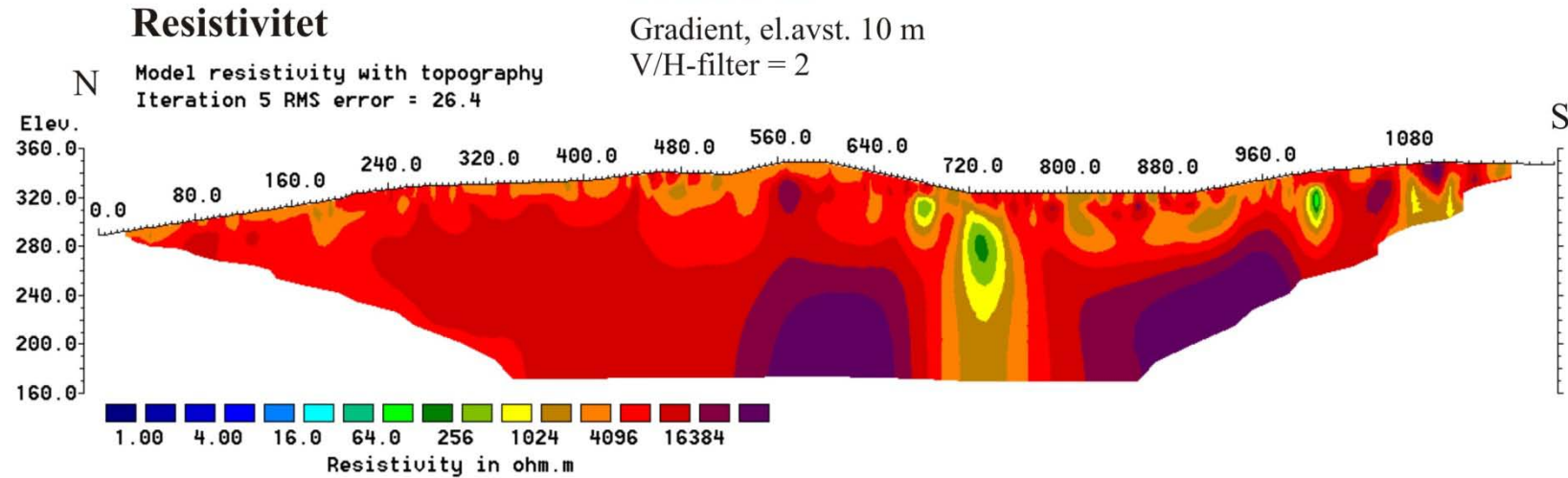
Horizontal scale is 6.36 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 3020.0 m.
Last electrode is located at 192.0 m.

Figur 6. Profil 1-11 F. Invertert resistivitet.

Nussir - Ulveryggen

Profil 2-11

Gradient, el.avst. 10 m
V/H-filter = 2



Figur 7. Profil 2-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.

