

NGU Rapport 2008.084

Geofysiske målinger for løsmassekartlegging
ved Rødde i Melhus kommune, Sør-Trøndelag

Rapport nr.: 2008.084		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofysiske målinger for løsmassekartlegging ved Rødde i Melhus kommune, Sør-Trøndelag.				
Forfatter: Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: NGU/SINTEF (RiG)		
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Melhus		
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1621-IV Trondheim		
Forekomstens navn og koordinater: Rødde 32V 567100 7020700		Sidetall: 16	Pris: 56.-	
Feltarbeid utført: April 2008		Rapportdato: 09.12.2008	Prosjektnr.: 323800	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom NGU og SINTEF (RiG) er det utført geofysiske målinger ved Rødde i Melhus kommune i Sør-Trøndelag. Hensikten med målingene var å videre undersøke 2D resistivitetsmetodens egnethet til karakterisering av leire, samt til å redusere/modifisere kvikkleire fare/risikosoner. Rapporten dokumenterer datainnsamlingen, presenterer data og gir en vurdering av disse.</p> <p>Måledata viser i store trekk at det under ett tørrskorpelag kan det være et betydelig innslag av kvikkleire i dette området. Det er også indikasjoner på stabil marin leire. Dette er mest markert i vest på profilene 3, 6 og 7, men indikeres også på deler av profil 1 og 2. I øst på profilene 1, 4 og 5 er det indikert morene/fjell på dypet (80 – 120 meter). Tolkningen av de geofysiske data baserer seg i det vesentlige på erfaring fra tilsvarende målinger i Buvika ved Trondheim.</p> <p>For å få verifisere de tolkninger som her er gjort anbefales boring, og det vil også være nyttig med noe refraksjonsseismikk for å kontrollere dyp til fjell.</p>				
Emneord: Geofysikk		Elektrisk måling		
		Fagrapport		

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
2.1 2D Resistivitet	4
2.1.1 Datainnsamling	4
2.1.2 Strømstyrke og datakvalitet	5
2.1.3 Inversjon	5
3. RESULTATER / DISKUSJON	5
4. KONKLUSJON	13
5. REFERANSER	14

FIGURER

<i>Figur 1. Profil 1. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 10 meter.....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 2. Profil 2. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 5 meter.....</i>	<i>9</i>
<i>Figur 3. Profil 3. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 5 meter.....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 4. Profil 4 og 5. Modellert resistivitet, Gradient, elektrodeavstand 5 meter.</i>	<i>11</i>
<i>Figur 5. Profil 6 og 7. Modellert resistivitet, Gradient, elektrodeavstand 5 meter.</i>	<i>12</i>

DATABILAG

Databilag 1: Innmålte profiler 2D resistivitet

KARTBILAG

Kartbilag 2008.084-01: Oversiktskart 1 : 50 000

Kartbilag 2008.084-02: Oversiktskart målte profiler

1. INNLEDNING

I forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom NGU og SINTEF (RiG) er det utført geofysiske målinger ved Rødde i Melhus kommune i Sør-Trøndelag. Hensikten med målingene var å videre undersøke 2D resistivitetsmetodens egnethet til karakterisering av leire, samt til å redusere/modifisere kvikkleire fare/risikosoner. Rapporten dokumenterer datainnsamlingen, presenterer data og gir en vurdering av disse.

Resistivitetsmålingene ble utført av Einar Dalsegg i perioden 2. til 21. april 2008.

Beliggenhet av det undersøkte området og de målte profilene framgår av kartbilagene -01 og -02.

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

De målinger som ble foretatt var måling av 2D resistivitet. I det følgende blir metoden og utførelsen kort beskrevet. En mer utførlig beskrivelse av metoden finnes på <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Elektriske-metoder/>

2.1 2D Resistivitet.

2.1.1 Datainnsamling.

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem utviklet ved den tekniske høyskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av en releboks (Electrode Selector ES 10-64) og to eller fire multi-elektrode kabler. Måleprosessen styres av et ABEM Terrameter SAS 4000 (ABEM 1999). Ved denne undersøkelsen ble det benyttet kabler med 5 og 10 m elektrodeavstand. Dybderekkevidden er ca 120 m med 10 m elektrodeavstand og ca 60 m med 5 m elektrodeavstand. Oppløsning, og dermed nøyaktigheten, er størst i den øvre halvdel av pseudoseksjonen, noe en må ta hensyn til ved valg av elektrodeavstand. For videre uttesting av metoden ble det målt med to forskjellige elektrodekonfigurasjoner (Wenner og Gradient) på de tre første profilene. Gradient har mer enn dobbelt så mange datapunkt som Wenner, noe som gir flere detaljer i pseudoseksjonen. Ut fra tidligere målinger er det antatt at Wenner er best egnet for kartlegging av horisontale strukturer, mens Gradient kan fange opp flere laterale variasjoner i resistiviteten. Da det viste seg at Gradient så ut til å kartlegge de horisontale strukturerne like bra som Wenner, ble det bestemt at de siste fire profilene kun ble målt med Gradient. Ved måling med Gradient kan muligheten til å bruke alle fire kanalene på terrameteret utnyttes. Dette gjør at målingene med denne metoden er betydelig raskere selv om datamengden er større.

Profilenes beliggenhet er innmålt med GPS (databilag 1), men er ikke merket i terrenget da mesteparten av profilene går på innmark.

2.1.2 Strømstyrke og datakvalitet

Jordingsbetingelsene var generelt meget gode. Strømstyrken var 100 eller 200 mA for stort sett alle målingene. Datakvaliteten var gjennomgående meget god, med bare noen få målinger over akseptabelt støynivå (20 %). Disse ble slettet før prosessering.

