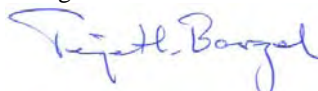


NGU Rapport 2007.069

Georadarmålinger på elveviftene ved Lora og
Grøna i Lesja

Rapport nr.: 2007.069		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger på elveviftene ved Lora og Grøna i Lesja				
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Lesja kommune		
Fylke: Oppland		Kommune: Lesja		
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1419 III Lesjaskog		
Forekomstens navn og koordinater: Lora 32V 4833 68878, Grøna 32V 4651 69000		Sidetall: 10	Pris: 120,-	
Feltarbeid utført: 19. sept.2007		Rapportdato: 20.11.2007	Prosjektnr.: 316700	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Lesja kommune ønsker å vurdere mulighetene for grunnvannsuttak fra elveviftene ved Lora og Grøna, og NGU er derfor blitt forespurt om å utføre noen rekognoserende georadarmålinger i de to områdene for å få indikasjoner på variasjoner i sammensetning og mektighet av løsmasseavsetningene. Ut fra dette ønskes anbefalinger om hvor oppfølgende grunnvannsundersøkelser bør konsentreres.</p> <p>Målingene omfatter 6 georadarprofiler med samlet lengde vel 5,4 km, og er ved Lora i hovedsak lokalisert langs sørsiden av elva og ved Grøna i vifteområdet øst for elva.</p> <p>I begge områdene kan det se ut som elveviftene ligger over eldre dalfyllingsavsetninger. Tykkelsen av elveviftene er tolket å være 15-17 m i øvre del av viftene avtagende til under 10 m nedover mot den flatere dalbunnen. Grunnvannsspeilet er lokalisert til å ligge 2-5 under terrengoverflaten.</p> <p>De underliggende avsetningene kan også være egnet for grunnvannsuttak dersom de består av grovt nok og godt nok sortert materiale. Ved Lora regnes materialet under elveviften å være grovest i vest under øvre del av viften, mens avsetningene regnes å være for finstoffrike under østlige halvdel av det undersøkte området. Ved Grøna ser det ut til å være forholdsvis grove avsetninger under elveviften også under den nedre (nordlige) del av viften.</p> <p>Total løsmassetykkelse er bare tolket noen steder og fjelloverflatens forløp i disse områdene er forholdsvis usikker. Ved Lora ser løsmassetykkelsen stort sett ut til å variere fra 20 til 40 m, mens den ved Grøna gjennomgående er i området 10-25 m.</p> <p>Ved Lora anbefales oppfølgende grunnvannsundersøkelser i et 450 m langt område øverst på elveviften langs sørsiden av elva. Området kan forsøksvis utvides 300-400 m mot øst. Ved Grøna anbefales som første prioritet et vel 250 m langt område på øvre del av elveviften langs østsiden av elva. Som lavere prioritet anbefales et område sentralt på den nordlige del av elveviften hvor det kan være et basseng med egnet materiale ned til et dyp på 20-25 m under terrengnivå.</p>				
Emneord: Geofysikk	Georadar		Kvartærgeologi	
Løsmasse	Grunnvann			
			Fagrapport	

INNHold

1.	INNLEDNING	4
2.	MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING	4
3.	RESULTATER	5
3.1	Lora	5
3.1.1	Beskrivelse av georadarprofilene G1 og G6	5
3.1.2	Konklusjon Lora.....	6
3.2	Grøna.....	6
3.2.1	Beskrivelse av georadarprofilene G2 – G5	6
3.2.2	Konklusjon Grøna	7

TEKSTBILAG

1. Georadar - metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Kartkoordinater for georadarprofilene

KARTBILAG

- 2007.069-01 Lora, lokaliseringskart og utskrift av georadaropptak G1
2007.069-02 Grøna, lokaliseringskart og utskrift av georadaropptakene G2, G3 og G4
2007.069-03 Grøna og Lora, lokaliseringskart og utskrift av georadaropptakene G5 og G6

1. INNLEDNING

I forbindelse med pågående kvartærgeologisk kartlegging i Lesjaområdet, ledet av forsker Bjørn A. Follestad ved NGU, er det i kontakt med kommunen kommet opp spørsmål om muligheter for grunnvannsuttak fra løsmassene avsatt i elveviftene fra henholdsvis Lora og Grøna. Lesja kommune har derfor forespurt NGU om å utføre noen rekognoserende georadarmålinger på de to elveviftene for å få indikasjoner på variasjoner i sammensetning og mektighet av løsmasseavsetningene og ut fra dette å kunne anbefale hvilke områder hvor oppfølgende grunnvannsundersøkelser (sonderboringer, prøvebrønner og eventuelt produksjonsbrønner) bør konsentreres.

Målingene omfatter 6 georadarprofiler med samlet lengde 5444 m og ble utført 19. september 2007 av Jan Fredrik Tønnesen og Bjørn A. Follestad fra NGU.

2. MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc., Canada).

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000 V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var på 1200 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Signalene ble summert ('stacket') 4 ganger ved hvert målepunkt. For å lette gjennomføringen av profilmålingene ble antennene plassert på en håndtrukket spesialvogn med en fast antenneavstand på 1,0 m. Et tilhørende målehjul registrerte avstand langs profilet, og fra en kontrollenhet ble målepunktavstanden forhåndsinnstilt slik at radaren automatisk utførte måling for hver 0,5 m. For lokalisering av profilene er det benyttet økonomisk kartverk (M 1:10 000) og profilkoordinater er bestemt med en enkel håndholdt GPS-mottaker.