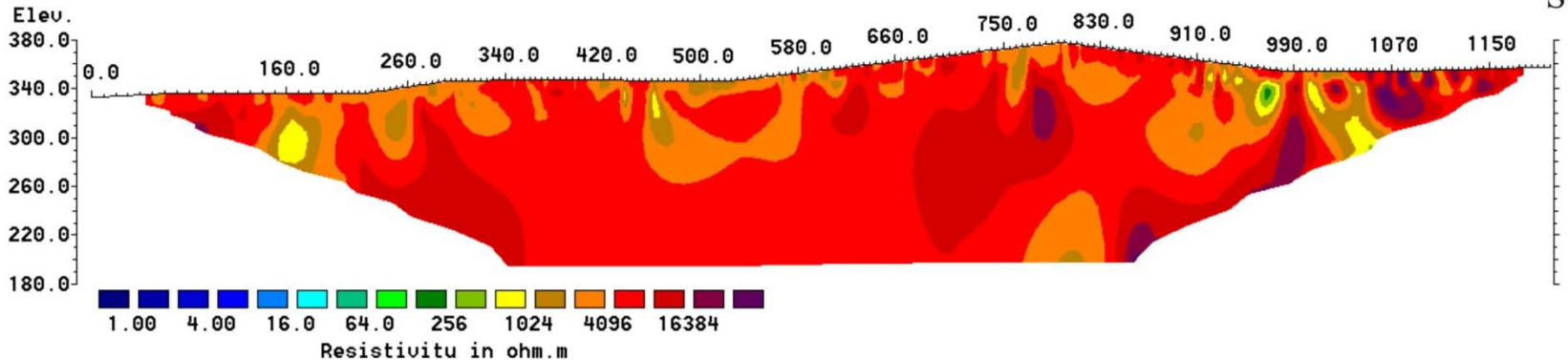
Nussir - Ulveryggen

Profil 3-11

Gradient, el.avst. 10 m
V/H-filter = 2

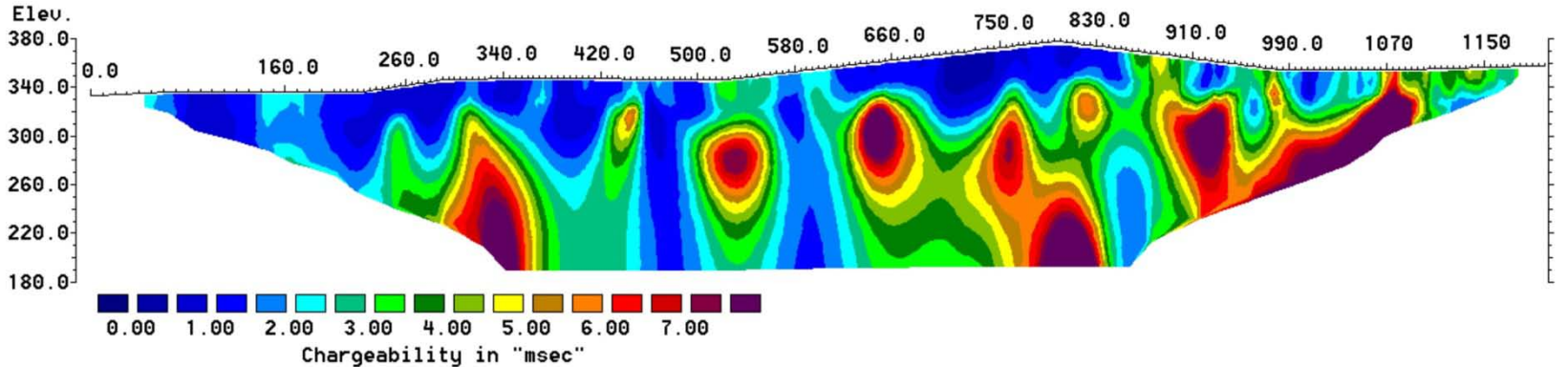
Resistivitet

N Model resistivity with topography
Iteration 6 RMS error = 15.3

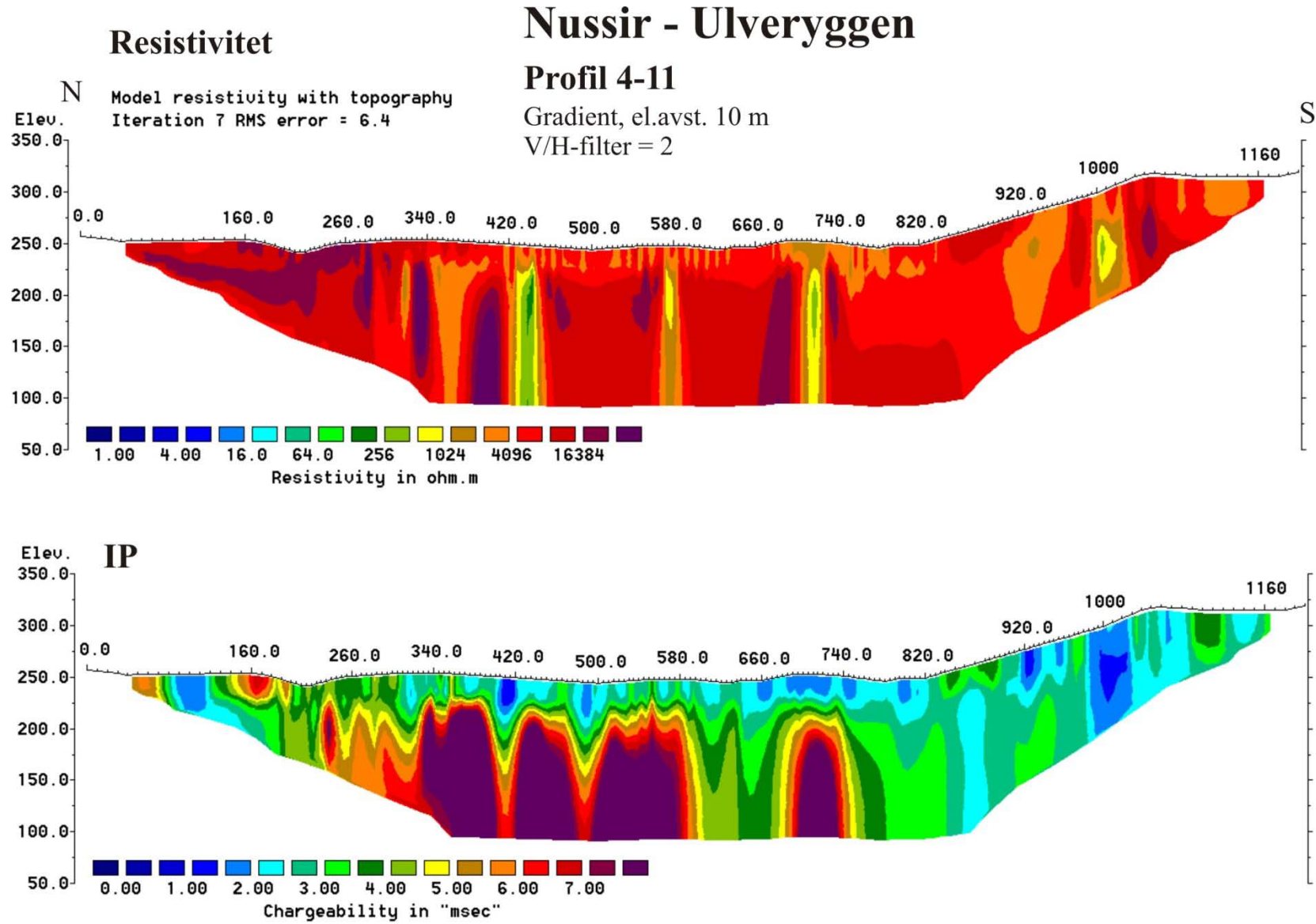


IP

Model IP with topography
Iteration 4 RMS error = 2.0



Figur 8. Profil 3-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.



Figur 9. Profil 4-11. Invertert resistivitet og IP-effekt.

4. REPROSESSERTE DATA FRA 2007

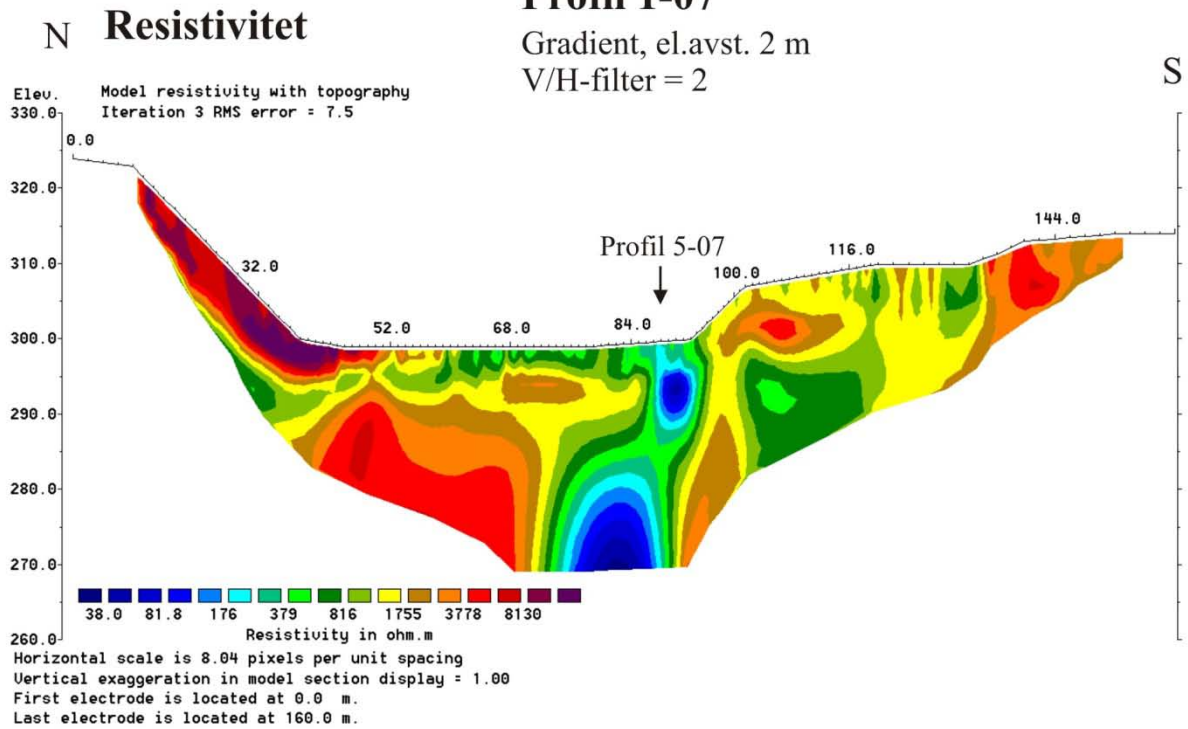
Som tidligere nevnt ble måledata fra 2007 (Rønning m. fl.) reprocessert, og er presentert i denne rapporten i figurene 10 til 14. Profilene er også snudd slik at de er presentert med samme retning som årets profiler (fra nord til sør). Datakvaliteten er gjennomgått på nytt og i likhet med årets målinger ble alle negative målepunkter fjernet. Det er også benyttet vertikal/horisontal-filter=2 ($V/H=1$ i 2007), noe som gjør at vertikale strukturer også her fremheves. Fargeskalaen er også endret slik at den er lik årets fargeskala, noe som gjør det lettere å sammenligne anomalienes styrke i de to måleområdene. Lokaliseringen av profilene fra 2007 er vist i figur 15.

Som figurene 10 - 14 viser, har dette ført til noen endringer i anomalibildet sammenlignet med presentasjonene fra 2007 (Rønning m. fl.). Det er kun mindre endringer på profilene 1, 2 og 4. På Profil 3 (figur 12) kommer det ved reprocesseringen tydelig fram to markerte IP-anomalier, mot en i 2007. På profil 5 er anomalibildet også endret ved at det sentralt i profilet indikeres en markert IP-anomali.