2.1.3 Inversjon

Ved alle resistivitetsmålinger måles en tilsynelatende resistivitet. Denne representerer et veid middel av alle resistiviteter som er innenfor målingens influensområde. For å finne den spesifikke resistivitet i ulike deler av undergrunnen må data inverteres. Dette utføres ved at profilet 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 2007). "Least Square" ble benyttet som inversjonsmetode. Vertikal/horisontalfilter er ved inversjonen satt til 0,5, noe som til en viss grad favoriserer horisontal lagdeling.

3. RESULTATER / DISKUSJON

Tidligere målinger i leiområder i Buvika ved Trondheim (Dalsegg m. fl. 2006 og Solberg et al. 2008) viser at salt intakt leire gir resistivitetsverdier fra 1 til 10 Ωm , mens kvikkleire ligger i intervallet 10 til 80 Ωm . Undersøkelser i tilsvarende områder Sverige (Dahlin m. fl. 2001) har kommet til tilnærmet det samme resultat. Det må presiseres at påviste resistiviteter fra 10 til 80 Ωm bare indikerer at det kan være kvikkleire, da utvasket ikke kvikk leire og siltige materialer kan gi resistivitetsverdier i det samme området. Men påvisning av resistiviteter i dette området kan representere kvikkleire, og bør derfor følges opp med boring hvis området er rasutsatt. Fargeskalaen er valgt slik at antatt intakt marin leire er indikert med blå farge på figurene, mens områder med grønn/gul farge kan representere kvikkleire.

Tabell 1. Oversikt over resistivitetsverdier til ulike typer geologisk materiale (basert på Berger 1983 og Solberg m.fl. 2008)

Materiale	Resistivitetsverdier	Farge på profilet	Merknad
Marin leire, intakt	1-10 Ωm	Blå	Inneholder salt
Marin leire, utvasket	10-80 Ωm	Grønn, mot gul	Saltet er helt/delvis vasket ut. Leira kan være kvikk.
Tørreskorpeleire	>80 Ωm	Orange	Uttørket, oppsprukket og kjemisk endret
Siltige masser	50-150(?) Ωm	Gul, oransje	
Sand, grus og grov morene	>150 Ωm	Oransje, rød, mot lilla	
Fjell	>1000 Ωm	Lilla (rød)	

Beliggenheten av de målte profilene framgår av kartbilag -02, og de inverterte data er vist på figurene 1 til 5. For å få sammenlignbare presentasjoner er samme fargeskala benyttet ved alle profiler. I det følgende blir måleresultatene kommentert.

Profil 1, 2 og 3 er målt med både Wenner og Gradient elektrodekonfigurasjon, mens profilene 4,5, 6 og 7 er målt med kun Gradient.

Profil 1 (figur1). Profilet er målt med elektrodeavstand 10 meter i en lengde av 1600 meter. Målingene viser for begge konfigurasjonene tilnærmet samme fysiske modell. I starten av profilet indikeres trolig fjell på dypet. I det høyeste partiet fra koordinat 270 til 980 indikerer resistiviteten et tørrskorpelag med noe varierende tykkelse. Under dette laget er det mye grønn farge noe som tilsier mulig kvikkleire. Det er også innslag av lommer med blå farge som ut fra tabellen over skal representere intakt marin leire. Profilet krysser to bekker, Langbekken ved koordinat 240 og Stokkbekken ved koordinat 1080. På begge sider av Langbekken er det mye grønn/gul farge på den fysiske modellen, noe som tilsier mulig kvikkleire. Ved Stokkbekken er det på begge sider indikert intakt marin leire, mens det ved selve bekken i en bredde på ca 50 meter indikeres mulig kvikkleire. Videre mot nord fra koordinat 1120 og ut profilet er det under et tynt topplag indikert marin leire. Tykkelsen av dette laget ser ut til å øke i takt med terrenget mot nord. På dypet (>100m) er det langs hele profilet indikasjoner på økt resistivitet. Dette kan representere morene/fjell.

Profil 2 (figur 2). Profilet, som er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 800 meter, følger profil 1 fra starten (P1-100) til koordinat 500 før det dreier mere østover. Måledata for de to elektrodekonfigurasjonene gir tilnærmet lik fysisk modell, men tettere elektrodeavstand har gitt bedre oppløsning i de øvre lag. Målingene viser at det påviste tørrskorpelaget på profil 1 nå er blitt bedre kartlagt og indikeres til å være 2- 4 meter tykt. Under dette indikeres et nivå med grønn/gul farge med innslag av brunt. Dette tyder på at det i dette nivået kan være lommer med kvikkleire. Under dette igjen ligger laget med grønn/blå farge som kan representere en blanding av marin og kvikk leire. Ved Langbekken er det store variasjoner i resistiviteten, fra blått (marin leire), grønt/gult (mulig kvikkleire) og oransje (siltige maser/tørrskorpelag). Profilet passerte et borehull ved koordinat 590. Boredata (NGI 1988) viser at det her er kvikkleire under et topplag på ca 4 meter. Dette stemmer bra med den fysiske modellen som her indikerer mulig kvikkleire ned til ca 30 meter under et topplag på ca 3-4 meter.

