

NGU Rapport 2012.006

Geofysiske målinger langs tunneltrasèen
Sørelva - Sørkjosen
Nordreisa kommune, Troms

Rapport nr.: 2012.006		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger langs tunneltrasèen Sørrelva - Sørkjosen, Nordreisa kommune, Troms				
Forfatter: Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Region Nord - NGU		
Fylke: Troms		Kommune: Nordreisa		
Kartblad (M=1:250.000) Nordreisa		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1634 I Rotsund		
Forekomstens navn og koordinater: Langslett-Sørkjosen 34 V 493650 7745350		Sidetall: 15	Pris: 60.-	
Feltarbeid utført: September 2011	Rapportdato: 23.02.2012	Prosjektnr.: 340100	Ansvarlig: <i>Jan S. Ravnung</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>I samarbeid med Statens vegvesen, Region nord har NGU utført geofysiske målinger langs tunneltrasèen Sørrelva-Sørkjosen i Nordreisa kommune. Hensikten med målingene var å kartlegge mulige svakhetssoner som kan skape problemer under tunneldrivingen. Det ble målt 2 profiler med en samlet lengde på 2,6 km med metoden 2D resistivitet, som er en elektrisk målemetode som angir den elektriske motstanden i fjellet.</p> <p>De geofysiske målingene har kartlagt flere soner som ser ut til å krysse den planlagte tunneltrasèen. Sonene representerer trolig oppsprukket fjell med økt vanninnhold knyttet til forkastninger og/eller svakhetssoner. For to av sonene er resistiviteten så lav at i tillegg til oppsprekking, er det også grunn til å anta at det er leire på sprekkenes.</p> <p>I egen tabell er resistivitet, fall og dybdeangivelse angitt, og sonene er markert på eget oversiktskart. I og med at det er målt så få profiler er retningen på de angitte sonene ikke kartlagt, men gitt en retning ut fra retningen på topografien i området. For å få en bedre vurdering av hvilke soner som vil kunne skape problemer ved tunneldrivingen, bør strøketningene i området sjekkes nærmere med geologisk kartlegging.</p> <p>NGU vil gjerne følge opp dette videre for å se om vår tolkningsmodell holder, og dersom det planlegges boringer, vil vi svært gjerne være med å diskutere disse.</p>				
Emneord: Geofysikk		2D resistivitet	IP	
Tunnel		Sprekkesone		
			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. KONKLUSJONER	11
5. REFERANSER	12

FIGURER

Figur 1. Profil 1. Invertert resistivitet og IP-effekt med tolkede svakhetssoner.	8
Figur 2. Profil 2. Invertert resistivitet og IP-effekt med tolkede svakhetssoner.	9

TABELLER

Tabell 1. Klassifisering av soner.	6
Tabell 2. Karakterisering av soner..	7

TEKSTBILAG

For tekstbilag for metoden(e) som er anvendt, vennligst gå til våre nettsider [www.ngu.no/geofysiske metoder](http://www.ngu.no/geofysiske_metoder)

DATABILAG

Databilag 1: Innmålte profiler 2D resistivitet

KARTBILAG

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

Kartbilag -02: Oversiktskart med påviste svakhetssoner

1. INNLEDNING

I samarbeid med Statens vegvesen, Region nord har NGU utført geofysiske målinger langs tunneltrasèen Sørrelva - Sørkjosen i Nordreisa kommune. Hensikten med målingene var å kartlegge mulige svakhetssoner som kan skape problemer under tunneldrivingen. Det ble målt 2 profiler med en samlet lengde på 2,6 km med metoden 2D resistivitet, som er en elektrisk målemetode som angir den elektriske motstanden i fjellet.