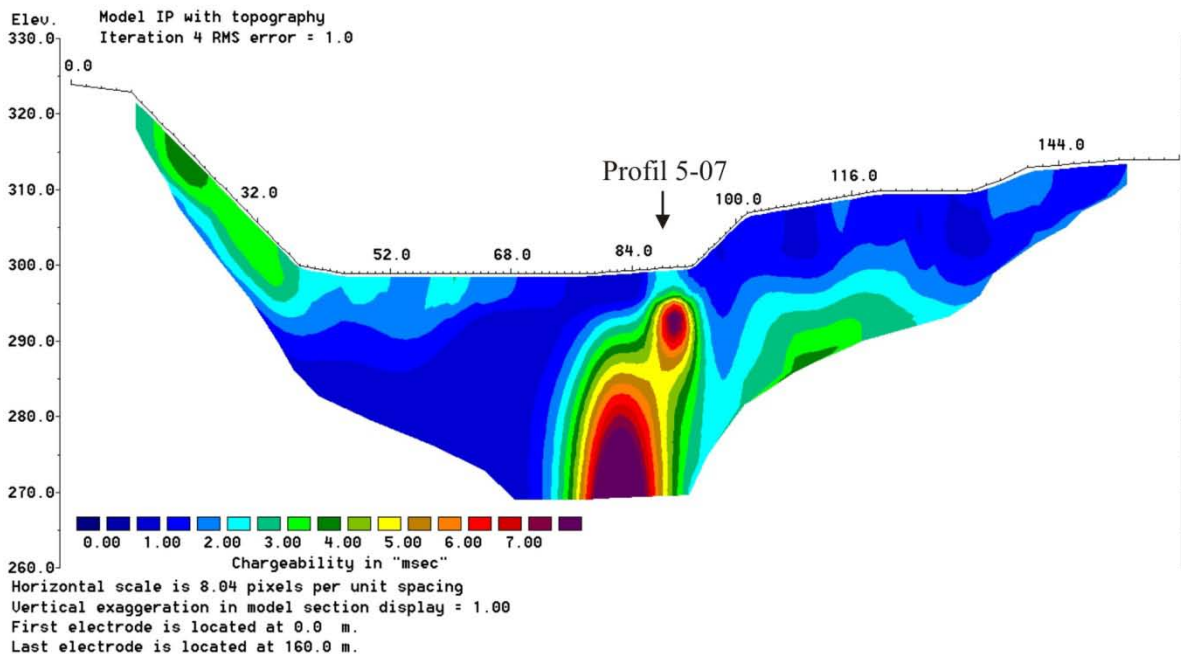
Nussir

Profil 1-07

Gradient, el.avst. 2 m
V/H-filter = 2



IP



Figur 10. Profil 1-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.