Profil 3 (figur 3). Profilet er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 800 meter. De fysiske modellene for de to elektrodekonfigurasjonene er tilnærmet like og viser et gjennomgående lag på dypet (blått) , som trolig er stabil marin leire. Over dette laget øker resistiviteten og ligger i området 10 til 200 Ω m. Partiene med grønn/gul farge kan representere kvikkleire. Dette gjelder også i skråningene ned mot Stokkbekken. Under laget med marin leire indikeres i nord en økning i resistiviteten, noe som kan tyde på at en her nærmer seg morene/fjell.

Profil 4 (figur 4). Profilet som er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 1200 meter, ligger lengst øst i det undersøkte området. Det er på dette profilet ingen indikasjoner på marin leire, mens det langs store deler av profilet er indikasjoner på mulig kvikkleire. Dette gjelder spesielt i den sentrale og sørlige delen. Det er også store områder med brun/oransje farge, noe som forventes å indikere silt/sand. I nedre del av den fysiske modellen indikeres trolig morene/fjell med et dyp på ca 100 meter.

Profil 5 (nedre del av figur 4). Profilet er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 1000 meter. Det er i den vestlige delen av profilet indikasjoner på to områder med stabil marin leire. Dette er mindre områder uten noen særlig horisontal utstrekning. Derimot viser store deler av den fysiske modellen resistiviteter som indikerer mulig kvikkleire. Dette er spesielt i den sentrale delen av profilet og vestover. Det øverste laget viser også her noe høyere resistivitet, men stort innslag av gul og delvis grønn farge tilsier at det også her kan være partier med kvikkleire. På dypet og spesielt i øst indikeres fjell. I den sentrale delen av profilet er dypet til morene/fjell trolig 40-60 meter, mens det blir vesentlig grunnere mot øst. Den underliggende berggrunnen kuttet av to vertikale soner med meget lav resistivitet (koordinat 360 og 700), som kan skyldes forkastninger/svakhetssoner i den underliggende berggrunnen.

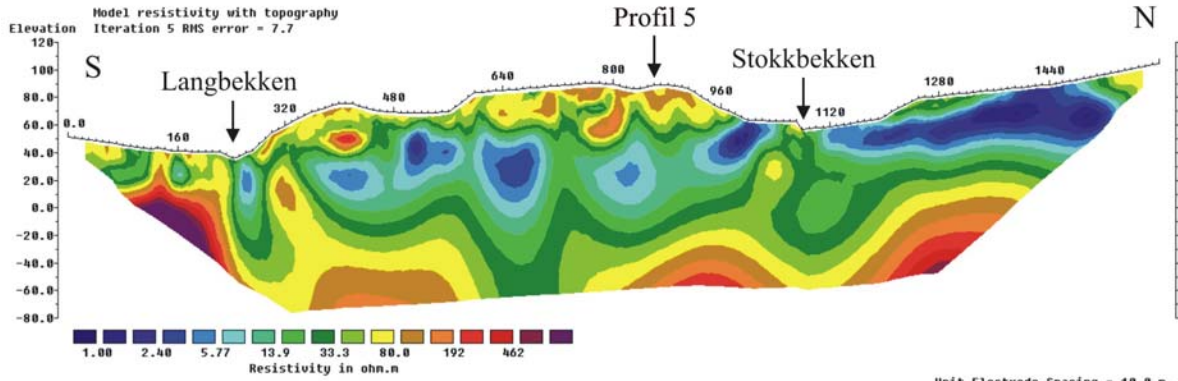
Profil 6 (figur 5). Profilet ligger lengst vest i det undersøkte området, og er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 800 meter. Øverst i den fysiske modellen er det et forholdsvis tykt lag med grønn/gul farge som indikerer mulig kvikkleire. Resistiviteten i dette laget er gjennomgående noe lavere sør for Stokkbekken. Under dette laget indikeres stabil marin leire (blått) i hele profilets lengde. Under Stokkbekken er det kun noen få meter ned til den marine leira. Med tanke på utsatte områder for utglidninger er det i den bratte skråningen fra bekken mot sør indikasjoner på kvikkleire under et tørrere topplag.

Profil 7 (nedre del av figur 6). Profilet som ligger lengst nord i det undersøkte området og krysser en liten sidebekk av Stokkbekken, er målt med elektrodeavstand 5 meter i en lengde av 400 meter. Mesteparten av det øverste laget har her så høye resistiviteter at det trolig ikke representerer kvikkleire. Unntaket er fra koordinat 290 og nordover, hvor det blir et større innslag av grønn farge. Dette kan representere mulig kvikkleire, men det må det presiseres at måledata her er mindre pålitelige da en mangler data på dypet. Det øverste laget tynner ut ned mot bekken med så høy resistivitet at det trolig ikke er fare for utglidning. Under dette øvre laget indikeres stabil marin leire.

Rødde

Profil 1 Resistivitet

Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

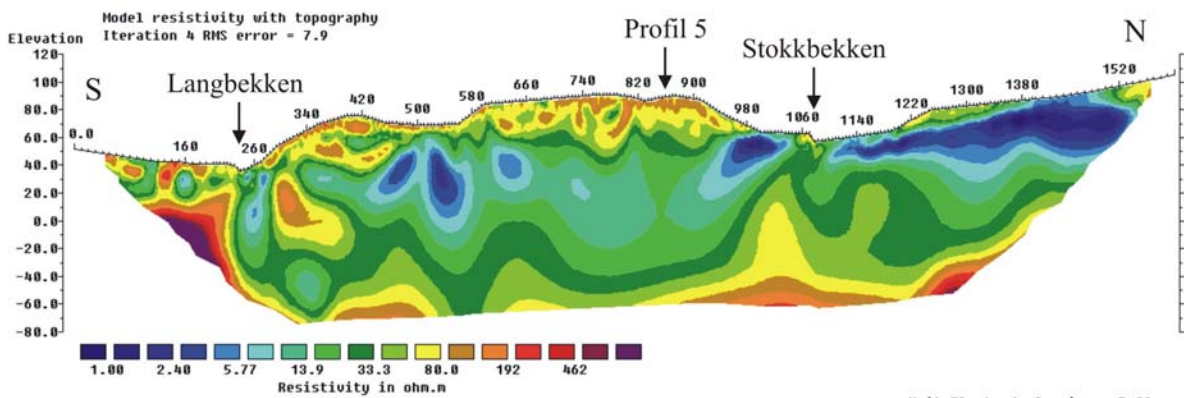


Horizontal scale is 7.43 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 n.
Last electrode is located at 1600.0 n.

