


NGU Rapport 2004.012

Geofysiske målinger Nordnesfjellet,
Kåfjord kommune, Troms

Rapport nr.: 2004.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Geofysiske målinger Nordnesfjellet, Kåfjord kommune, Troms.			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen og Einar Dalsegg		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Troms		Kommune: Kåfjord	
Kartblad (M=1:250.000) Nordreisa		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1634 II Kåfjord og 1634 III Lyngen	
Forekomstens navn og koordinater: Nordnesfjellet 34V 477500 7716500		Sidetall: 15 Kartbilag: 4	Pris: 125,-
Feltarbeid utført: 3.-6. Sept. 2003	Rapportdato: 18.12.2006	Prosjektnr.: 310000	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>I forbindelse med fjellskredkartleggingen ved NGU er det utført geofysiske målinger på Nordnesfjellet i Kåfjord kommune i Troms. Hensikten med undersøkelsene var å se om en med geofysiske målinger kunne påvise permafrost og sprekkesoner i det undersøkte området. Måleområdet på Nordnesfjellet ligger fra 600 til 800 moh.</p> <p>I to kryssende resistivitetsprofiler på Nordnesfjellet er det ut fra måleverdiene ingen klare beviser for at det opptrer permafrost i området.</p> <p>Sentralt i hvert profil er det indikert en meget markert svakhetsone som går mot stort dyp. I profilet i ØV-retning kan sonen ha et fall mot øst, mens profilet i retning SV-NØ indikerer at sonen er steiltstående. Sonen faller sammen med utgående for kartlagte hovedbruddsoner i området. Det er indikasjon på at det kan være en mindre og antatt steiltstående svakhetsone lenger SV i området.</p> <p>Under oppsprukket fjellparti øst for hovedsvakhetssonen er det indikert en sannsynlig svakhetsone (brudd/skjærsone) med forholdsvis slakt fall mot vest. I fjellpartiet over svakhetssonen viser georadarmålingene brudd/sprekke-soner som skråner slakt opp mot vest.</p> <p>Målinger nordøst for hovedsonen indikerer skålformede og forholdsvis grunne brudd/skjærsoner under fjellblokker/fjellflak som kan være områder med sakte sig.</p> <p>Vest og sørvest for hovedsonen indikerer georadarmålingene flere nær horisontale reflektorer som kan representere brudd/sprekkesoner eller lagdeling i fjell.</p>			
Emneord: Geofysikk	Elektrisk måling	Georadar	
Fjellskred			
		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	4
2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE	4
2.1 2D Resistivitet	4
2.1.1 Datainnsamling	4
2.1.2 Strømstyrke og datakvalitet	4
2.1.3 Inversjon	5
2.2 Georadar	5
3. RESULTATER	6
3.1 2D Resistivitet	6
3.2 Georadar	9
4. DISKUSJON/TOLKNING	10
5. KONKLUSJON	11
6. REFERANSER	12

FIGURER

<i>Figur 1. Modellert resistivitet profil 1</i>	<i>7</i>
<i>Figur 2. Modellert resistivitet profil 2.</i>	<i>8</i>

DATABILAG

Databilag 1: Koordinater for målte profiler.

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Georadar - metodebeskrivelse

KARTBILAG

Kartbilag 2004.012-01:	Oversiktskart (M 1:50 000)
Kartbilag 2004.012-02:	Resistivitet, tolkningskart (M 1: 4000)
Kartbilag 2004.012-03:	Utskrift georadaropptak G1 og G3
Kartbilag 2004.012-04:	Utskrift georadaropptak G2, G4 og G5

1. INNLEDNING

I forbindelse med fjellskredkartleggingen ved NGU er det utført geofysiske målinger på Nordnesfjellet i Kåfjord kommune i Troms. Hensikten med undersøkelsene var å se om en med geofysiske målinger kunne påvise permafrost og sprekkesoner i det undersøkte området. Måleområdet på Nordnesfjellet ligger fra 600 til 800 moh. Bergartene består av glimmer-skifre med innslag av dolomitt- og kalkspatmarmor (Zwaan 1988).

Målingene ble utført av Jan Fredrik Tønnesen og Jomar Gellein i tiden 3.-6. september 2003.

Beliggenheten av det undersøkte området framgår av kartbilag -01.

2. MÅLEMETODER OG UTFØRELSE

De målingene som ble foretatt var 2D resistivitet og georadar. I det følgende blir metoder og utførelse kort beskrevet.

2.1 2D Resistivitet.

2.1.1 Datainnsamling.

Måledata ble innsamlet med et kabelsystem utviklet ved den tekniske høgskolen i Lund (LUND-systemet, Dahlin 1993). Systemet består av en releboks (Electrode Selector ES464) 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 på 200 meter hver. Ved bruk av alle fire kabler oppnås en dybderekkevidde på ca 130 meter, men det krever en minimum profillengde på 800 meter. Ved bruk av fire kabler er elektrodeavstanden 10 meter for de to sentrale kablene og 20 meter for de to ytterste (målinger med størst dybderekkevidde). Hele systemet kan flyttes langs profilet slik at utstrekningen av et profil er ubegrenset. Størst oppløsning oppnås i de øverste 50 – 60 meterne. Ved målingene ble elektrode-konfigurasjonen Wenner benyttet.

Målingene omfatter to kryssende profiler med lengde 800 m (Profil 1) og 1000 m (Profil 2). Profilene ble stukket samtidig med målingene og er merket med trestikker med angitte koordinater for hver 20 meter. Profilenes beliggenhet er innmålt med GPS (se databilag 1) og lokaliseringen er vist i kartbilag -02.

2.1.2 Strømstyrke og datakvalitet

Strømstyrken varierte fra 10 til 100 mA, med overvekt av målinger i området 50 mA. Datakvaliteten var meget god, og kun et fåtall måledata måtte fjernes før inversjon.

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 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 2001). 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.

2.2 Georadar

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).

Målingene omfatter 5 profiler med samlet lengde 1855 m, hvorav 4 er lokalisert langssetter resistivetsprofilene (se kartbilag -02). Profil G2 og G4 er målt langs Profil 1 i området pos. 480-800 m og pos. 57-200 m. Profil G1 og G3 er målt langs Profil 2 i området fra pos. 60 m til henholdsvis pos. 800 m og 540 m. På grunn av lettere framkommelighet er profil G1 lagt noen meter øst resistivetsprofilen i området pos. 502-572 m, tilsvarende pos. 295-225 i G1. Profil G5 er 172 m langt og krysser Profil 2 ved pos. ca. 180 m.

I profil G1 er det benyttet antenner med senterfrekvens 50 MHz, mens det i de øvrige profilene er benyttet antenner med senterfrekvens 100 MHz. For alle profilene ble det anvendt en sender på 1000V. Opptakstiden var på 1200 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 1,6 ns for G1 og 0,8 ns for de øvrige profilene. Signalene ble summert ("stacket") 16 ganger for hvert målepunkt i G1, mens de ble summert 8 ganger i de øvrige profilene.

Antenneavstanden var fast lik 1,0 m, og flyttavstanden mellom hvert målepunkt langs profilene ble forsøkt holdt konstant lik 1,0 m. Reell lengde av måleprofilene kan avvike noe fra lengde angitt over profilopptakene (posisjon) på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. Gjennomgående er flyttavstanden noe for liten og varierer i området 0,90-0,97 m, unntatt de nordøstlige 400 m av G1. I kommentarer under profilutskriftene er det for G1-G4 angitt en del eksakte posisjoner i forhåndsutstukket resistivetsprofil.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. I profil G2, spesielt i vestlige del, er det et høyt støynivå i opptakene som skyldes påvirkning fra telestasjonen på Joppolbakken i nord (åpen sikt). Støyen er forsøkt redusert ved å filtrere bort høyfrekvente signaler, men i utskriften er støynivået fremdeles forholdsvis høyt i vest. Terreng høyden langs

profilene er hovedsakelig lagt inn ut fra kartgrunnlaget, men også ut fra visuell vurdering samtidig med målingene. Kartgrunnlag er i målestokk 1:4 000 og med 1 m koteavstand.