Innenfor prosjektet "Miljø- og Samfunnstjenlige tunneler", som ble gjennomført i perioden 2001 til 2003, ble metoden 2D resistivitet introdusert som en interessant teknikk ved forundersøkelser for tunneler (Rønning, 2003). På grunnlag av målinger ved Lunnertunnelen, ble det foreslått en modell for karakterisering av svakhetssoner i fjell (Rønning m.fl. 2003). Under de rådende geologiske forhold, Oslofeltets intrusiver og sedimenter (Syenitt og sandstein) indikerte resistivitetsverdier høyere enn ca 3000 Ωm stabil t godt drivbart fjell; soner med resistivitet i området 1000 til 500 Ωm store vannlekkasjer, mens i soner hvor resistiviteten var lavere enn 500 ohm var det mindre vann og i tillegg var fjellet ustabil. I ettertid har NGU utført modellberegninger som viser at resistivitetsmetoden har muligheter for geometrisk karakterisering av svakhetssoner (Reiser et al. 2009 og Rønning et al. 2009). Disse modelleringene viser at metoden kan angi sonenes utstrekning mot dypet, sonenes bredde dagnært og i tillegg kan metoden indikere sonenes fall. Ut fra dette har en konkludert med at resistivitetsmetoden har et potensial for å lokalisere svakhetssoner i fjell og i tillegg foreta geometrisk og mineralogisk karakterisering av svakhetssoner. Det finnes også svakheter med denne metoden. Lav resistivitet i ikke oppsprukket bergart gir lavere kontrast og tykt overdekke av godt ledende masser (leire) hindrer strømmen i å nå ned i fjellet. Begge disse effektene reduserer mulighetene for kartlegging av svakhetssoner. I tillegg har modellering vist at det kan oppstå kunstige effekter ved inversjonen av måledata.

Bruk av resistivitet for karakterisering av svakhetssoner i fjell er fremdeles på utviklingsstadiet, og resultatene fra disse målingene må ses i lys av dette. Geometrisk karakterisering av svakhetssonene synes grei, men det er uklart om tolkningsmodell for vann og stabilitet fra Lunnertunnelen kan anvendes. Dette må derfor studeres ved en fremtidig tunnelbygging.

Det undersøkte området og de målte profiler er vist på oversiktskart i kartbilagene -01 og -02.

Målingene ble utført i september 2011 av Einar Dalsegg fra NGU med assistanse Statens vegvesen.

2. METODEBESKRIVELSE - GEOFYSIKK

2.1 Målemetode og utførelse

Ved denne undersøkelsen ble det foretatt måling av **2D resistivitet og induert polarisasjon (IP)**. IP måles samtidig med resistivitetsmålingene og fører til noe utvidet måletid. Dette er av mindre betydning i forhold til viktigheten av også å måle IP. Ved å kombinere de to metodene kan risiko for feiltolkninger reduseres. 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 ES10-64C) 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 pseudoseksjonen. Hele systemet kan flyttes langs profilet slik at utstrekningen av et profil er ubegrenset. Profilenes beliggenhet er innmålt med GPS (databilag 1).

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 strømbrydd i et tidsvindu på 100 ms. Integrert IP-signal over tid med enhet mVs, normaliseres mot resistivitetssignalet (mV) og får enheten ms.

2.3 Strømstyrke og datakvalitet

Strømstyrken for mesteparten av målingene lå i områdene 50 og 100 mA. Datakvaliteten var meget god, og kun et fåtall måledata måtte fjernes før inversjon.

2.4 Inversjon.

Ved alle resistivitetsmålinger måles en tilsynelatende resistivitet. Denne representerer et veid middel av alle resistiviteter som er innenfor målingens influensvolum. For å finne den spesifikke resistivitet 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.

Resistivitetsmålingene ble invertert ved bruk av dataprogrammet RES2DINV (Loke 2010). Det ble gjort forsøk med forskjellig 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 1.5, noe som gjør at vertikale strukturer fremheves.

3. RESULTATER

Måleresultatene er presentert i figurene 1 og 2, og i tabell 2. Resistivitetmålingene er fremstilt i figurer med et fargeflott som gjenspeiler resistiviteten (det inverse av elektrisk ledningsevne i berggrunnen), hvor det er tatt hensyn til topografi. Fargeskalaen går fra lav resistivitet gitt i blått og grønt (1-500 Ωm) til høy resistivitet gitt i rødt (>6.000 Ωm). Rødt indikerer generelt godt fjell, mens blått/grønt indikerer dårligere fjell. Der det er påvist lavresistivitetssoner er disse nummerert og markert (stiplet sort) med angivelse av indikert fall.