Ved utskrift av georadaropptakene (Kartbilag -01 – -03) ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt i opptaket og signalstyrken blir lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Ved Grøna er det benyttet samme forsterkningsverdier for alle profilene (G2 –G5). Langs profil G1 ved Lora er nær de samme verdier benyttet i starten av profilet i vest, men med større forsterkningsverdier mot øst og spesielt høyere verdier fra pos. 1090 m og østover. Tilsvarende høye verdier er benyttet for profil G6. På grunn av en del støy i opptakene langs østlige del av G1 ble de høyeste frekvenser (>125 MHz) forsøkt fjernet ved filtrering (fra pos. 1090 m). Sjenerende støy trolig fra skogen langs sørligste del av G5 er forsøkt redusert mest mulig ved å summere 2 og 2 traser (pos. 660 – 1017,5).

Terrenghøyden langs profilene er hovedsakelig lagt inn ut fra kartet, men noen steder også ut fra visuell vurdering samtidig med målingene. Høydekontene i kartgrunnlaget har en koteavstand på 5 m. Det er ikke utført noen CMP-måling for beregning av radarbølgehastigheten i grunnen. En verdi på 0,09 m/ns er benyttet for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Hastigheten kan være en del for lav for tørre løsmasser og noe for høy for vannmettet materiale (se tekstbilag 1). Løsmassetykkelsen over grunnvannsspeilet kan derfor

være en del større enn det som framgår av profilutskriftene, mens mektigheten av vannmettet materiale under kan være noe mindre enn antydnet.

3. RESULTATER

3.1 Lora

3.1.1 Beskrivelse av georadarprofilene G1 og G6

Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptakene for de to profilene er vist i Kartbilag -01 og -03.

I utskriften fra profil G1 langs sørsiden av Lora opptrer antatt grunnvannsspeil som en ganske tydelig reflektor langs mesteparten av profilet. Lengst vest ligger det 5-6 meter dypt (pos. 30-120), mens det fra pos. 160 m ligger 3-4 m dypt og rundt 3 m fra ca. pos. 800 m. Det skrånar 10 m nedover langs profilet mot øst i området pos. 300-800 m og videre 8 m nedover fram mot pos. 1300 m nede på dalflaten.

Langs store deler av profil G1 kan det se ut som elveviften ligger over eldre dalfyllingsavsetninger. Tykkelsen av elveviften er tolket å være 15-16 m i området fra pos. 200 og sannsynligvis fram til pos. 800 m, men avtar til under 10 m fra pos. 1000 m. Det antas at elveviften er dominert av sand- og grusavsetninger og derfor kan være velegnet for grunnvannsutttak.

Langs østlige del av profil G1 (pos. 1100-2353 m) er dybderekkevidden for reflekterte signaler 15-20 m og avsetningene er dominert av nær horisontale reflektorer. Dette indikerer antakelig forholdsvis finkornige avsetninger og regnes som dårlig egnet for grunnvannsutttak. Et spørsmålsteget settes imidlertid for området pos. 1650-1750 m hvor det fra 6-7 meters dyp opptrer skrålagning med fall mot øst.

Avsetningene under elveviften i området pos. 750-1100 m er også dominert av nær horisontale reflektorer, men dybderekkevidden er her oppe i 40 m. Dette indikerer antakelig mindre finstoffinnhold i avsetningene og at de vesentlig består av sand. Det er imidlertid usikkert om de er grove og permeable nok for grunnvannsutttak. Bunnreflektorer i 35-45 meters dyp kan være fjelloverflaten (500-515 moh.).

Avsetningene under elveviften vest for pos. 750 m har et uryddig og til dels kaotisk refleksjonsmønster med innslag av skrålagning. Dette indikerer grovere avsetninger enn østfor, dvs. vesentlig sand og grus, men materialet kan være dårlig sortert. På grunn av det kaotiske refleksjonsmønsteret er det her vanskeligere å definere fjelloverflatens forløp. Den kan skråne opp mot vest til 25 meters dyp (525 moh.) rundt pos. 670 m. I området pos. 425-525 m kan fjellet ligge 30-35 m dypt rundt 520 moh. Ryggformen i mellom med toppunkt ved pos. 610 m kan enten være fjell eller en løsmasserygg. Videre vestover fra pos. 425 m avtar dybderekkevidden fra 35 til knapt 20 m ved vestenden av profilet. Dette gjenspeiler trolig at fjelloverflaten kommer grunnere. Det regnes at den kan ligge 20-25 m dypt ved pos. 200 m og 10-15 m, kanskje grunnere, ved enden av profilet.

Utskriften fra profil G6 viser nær horisontale refleksjoner ned til dybderekkevidde på 15-20 m, dvs. tilsvarende forhold som østligste deler av G1. Fra og med brua over Lågen (pos. 205-225 m) og nordøstover er profilet dominert av teknisk støy (kraftledninger, trafo, pumpestasjon osv.) og gir lite og usikker informasjon om grunnforholdene.

