



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·



<b>Rapport nr.:</b> 2020.018	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> ERT-undersøkelser ved Skjenald, Orkland kommune, Trøndelag			
<b>Forfatter:</b> Bjørn Eskil Larsen		<b>Oppdragsgiver:</b> NGU, NVE	
<b>Fylke:</b> Trøndelag		<b>Kommune:</b> Orkland	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Trondheim		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> 1521-1 Orkanger	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b> Skjenald ETRS89 - UTM32 539755/7020455		<b>Sidetall:</b> 9	<b>Pris:</b>
<b>Feltarbeid utført:</b> November 2019	<b>Rapportdato:</b> 07.04.2020	<b>Prosjektnr.:</b> 367200	<b>Ansvarlig:</b> <i>Marco Brønner</i>
<b>Sammendrag:</b> <p>Som en del av kvartærgeologisk kartlegging i Orkdalen har det blitt utført bakkegeofysikk ved Skjenald, vest for Orkanger. Målet med disse undersøkelsene var å få bedre kontroll på de geologiske forholdene i dypet ved å kartlegge de elektriske egenskapene til løsmassene.</p> <p>Metoden kalles elektrisk resistivitet og forkortes ERT (fra engelske Electrical Resistivity Tomography). Denne metoden egner seg godt til å skille forskjellige typer løsmasser samt detektere overgangen til fast fjell basert på at disse forskjellige enhetene leder strøm på forskjellig måte.</p> <p>Målingene viser mektighet og utbredelse av marine sedimenter ved Skjenald. Østre deler av området er dominert av finkornige marine avsetninger. Disse avsetningene tynnes ut mot øst før de forsvinner helt og underliggende grovere avsetninger vises i dagen. De grovere avsetninger antas å bestå av sand og grus og settes i sammenheng med de glasifluviale avsetninger som er registrert i nærområdet. Det fins ett borehull i området, dette går til 72 meter dyp og har ikke nådd fjell. ERT-målingene viser lokalt tegn på fjell i dypet, men mektigheten til løsmassene er over 100 meter i største delen av området.</p>			
<b>Emneord:</b> Løsmasser	Resistivitetmålinger	Dyp til fjell	
Kvartærgeologi			
		Fagrapport	

## Innholdsfortegnelse

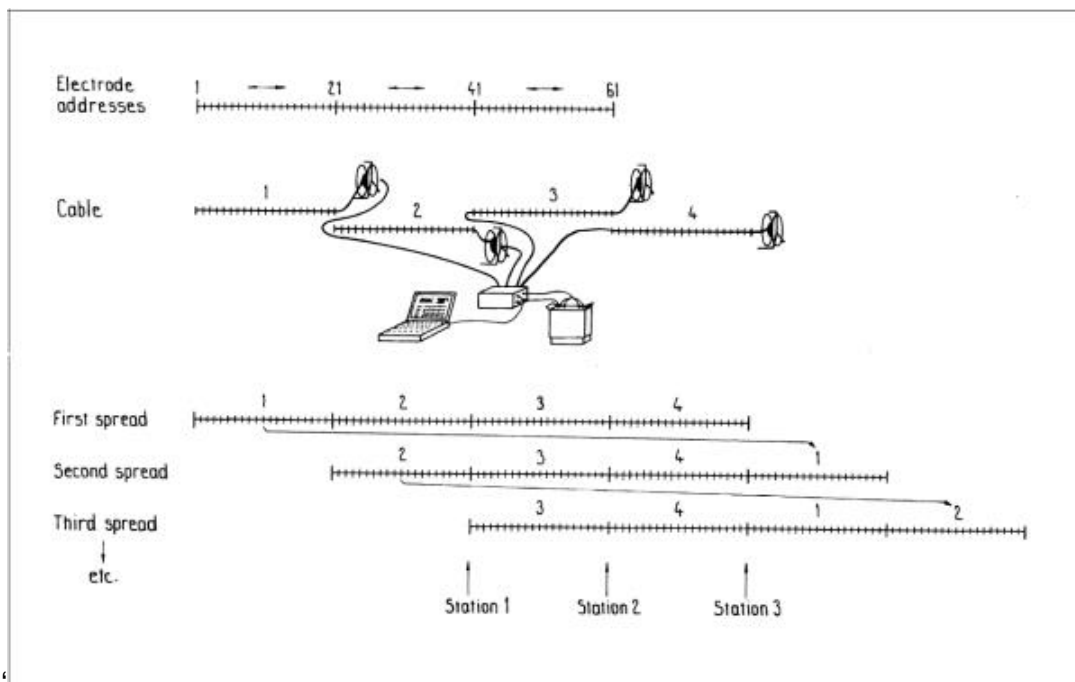
1. Innledning .....	4
2. Metodikk og datafangst .....	4
3. Resultater.....	5
4. Konklusjon.....	6
5. Litteratur.....	9