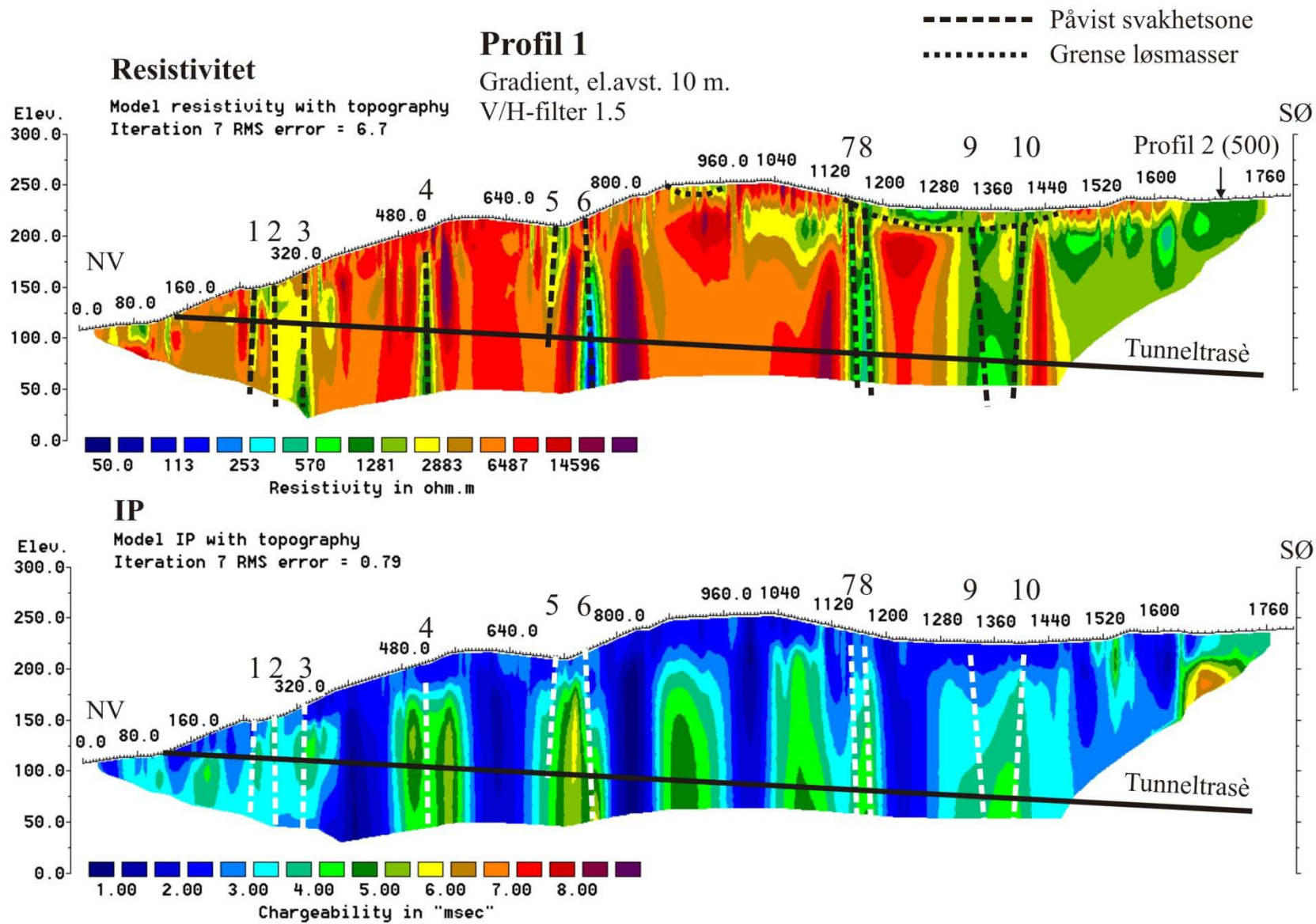
I et forsøk på å gjøre tolkningen mer anvendelig har vi kommet opp med en klassifisering hvor det er tatt hensyn til sonens dybde, bredde og resistivetsverdi. Klassene går fra 0 til 4, hvor 0 tilsvarer godt fjell, og 4 antyder antatt problematisk fjell (se tabell 1). Om en sones dybde angis med klasse 4 betyr det at sonen antas å gå ned til tunnelnivå. Øket sonebredde antas å gi større problemer, og lav resistivetsverdi kan indikere leire på sprekke og derved ustabile forhold (Rønning et al., 2009). En samlet oversikt over alle påviste soner er vist i tabell 2. Her angis koordinater langs resistivetsprofilene, UTM-koordinater og sonenummer. I tillegg angis tolket fall og om det kan være sulfider eller andre mineraler som kan forklare lave resistivetsverdier.