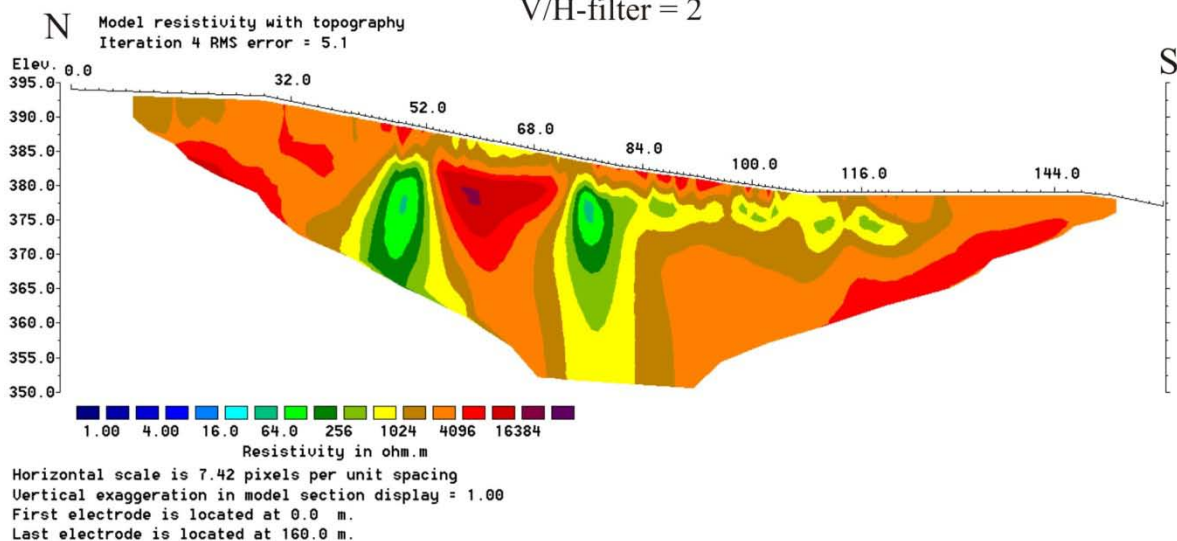
Nussir

Profil 2-07

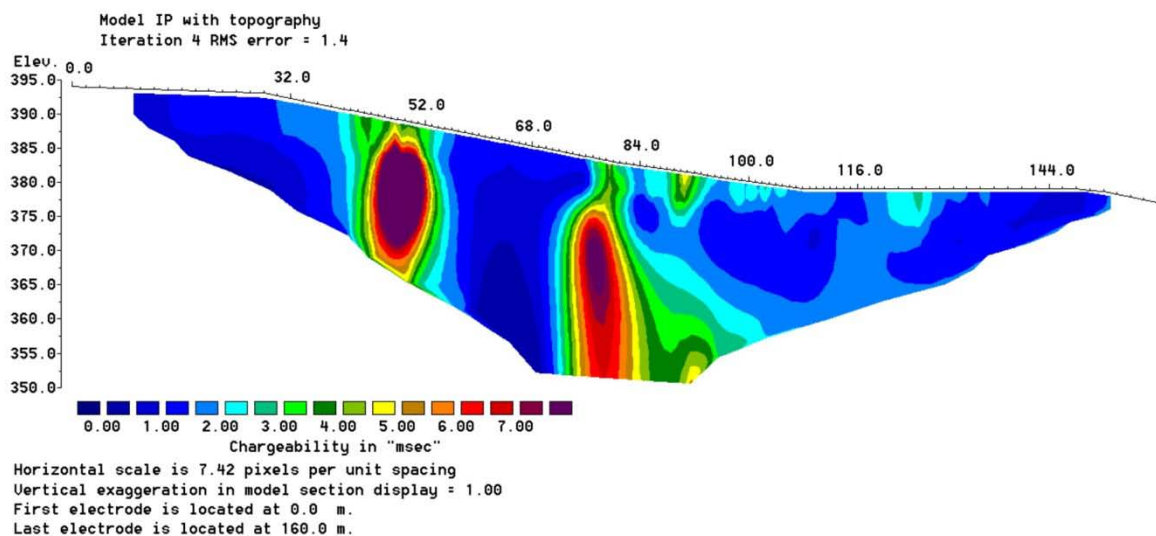
Gradient, el.avst. 2 m

V/H-filter = 2

Resistivitet



IP

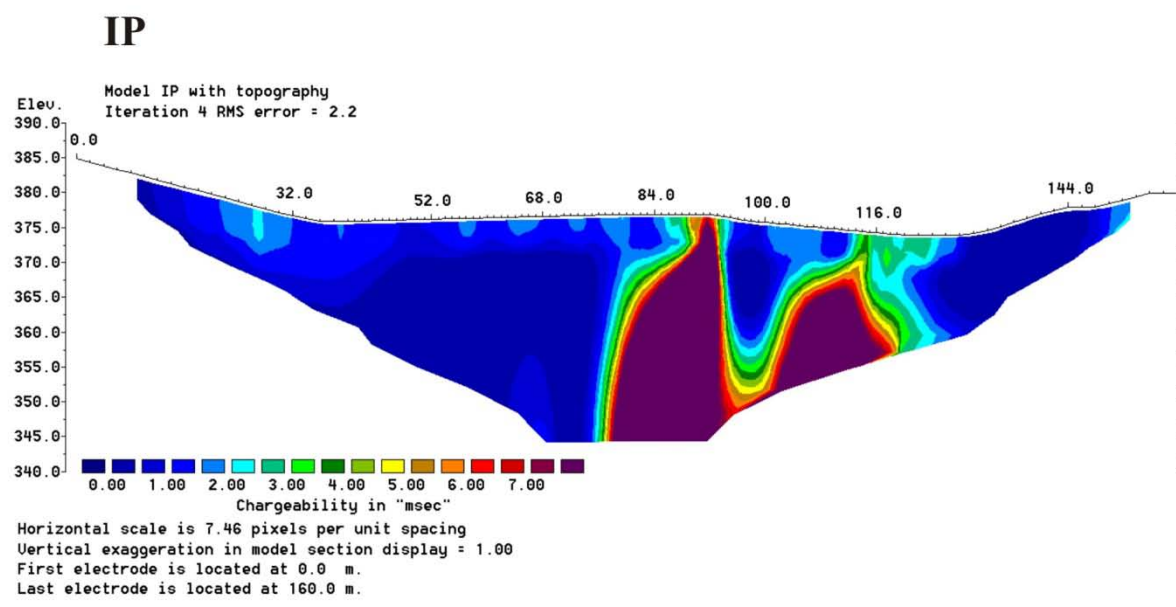
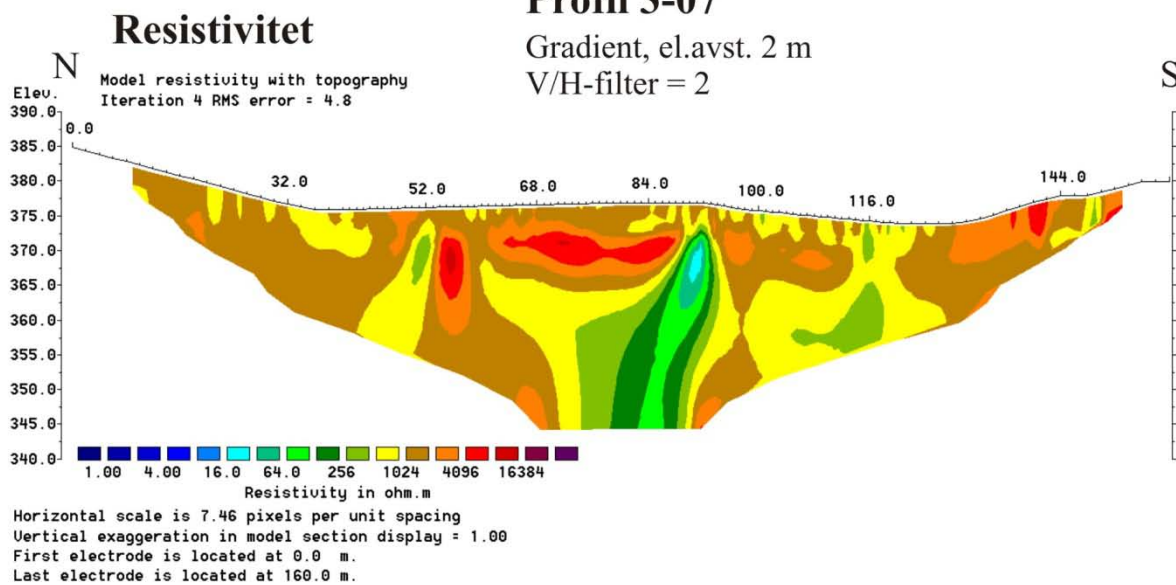


Figur 11. Profil 2-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Nussir

Profil 3-07

Gradient, el.avst. 2 m
V/H-filter = 2



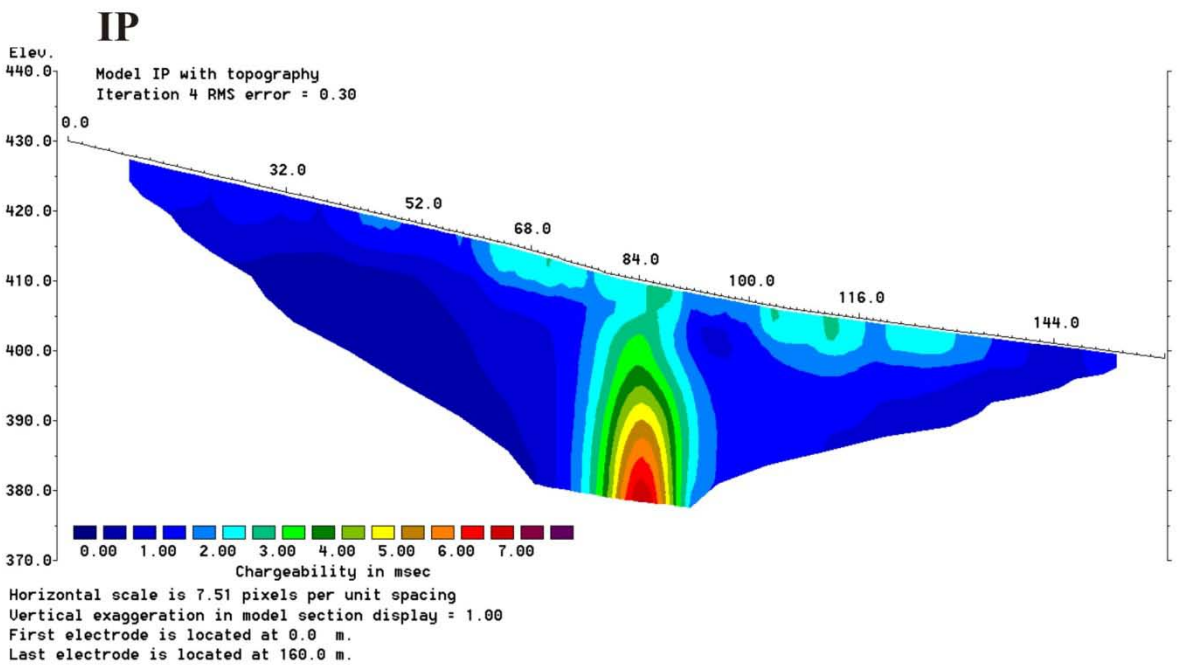
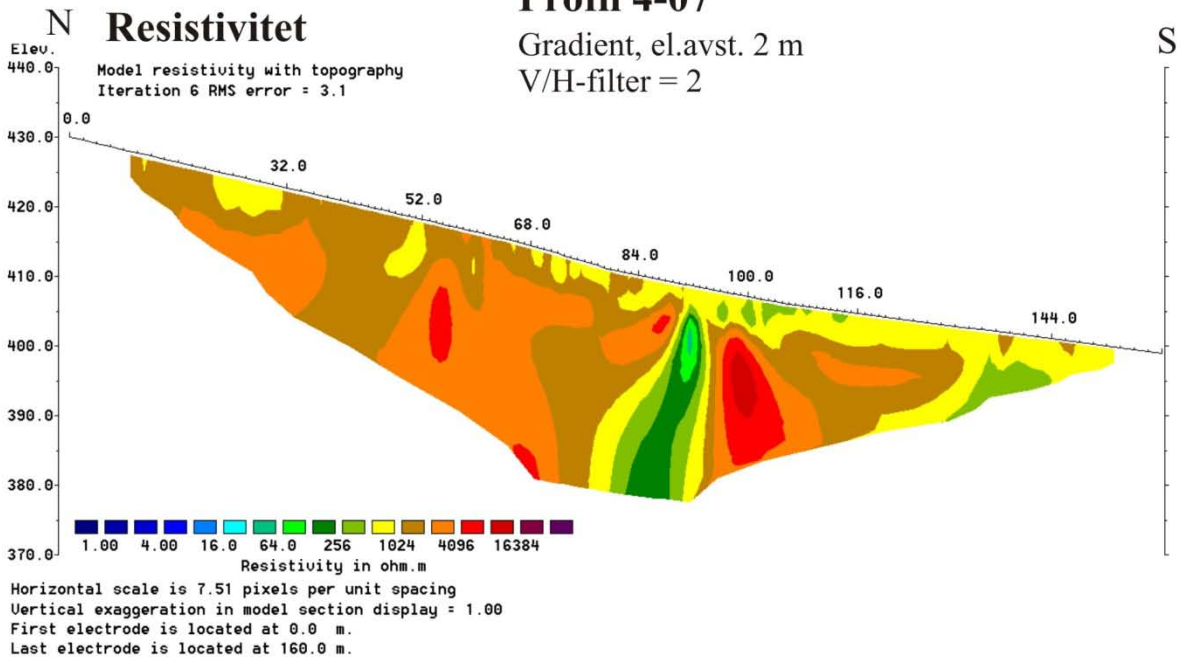
Figur 12. Profil 3-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Nussir