Det er ikke utført noen CMP-måling for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. En verdi på 0,1 m/ns er benyttet for beregning av høydeskala i profilutskriftene. Det er mulig at hastigheten i fast berggrunn kan være noe høyere. Dyp til reflektorer vil da være noe større enn høydeskalaen viser (opp til 1/3 større).

3. RESULTATER

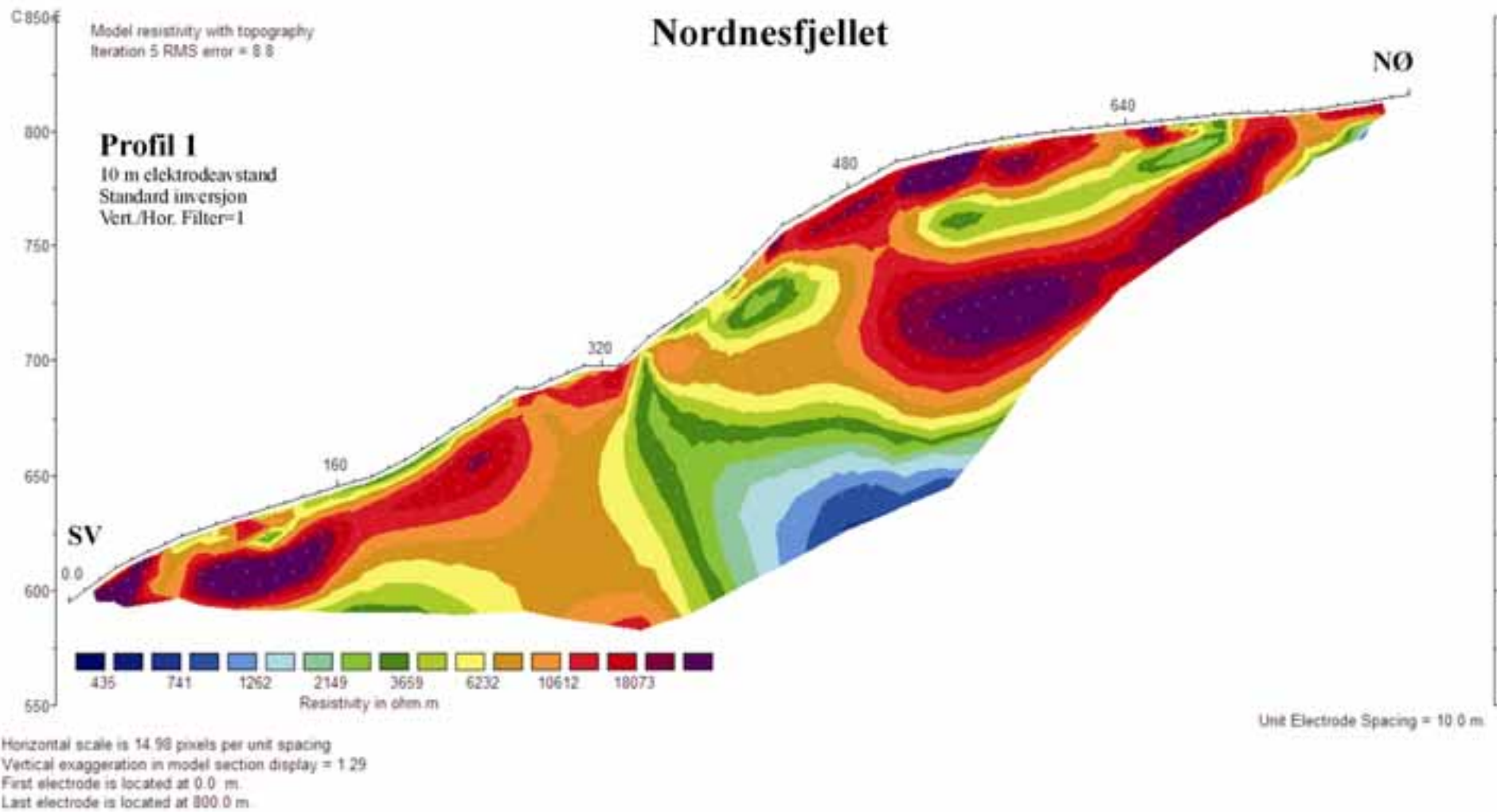
Lokalisering av målte profiler framgår av kartbilag -01 og -02. I det følgende blir måleresultatene kommentert.

3.1 2D Resistivitet

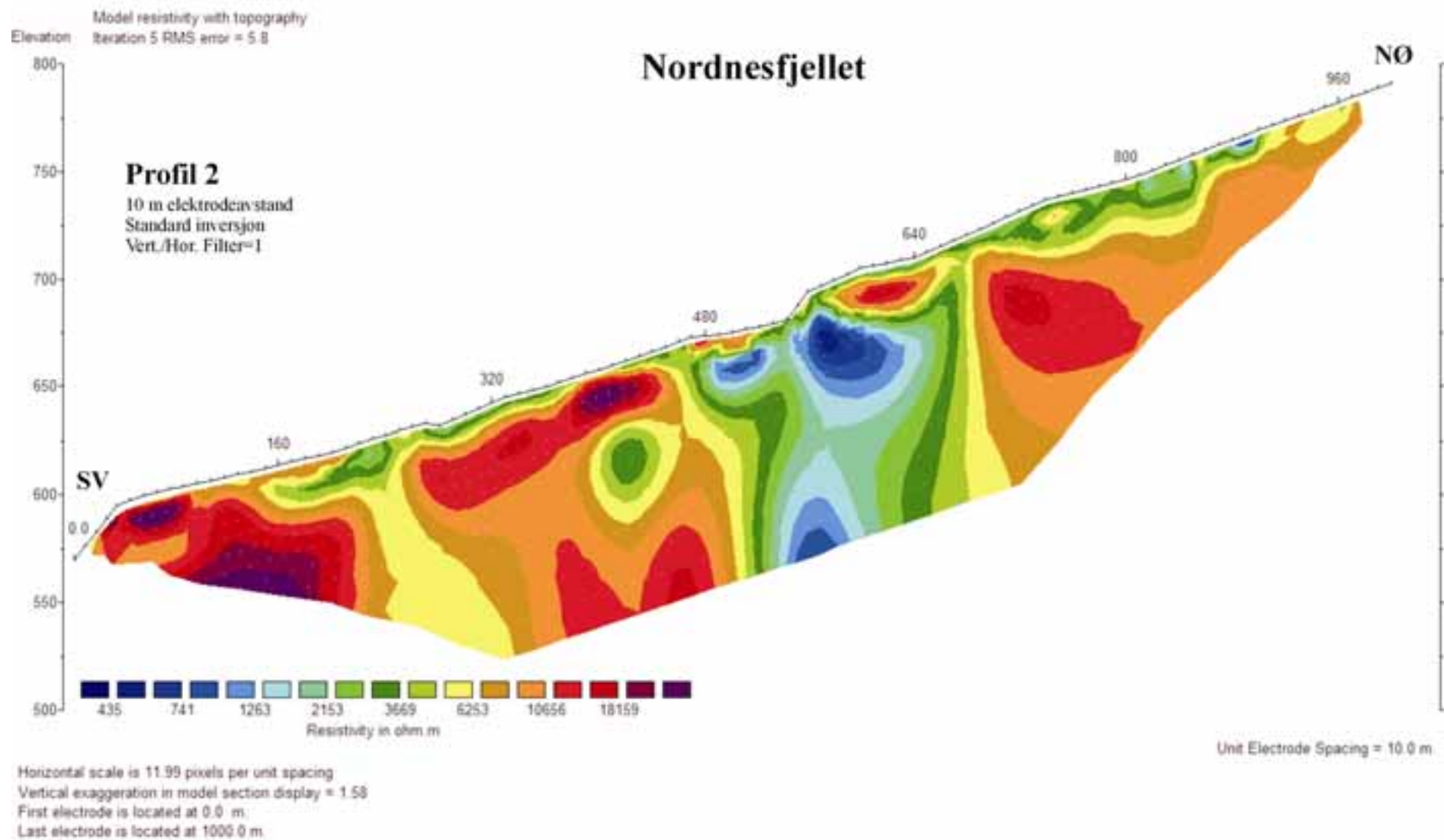
De inverterte resistivitetsdata fra profil 1 og 2 er vist i henholdsvis figur 1 og 2. De viste seksjonene er produsert med Standard inversjon og vertikal-/horisontalfilter 1.