3.1.2 Konklusjon Lora

Ut fra resultatene beskrevet ovenfor anbefales det at oppfølgende grunnvannsundersøkelser konsentreres til området sør for georadarprofil G1 mellom pos. 300 og 750 m. Dette gjelder både for forholdsvis grunne vannuttak fra elveviften og for uttak fra større dyp (>15-20 m) fra antatt eldre avsetninger. For sistnevnte kan det forsøksvis undersøkes også lenger øst fram mot pos. 1100 m, men det antas at avsetningene gjennomgående blir finere mot øst i profilet.

3.2 Grøna

3.2.1 Beskrivelse av georadarprofilene G2 – G5

Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptakene for de fire profilene er vist i Kartbilag -02 og -03.

I utskriften fra profil G2 nedover elveviften langs østsiden av Grøna opptrer antatt grunnvannsspeil som en forholdsvis tydelig reflektor på 3-4 meters dyp. Det skråner nedover langs profilet ca. 17 høydemeter fra pos. 115 m og fram til enden av profilet (pos. 860 m).

Langs store deler av profil G2 kan det se ut som elveviften ligger over eldre dalfyllingsavsetninger. Tykkelsen av elveviften er tolket å være 15-17 m i området pos. 280-430 m, avtagende til under 10 m fra pos. 600 m. Også for denne elveviften antas det at materialet er dominert av sand- og grusavsetninger og kan derfor være velegnet for grunnvannsuttak.

Tilsynelatende dybderekkevidde for reflekterte georadarsignaler ser ut til å ligge i området 25-30 m. Forholdsvis kaotisk refleksjonsmønster i materialet under elveviften indikerer forholdsvis grove avsetninger, dvs. vesentlig sand og grus, men de kan være dårlig sortert og ha variabel og noe usikker vanngiverevne. På grunn av refleksjonsstrukturene er det også stor usikkerhet i tolkninger av fjelloverflatens beliggenhet og forløp. Det er sannsynlig at fjelloverflaten ligger mindre enn 10 m dypt de sørligste 80 m av profilet, muligens helt fram til pos. 200 m. I området pos. 280-480 m ser det ut til å være minimum 20-25 m løsmassetykkelse. De neste 100 m er det en oppstikkende struktur til 12-15 m dyp med svakere refleksivitet, muligens fjell eller morenerygg. Nordafor kan løsmassetykkelsen være 15-20 m.

Langs profil G3 og G4 på den nordlige del av det undersøkte området er elvevifteavsetningene stort sett mindre enn 10 m tykke og grunnvannsspeilet ligger fra 2 til 4 m dypt. Vestligst i G3 (ved nordenden av G2) er løsmassetykkelsen 15-20 m. Mellom pos. 50 og 200 m kommer det opp strukturer med svakere og mer kaotisk refleksjonsmønster som kan være morenedominerte avsetninger eller eventuelt fjellreflektorer. Mellom pos. 220 og 380 m kan det se ut til å være et basseng med mer enn 20 m løsmassetykkelse, mens tykkelsen kan

avta mot 15 m ved enden av profilet. Langs G4 er det antatt sand/grusavsetninger ned til 12-15 m dyp nordøstover fram til pos. 150 m, mens underliggende materiale er av usikker sammensetning (morene eller fjell?). Mellom pos. 160 og 280 m er det et basseng med et maks. dyp på 25 m ved pos. 250 m.

Langs profil G5 oppover østlige del av elveviften er vifteavsetningene stort sett mindre enn 10 m tykke. Grunnvannspeilet kan bare sikkert ses på 2-4 meters dyp de nordligste 350 m av det vel 1 km lange profilet. Total løsmassetykkelse kan variere fra 15 til 35 m de nordligste 650 m av profilet med anslått størst dyp mellom pos. 100 og 250 m. Fra pos. 700 m og sørover er dyp ned til antatt morene eller fjelloverflate stort sett mindre enn 10 m og ved sørenden av profilet ligger fjellet nær terrengoverflaten.

3.2.2 Konklusjon Grøna

Ut fra resultatene beskrevet ovenfor anbefales det som første prioritet at oppfølgende grunnvannsundersøkelser konsentreres til området øst for profil G2 mellom pos. 220 og 480 m. Dette gjelder både for forholdsvis grunne vannuttak fra elveviften og for uttak fra større dyp (>15-20 m) fra antatt eldre avsetninger. Som lavere prioritet kan vurderes et område på den nordlige delen av elveviften avgrenset av profildelene G3 pos. 220-380 m, G4 pos. 160-280 m og G5 pos. 100-250 m. Grunnvannsmulighetene vil der være fra de eldre underliggende dalavsetningene, men det vil i dette området være større usikkerhet med hensyn til kommunikasjon mellom elvevann og grunnvannsmagasin.

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.