Rødde

Profil 1 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



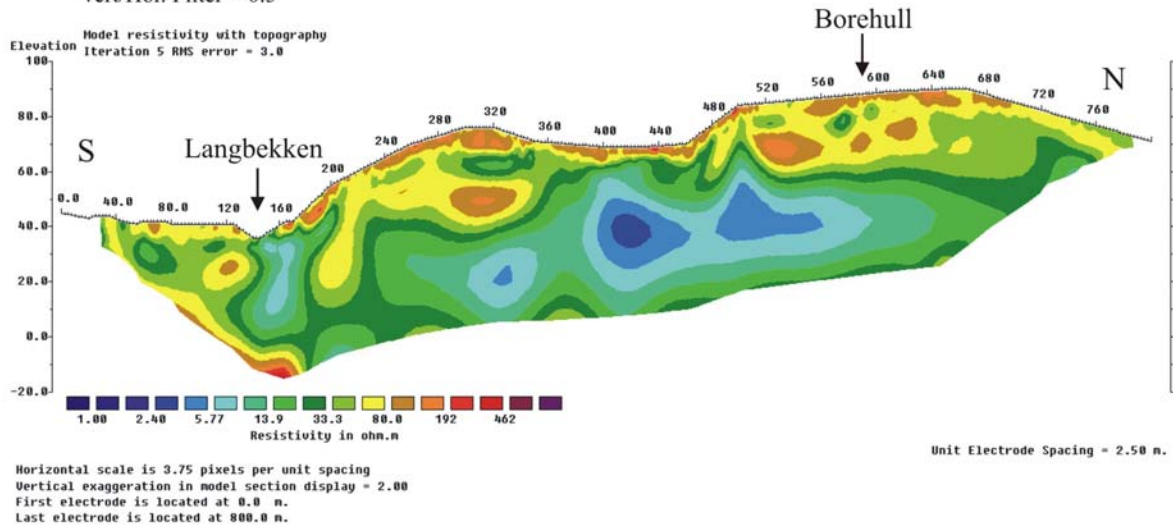
Horizontal scale is 3.33 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 n.
Last electrode is located at 1600.0 n.

Figur 1. Profil 1. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 10 meter.

Rødde

Profil 2 Resistivitet

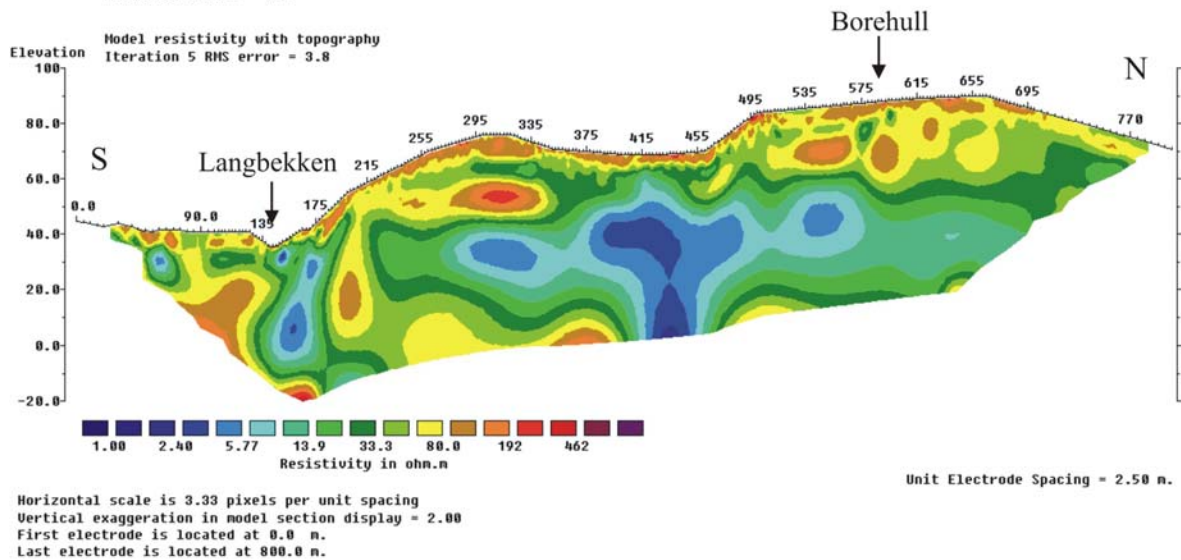
Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