Som figurene viser indikerer målingene at den generelle resistiviteten i bergartene ser ut til å ligge i området 6 – 20 k Ω m. Begge profilene viser en markert sone med vesentlig lavere resistivitet (< 1 k Ω m) i den sentrale delen av profilene. På **profil 1** (figur 1) ser dette lavresistivitetsområdet ut til å ha et smalt utgående ved posisjon 345 for så å bli bredere mot dypet. Da oppløsningen av måledata blir vesentlig dårligere mot dypet, vil både bredde av sonen på dypet og fall være noe usikkert. Ifølge den geologiske kartleggingen (se kartbilag -02) faller denne lavresistivitetssonen sammen med en markert svakhetssone.

På **profil 2** (figur 2) kommer dette lavresistivitetsområdet fram som en bred vertikal sone. Selv om det er lokale høye verdier i de grunneste partier, indikerer målingene at berggrunnen her har en lav resistivitet (< 2 k Ω m) fra ca posisjon 540 til 640. I likhet med profil 1 faller også denne lavresistivitetssonen sammen med den markerte svakhetssonen.



Figur 1. Modellert resistivitet profil 1



Figur 2. Modellert resistivitet profil 2.

3.2 Georadar

Utskrift av georadaropptakene er vist i kartbilag -03 for profilene G1 og G3 og i kartbilag -04 for profilene G2, G4 og G5. I kartbilagene vises også kartutsnitt for lokalisering av profilene.

Penetrasjonsdyppet (dybderekkevidden) for georadarsignalene varierer i området 20 til vel 30 m i G1 målt med 50 MHz antenner og i området 15-25 m i de øvrige profilene målt med 100 MHz antenner, (ut fra en antatt georadarbølge-hastighet i grunnen på 0.1 m/ns). Fra ca. 22 m dyp (=440ns) kommer det inn støybånd parallelt med terrengoverflaten, dvs. at forsterket intern instrumentstøy begynner å dominere utskriftene.

En god del av reflektiviteten som vises i utskriftene kan skyldes foliasjonen i bergartene. I kartgrunnlaget er det indikert at foliasjonen har et fall med hovedretning mot vest, men varierende fra nordvest til sørvest og med størrelse mellom 5 og 30 grader. Eventuelle brudd/skjærsoner i bergarten vil være vanskelig å skille ut dersom de følger foliasjonsmønsteret.

Det opptrer imidlertid en del reflektorer med avvikende retninger som kan indikere brudd/skjærsoner. I øvre del av G1 (pos. 0-260) er det flere slakt skålformede strukturer hvor bunnreflektoren skråner slakt opp mot terrengoverflaten nedover langs profilet. Slike reflektorer kommer mot overflaten ved ca. pos. 135, 165, 205, 220 og 260 og nær horisontalt ved pos. 80 og 100. Strukturene kan representere en oppstukning av oppsprukne fjellblokker i sakte sig.

Passering av den mest markerte oppsprekkingssonen i terrenget (pos. 250-325 i G1 og pos. 0-75 i G3) viser en kraftig men kaotisk reflektivitet. Den sørlige avgrensningen av sprekkesonen synes å falle sammen med reflektorer som skråner opp mot sør i området pos. 300-345 i G1 og pos. 30-90 i G3.

Videre mot sør er det også en del reflektorer som skjærer ut mot terrengoverflaten, men de fleste av disse er nær horisontale eller faller slakt mot sør. De kommer mot overflaten ved pos. 390-395, 430, 475, 560, 605, 685 og 725 i G1 (pos. 150, 185, 235, 330, 370-375, 460 og 495 i G3). Ved enden av profilet kommer det opp en reflektor til ca. 10 m dyp. Det er uvisst om alle disse strukturene kan tilskrives brudd/skjærsoner i bergartene. Det er sannsynlig at søkket ved posisjon 520 i G1 representerer en markert oppsprekking/bruddsone. Det er forholdsvis kraftig reflektivitet rett under søkket og reflektor med utgående ved pos. 560 skråner ned mot nord mot sonen.

Profil G2 er målt langs øverste del av resistivetsprofil 1, Profilet passerer flere synlige sprekker i fjellgrunnen, hvorav noen er større og danner søkk i terrenget. Første observerte overflatesprekk kommer ved pos. 120 og med de større sprekke indikert i området pos. 145-210. I området pos. 50-100 kommer det inn en relativt kraftig reflektor på 15-16 m dyp, mens det er svak reflektivitet i fjellgrunnen 5-7 m over. Vestafor er det begrenset og kaotisk reflektivitet i området pos. 100-160. Også i dette profilet er det reflektorer som skråner oppover mot terrengoverflaten nedover langs profilet. De ender opp mot sprekkesonene ved pos. 145, 157, og 205 og dessuten ved pos. 255 og meget markert ved pos. 325. I området pos. 285-310 m er det indikert en kraftig reflektor på 12-15 m dyp. Det er imidlertid mye støy i vestlige del av profilet (fra pos.210).

I G4 kommer nær horisontale reflektorer mot terrengoverflaten ved pos. 75-80 og nede ved vestenden ved pos. 150. På 5-6 m dyp under denne opptrer det en forholdsvis kraftig reflektor

i området pos. 105-140. I G5 er det en relativt kraftig reflektor på 4-7 m dyp (pos. 0-125) med svak reflektivitet under. Når horisontale reflektorer kommer ut mot terrengoverflaten ved pos. 30, 95 og 140 m, og ved nedenden av profilet er det en reflektor på ca. 5 m dyp.

4. DISKUSJON/TOLKNING

I det følgende blir resultatene fra resistivitetsmålingene (Profil 1 og 2) og georadarmålingene (Profil G1- G5) diskutert. Resistivitetsmålingene har en dybderekkevidde på ca. 130 m sentralt i profilene, men avtar kraftig mot hver ende av profilene. Georadarmålingene har gjennomgående en betydelig mindre dybderekkevidde og den varierer stort sett mellom 15 og 25 m.

Den generelle resistiviteten i bergartene langs de to profilene ser ut til å ligge i området 6 til 20 k Ω m. Tidligere målinger av resistivitet i alpine strøk (Hauck 2001) viser at resistiviteten i isrik permafrost er > 100 k Ω m. Undersøkelser av permafrost i Norge viser også tilsvarende resultater (Hauck et al. 2001, Isaksen et al. 2002 og Dalsegg & Tønnesen 2004). Det er derfor ikke påvist isrik permafrost ved denne undersøkelsen, men dette utelukker ikke at det i området kan opptre permafrost i fjell med forholdsvis begrenset oppsprekking.