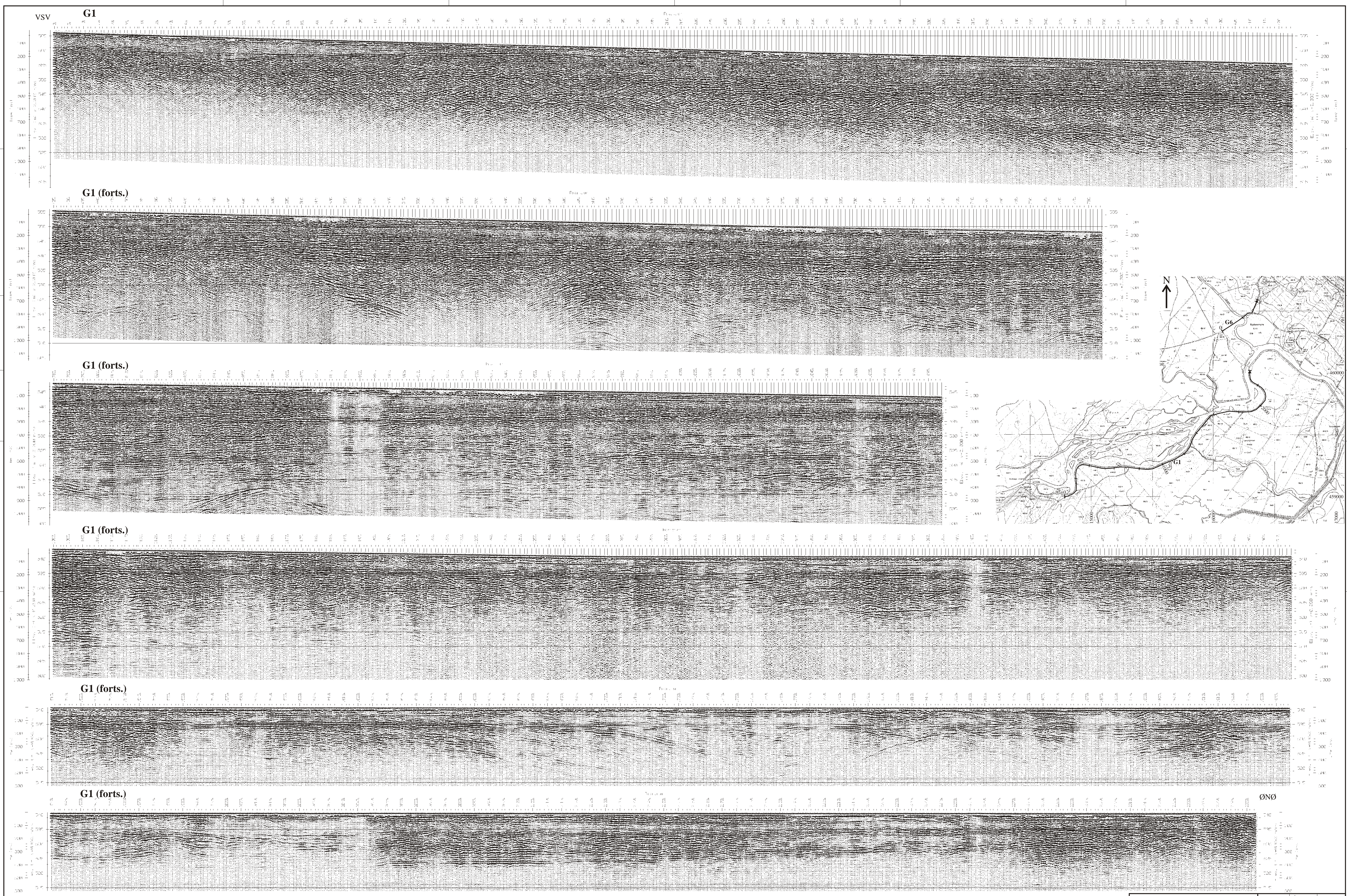
Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin 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>