Profil 4-07

Gradient, el.avst. 2 m

V/H-filter = 2



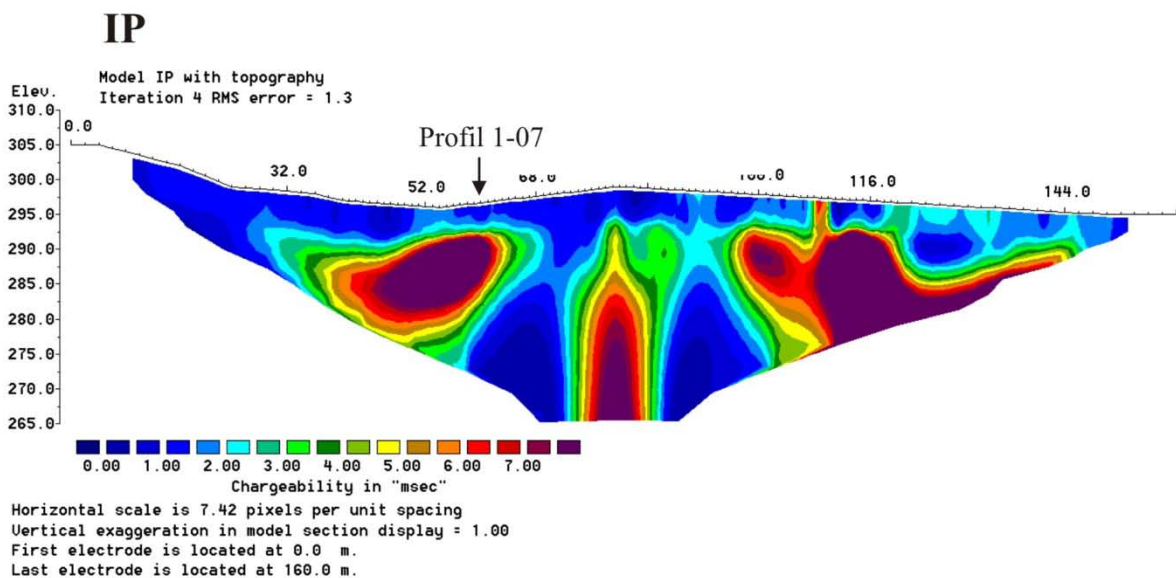
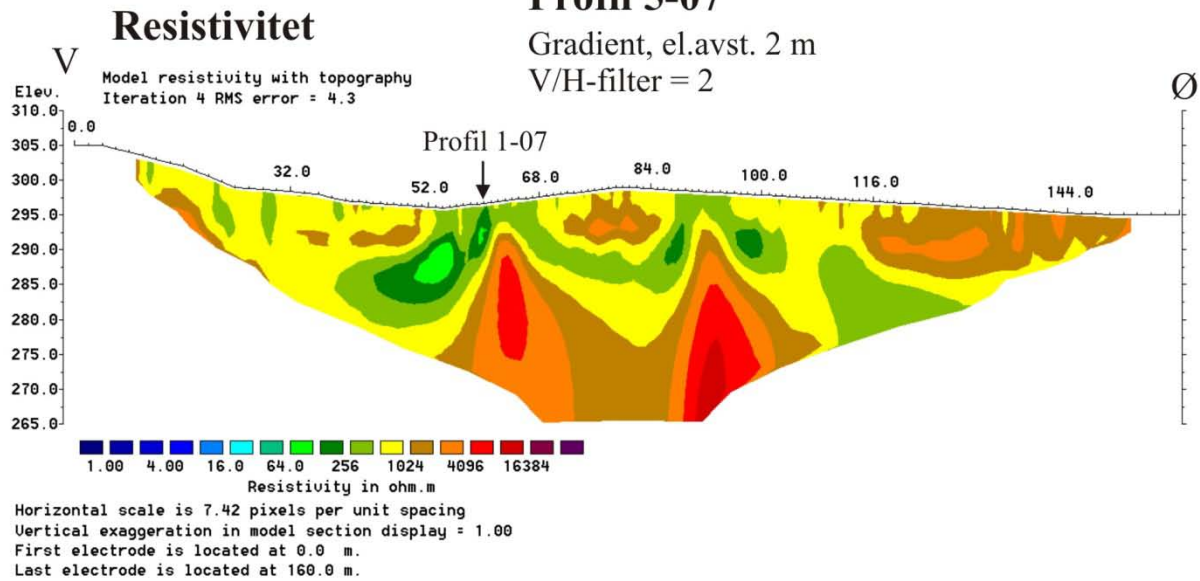
Figur 13. Profil 4-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Nussir