Mindre deler av profil 1 og større deler av profil 2 indikerer et øvre lag på noen få meter med resistivitet i området 2 til 3 k Ω m. Dette kan stedvis representere tynt morenedekke eller forvittringsmateriale/jordsmonn. I området pos. 160-240 og 670-850 i profil 2 er tykkelsen for stor til å skyldes løsmasser, og det antas at det her opptrer grunne svakhetssoner i fjell. Resistiviteten i den underliggende berggrunnen (10 til 35 k Ω m) er normale verdier for homogene bergarter. Sentralt i begge profiler indikeres en sone med meget lav resistivitet (1 til 2 k Ω m) og som faller sammen med en tidligere kartlagt svakhetsone (se kartbilag -02). På profil 1 indikeres at sonen kan ha fall mot øst, mens den på profil 2 synes å være steiltstående.

I profil 1 indikeres en sone med lavere resistivitet og med slakt fall mot vest (< 15 grader) mellom posisjon 390 og 690. Som kartbilag -02 viser, er det i disse områdene indikert sprekkesoner, og sonen kan representere en svakhetsone mellom sprekkesystemene.

Sonen i profil 2 ved posisjon 230 med forholdsvis lav resistivitet (6 k Ω m) kan også representere en svakhetsone.

I georadarprofilene er det vanskelig å identifisere tykkelsen av morenedekke eller forvittringsmateriale/jordsmonn over fjelloverflaten, men det regnes at fjelloverflaten stort sett ligger grunnere enn 1-2 m og dermed er vanskelig å skille ut fra direktebølgen mellom antennene.

Georadarprofilene G1 og G3 dekker området mellom pos. 60 og 800 i profil 2. I nordøstlige del ovenfor hovedsvakhetssonen (pos. 560-800 i profil 2) er det indikert skålformede refleksjonsstrukturer som kan tolkes som forholdsvis grunne brudd/skjærsoner under fjellblokker i sakte sig. Det kan også se ut til å være en viss oppstukning av fjellblokkene. Ved passering av den store svakhetssonen vises en kraftig men kaotisk reflektivitet. Reflektorer som skråner nedover mot nord fra pos. 450-460 kan representere sørkanten av svakhetssonen. Det kan ikke ut fra georadarmålingene alene fastlås at dette er en stor svakhetsone med stor utbredelse mot dypet. Videre mot sørvest i profilet kan reflektorer som er tilnærmet horisontale eller med slakt fall representere grunne brudd/skjærsoner i bergarten,

men indikasjonene er mer usikre her enn ovenfor hovedsvakhetssonen. Ut fra georadaropptakene er det antatt at søkket ved pos. 280 i profil 2 representerer en markert oppsprekking/bruddsone, men dette kan ikke bekreftes ut fra resistivitetsmålingene. Den mulige steile svakhetssonen indikert med resistivitetsmålingene ved pos. 230 kan ikke sees i georadaropptakene.

Georadarprofil G2 dekker den øvre del av profil 1 i området pos. 480-800. I området pos. 640-700 er det begrenset og kaotisk reflektivitet i grunnen. Dette faller sammen med området hvor den slakt hellende svakhetssonen indikert med resistivitetsmålingene kommer opp mot overflaten og avsluttes mot øst. Det sees også her et brudd i refleksjonsmøsteret ved at reflektor på 15-16 m dyp østfor blir avbrutt ved pos. 700. Svakhetssonen videre vestover i profilet kan ikke uten videre identifiseres i georadarprofilet, dels på grunn av mye støy i opptaket. I overliggende fjell er det registrert minst fem reflektorer som skråner oppover mot terrengoverflaten vestover langs profilet, hvorav flere ender opp mot synlige overflatesprekker. Reflektorene regnes derfor å indikere brudd/skjærsoner i fjellgrunnen.

Georadarprofil G4 dekker nedre del av profil 1 (dvs. i området pos. 57-100), godt nedenfor hovedsvakhetssonen, mens parallellprofilet G5 er lokalisert ca 130 m lenger sør. Her opptrer flere nær horisontale reflektorer som kommer ut mot terrengoverflaten mot vest, tilsvarende som ble observert i sørvestlige del av de kryssende georadaropptakene G1 og G3 langs profil 2. Reflektorene er mest markert i vestlige del av profilene og kan representere oppsprekking/bruddsoner eller muligens lagdeling i fjell.

5. KONKLUSJON

I to kryssende resistivetsprofiler på Nordnesfjellet er det ut fra måleverdiene ingen klare bevis for at det opptrer permafrost i området.

Sentralt i hvert profil er det indikert en meget markert svakhetsone som går mot stort dyp. I profilet i ØV-retning kan sonen ha et fall mot øst, mens profilet i retning SV-NØ indikerer at sonen er steiltstående. Sonen faller sammen med utgående for kartlagte hovedbruddsoner i området. Det er indikasjon på at det kan være en mindre og antatt steiltstående svakhetsone lenger SV i området.

Under oppsprukket fjellparti øst for hovedsvakhetssonen er det indikert en sannsynlig svakhetsone (brudd/skjærsoner) med forholdsvis slakt fall mot vest. I fjellpartiet over svakhetssonen viser georadarmålingene brudd/sprekke-soner som skråner slakt opp mot vest.

Målinger nordøst for hovedsonen indikerer skålformede og forholdsvis grunne brudd/skjærsoner under fjellblokker/fjellflak som kan tolkes å være i sakte sig.

Vest og sørvest for hovedsonen indikerer georadarmålingene flere nær horisontale reflektorer som kan representere oppsprekking/bruddsoner eller muligens lagdeling i fjell.

6. 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.

Dalsegg, E. & Tønnesen, J.F. 2004: Geofysiske målinger Breitind og Børa, Rauma kommune, Møre og Romsdal. NGU Rapport 2004.008.

Hauck, C. 2001: Geophysical methods for detecting permafrost in high mountains. Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Paper for the degree of Doctor of Natural Sciences.

Isaksen, K., Hauck, C., Gudevang, E., Ødegård, R.S. & Sollid, J.L. 2002: Mountain permafrost distribution in Dovrefjell and Jotunheimen, southern Norway, based on BTS measurements and DC resistivity tomography data. Norsk Geografisk Tidsskrift Vol. 56, 122-136.

Loke, M.H. 2001: RES2INV ver. 3.4. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

Zwaan, K.B. 1988: Berggrunnskart Nordreisa 1: 250 000. NGU- kartserie.

UTM koordinater for innmålte profiler (WGS84, sone 34)

* = Interpolert UTM-verdi

2D Resistivitet ProfilXposisjon (m)	Georadar ProfilXposisjon (m)	UTM-øst (m)	UTM-nord (m)
Profil 1X0		476929	7716385
Profil 1X30		476955	7716380
Profil 1X57	G4X153	*476980	*7716385
Profil 1X70	G4X140	476991	7716387
Profil 1X110		477027	7716398
Profil 1X200	G4X0	477109	7716422
Profil 1X270		477168	7716436
Profil 1X280		477172	7716445
Profil 1X310		477196	7716453
Profil 1X330		477209	7716464
Profil 1X350		477226	7716469
Profil 1X400		477357??	7716451
Profil 1X440		477293	7716458
Profil 1X480	G2X351	*?	*?
Profil 1X510	G2X318	477267??	7716464
Profil 1X650	G2X164	477492	7716476
Profil 1X690	G2X120	477534	7716480
Profil 1X800	G2X0	477643	7716487
Profil 2X0		476896	7716124
Profil 2X40		476914	7716153
Profil 2X60	G1X748, G3X519	476928	7716164
Profil 2X140	G1X666, G3X433	476968	7716234
Profil 2X200	G1X604, G3X368	477002	7716282
Profil 2X250	G1X551, G3X315	477029	7716321
Profil 2X280	G1X520, G3X282	477045	7716351
Profil 2X330	G3X229	477069	7716392
Profil 2X360		477084	7716414
Profil 2X400	G1X397, G3X151	477104	7716446
Profil 2X430	G3X118	477121	7716469
Profil 2X470	G1X327, G3X75	477141	7716502
Profil 2X540	G3X0	477187	7716563
Profil 2X560		477201	7716571
Profil 2X600	G1X197	477218	7716600
Profil 2X640		477246	7716625
Profil 2X690		477285	7716654
Profil 2X740		477320	7716687
Profil 2X800	G1X0	477366	7716727
Profil 2X890		477425	7716790
Profil 2X1000		477504	7716857
	G5X172	476915	7716247
	G5X104	476977	7716259
	G5X0	477068	7716275