Tabell 1. Klassifisering av soner. Sonene er indikert ved hjelp av 2D resistivitet og er klassifisert i klasse 0-4 ut i fra dybde (A), bredde (B) og resistivitet (C) på sonen.

A - Dybde på sone	B - Bredde på sone	C - Resistivitet på sone	Klasse
		> 2000 Ωm	0
0-20 m	0-10 m	2000-1000 Ωm	1
20-40 m	10-20 m	1000-500 Ωm	2
40-60 m	20-40 m	500-200 Ωm	3
> 60 m	> 40 m	< 200 Ωm	4

Tabell 2. Karakterisering av soner. Sonene er indikert ved hjelp av 2D resistivitet og er klassifisert i klasse 0-4 ut fra dybde (A), bredde (B) og resistivitet (C) på sonen.

Koordinater langs profilet (m)	Sone	Koordinat Øst WGS-84 UTM sone 34	Koordinat Nord WGS-84 UTM sone 34	Fallretning	A Dybde	B Bredde	C Resistivitet	Kommentar
P 1 - 260	1	492991	7745564	≈ Steil	4	1	1	
P 1 - 290	2	493008	7745546	≈ Steil	4	1?	0	Sone 2 og 3 kan representere en bred sone
P 1 - 330	3	493036	7745524	≈ Steil	4	1?	1	
P 1 - 525	4	493212	7745472	≈ Steil	4	1	1	
P 1 - 715	5	493381	7745412	≈ Steil	4	1	1	
P 1 - 755	6	493416	7745395	≈ Steil	4	1	4	
P 1 - 1155	7	493790	7745303	≈ Steil mot SØ	4	1?	2	Sone 7 og 8 kan representere en bred sone
P 1 - 1175	8	493810	7745295	≈ Steil mot SØ	4	1?	2	
P 1 - 1330	9	493957	7745266	≈ Steil mot SØ	4	1?	2	Sone 9 og 10 kan representere en bred sone
P 1 - 1420	10	494042	7745249	≈ Steil mot NV	4	1?	2	
P 2 - 395	1	494274	7745126	≈ Steil mot N	4	1	4	Sone 1 og 2 kan representere en bred sone
P 2 - 460	2	494294	7745186	≈ Steil mot S	4	1	1	
P 2 - 495	3	494305	7745219	≈ Steil mot N	3	1	2	
P 2 - 520	4	494314	7745241	≈ Steil mot N	4	1	2	



Figur 1. Profil 1. Invertert resistivitet og IP-effekt med tolkede svakhetssoner.

Profil 2

Gradient, el.avst. 10 m.

