

Rapport nr.: 2002.034		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Georadarmålinger i forbindelse med sand- og gruskartlegging ved Oppdal			
Forfatter: Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: NGU/Oppdal kommune	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Oppdal	
Kartblad (M=1:250.000) RØROS		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1520 II, Innset	
Forekomstens navn og koordinater: Revmoen-Tjørnplassen 539200 6942800		Sidetall: 8 Kartbilag: 3	Pris: 100,-
Feltarbeid utført: September 2001	Rapportdato: Mai 2002	Prosjektnr.: 2680.08	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>I forbindelse med kartlegging av sand- og grusforekomstene ved Oppdal er det utført georadarmålinger langs 3 profiler med en samlet lengde på 3774 meter. Det undersøkte området ligger mellom Revmoen og Tjørnplassen nordøst for Oppdal sentrum. Hensikten med målingene var å finne løsmassenes mektighet over grunnvannsspeilet, massenes sammensetning og påvise grunnvannsspeilet for et potensielt grunnvannsuttak.</p> <p>Opptakene viser at løsmassene består hovedsakelig av breelvmateriale (sand og grus) over morene. Enkelte skrålagspakker indikerer en sørvestlig avsetningsretning. Det kan være gode muligheter for grunnvannsuttak og sand- og grusuttak innenfor deler av det undersøkte området. Tolkningen av georadaropptakene bør verifiseres med boringer. Det har ikke vært mulig å fastslå morenematerialets utstrekning mot dypet.</p>			
Emneord: Geofysikk	Georadar	Kvartærgeologi	
Breelvvavsetning	Avsetning	Grunnvannsforsyning	
Løsmasse		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	4
2. METODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING.....	4
3. RESULTATER	4
4. KONKLUSJON	5

DATABILAG

Databilag 1: Georadarprofilenes løpende koordinater for start-, knekk- og slutt punkt

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Georadar-metodebeskrivelse

KARTBILAG

Kartbilag 2002.034-01:	Oversiktskart (M 1:50 000)
-02:	Georadaropptak, P1 (M 1:5 000)
-03:	Georadaropptak, P2 og P3 (M 1:5 000)

1. INNLEDNING

NGU har utført georadarmålinger langs 3 profiler i området mellom Revmoen og Tjørnplassen nordøst for Oppdal sentrum. Hensikten med målingene var å finne løsmassenes mektighet over grunnvannsspeilet, massenes sammensetning og påvise grunnvannsspeilet for et potensielt grunnvannsuttak. Det er ikke utført sonderboringer i området. Tolking av georadaropptakene bør verifiseres med slike boringer. Georadarprofilenes samlede lengde var 3774 meter. Profilenes innbyrdes plassering er vist i oversiktskart –01 (M 1:50 000). Databilag 1 viser profilenes løpende UTM-koordinater for start-, knekk- og slutt punkt. Profilene ble lagt langs veier og stier hvor det var mulig å komme fram med måleutstyret.

2. METODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av georadarmetoden er gitt i tekstablag 1.

Målingene ble utført med digital georadar av typen "pulseEKKO 100" (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble benyttet 100 MHz antenner og 100 V sender. Antenneavstanden var 1 meter og målepunktavstanden 0,5 meter. Posisjonene som er angitt øverst på opptakene forteller hvilken vei profilene er målt. Avstandsmålingene er utført med odometer (målehjul) slik at posisjonsangivelsene angir virkelig meteravstand i terrenget.

Radarbølgenes gjennomsnittlige vertikale hastighet ble satt til 0,10 m/ns. Denne hastigheten er benyttet ved beregning av dyp under terrengoverflata (dybdekonvertering) og representerer et erfaringstall for gjennomsnittet av hastigheten i mettet og umettet sone. Hastigheten i tørre masser kan noen steder ligge høyere enn 0,10 m/ns. Dyp til grunnvannsspeil kan i slike tilfeller antas å være større enn angitt i opptaket. For materiale under grunnvannsspeil vil en hastighet på 0,10 m/ns være for høy. Dyp til reflektorer i mettet sone kan derfor være noe mindre enn det dybdeskalaen viser.