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 planparallell 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;

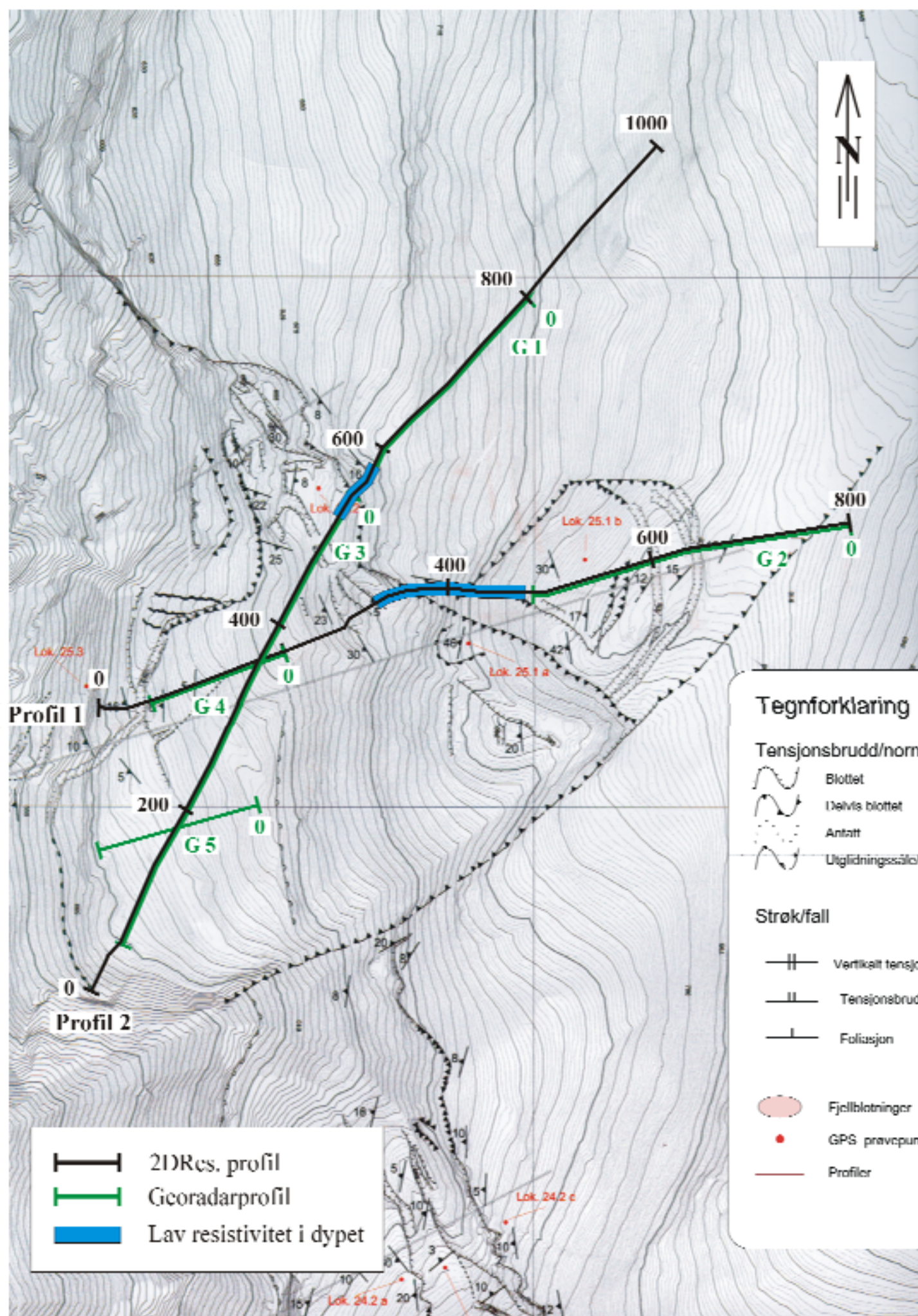
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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.