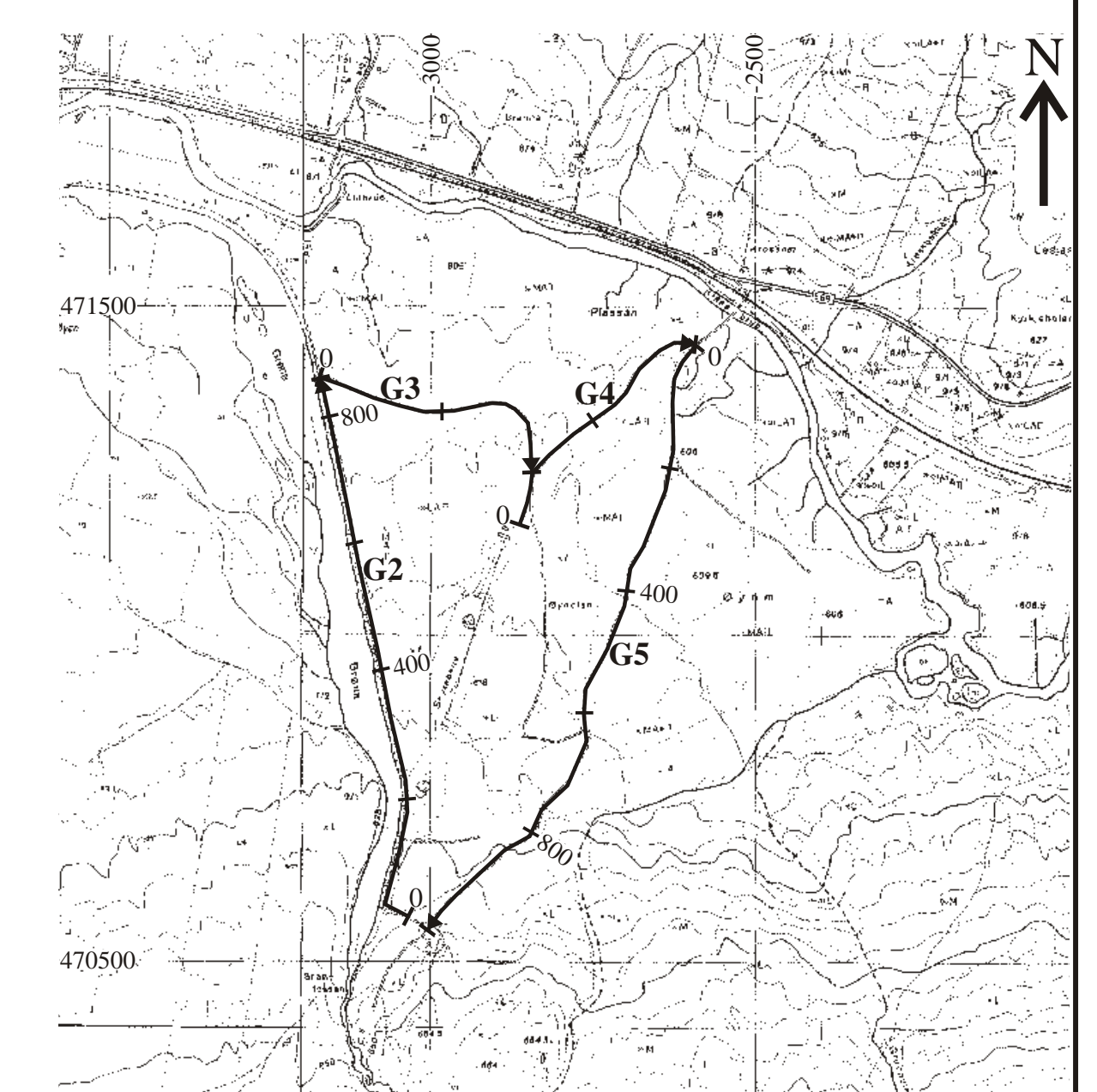
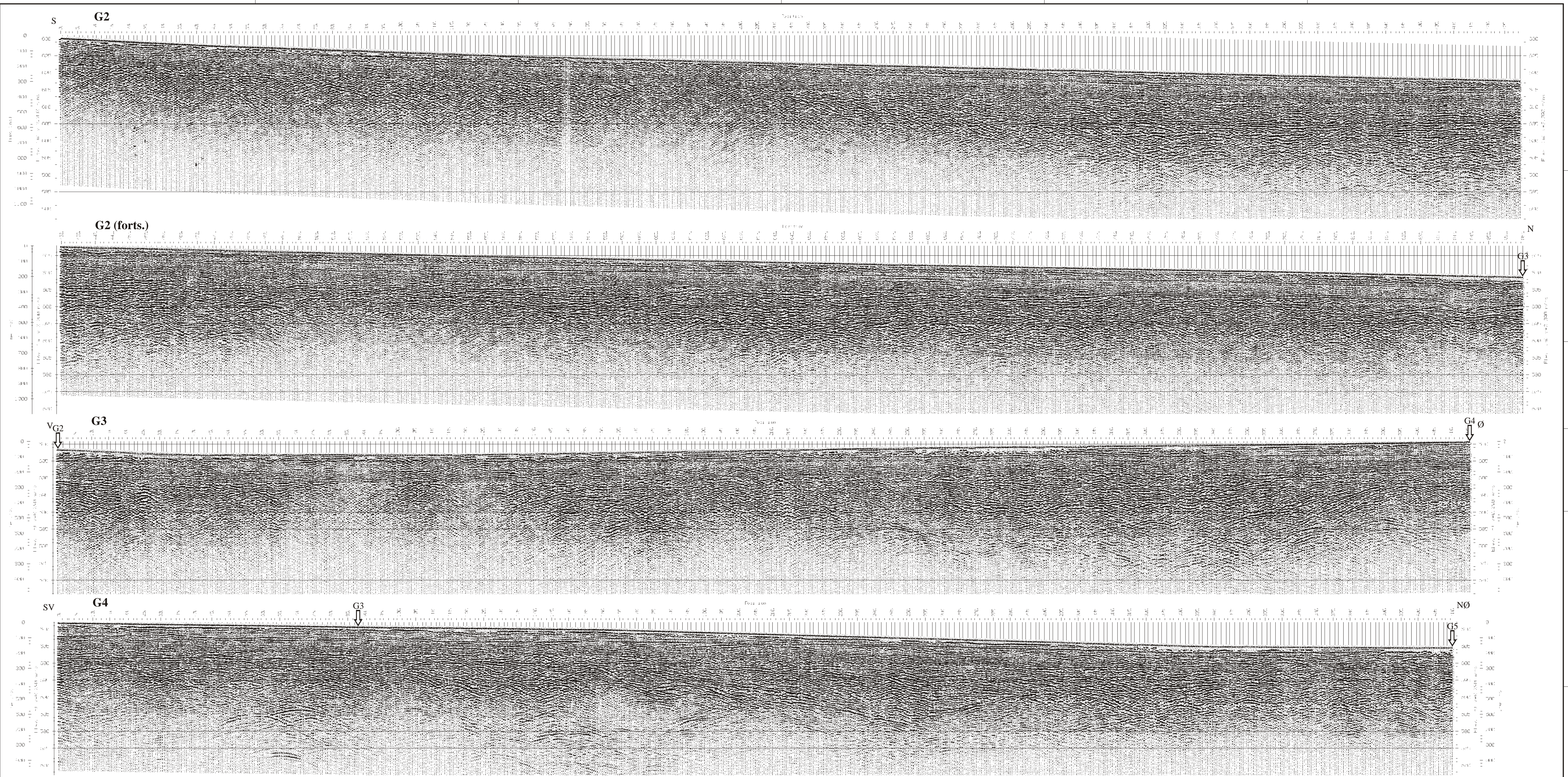
Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