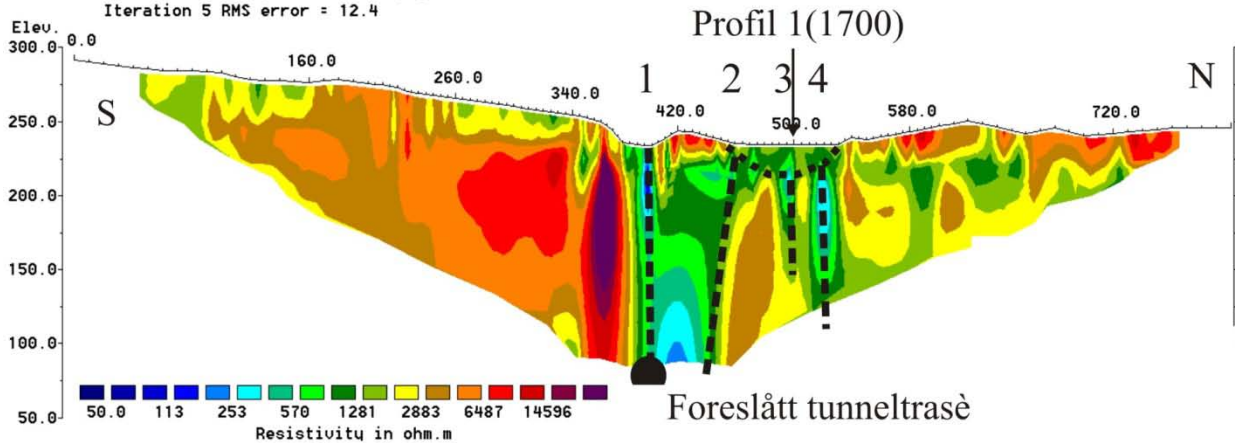
V/H-filter 1.5

----- Påvist svakhetszone

..... Grense løsmasser

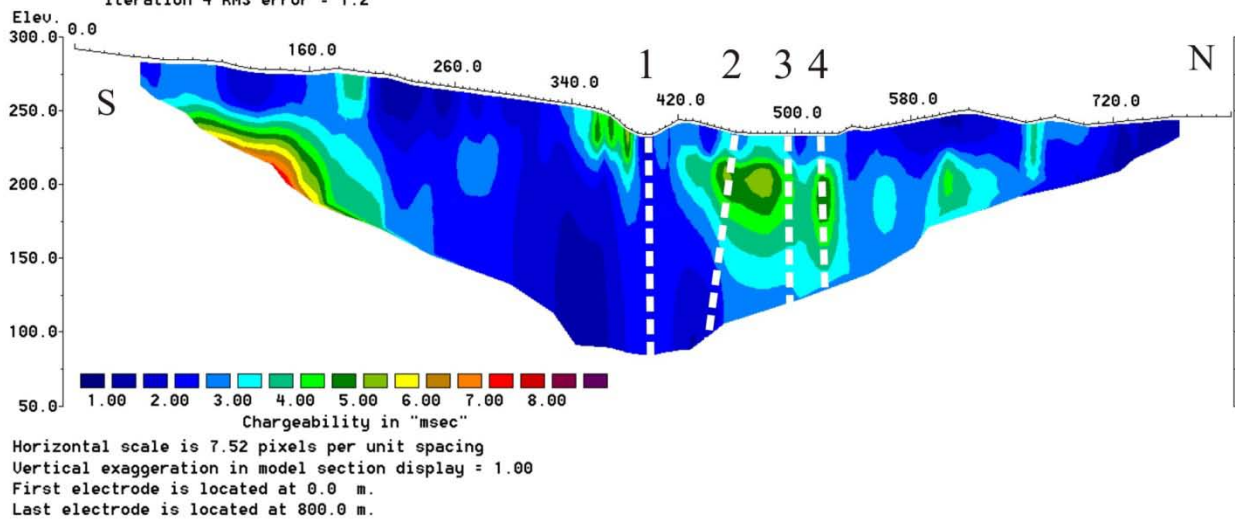
Resistivitet

Model resistivity with topography
Iteration 5 RMS error = 12.4



IP

Model IP with topography
Iteration 4 RMS error = 1.2



Figur 2. Profil 2. Invertert resistivitet og IP-effekt med tolkede svakhetssoner.