2D Res. profil
 Georadarprofil
 Lav resistivitet i dypet

Tegnforklaring

Tensjonsbrudd/normalforkastninger

- Blottet
- Delvis blottet
- Antatt
- Utglidningssåle/glideplan

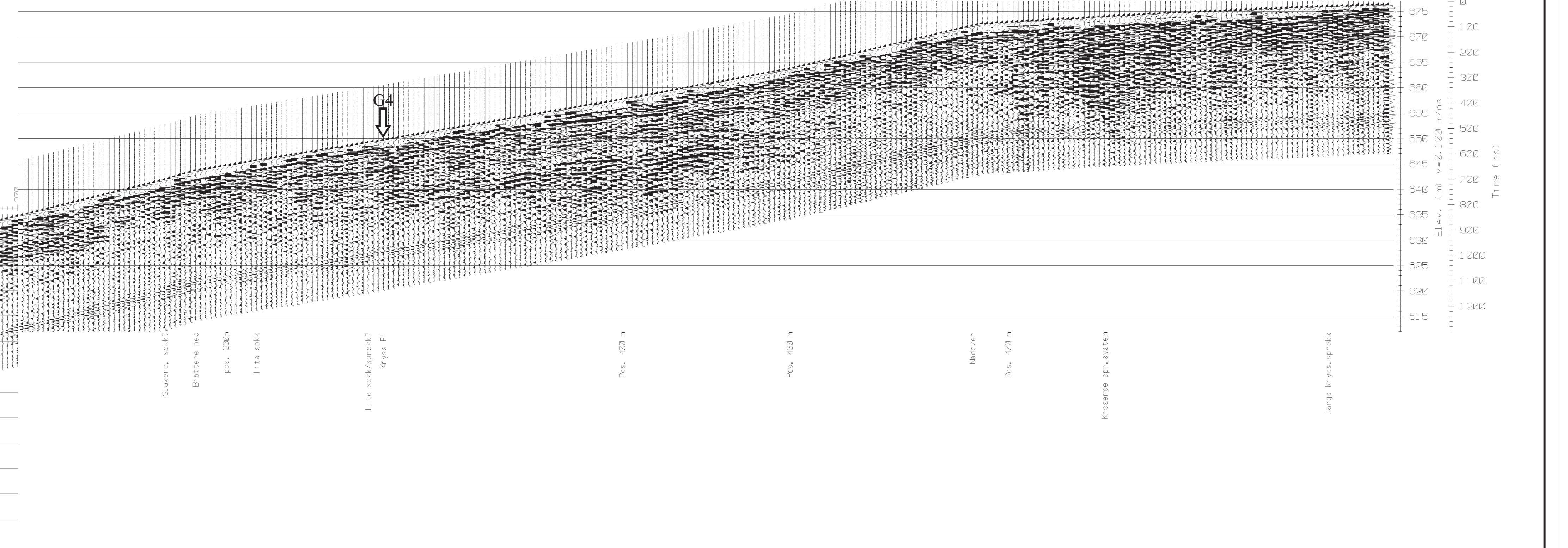