Profil 5-07

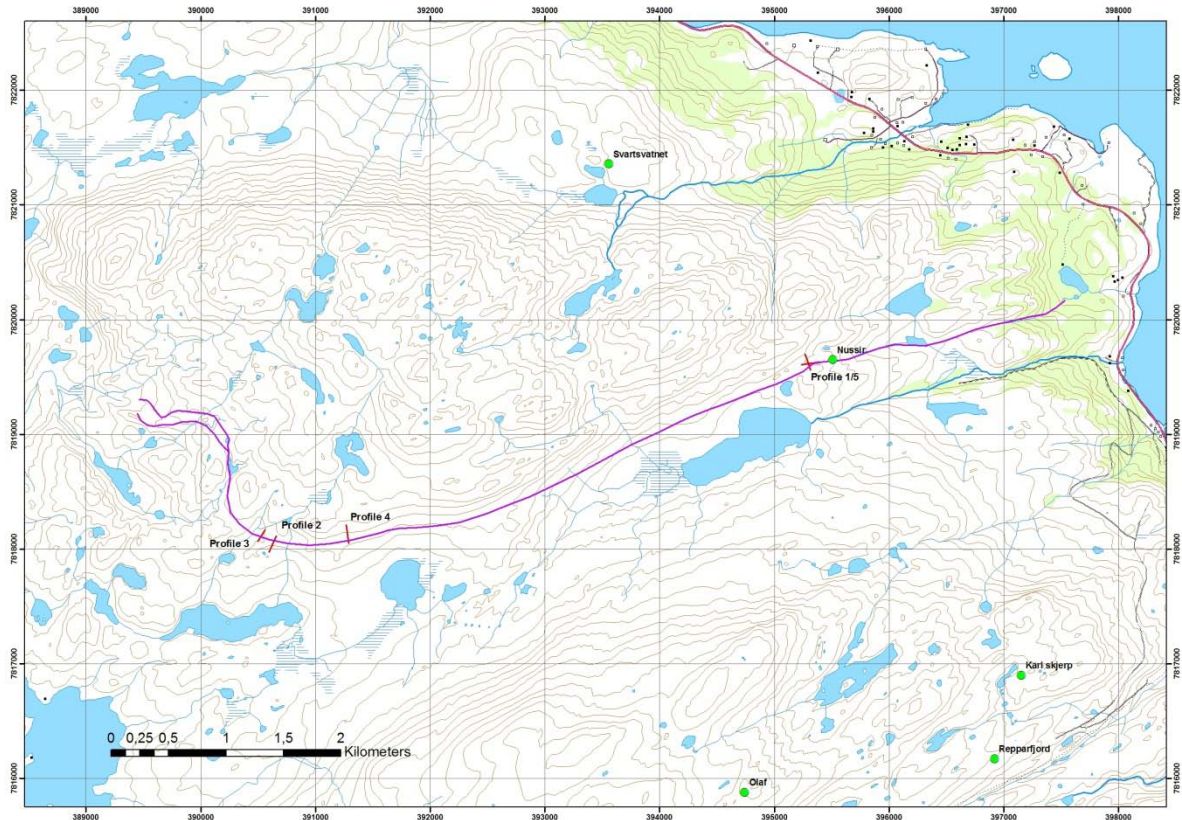
Gradient, el.avst. 2 m

V/H-filter = 2



Figur 14. Profil 5-07. Invertert resistivitet og IP-effekt.

Profil 5 er målt langs Nussir-mineraliseringen over utgående (se figur 15). Varierende resistivitet og IP-effekt langs profilet kan skyldes at profilet stedvis går utenom mineraliseringen på liggside. Det kan også skyldes at mineraliseringen ikke er homogen.



Figur 15: Lokalisering av målelinjene fra 2007. Røde linjer angir profilene, lilla linje utgående av Nussirforekomsten.

5. DISKUSJON

Programsystemet RES2DInv (Loke 2010) presenterer resistiviteten i ohmm. I malmletings-sammenheng er det ofte mer naturlig å presenter den inverse størrelsen elektrisk ledningsevne. Dette er imidlertid et spørsmål om personlig oppfatning. IP-effekten presenteres i ms. Dette er en effekt av at det målte potensialet, som er integrert over tid ($mV \cdot ms$), normaliseres mot målt potensial (mV) i strømtiden.

Ideelt sett burde alle IP-målinger vært utført med ikke-polariserbare elektroder. I det kabelsystem som er benyttet ved denne undersøkelsen (Lundsystemet), er en elektrode en gang strømelektrode og i neste omgang potensialelektrode. Av denne grunn må alle elektrodene være laget av metall, i dette tilfellet rustfritt stål. Ved slike elektroder kan det oppstå polariseringseffekter, og dette kan påvirke måleresultatene. Det er imidlertid foretatt studier som viser at dersom strømstyrken er høy nok og målingene gjøres med den anvendte måleprosedyre, blir effekten av polariseringen neglisjerbar (Dahlin et al. 2002).

For å kunne måle IP-effekt med det anvendte utstyret, er det anbefalt at strømstyrken må være 50 mA eller større. Dette var tilfelle i 2007 og langs profilene 1-11 A og B. Langs de midtre delene av profil 1-11 (C og D) samt profilene 2-11, 3-11 og 4-11 var strømstyrken

jevnt over 20 til 50 mA. Dette er i følge anbefalingene i minste laget, men det var likevel gode måleforhold grunnet høy resistivitet i bakken. Langs profil 1-11 E og F var strømstyrken fra 5 til 20 mA, og dette var åpenbart for lite. IP har her så mye støy her at resultatene måtte vrakes. Ut fra dette kan en si at de IP-data som er presentert har god kvalitet. Resistivitetsdata har meget god kvalitet.

Ved målingene over Nussirforekomsten i 2007 viste resistiviteten ved profil 1 verdier på 100–200 ohmm i mineraliseringen. Ved målingene nå sist sommer var resistiviteten i størrelsesorden 800 ohmm, riktignok 100 m til side for profil 1-07. Dette kan forklares ved at elektrodeavstanden ved 2011-målinger var 10 m, mens den var 2 m i 2007. Mektigheten av den steile mineraliseringen er i dette området ca. 2 meter, noe som betyr full effekt på 2 m elektrodeavstand, mens 10 meter elektrodeavstand viser bare 20 % av dette. På tilsvarende måte kan det forklares at IP-effekten også er redusert fra mer enn 7 ms (maksimumsverdi 14 ms) i 2007 til ca. 4 ms ved målingene i 2011.

NGU har liten erfaring med måling av Indusert Polarisasjon på den aktuelle måten, og hva som er høye og lave verdier er noe uklart. Vi har imidlertid utført tilsvarende målinger på en grafitteholdig skifer, og her var måleverdiene i samme nivå som denne undersøkelsen (Solberg et al. 2008). IP-effekt fra tekniske anlegg i urbane strøk (Ekebergsletta i Oslo, Saintot et al. 2011) ligger jevnt over opp mot 25 ms. Ut fra dette kan en si at verdier opp mot 7 ms kan betraktes som moderate. Lokalt langs profil 11-1 D ligger maksimalverdiene i området 10 – 13 ms. Langs profil 4-11 er imidlertid maksimalverdiene fra 15 til 30 ms, og samtidig er det her resistivitetsanomalier. Dette kan være en indikasjon på at det her finnes en mer interessant mineraliseringstype.

Et gjennomgående trekk er at de fleste IP-anomaliene ikke går til overflaten av de viste seksjonene. Dette kan være et bilde på løsmassemektheten, og at toppen av IP-anomaliene indikerer overgangen mellom berggrunn og løsmasser. Det kan også tenkes at de IP-givende mineralene er forvitret og derved fraværende. Stedvis viser også resistivitetsdata variasjoner som kan indikere noe løsmasser (10 - 20 meter).

IP-anomaliene ved målingene i 2011 ligger generelt høyere enn 7 ms, og anomalisonene er betydelig bredere enn ved Nussirforekomsten. Selv om dette ikke kan karakteriseres som spesielt høyt, er det klare effekter, og måleverdiene må avspeile IP-givende mineraler i bakken. I følge teorien gjelder dette elektronledende mineraler som sulfider, oksider og grafitt. Sistnevnte anses som lite sannsynlig da det ikke påvises markerte anomalier i resistiviteten. Det bør derfor være enten sulfider eller oksider i bakken.