Profil 1 følger stort sett tunneltrasèen fra påhugget ved Sørrelva, og er vist i kartbilag -02. Den generelle resistiviteten langs profilet ser ut til å ligge i området 5 000 til 10 000 ohmm, noe som indikerer kompakt og lite oppsprukket fjell. Unntaket er på slutten av profilet hvor en kommer inn i et område med vesentlig lavere resistivitet (ca 1000 ohmm). Dette kan skyldes en annen bergartstype, men er dette samme bergart som ellers langs profilet indikerer dette at bergarten her er mere oppsprukket. Bergartene i dette området består i følge (Zwan 1987) av granodiorittisk gneis, og det er ikke angitt noen bergartsgrense her. I følge (Person 2011) er det heller ikke påvist noen bergartsgrense i dette området, men mye folding og oppsprukket fjell.

Som figur 1 viser er det indikasjoner på flere svakhetssoner langs profilet. Vel 100 meter etter påhugget indikerers et område med tre steile soner (sone 1, 2 og 3). Resistiviteten er moderat og i følge vår tolkningsmodell tilsier dette oppsprukket fjell uten leire på sprekkene. Sone 2 og 3 er angitt som separate soner, men de kan representere kantene på en bred sone. Sone 5 og 6 ligger i det markerte søkket sør for Holmefjellvannet. Sone 5 ligger i selve søkket, mens sone 6 ligger i den østlige flanken. Sone 5 indikerer moderat resistivitet, og sonen indikeres ikke å gå ned til tunellnivå. Sone 6 derimot indikerer vesentlig lavere resistivitet og ut fra vår tolkningsmodell kan dette skyldes leire på sprekkene. Sonen er steil. Sone 7 og 8 er angitt som to parallelle steile soner med moderat resistivitet. Dette kan like gjerne være en sone som i tilfellet vil være ca 20 meter bred. Det samme gjelder for sonene 9 og 10. De er angitt som to separate soner med steilt fall mot henholdsvis sørøst og nordvest, men kan representere en bred sone. Sonen vil i tilfellet være ca 50 meter bred. Resistiviteten er også her moderat, noe som indikerer oppsprukket fjell uten leire på sprekkene.

Som en støtte for tolkingen av resistivitetdata ble det også målt IP. Som nedre del av figur 1 viser er det svake IP-anomalier langs profilet. Årsaken til IP-anomalier er normalt sulfider. Noen av anomaliene faller delvis sammen med resistivitetanomaliene, noe som indikerer at det kan være innslag av sulfider på noen av sonene. Nivået på anomaliene er derimot så svake at sulfider neppe har hatt noen vesentlig innvirkning på resistivitetnivået på sonene.

Profil 2 (figur 2) krysser profil 1 ved ca koordinat 1700. Den generelle resistiviteten langs profilet er todelt. Sør for det markerte søkket sentralt i profilet er resistiviteten i likhet med profil 1 fra 5 000 til 10 000 ohmm, noe som indikerer kompakt og lite oppsprukket fjell. Nord for dette søkket indikeres flere lavresistivitetsoner, i tillegg til at den generelle resistiviteten er betydelig lavere. Dette faller sammen med lavresistivitetområdet på profil 1, og indikerer at bergarten i dette området trolig er betydelig oppsprukket. Alternativet kan være en annen type bergart med vesentlig lavere resistivitet.

Av de påviste lavresistivitetsonene på profilet skiller sone 1 seg ut. Sonen ligger i et markert søkk i terrenget og det er grunn til å anta at den representerer en betydelig svakhetsone. Sonen har meget lav resistivitet og ut fra vår tolkningsmodell representerer dette i tillegg til oppsprekking også trolig leire på sprekkene. Sone 2 ligger ca 65 meter lengre nord på andre siden av en markert fjellknaus. Sonen er steil og resistiviteten er en god del høyere enn for sone 1. Selv om dette er markert som en egen sone kan denne sammen med sone 1 være en bred sone på ca 65 meter. Med antatt strøkretning på disse sonene vil de krysse den planlagte tunneltrasèen. Videre mot nord er det indikert to soner hvor sone 4 er den mest markerte. Sonene ligger inne i området med generelt lavere resistivitet, og utenfor den planlagte tunneltrasèen.