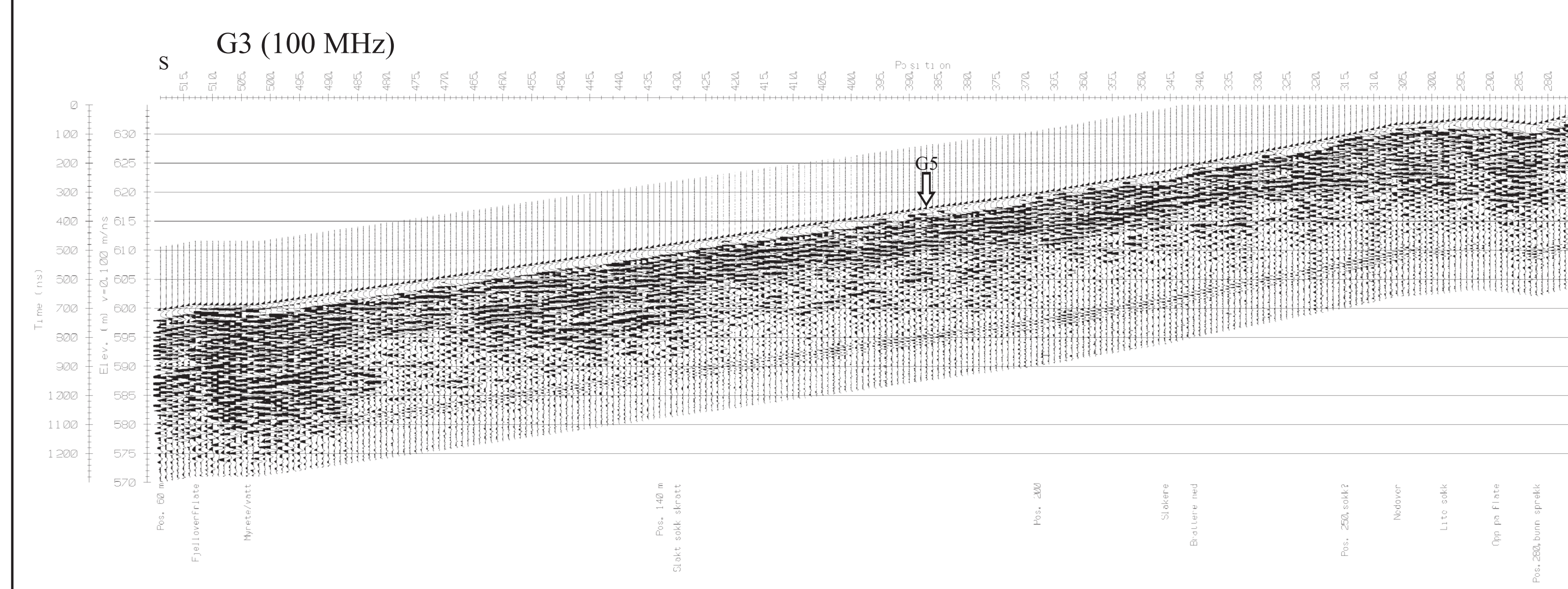
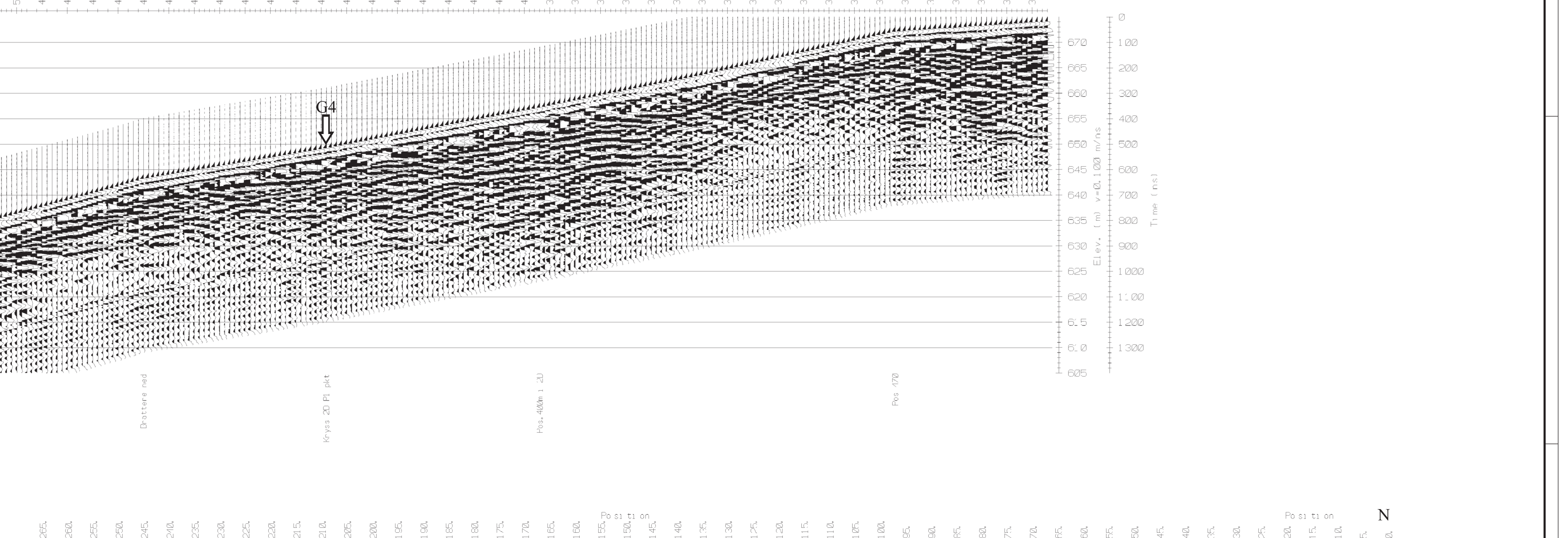
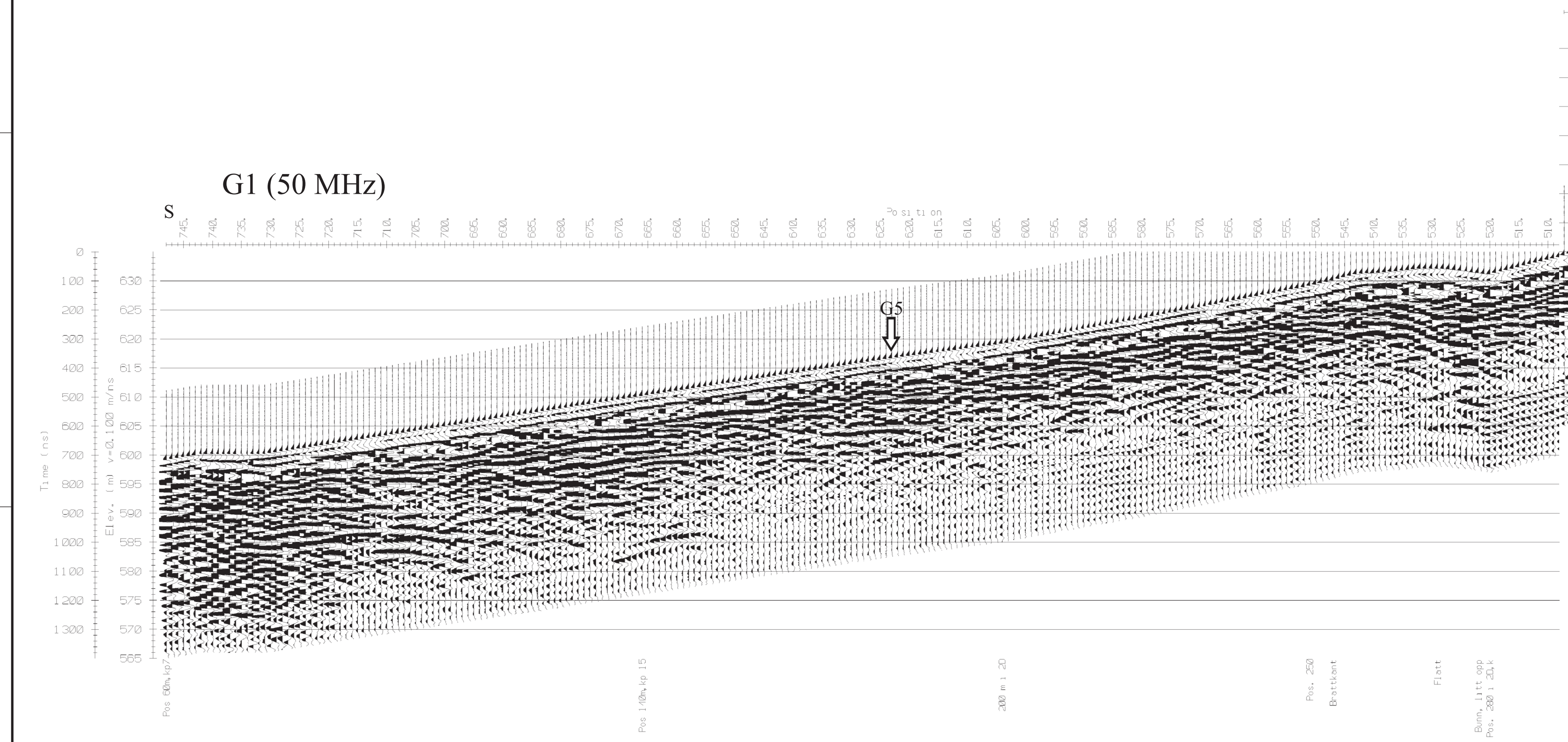
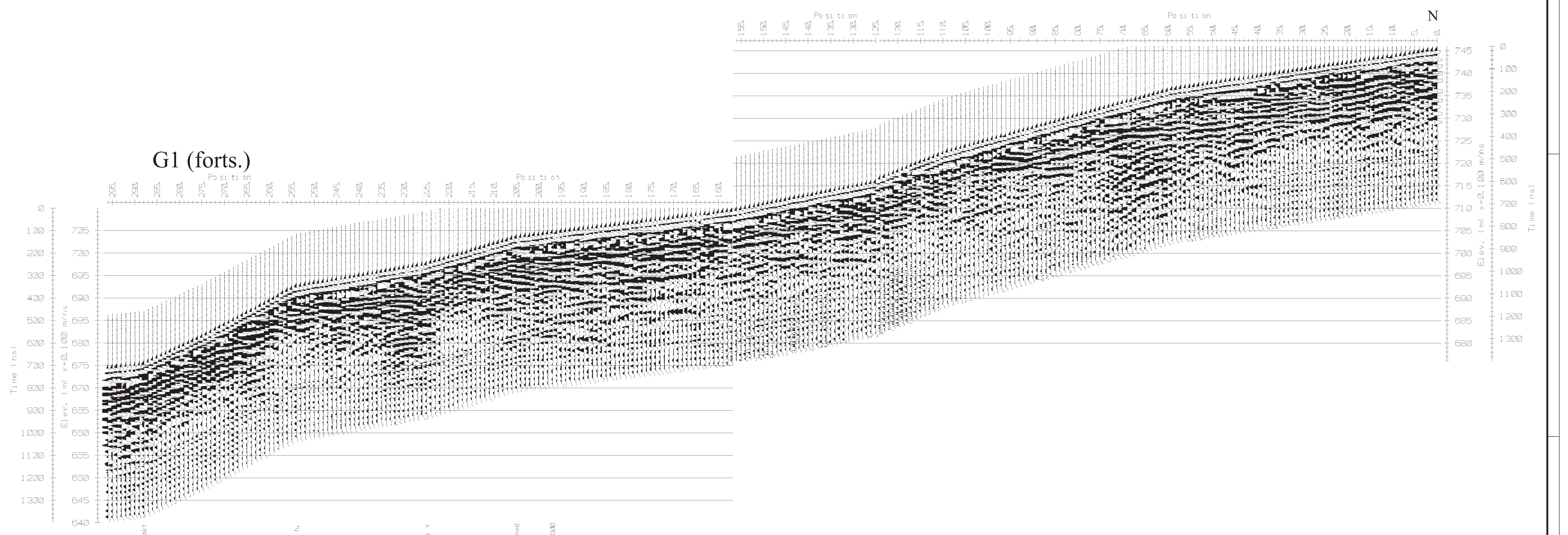
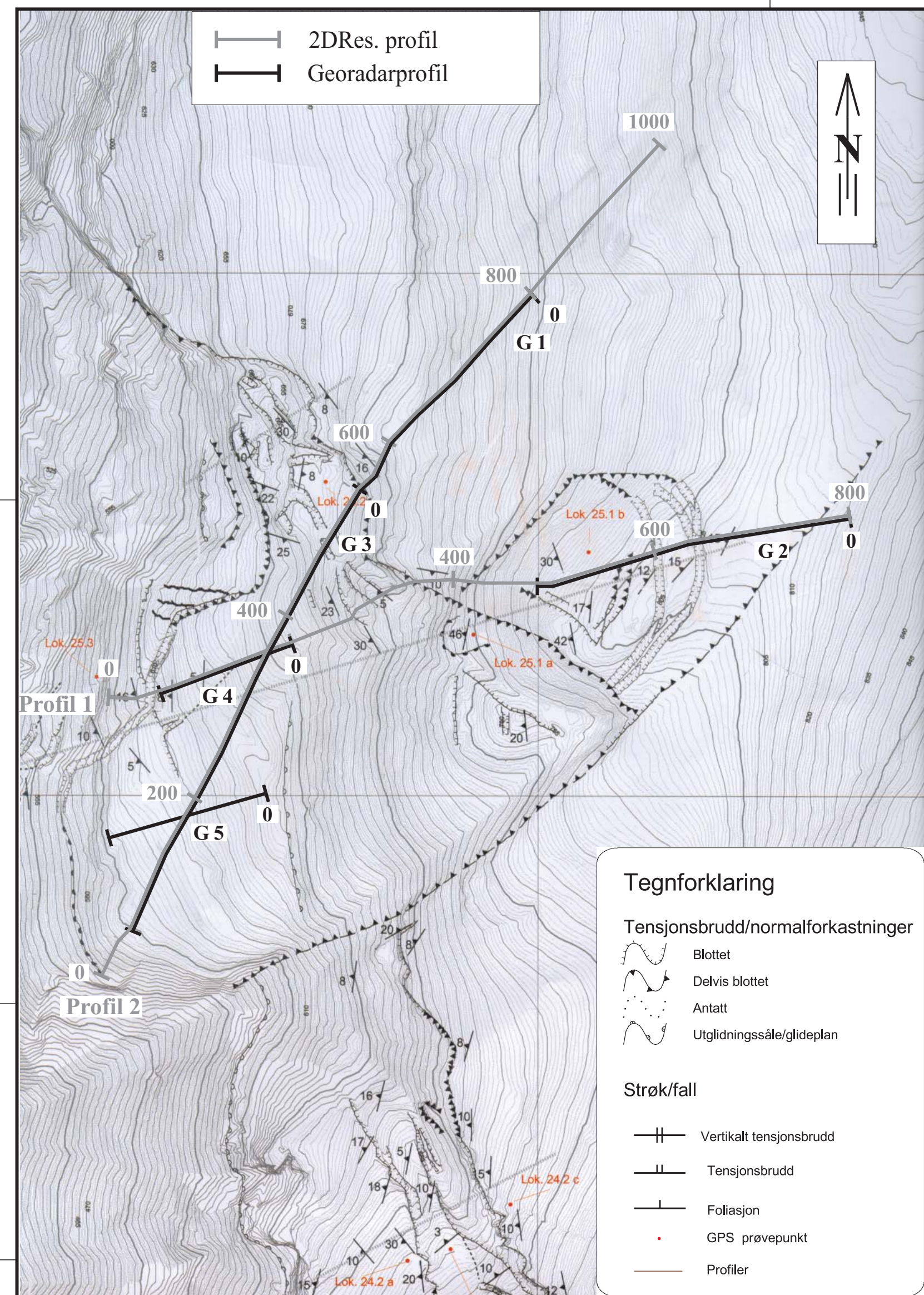
Strek/fall