Det er ikke utført terrengkorreksjon av profilene, og opptakene er forsynt med dybdeakser som refererer til terrengoverflata.

Deler av opptaket i profil 2 (fra posisjon 0 til posisjon 692) er presentert som kopi av en papiirutskrift. Dette skyldes en feil ved senere lagring av dataene.

3. RESULTATER

Georadaropptakene og detaljerte kart med profilenes beliggenhet er vist på kartbilagene –02 og –03 (M 1:5 000). Opptakene viser øverst en sekvens med stedvis lagdelt refleksjonsmønster. Dette er tolket som breelvavsatt materiale. Under breelvavsætningen sees et mer kaotisk refleksjonsmønster med en god del diffraksjoner. Denne lagpakken tolkes som morenemateriale og diffraksjonene representerer trolig blokker. Opptakene gir ingen klar fjellreflektor, og morenens tykkelse er derfor ikke mulig å bestemme. Bruddstykker av grunnvannsspeil er detektert i alle tre profiler. Deler av profilene indikerer gode muligheter for grunnvannsuttak. I de delene av profilet hvor avstanden ned til grunnvannsspeilet er

relativt stor kan det være muligheter for sand- og grusuttak. Tolkningen av georadaropptakene bør verifiseres med sonderboringer.

P1

Breelvvavsetningen varierer i tykkelse langs profilet fra ca. 4-5 meter til ca. 7-8 meter. Tydelig lagdeling i reflektormønsteret indikerer vekslende sand- og gruslag, mens et mer kaotisk mønster kan skyldes større variasjon i kornstørrelse og mer kryss-sjikting. Innenfor breelvmaterialet sees stedvis områder med få interne reflektorer og en markert svekkelse av underliggende morenereflektorer. Dette kan skyldes finstoffdominerte masser (siltig materiale) som demper energien i georadarbølgene. Mellom posisjonene 800 og 900 sees tydelige skrålag som indikerer en sørvestlig avsetningsretning. I områder av profilet hvor grunnvannsspeilet ligger relativt høyt kan det være gode muligheter for uttak av grunnvann.

P2

Tykkelsen av breelvvavsetningen øverst i opptaket ser ut til å variere fra ca. 4-5 meter til ca. 8-9 meter. Breelvmaterialet består trolig av vekslende sand- og gruslag (tydelig lagdeling) og større variasjon i kornstørrelse med kryss-sjikting (kaotisk refleksjonsmønster). I de lavereliggende deler av profilet (i bunnen av dalen) ligger grunnvannsspeilet naturlig nok relativt høyt. Her skulle det være gode muligheter for grunnvannsuttak. Trauformede strukturer mellom posisjonene 770 og 860 indikerer gjenfylte smeltevannsløp. I deler av profilet hvor mektigheten av tørre masser er relativt stor kan det være muligheter for sand- og grusuttak.

P3

Opptaket viser at breelvmaterialets tykkelse varierer fra ca. 3-4 meter til ca. 8-9 meter. Breelvvavsetningen tolkes overveiende som lagdelt sand og grus. I størstedelen av profilet ser mektigheten av vannmettet sand og grus ut til å være relativt liten. I enkelte "lommer" er imidlertid tykkelsen av vannmettede breelvmasser tolket til å være maks ca. 3-4 meter. Her skulle det være muligheter for uttak av grunnvann. I resten av profilet kan det være potensiale for sand- og grusuttak.

4. KONKLUSJON

Opptakene viser at løsmassene består hovedsakelig av breelvmateriale (sand og grus) over morene. Enkelte skrålagspakker kan indikere en sørvestlig avsetningsretning. Det kan være gode muligheter for både grunnvannsuttak og sand- og grusuttak innenfor deler av det undersøkte området, men dette må verifiseres med boringer. Det har ikke vært mulig å detektere fjelloverflata i opptakene.