Også på dette profilet ble det påvist noen svake IP-anomalier. Lengst sør på profilet indikeres en anomali ved ca koordinat 150. Sonen ligger ute på flanken av pseudoseksjonen hvor dybderekkevidden og datagrunnlaget ikke er tilstrekkelig for en tolkning av anomaliårsaken. Ved sonene 2, 3 og 4 er det indikert svake IP-anomalier. I likhet med profil 1 er nivået på anomaliene så svake at sulfider neppe har hatt noen vesentlig innvirkning på resistivitetnivået på sonene.

4. KONKLUSJONER

De geofysiske målingene har kartlagt flere soner som ser ut til å krysse den planlagte tunneltrasèen. Sonene representerer trolig oppsprukket fjell med økt vanninnhold knyttet til forkastninger og/eller svakhetssoner. For to av sonene er resistiviteten så lav at i tillegg til oppsprekking, er det også grunn til å anta at det er leire på sprekkeene.

I egen tabell er resistivitet, fall og dybdeangivelse angitt, og sonene er markert på eget oversiktskart. I og med at det er målt så få profiler er retningen på de angitte sonene ikke kartlagt, men gitt en retning ut fra retningen på topografien i området. For å få en bedre vurdering av hvilke soner som vil kunne skape problemer ved tunelldrivingen, bør strøkretningene i området sjekkes nærmere med geologisk kartlegging.

NGU vil gjerne følge opp dette videre for å se om vår tolkningsmodell holder, og dersom det planlegges boringer, vil vi svært gjerne være med å diskutere disse.

5. 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.

Loke, M.H. 2010: RES2INV ver. 3.59.70. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

Persson, A. 2011: Ingeniørgeologisk rapport E6-24, Reisafjellet - tunnel, til reguleringsplan, i Nordreisa kommune. Statens Vegvesen.

Reiser, F., Dalsegg, E., Dahlin, T., Ganerød, G. & Rønning, J.S. 2009, "Resistivity Modelling of Fracture Zones and Horizontal Layers in Bedrock". NGU Report 2009.070, pp. 1-120, 2009 <http://www.ngu.no/no/hm/Publikasjoner/Rapporter/2009/>

Rønning, J.S. 2003: Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Sluttrapport delprosjekt A, Forundersøkelser. Statens vegvesen, Publikasjon nr. 102.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Storrø, G. 2003: Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. 9th EEGS European Meeting, Prague, August 31 – September 4 2003. Extended Abstract: Proceedings P005.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Ganerød, G.V. & Heincke, B.H. 2009: Characterization of fracture zones in bedrock using 2D resistivity. Proceedings from 5th Seminar on Strait Crossings, Trondheim, June 21 – 24 2009, p. 439 - 444 (SINTEF/NTNU)

Zwan, K.B. 1987: Rotsundet 1634 I. Berggrunnskart 1 : 50 000. NGU.