## 1. Innledning

I forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging i Orkdalen sørvest for Trondheim er det utført geofysiske målinger som et bidrag til bedre forståelse av de geologiske forholdene. Slike undersøkelser utføres i forbindelse med kartlegging i områder der kvartærgeologien er spesielt komplisert eller mangelfullt forstått og der informasjonen forventes å kaste ekstra lys over områdets kvartærgeologiske oppbygging og historie. I Orkdalen finnes det ved munningen av en sidedal en mektig avsetning med leire over grovere material og der dannelseshistorien og oppbygging er uklar. Ved begge lokaliteter er det både utført ERT og GPR målinger som med fordel bør ses sammen ved endelig tolkning. Det er ERT målingene langs tre 2D-profiler som rapporteres her med en kort gjennomgang av hva data kan fortelle.

## 2. Metodikk og datafangst

Elektrisk Resistivitet Tomografi (ERT) utføres ved å sende strøm mellom et elektrodepar samtidig som det måles potensiale og motstand mellom et annet elektrodepar. Basert på strømstyrke, målt spenning og elektrodernes posisjon i forhold til hverandre (geometrisk faktor) beregnes tilsynelatende resistivitet. Utstyret brukt i undersøkelsene er utført med Lund kabelsystem (Dahlin, 1993) og ABEM Terrameter LS (ABEM, 2012). Som vist i Figur 1, kobles fire multielektrode-kabler med 21 elektroder hver til instrumentet, så kjøres en protokollfil med elektrodekonfigurasjoner. I denne undersøkelsen ble elektrodekonfigurasjonen Gradient Plus (Dahlin & Zhou, 2006) brukt.



Figur 1: LUND-systemet med 4 multi-elektrode kabler. Figuren viser også hvordan roll-along systemet fungerer.

Oppløsning på datasettet styres av elektrodeavstanden. Tett elektrodeavstand gir høyere oppløsning, men det er på bekostning av dybdepenetrasjon. Ved 5 m elektrodeavstand vil fullt utlegg være 400 m langt og pålitelig dybdepenetrasjon være ca. 70 m. Tabell 1 viser lengde og elektrodeavstand for alle profiler.



Tabell 1: Lengde og elektrodeavstand for målte profiler.

Navn	Lengde	Elektrodeavstand	Sted
ERT Profil 1	700m	5m	Skjenald
ERT Profil 2	500m	5m	Skjenald
ERT Profil 3	400m	5m	Skjenald

Målte verdier er *tilsynelatende resistivitet* og må inverteres for å få *sann resistivitet*. All data er invertert med Res2DInv (Loke, 2017) med robust databegrensing. Ved bruk av ERT kan det forventes å avdekke sprekker, løsmassetykkelse, grunnvannstand samt grenser mellom geologiske enheter (både løsmasser og bergarter) hvor det forekommer en forskjell i elektriske egenskaper. Tabell 2 viser resistivitetsverdier i utvalgte geologiske materialer (Reynolds, 2011). Det tas et forbehold om nøyaktigheten langs dybde dimensjonen. Nøyaktigheten vil minke med dypet, men generelt er nøyaktigheten i øverste halvdel av profilet bedre enn elektrodeavstanden. NGU har i tidligere arbeid utviklet en karakterisering av marine avsetninger baser på ERT-målinger, denne er vist Tabell 3 fra (Solberg, et al., 2011).