Georadarprofilenes løpende koordinater for start-, knekk- og slutt punkt:

Profil	NGO1948 (Akse 3)		UTM (Sone32, WGS84)	
	Y	X	E	N
PR1	-50109	513775	538078	6942227
PR1	-50050	513695	538139	6942148
PR1	-49970	513630	538221	6942085
PR1	-49790	513545	538403	6942005
PR1	-49695	513525	538498	6941988
PR1	-49595	513515	538599	6941981
PR1	-49465	513530	538728	6941999
PR1	-49435	313575	538757	6942040
PR1	-49370	513635	538820	6942106
PR1	-49205	513685	538984	6942161
PR1	-48995	513845	539189	6942326
PR1	-48955	513855	539229	6942337
PR1	-48855	513930	539327	6942415
PR1	-48835	513958	539346	6942443
PR1	-48755	514035	539424	6942523
PR1	-48710	514040	539469	6942529
PR1	-48595	514130	539581	6942622
PR2	-48482	514115	539695	6942610
PR2	-48490	514125	539686	6942620
PR2	-48615	514190	539560	6942681
PR2	-48672	514190	539503	6942680
PR2	-48710	514203	539465	6942692
PR2	-48735	514220	539439	6942708
PR2	-48790	514260	539383	6942746
PR2	-48842	514290	539330	6942775
PR2	-48972	514332	539199	6942814
PR2	-49075	514395	539095	6942874
PR2	-49185	514420	538984	6942896
PR2	-49317	514493	538850	6942965
PR2	-49390	514555	538776	6943025
PR3	-49115	514405	539054	6942883
PR3	-48985	514462	539183	6942943
PR3	-48885	514550	539280	6943034
PR3	-48875	514720	539286	6943204
PR3	-48855	514770	539305	6943254
PR3	-48780	514885	539376	6943371
PR3	-48655	515030	539497	6943519
PR3	-48594	515085	539557	6943576
PR3	-48565	515100	539586	6943592

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet (d) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten: $c = 3.0 \cdot 10^8$ m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

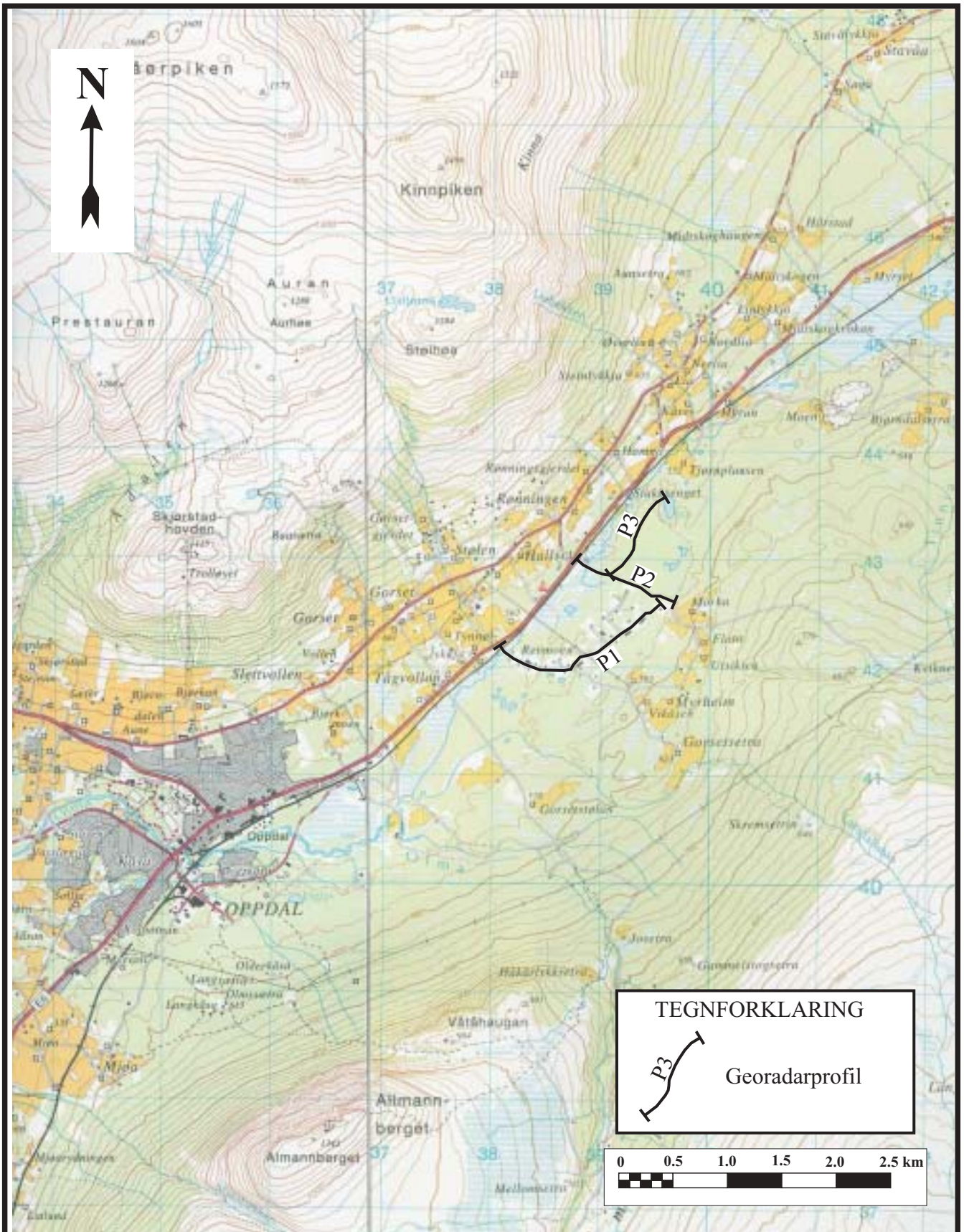
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.