Rødde

Profil 2 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

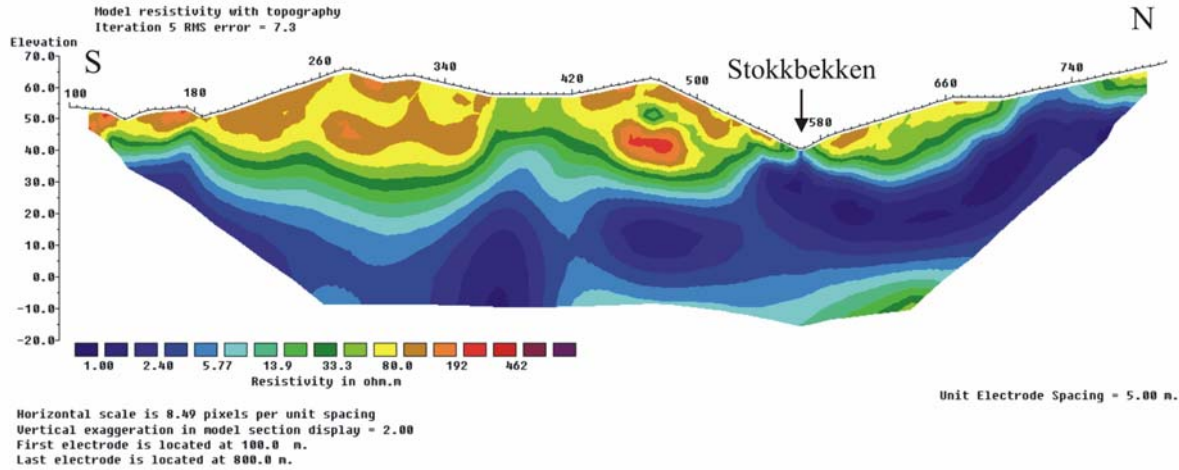


Figur 2. Profil 2. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 5 meter.

Rødde

Profil 3 Resistivitet

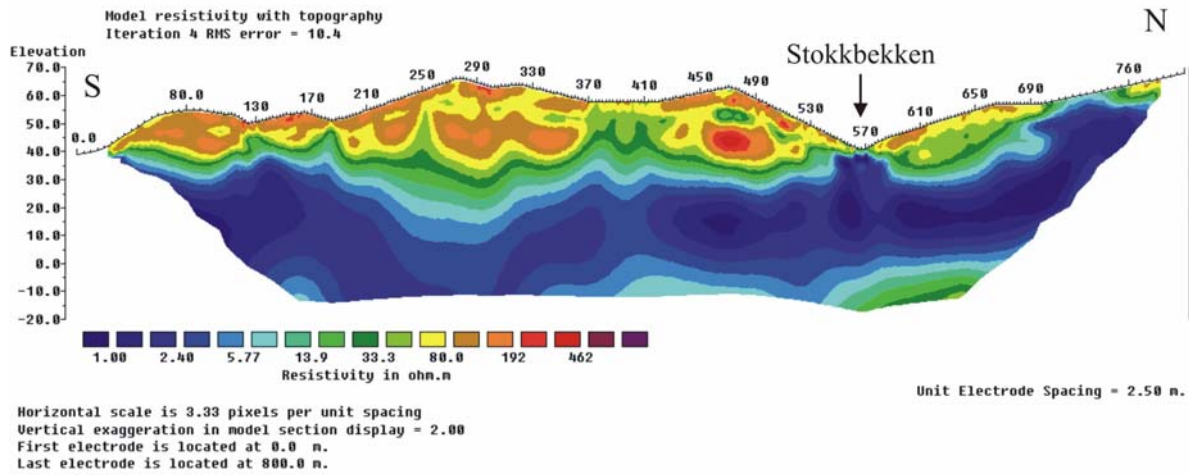
Wenner
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



Rødde

Profil 3 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

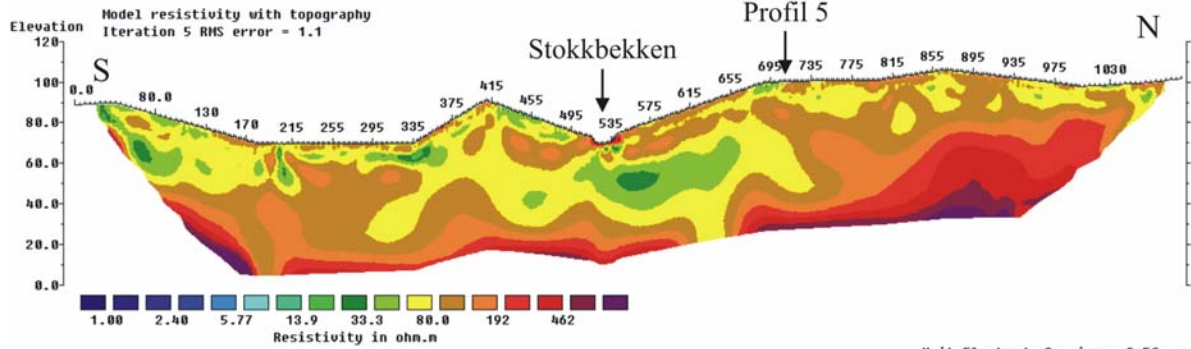


Figur 3. Profil 3. Modellert resistivitet, Wenner og Gradient, elektrodeavstand 5 meter.