Tabell 2: Resistivitetsverdier i utvalgte materialer. (Reynolds, 2011)

Materiale	Resistivitet ( $\Omega\text{m}$ )
Marin leire	1 - 20
Utvasket marin leire (Kvikkleire)	10 - 100
Silt	80 - 120
Sand (vannholdig)	120 - 3000
Morene	100 - 13000
Grunnfjell	1000 - 13000

Tabell 3: Løsmasseklassifisering fra resistivitetsverdier (Solberg, et al., 2011).

Karakterisering	Resistivitet ( $\Omega\text{m}$ )
Ikke-utvaskete marine leiravsetninger	1 – 10
Utvaskede leiravsetninger (mulig kvikkleire)	10 – 100
Tørrskorpeleire, grovere masser	Over 100

### 3. Resultater

Alle tre profilene i dette prosjektet er målt på Skjenald, vest for Orkanger sentrum. Profilene krysser hverandre i et trekant-mønster, på den måten overlapper hvert profil de to andre ved start og slutt. Dette ble gjort for å få bedre kontroll på geologien ikke bare langs profilene, men også lateralt. Kart over undersøkelsesområde sees i Figur 1 og målte profiler presenteres i Figur 3. Det ligger en grunnvannsbrønn ved et bolighus nær starten av Profil 1, denne brønnen er 72 meter dyp og ligger i sin helhet i løsmasser. Derfor antas det at dyp til fjell er større enn 72 meter i området. Fargeskalaen brukt på ERT-figurene er satt opp slik at de blå fargene indikerer marine finkornige løsmasser (ca. 1 - 100  $\Omega\text{m}$ ), de grønne fargene indikerer vannmettet grovkornige masser (ca. 100 – 1000  $\Omega\text{m}$ ) og fra gul til og med røde fargene indikeres fast fjell eller tørre sandige masser (>1000  $\Omega\text{m}$ ).

**Profil 1** er 700 m langt og går fra sørvest til nord-øst. Det krysser Profil 2 ved 320 meter og Profil 3 ved 550 meter. De øverste 10-20 metere i vestre del av profilet består av løsmasser som ligger mellom 50 og 100  $\Omega\text{m}$ , noe som samsvarer med marine avsetninger. Disse minker i mektighet lengre ut i profilet til de eventuelt opphører og underliggende lagpakke vises i dagen. Denne består av masser med verdier mellom 200 og 1000  $\Omega\text{m}$ . Slike verdier er vanlige for sandige masser. Et lite område på dypet i vestre del viser høy resistivitet som kan samsvare

med fjell, men dette kan være noe usikkert siden det ligger i et område av datasettet hvor det finns færre målinger og kan derfor preges av støy.

**Profil 2** er 500 meter langt og går fra vest mot øst. Det krysser Profil 1 ved 160 meter og Profil 3 ved 410 meter. Som Profil 1 har Profil 2 et lag med resistivitetsverdier på 50 til 100  $\Omega\text{m}$  i vest, disse indikerer marine avsetninger. Også her tynnes den ut mot øst før den forsvinner helt ved ca. 310 meter. Den underliggende lagpakken består av grus og sand med resistivitetsverdier mellom 200 og 1000  $\Omega\text{m}$ . Også her er det et område i vest hvor høye verdier i dypet kan indikere en fjellterskel på nesten 100 meters dyp. Ved ca. 400 meter er et område med veldig lav resistivitet som strekker seg ned mot dypet, dette kan skyldes nedgravd infrastruktur siden det er uvanlig med slike vertikale strukturer i løsmasser. Dette vises også i Profil 3 på samme plass.