NGU/OPPDAL KOMMUNE

Oversiktskart, georadarmålinger

REVMOEN-TJØRNPLASSEN

OPPDAL KOMMUNE, SØR-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

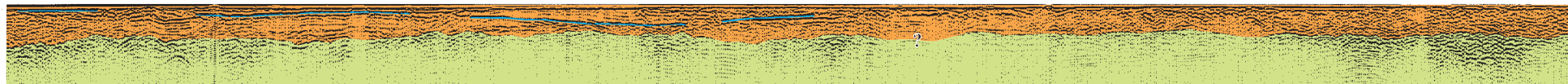
MÅLT T.L./J.G. Sept. 2001

TEGN T.L. April 2002

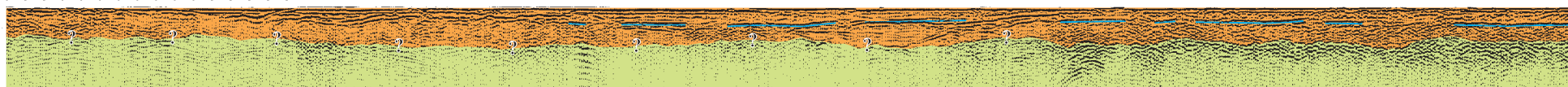
KARTBILAG NR
2002.034-01

KARTBLAD NR
1520 II

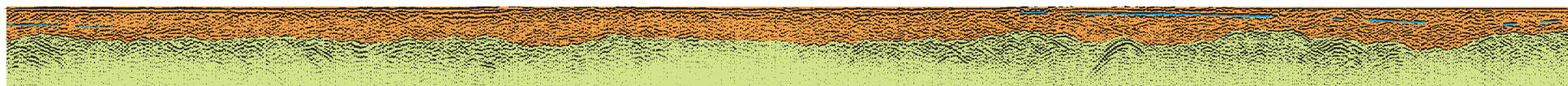
PROFIL 1



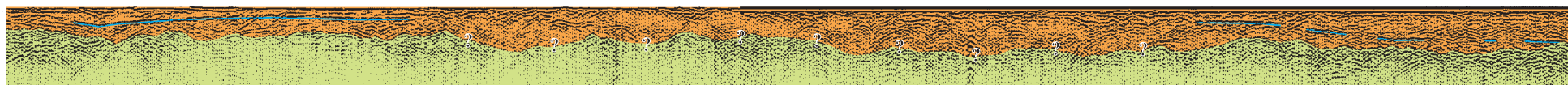
PROFIL 1, forts.