Rødde

Profil 4 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

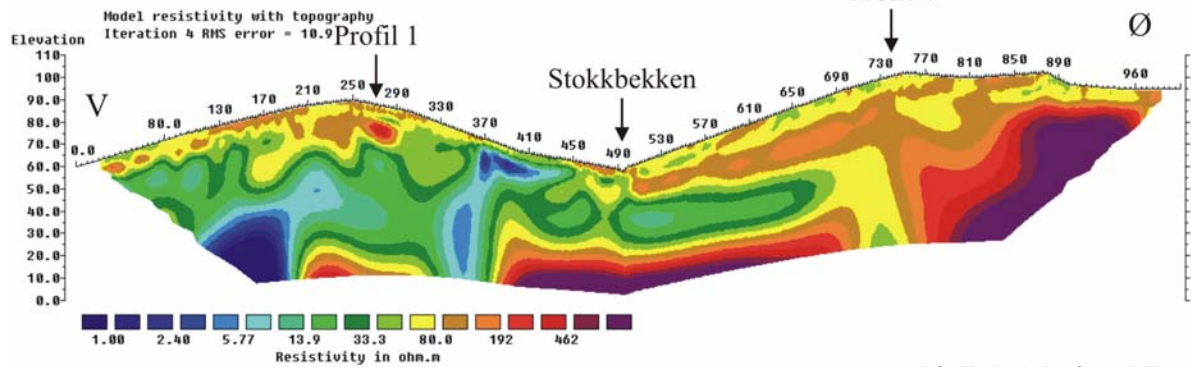


Horizontal scale is 2.49 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 1100.0 m.

Rødde

Profil 5 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



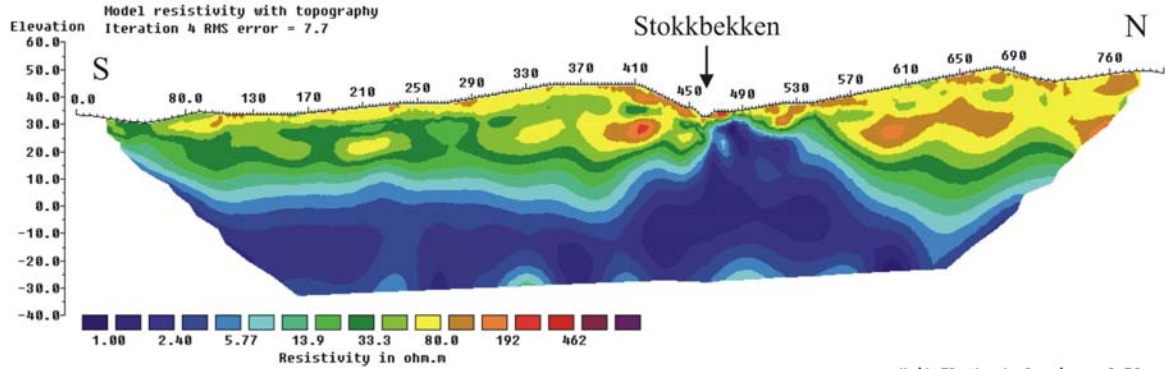
Horizontal scale is 2.72 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 1000.0 m.

Figur 4. Profil 4 og 5. Modellert resistivitet, Gradient, elektrodeavstand 5 meter.

Rødde

Profil 6 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5

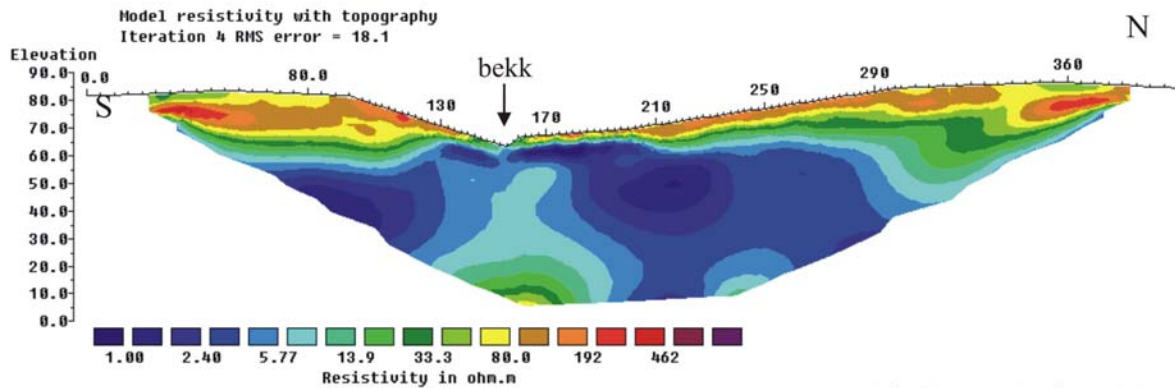


Horizontal scale is 3.28 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 800.0 m.

Rødde

Profil 7 Resistivitet

Gradient
Standard inversjon
Vert/Hor. Filter = 0.5



Horizontal scale is 5.72 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 1.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 400.0 m.

Figur 5. Profil 6 og 7. Modellert resistivitet, Gradient, elektrodeavstand 5 meter.

4. KONKLUSJON

For å kartlegge løsmasseavsetningene ved Rødde i Melhus kommune ble det målt til sammen 6.5 profilkm med 2D Resistivitet fordelt på 7 profiler.

Måledata viser i store trekk at det under ett tørrskorpelag kan det være et betydelig innslag av kvikkleire i dette området. Det er også indikasjoner på stabil marin leire. Dette er mest markert i vest på profilene 3, 6 og 7, men indikeres også på deler av profil 1 og 2. I øst på profilene 1, 4 og 5 er det indikert morene/fjell på dypet (80 – 120 meter). Tolkningen av de geofysiske data baserer seg i det vesentlige på erfaring fra tilsvarende målinger i Buvika ved Trondheim.

For å få verifisere de tolkninger som her er gjort anbefales boring, og det vil også være nyttig med noe refraksjonsseismikk for å kontrollere dyp til fjell.