For fremtidige undersøkelser er det viktig å finne årsaken til de påviste IP-anomalier. Målinger i urbane strøk (Ekebergsletta i Oslo, Saintot et al. 2011) har som nevnt gitt IP-anomali på antatt tekniske anlegg. Denne muligheten kan utelukkes ved de rapporterte målingene, og det må finnes en geologisk årsak til påviste IP-anomalier. Boringer mot to av anomaliene sommeren 2011 viste ingen åpenbare kilder for IP-effekten, men det ble med bærbar XRF påvist 0,2% Cu (Rasmus Blomqvist, personlig meddelelse). Ved tidligere undersøkelser i området er det antydning at jernoksyder kunne være kilde for IP-effekt (Ole Bernt Lile, personlig meddelelse). For å få en klar forståelse for hva som forårsaker IP-effekten både ved Nussir-forekomsten og i området mellom Nussir og Ulveryggen, burde det utføres mineralogiske studier og måling av IP-effekt på kjerneprøver fra området. På grunnlag av et slikt studium bør det vurderes om det er nyttig med mer avanserte IP-målinger som f. eks. Titan 24.

6. KONKLUSJONER

De geofysiske målingene mellom Nussir og Ulveryggen har påvist et betydelig antall IP-anomalier, og kvaliteten til de presenterte data vurderes som god. Selve Nussir-forekomsten gir en svak IP-anomali og noe lavere resistivitet. I likhet med målingene i 2007, indiker også årets målinger at det ved utgående av Nussir er flere parallelle soner.

Mot Ulveryggen i den sentrale delen av det undersøkte området endrer anomalibildet seg, ved at de fleste IP-anomaliene øker betydelig i styrke og i flere tilfeller også i bredde. I motsetning til ved Nussir gir de aller fleste IP-anomaliene ingen reduksjon i resistiviteten. Snarere tvert om, flere anomalier samsvarer med en økning i resistiviteten. Dette er ikke vanlig for sulfidmineraliseringer, og det er usikkert hva slags mineraliseringstype som gir disse anomaliene. Disse forskjeller i IP- og resistivitet tyder på at den er av en annen type enn ved Nussir. Profil 4-11 er unntaket. Her samsvarer tre av de meget kraftige IP-anomaliene som ble påvist med markerte lave resistivitet-soner.

Før en eventuelt går videre med mer avanserte målinger av IP-effekt, bør det avklares hva for mineralisering som er årsak til de påviste IP-anomalier.

7. REFERANSER

ABEM 1999: ABEM Terrameter SAS 4000/SAS 1000. Instruction Manual. ABEM Printed Matter 93101. ABEM, Sverige.

Dahlin, T. 1993: On the Automation of 2D Resistivity Surveying for Engineering and Environmental Applications. Dr. Thesis, Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. ISBN 91-628-1032-4.

Dahlin, T., Leroux, V. & Nissen, J. 2002: Measuring techniques in induced polarization imaging. *Journal of Applied Geophysics* 50, 279 – 298.

Loke, M.H. 2011: RES2DINV ver. 3.59.102. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

Rønning, J.S., Dalsegg, E. & Walker, P. 2007: Vurdering av helikoptergeofysikk over Nussirforekomsten, Kvalsund kommune i Finnmark. NGU Rapport 2007.060.

Saintot, A., Dalsegg, E. & Rønning, J.S. 2011: Resistivity measurements and structural geology along the railroad tunnel transect Oslo - Ski. NGU Report 2011.004, 134pp.

Solberg, I.L., Rønning, J.S., Dalsegg, E., Hansen, L., Rokoengen, K. & Sandven, R. 2008: Resistivity measurements as a tool for outlining quick-clay extent and valley-fill stratigraphy: a feasibility study from Buvika, central Norway. *Canadian Geotechnical Journal*, 45: 210-225, doi:10.1139/T07-089.

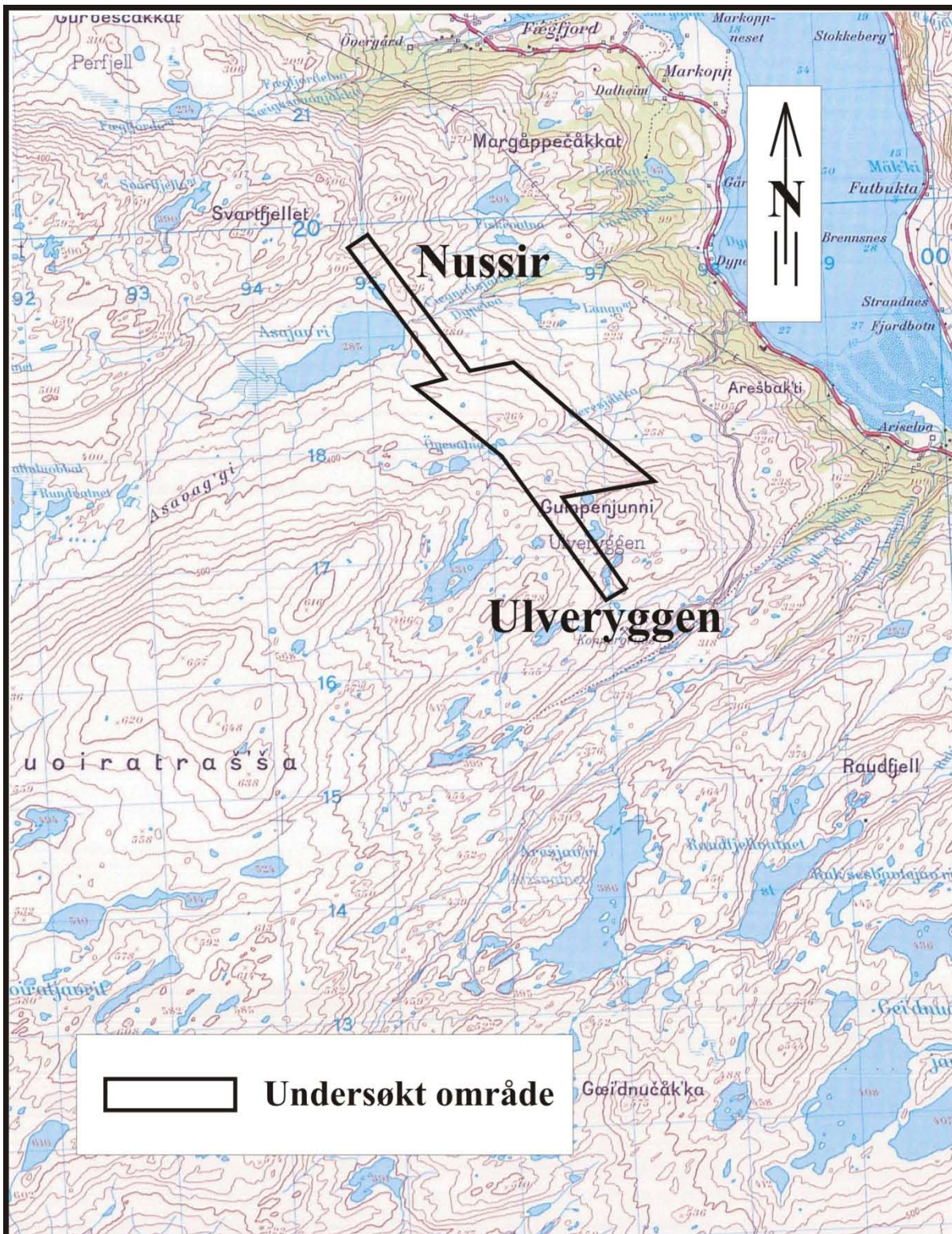
Innmålte profiler Nussir-Ulveryggen med IP-anomalier
WGS-84, Sone 35 V

NGU Rapport 2011.072
Databilag 1, side 1.