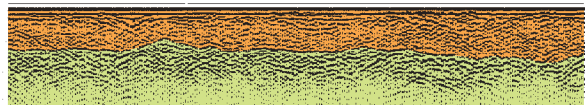
PROFIL 1, forts.



PROFIL 1, forts.

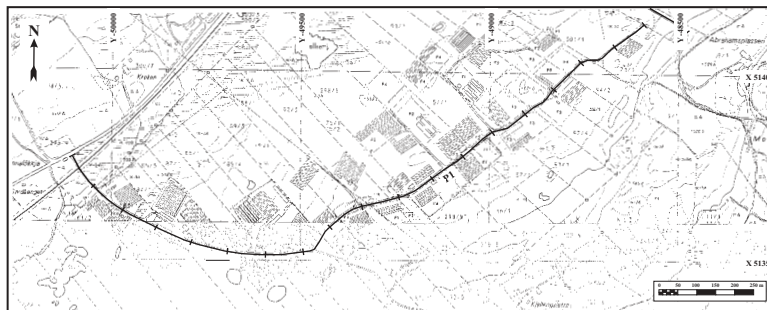


PROFIL 1, forts.



TEGNFORKLARING:

	Bredvasesteng
	Morænemateriale (usikker utstrekning mot dypet)
	Gravvannspeil
	Usikker tolking av laggrense

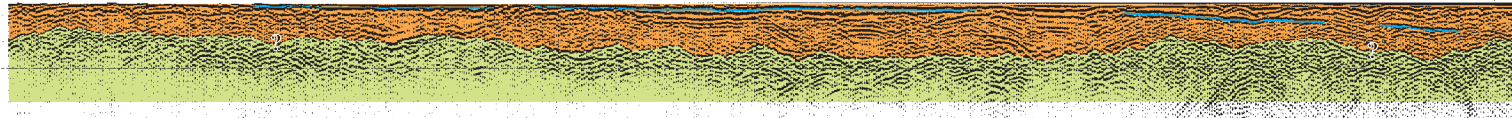


TEGNFORKLARING (Kart)

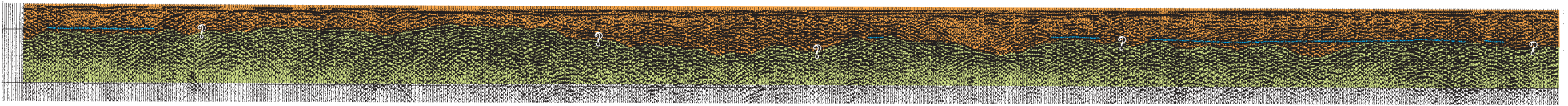
	Georadarprofilens startpunkt og markering for hver 100 m
--	--

NGR/OPPDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK, P1 REVMOEN OPPDAL KOMMUNE, SØR-TRONDLAG	MÅLSTOKK (Kart) 1:5000	DATUM TITTEL 11.11.2001 TRONDHEIM April 2002
	KARTBLAD NR 2002-03A-02	KARTBLAD NR 1520 II