Kartkoordinater for georadarprofiler målt i Lesja 2007.
UTM-koordinater (WGS84, sone 32) er bestemt med GPS-instrument, disse
er omregnet til NGO-koordinater (NGO1948, Akse-2).

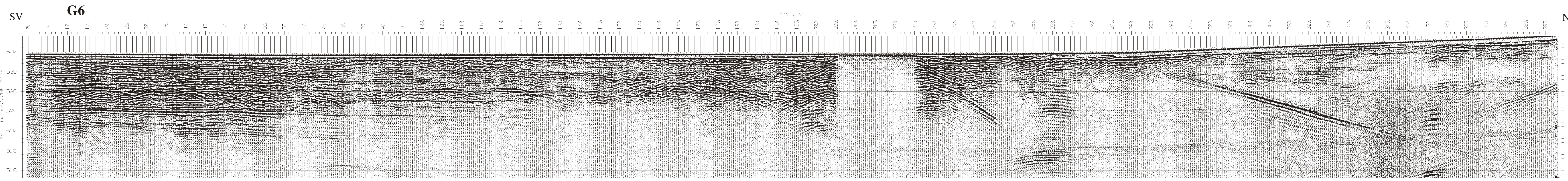
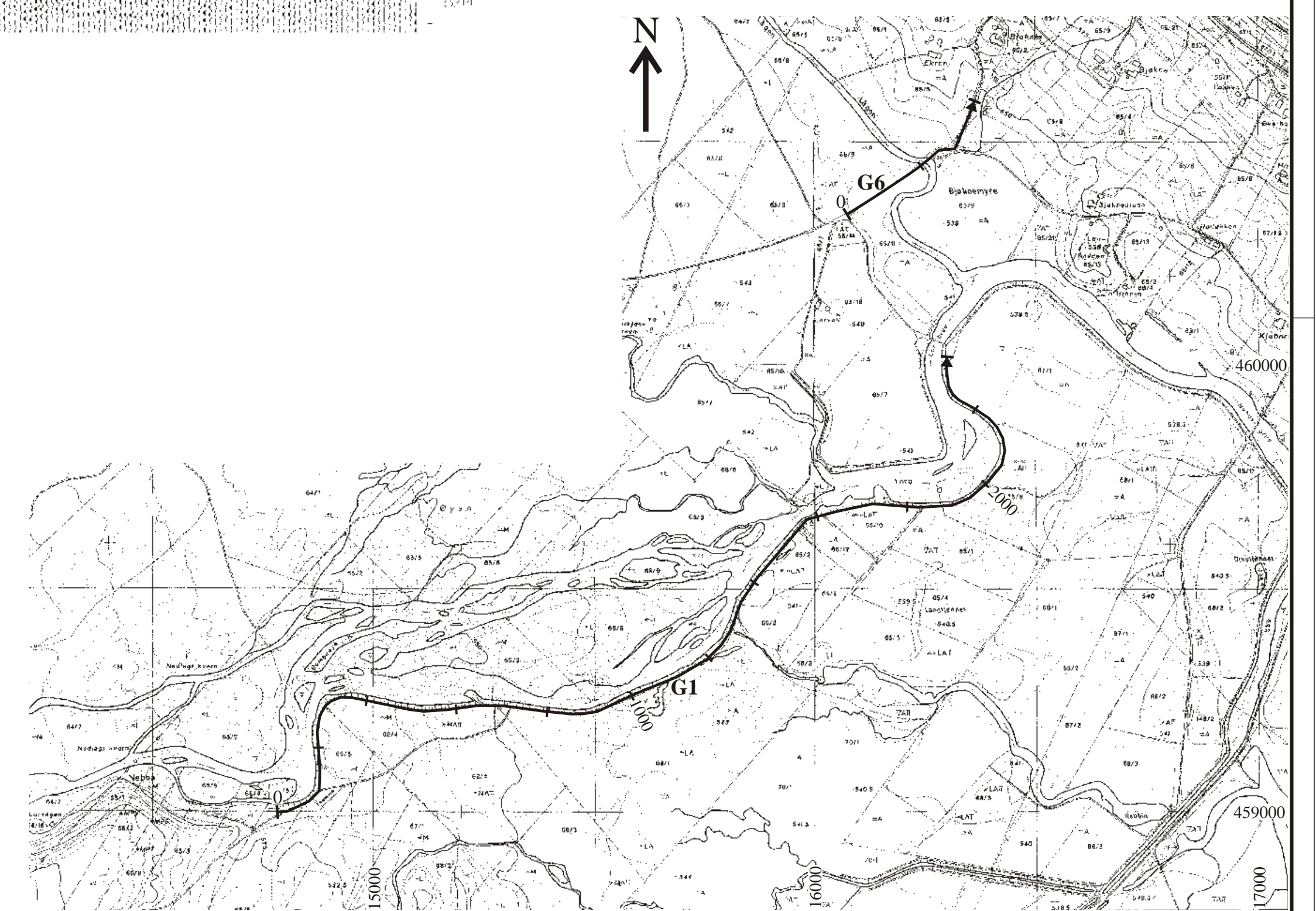
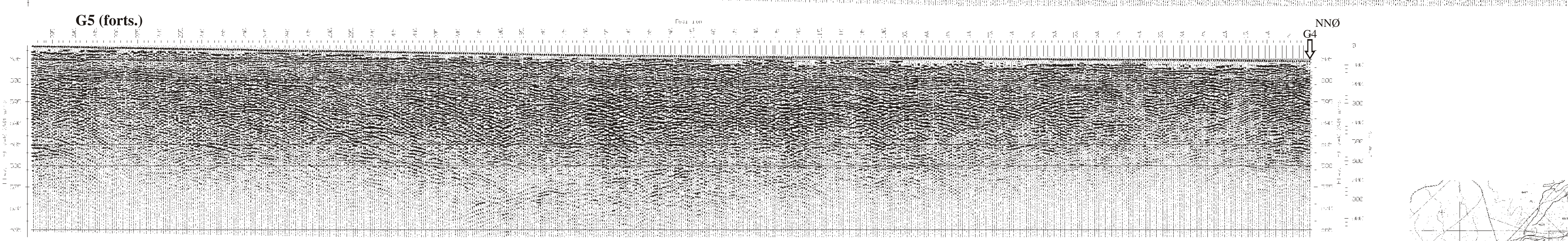
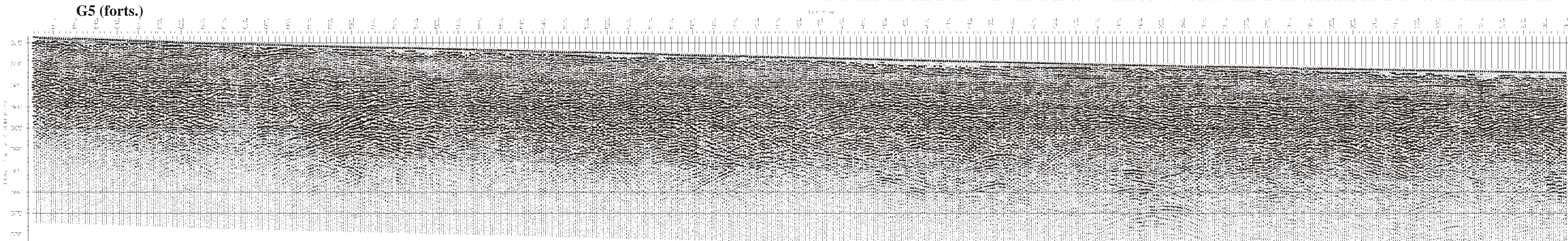
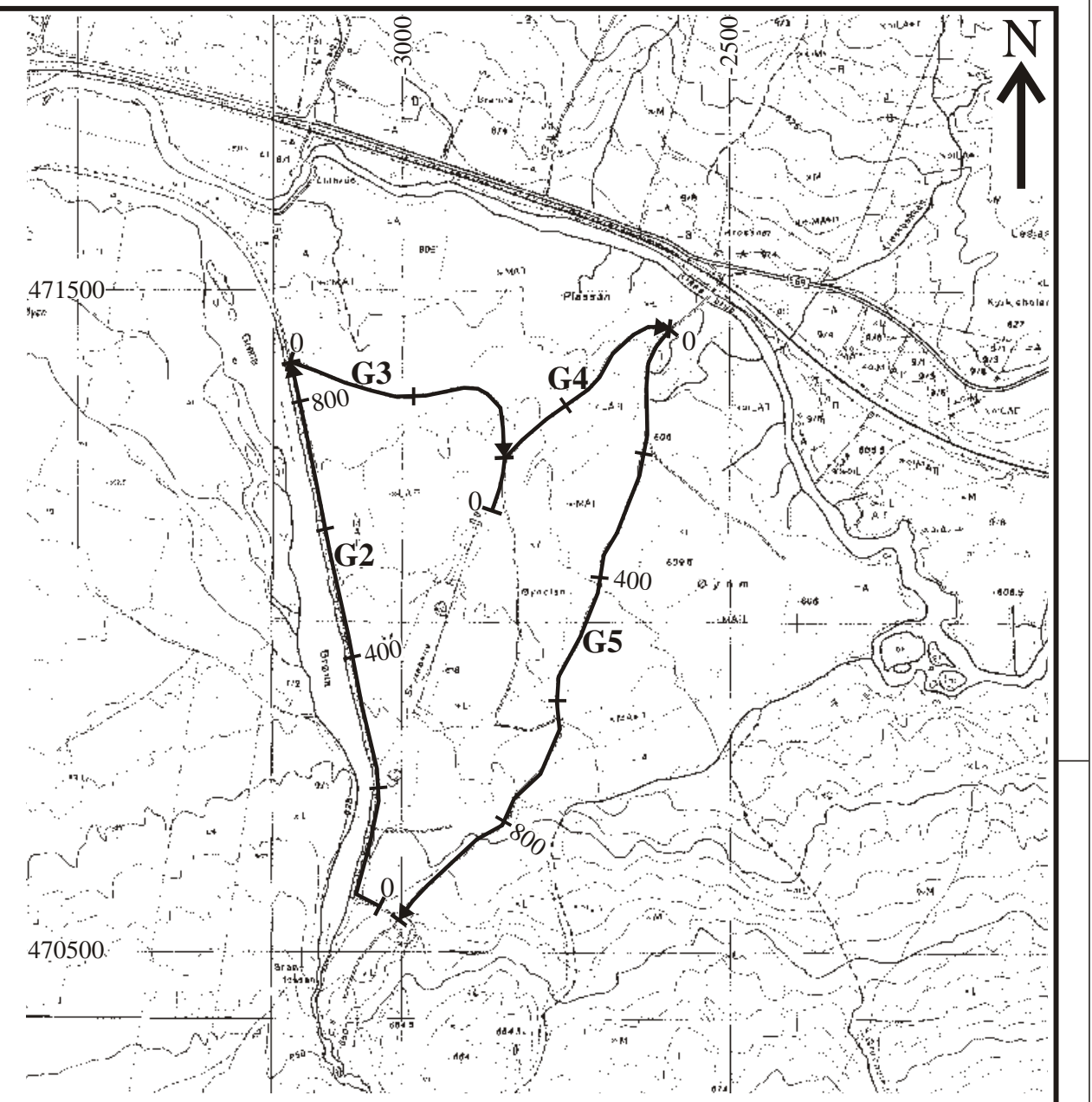
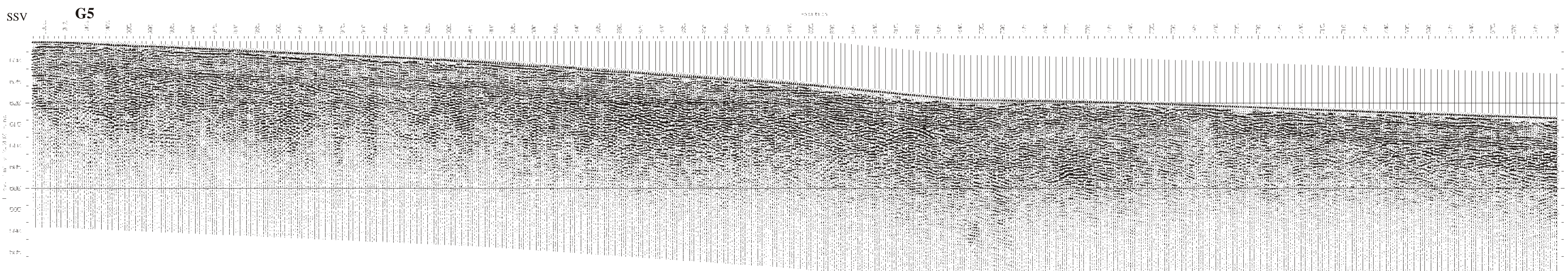
Profilxposisjon	UTM-N (m)	UTM-E (m)	NGO1948-N (m)	NGO1948-Ø (m)
G1x0	6887640	482672	458998	14780
G1x666	6887877	483147	459239	15253
G1x894	6887864	483378	459229	15484
G1x1913	6888319	484210	459692	16312