**Profil 3** er 400 meter langt og går fra sør mot nord. Det krysser Profil 2 ved 50 meter og Profil 1 ved 250 meter. Også her vises de samme enheten som tidligere beskrevet. Øverst ligger en pakke med finkornige marine avsetninger med resistivitetsverdier på 50 – 100  $\Omega\text{m}$ . Disse er kun til stede i nordlige del av profilet, fra der hvor Profil 1 krysser og nordover. I dette området er det også noen vertikale strukturer med lav resistivitet som stikker ca. 20 meter ned i underliggende løsmasser. Disse skyldes nok nedgravd strømkabel som krysser profilet akkurat i dette området. Løsmasser med resistivitetsverdier fra 200 – 1000  $\Omega\text{m}$  utgjør nesten hele profilet og domineres sannsynligvis av sand og grus, kun ved ca. 300 m kan det være indikasjon på en fjellterskel på ca. 70 meters dyp.






#### **4. Konklusjon**



Hensikten med ERT-målingene var å få bedre kontroll på løsmassene i dypet. Målingene har påvist både utbredelse og mektigheten av finkornete marine avsetninger i undersøkelsesområdet. Siden profilene er orientert på en måte slik at alle krysser hverandre er utbredelsen til disse avsetningene godt kartlagt. Som Figur 2 og Figur 3 viser er det mulig å tolke en linje som viser skillet mellom finkornige marine avsetninger og de grovere avsetninger av sand og grus under basert på de elektriske egenskapene til løsmassene. De grove avsetninger i dypet antas å henge sammen med glasifluviale avsetninger som er registrert i skråningene. Den tolkete linja ender i nord opp i en mindre skredgrop.

# Skjenald

## Tegnforklaring

### Løsmasser



-  Elveavsetning
-  Breeelvavsetning
-  Hav- og fjordavsetning (tynt)
-  Hav- og fjordavsetning (mektig)
-  Marin strandavsetning
-  Humusdekke

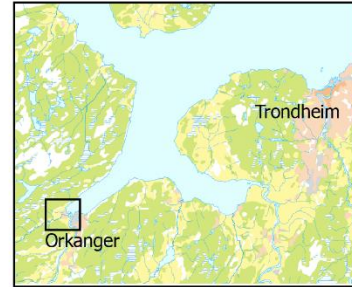
-  Skille resistivitet
-  Skredgrop?