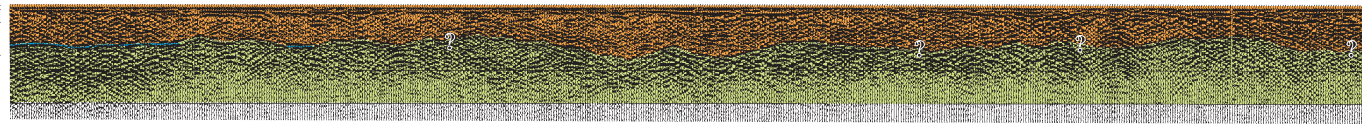
PROFIL 2



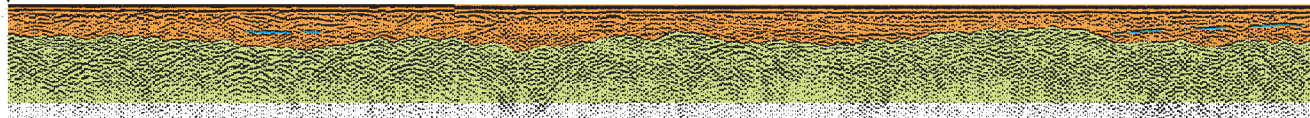
PROFIL 2, forts.



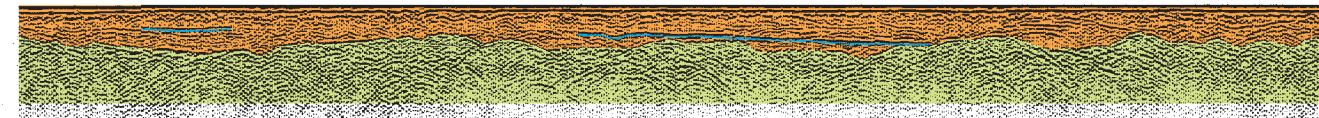
PROFIL 2, forts.



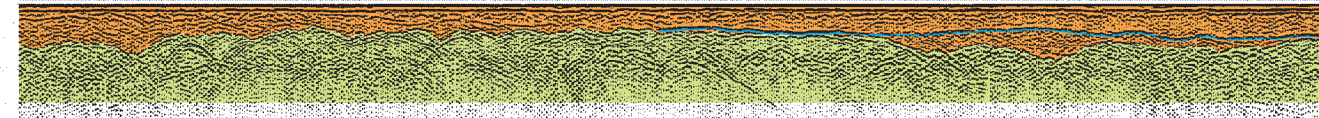
PROFIL 3



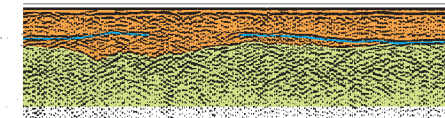
PROFIL 3, forts.



PROFIL 3, forts.

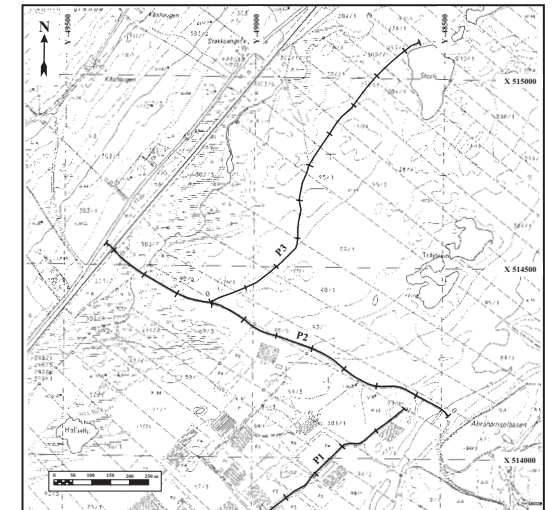


PROFIL 3, forts.



TEGNSØRKLARING:
(Oppsett)

	Bredvassvotning
	Morænemateriale (usikker utstrekning mot dypt)
	Grønns vannspeil
	Usikker tolking av laggrense
	Kryssende georadarprofil



TEGNSØRKLARING
(Kart)

	Georadarprofil i startpunkt og markering for hver 100 m
--	---

OSLO/OPDAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK, P2 OG P3 REVMOEN-TJØRNPLASSEN OPDAL KOMMUNE, SØR-FRONSDELING NORSK GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLESTOKK Kart 1:5000	MÅLT TIL PLAN-ET. APRIL 2002	Side 201 Av 202
	KARTBLAD NR 2002.034-03	KARTBLAD NR 1220 II	