G1x2353	6888647	484201	460020	16300
G2x0	6899367	464983	470562	-3026
G2x49	6899396	464941	470591	-3068
G2x725	6900058	464876	471252	-3139
G2x860	6900192	464846	471386	-3171
G3x0	6900192	464846	471386	-3171
G3x336	6900127	465170	471324	-2846
G3x415,5	6900055	465180	471252	-2835
G4x0	6899972	465152	471169	-2862
G4x410	6900244	465426	471444	-2591
G5x0	6900244	465426	471444	-2591
G5x139	6900108	465389	471307	-2627
G5x767	6899525	465178	470722	-2832
G5x1017,5	6899357	465008	470552	-3001
G6x0	6888967	483976	460338	16072
G6x388	6889218	484266	460591	16360



LESJA KOMMUNE GEORADAROPPTAK G1 LORA LESJA KOMMUNE, OPPLAND NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	MÅLSTOKK 1:10 000 (KART)	MÅLT BJEFT TEGN. JFT TRAC KFR	SEPT. 2007 NOV. 2007
	KARTBLAD NR 2007.069-01	KARTBLAD NR 1419 III	ØNO



LESIA KOMMUNE GEORADAROPPTAK G2, G3 OG G4 GRØNA LESIA KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTORR 1:10 000 (KART)	MÅLT BJEFT TEGN JFT TRAC KFR	SEPT. 2007 NOV. 2007
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2007.069-02	KARTBLAD NR 1419 III



LESJA KOMMUNE GEORADAROPPTAK G5 OG G6 GRØNA OG LORA LESJA KOMMUNE, OPPLAND	MALESTOKK	MÅLT BEFT	SEPT. 2007
	1:10 000 (KAKT)	TEGN JFT	NOV. 2007
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR	KARTBLAD NR	
	2007.069-03	1419 III	