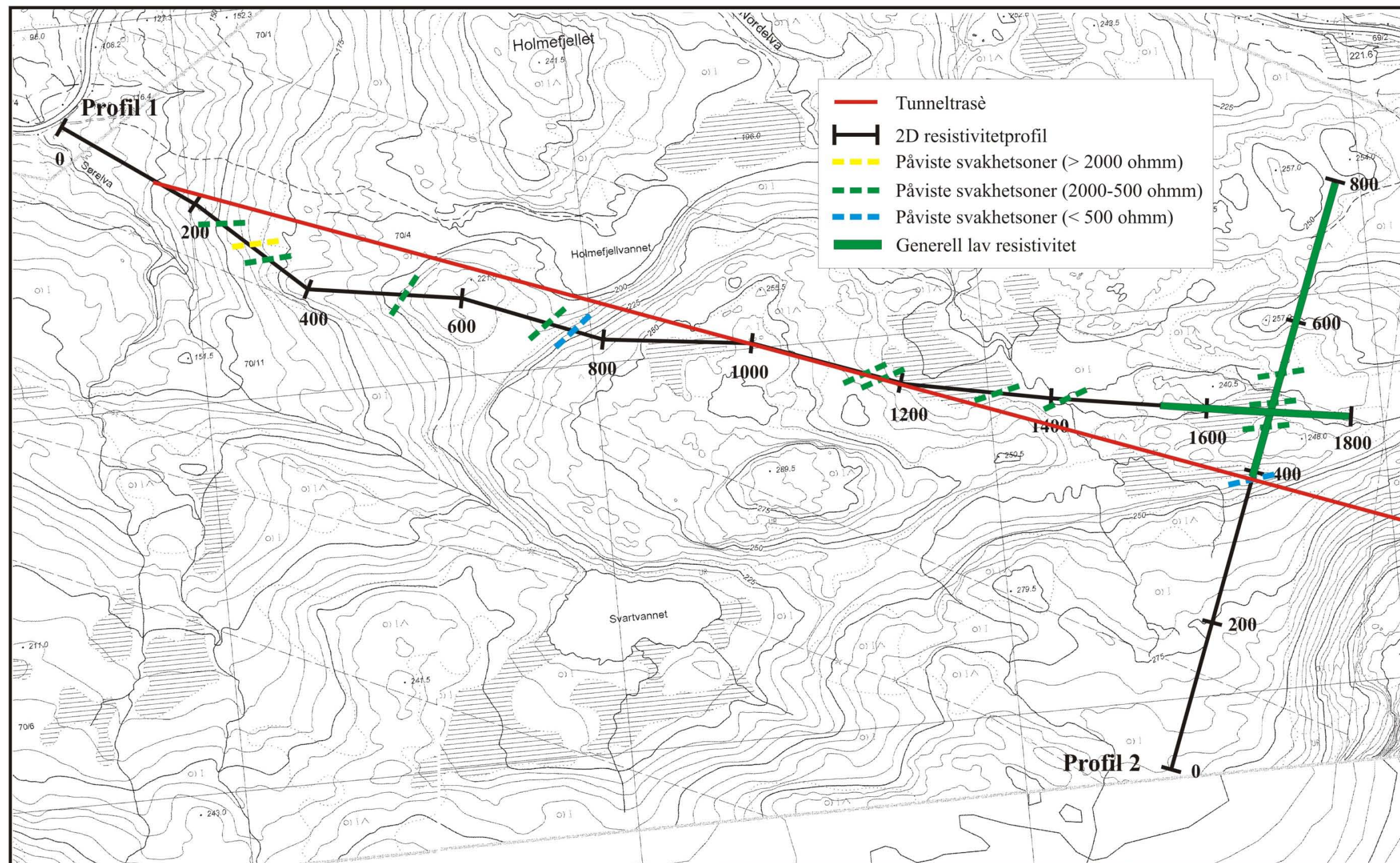
Innmålte profiler (WGS-84, Sone 34 V)

UTM-øst	UTM-nord	Profil	Koordinat
492808	7745722	Profil 1	0
492890	7745670		100
492959	7745601		200
493013	7745540		300
493091	7745486		400
493188	7745478		500
493283	7745453		600
493368	7745418		700
493456	7745377		800
493549	7745372		900
493647	7745353		1000
493736	7745324		1100
493834	7745285		1200
493929	7745272		1300
494023	7745253		1400
494119	7745233		1500
494219	7745227		1600
494317	7745220		1700
494414	7745196		1800
494131	7744774	Profil 2	0
494171	7744863		100
494208	7744955		200
494243	7745045		300
494276	7745130		400
494306	7745224		500
494347	7745309		600
494378	7745403		700
494415	7745494		800




Målte profiler

STATENS VEGVESEN, REGION NORD - NGU OVERSIKTSKART SØRELVA-SØRKJOSEN NORDREISA, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT E.D.	Sept. 2011
		TEGN E.D.	Jan. 2012
	1 : 50 000	TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2012.006-01	KARTBLAD NR 1634-1	



STATENS VEGVESEN REGION NORD - NGU OVERSIKTSKART MED PÅVISTE SVAKHETSONER SØRELVA-SØRKJOSEN NORDREISA, TROMS	MÅLESTOKK	MÅLT E.D.	Sept. 2011
	1 : 5 000	TEGN E.D.	Jan. 2012
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR	KARTBLAD NR	
	2012.006-02	1634 I	