UTM-øst	UTM-nord	Profil	Koordinat	IP-anomalier
394904	7819878	Profil 1-11	0	
394976	7819816		100	
395031	7819742		200	
395072	7819669		290	290
395076	7819661		300	
395093	7819632		335	335
395115	7819595		380	380
395125	7819578		400	
395179	7819471		520	520
395211	7819398		600	
395247	7819306		700	
395294	7819223		800	
395354	7819142		900	
395408	7819075		990	990
395414	7819068		1000	
395447	7819019		1060	1060
395469	7818986		1100	
395527	7818904		1200	
395581	7818821		1300	
395641	7818740		1400	
395686	7818654		1500	
395733	7818566		1600	
395744	7818551		1620	1620
395790	7818490		1700	
395851	7818411		1800	
395920	7818339		1900	
395926	7818331		1910	1910
395988	7818266		2000	
396072	7818211		2100	
396100	7818183		2140	2140
396143	7818142		2200	
396196	7818062		2300	
396224	7818033		2340	2340
396265	7817990		2400	
396298	7817957		2450	2450
396330	7817923		2500	
396398	7817839		2600	2600
396471	7817775		2700	
396539	7817714		2795	2795
396626	7817651		2900	
396695	7817582		3000	
396741	7817508		3100	
396755	7817411		3200	
396757	7817314		3300	
396776	7817220		3400	
396805	7817131		3500	
396851	7817045		3600	
396905	7816969		3700	

396943	7816884		3800	
396997	7816702		4000	
396003	7818695	Profil 2-11	0	
396057	7818613		100	
396115	7818534		200	
396160	7818446		300	
396205	7818357		400	
396238	7818297		470	470
396252	7818271		500	
396307	7818193		600	
396363	7818112		700	700
396419	7818031		800	800-900
396482	7817956		900	
396547	7817880		1000	
396665	7817723		1200	
395316	7818639	Profil 3-11	0	
395519	7818410		315	315
395572	7818337		400	
395634	7818262		500	
395653	7818239		530	530
395696	7818186		600	
395724	7818147		650	650
395752	7818108		700	
395802	7818078		760	760
395835	7818058		800	
395903	7818020		880	880
395920	7818011		900	
395998	7817957		1000	
396057	7817912		1075	1075
396077	7817897		1100	
396155	7817836		1200	
396762	7818381	Profil 4-11	0	
396813	7818299		100	
396864	7818211		200	
396916	7818130		300	
396952	7818082		360	320 - 380
396976	7818050		400	
397003	7818020		440	420 - 470
397043	7817975		500	
397092	7817927		570	520 - 600
397113	7817907		600	
397191	7817849		700	
397208	7817839		720	700 - 740
397276	7817797		800	
397360	7817752		900	
397447	7817711		1000	
397531	7817661		1100	
397611	7817603		1200	

NGU Rapport 2011.072
Databilag 1, side 2.



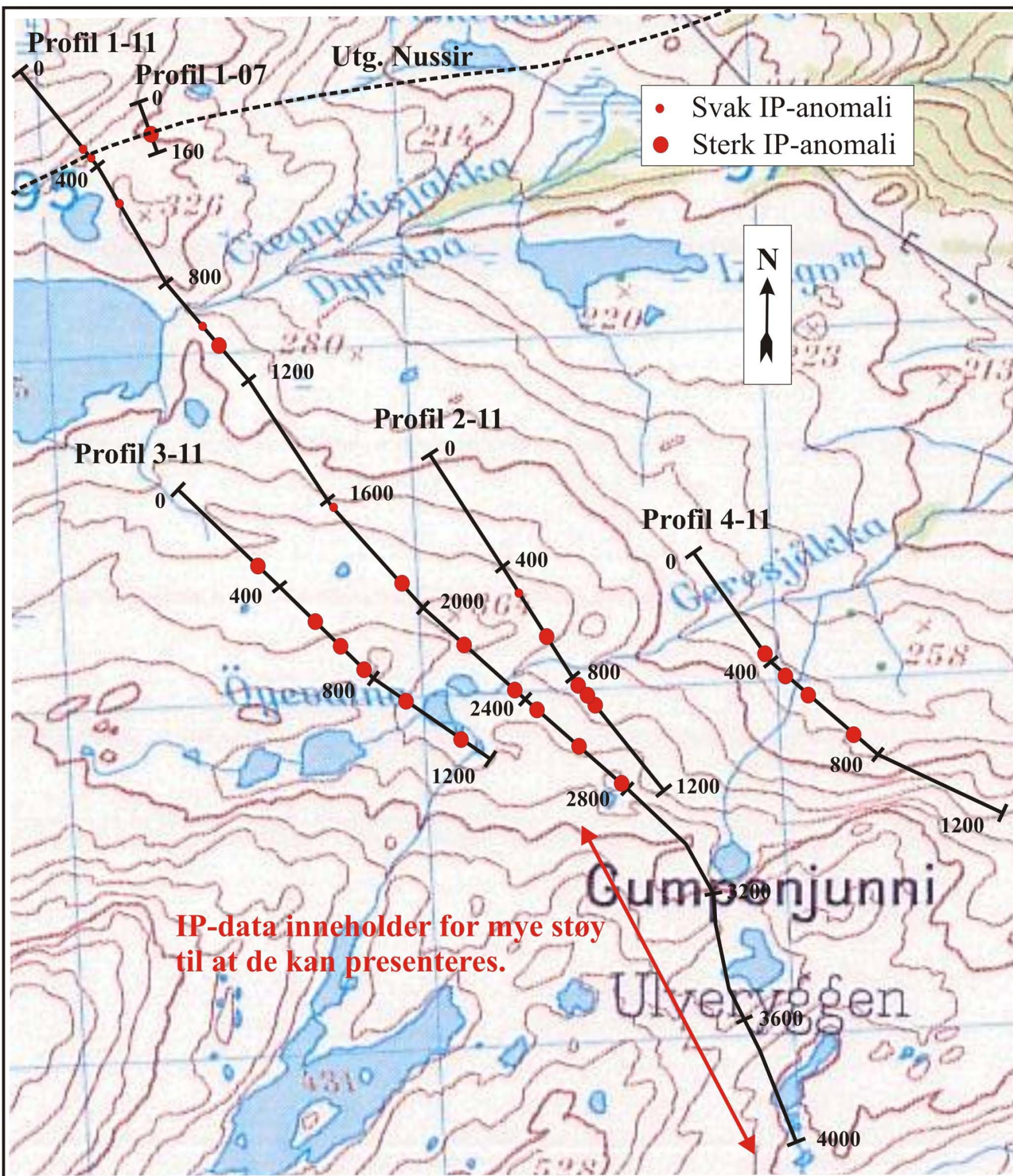
 **Undersøkt område**

NUSSIR A/S
 OVERSIKTSKART
NUSSIR - ULVERYGGEN
 KVALSUND, FINNMARK

MÅLESTOKK 1 : 50 000	MÅLT E.D.	Juli 2011
	TEGN E.D.	Nov. 2011
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR 2011.072-01	KARTBLAD NR 1935 I
-----------------------------	-----------------------



NUSSIR A/S OVERSIKTSKART MED PROFILER NUSSIR - ULVERYGGEN KVALSUND, FINNMARK	MÅLESTOKK 1 : 10 000	MÅLT E.D.	juli 2011
		TEGN E.D.	Nov. 2011
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2011.072-02	TRAC	
		KFR	
		KARTBLAD NR	1935-I