5. REFERANSER

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

Berger, B. 1983: Geofysiske metoder anvendt i ingeniørgeologiske undersøkelser. Dr. ing. avhandling, Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk, NTH.

Dahlin, T., Larson, R., Leroux, V., Svenson, M. & Wisén, R. 2001: Geofysik i släntstabilitetsutredningar. Statens geotekniska institut (SGI) Rapport 62.

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.

Dalsegg, E., Elvebakk, H., Solberg, I.L., Solli, A. og Tønnesen, J.F. 2006: Geofysiske målinger for løsmassekartlegging i Buvika, Skaun kommune, Sør-Trøndelag. NGU Rapport 2006.006.

Loke, M.H. 2007: RES2INV ver. 3.56. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

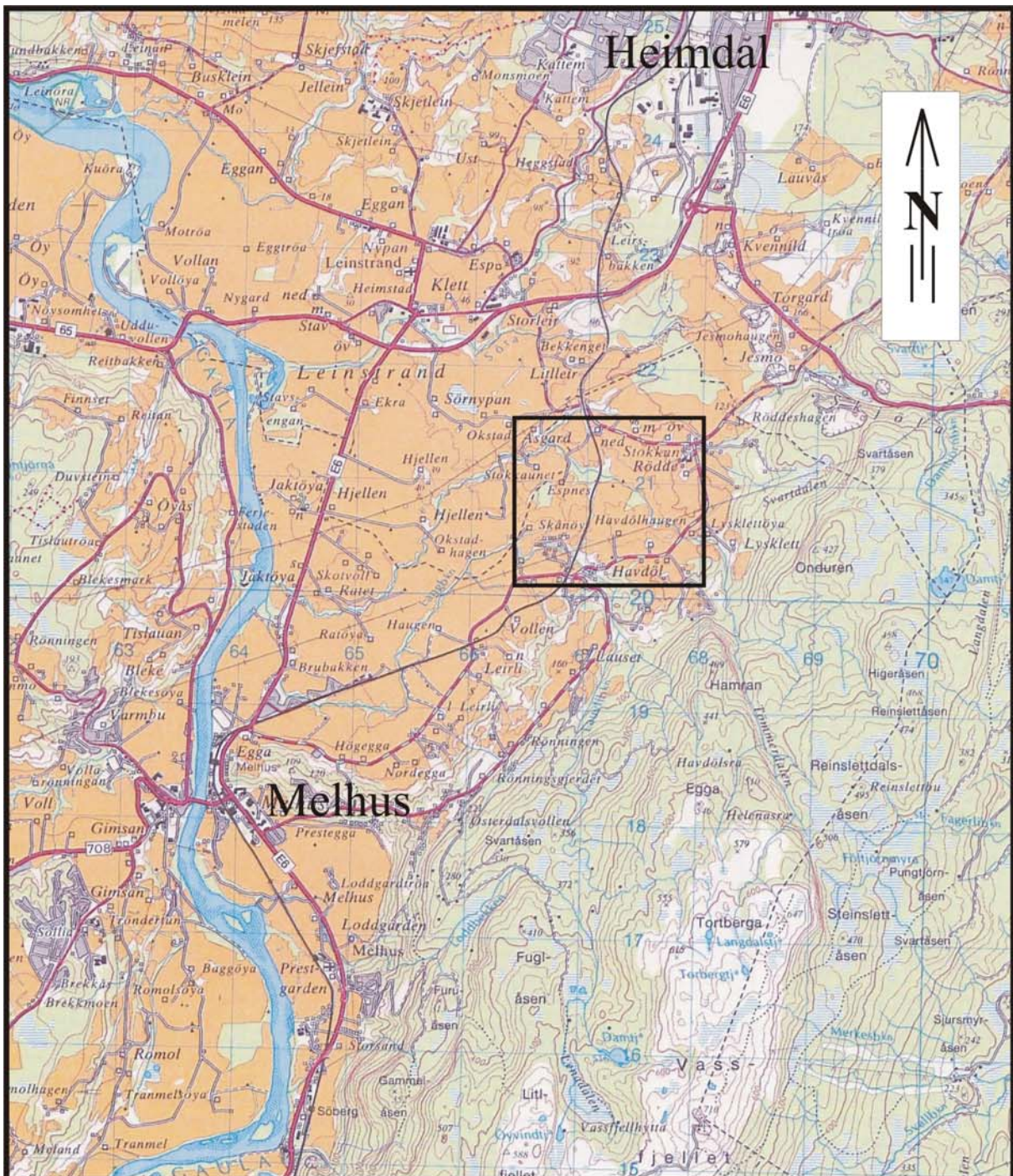
NGI 1988: Faresonekartlegging kvikkleireskred: kartblad Trondheim. NGI rapport 84050-1.

Solberg, I.L., Rønning, J.S., Dalsegg, E., Hansen, L., Røkoengen, 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 (WGS-84, Sone 32).