### ERT

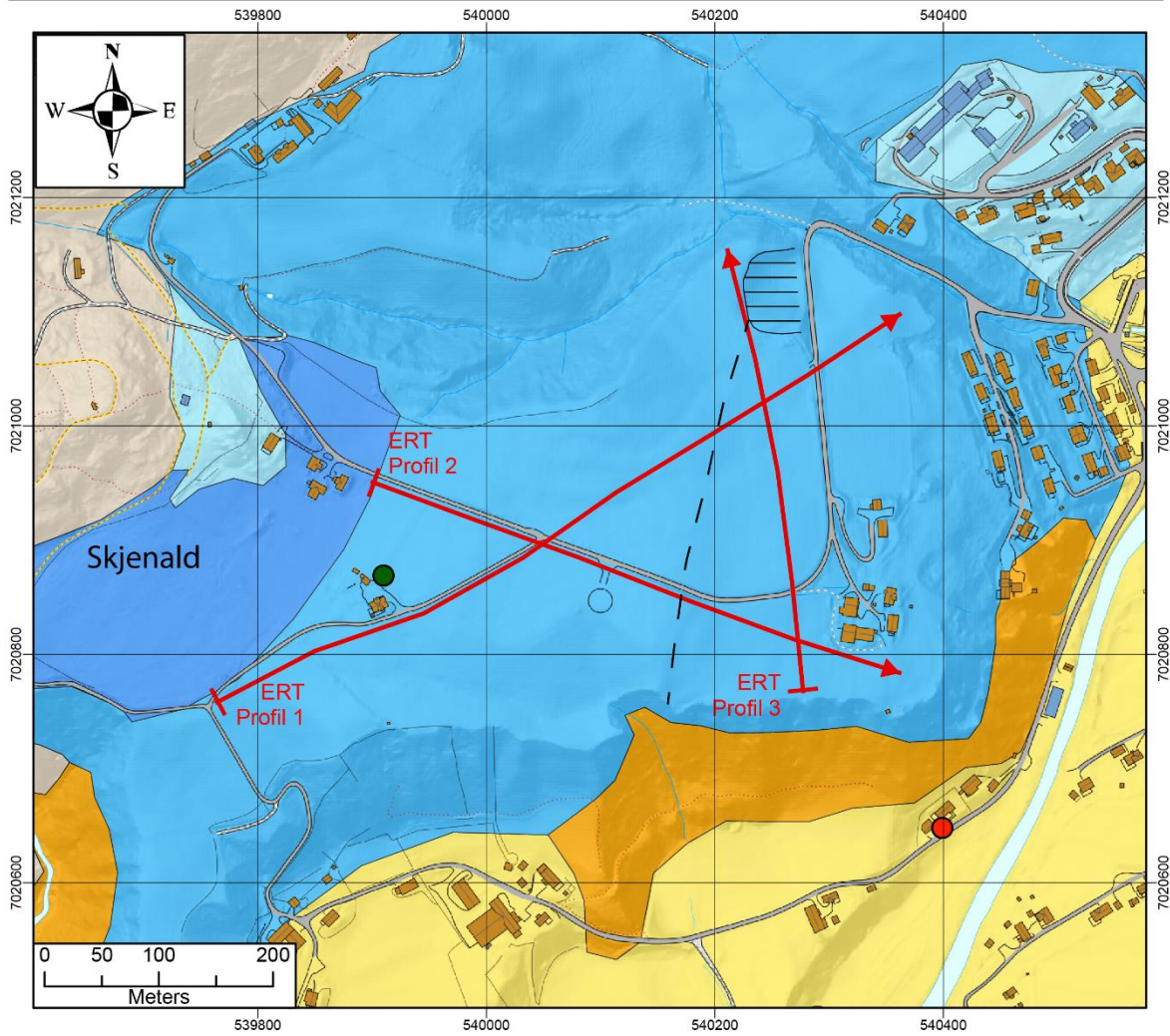
-  ERT linjer

### Brønddyp

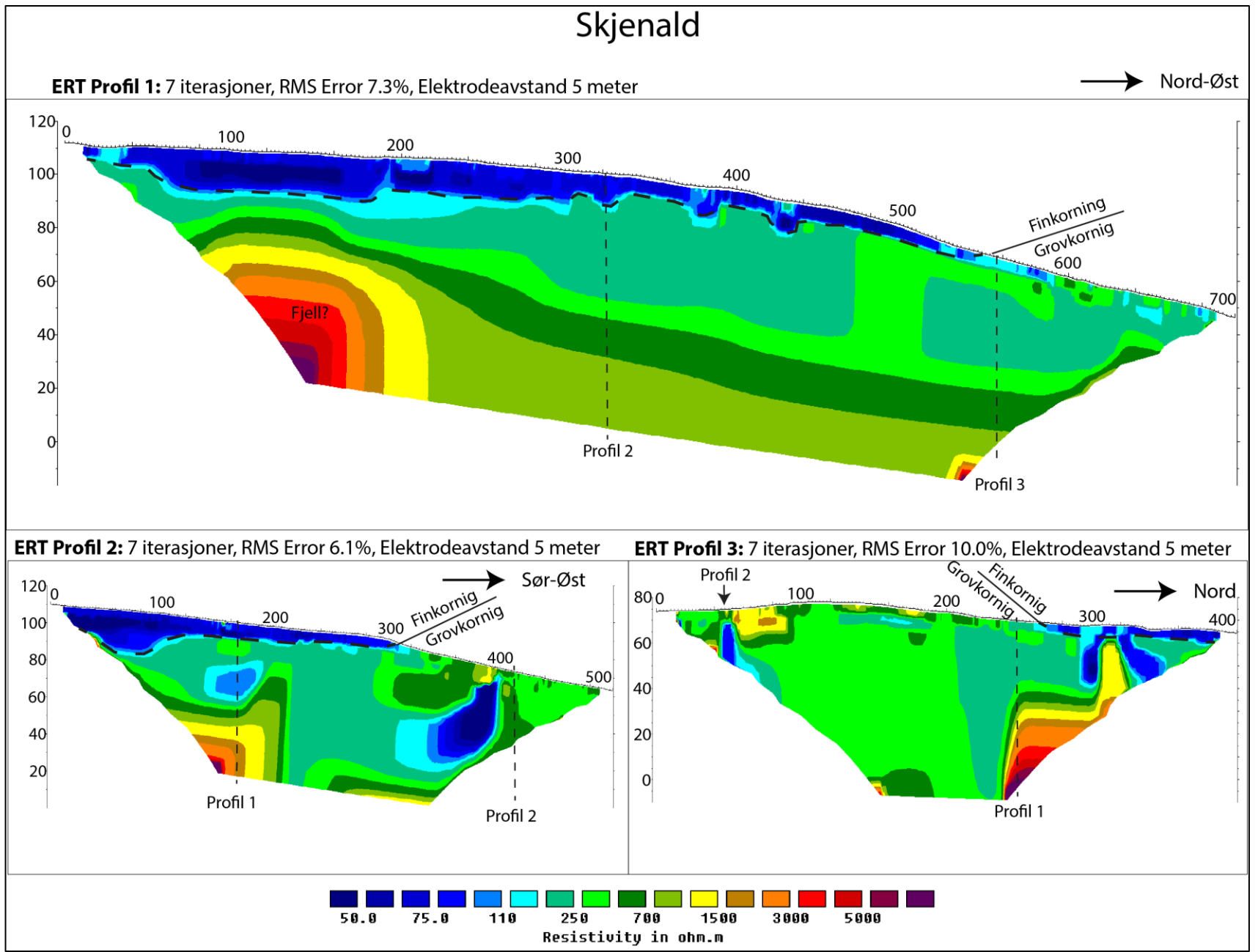
-  >36 m
-  >72 m



Koordinatsystem:  
WGS 1984 UTM Sone 32N



Figur 2: Oversiktskart som viser måleområder ved Skjenald. Stiplet linje viser endring i resistivitet i overflaten. Alle profilene viser lavere resistivitet vest for linjen. Fargene viser til løsmassetyper jvf kvartærgeologisk kart med kartlagt skredgrop (Hansen & Gislefoss, 2019).



Figur 3: Målte ERT profiler ved Orkanger



## 5. Litteratur

- ABEM, 2012. *ABEM Terrameter LS. Instruction Manual, release 1.11*, Sundbyberg: ABEM Instrument AB, Sweden.
- Dahlin, T., 1993. *On the automation of 2D resistivity surveying for engineering and environmental applications..* Lund: Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. 187pp, ISBN 91-628-1032-4.
- Dahlin, T. & Zhou, B., 2006. Multiple-gradient array measurements for multichannel 2D. *Near Surface Geophysics, Vol 4, No 2*, April, pp. 113-123.
- Hansen, L. & Gislefoss, L., 2019. *Nordre Orkdal M 1:20 000 Løsmassekart*, Trondheim: Norges Geologiske Undersøkelse.
- Loke, M. H., 2017. *Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction Manual. Res2DInv 4.07.* <http://www.geotomosoft.com/>.
- Reynolds, J. M., 2011. *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics.* 2nd ed. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Solberg, I.-L., Hansen, L., Rønning, J. S. & Dalsegg, E., 2011. *Veileder for bruk av resistivitetmålinger i potensielle kvikkleireområder. NGU Rapport 2010.048*, Trondheim: NGU.



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)