Profil	Koordinat	UTM-øst	UTM-nord
P1	0	566863	7020055
	200	566953	7020231
	400	567082	7020365
	600	567212	7020510
	800	567310	7020688
	1000	567404	7020859
	1200	567498	7021032
	1400	567612	7021191
	1600	567727	7021355
	P2	0	566903
200		567017	7020296
300		567151	7020430
400		567280	7020571
600		567286	7020576
700		567363	7020640
800		567448	7020692
P3		0	566599
	100	566665	7020760
	300	566768	7020934
	400	566824	7021016
	500	566871	7021100
	600	566940	7021178
	700	566999	7021245
	800	567059	7021327
P4	0	567503	7020194
	100	567541	7020283
	300	567629	7020463
	400	567662	7020556
	500	567705	7020643
	600	567743	7020732
	700	567793	7020817
	800	567840	7020906
	900	567885	7020995
	1000	567935	7021077
1100	567977	7021143	
P5	0	567086	7020703
	100	567177	7020715
	200	567266	7020734

	300	567372	7020752
	400	567471	7020772
	500	567566	7020783
	600	567667	7020800
	700	567764	7020821
	800	567862	7020836
	900	567963	7020848
	1000	568054	7020871
P6	0	566471	7020748
	100	566463	7020843
	200	566452	7020945
	300	566436	7021044
	400	566416	7021144
	500	566398	7021235
	600	566377	7021333
	700	566362	7021434
	800	566349	7021529
P7	0	567134	7021518
	100	567097	7021603
	200	567054	7021689
	300	567007	7021777
	400	566971	7021857



UNDERSØKT OMRÅDE

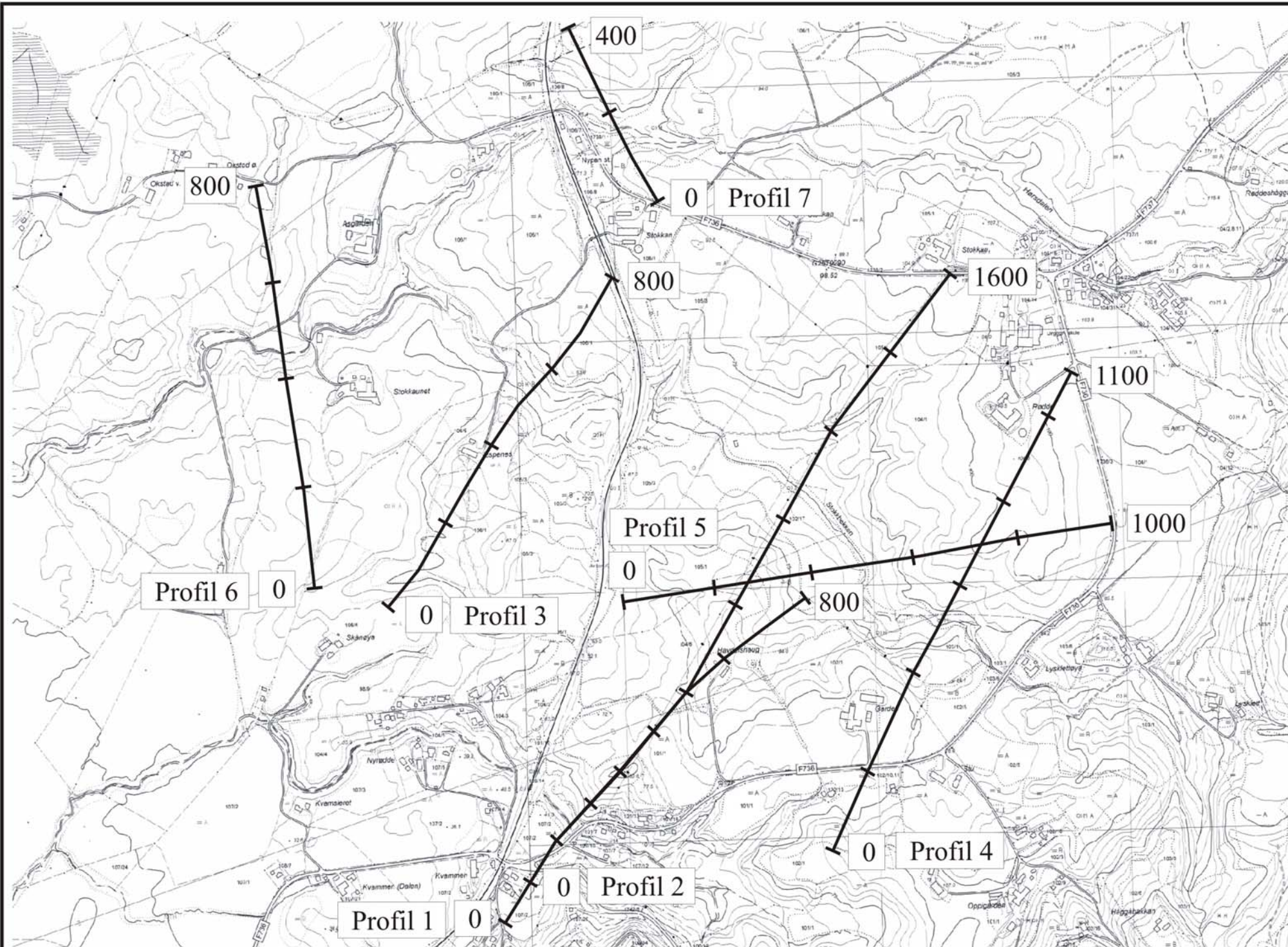
NGU
 OVERSIKTSKART
RØDDE
 MELHUS SØR-TRØNDELAG

MÅLESTOKK 1:50 000	MÅLT E.D.	April 2008
	TEGN E.D.	Nov. 2008
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

KARTBILAG NR
 2888.084-01

KARTBLAD NR
 1621 IV



NGU
 OVERSIKTSKART
RØDDE
 MELHUS, SØR-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1 : 10 000	MÅLT E.D.	April 2008
	TEGN E.D.	Nov. 2008
	TRAC	
	KFR	

TEGNING NR 2008.084-02	KARTBLAD NR 1621 IV
---------------------------	------------------------