- Vertikalt tensjonsbrudd
- Tensjonsbrudd
- Foliasjon

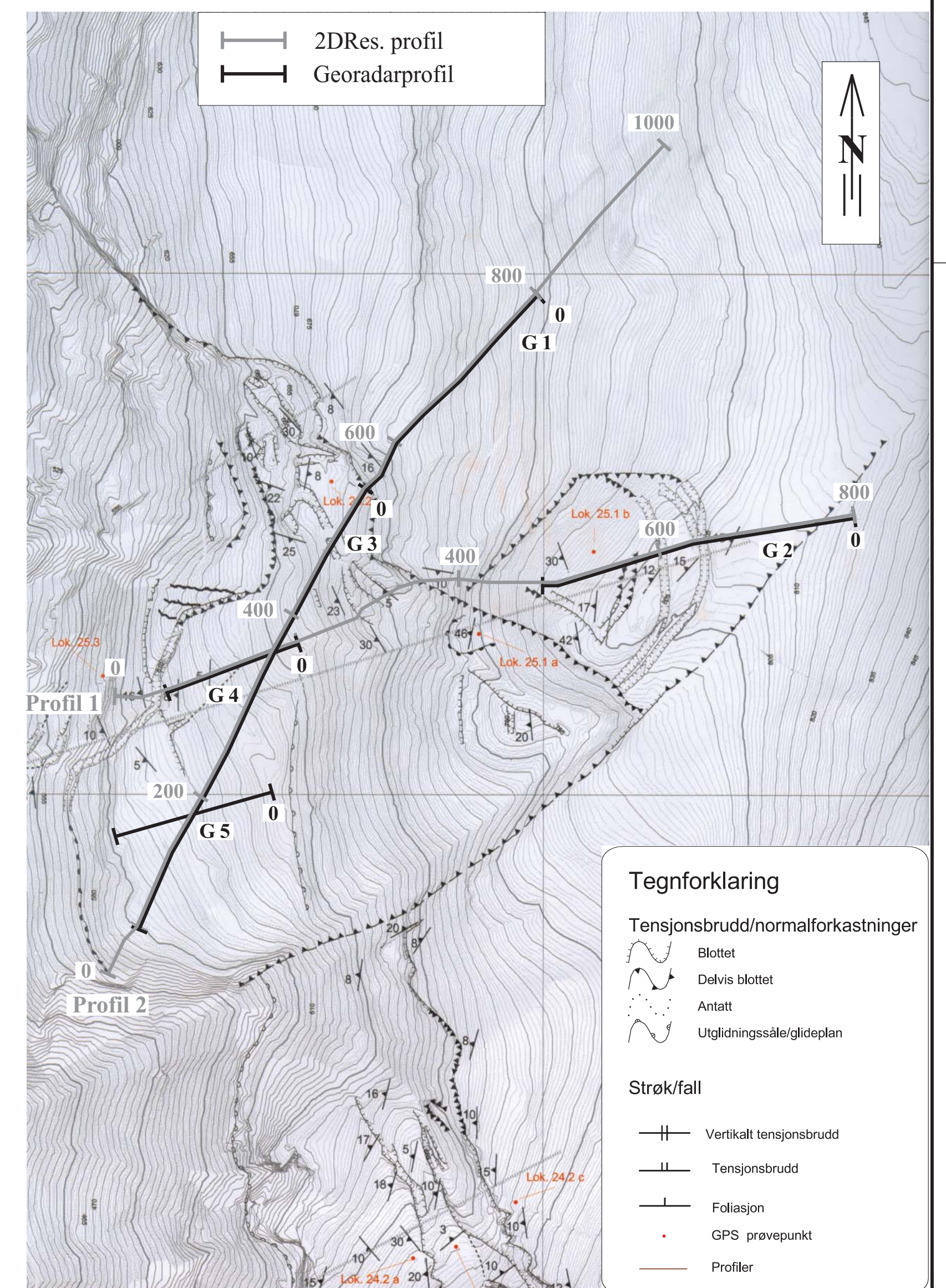
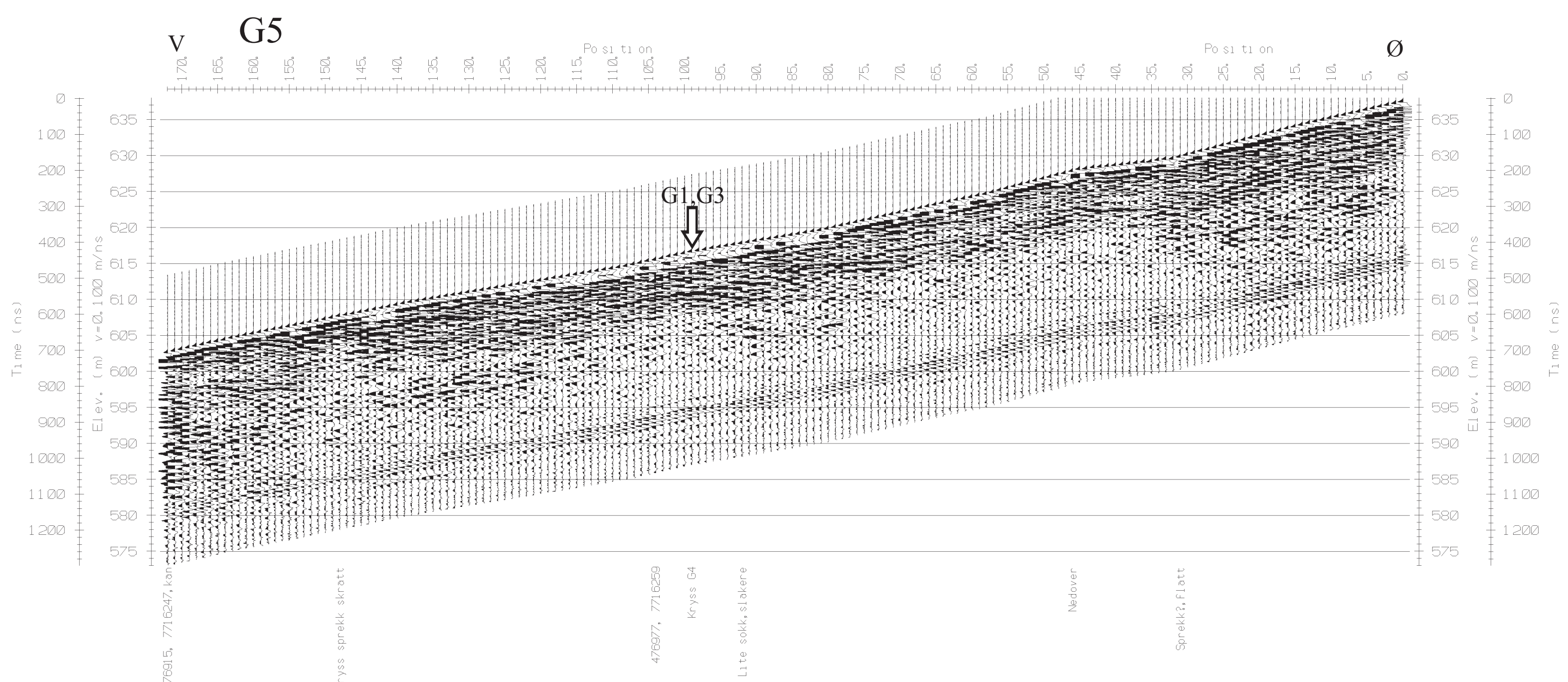
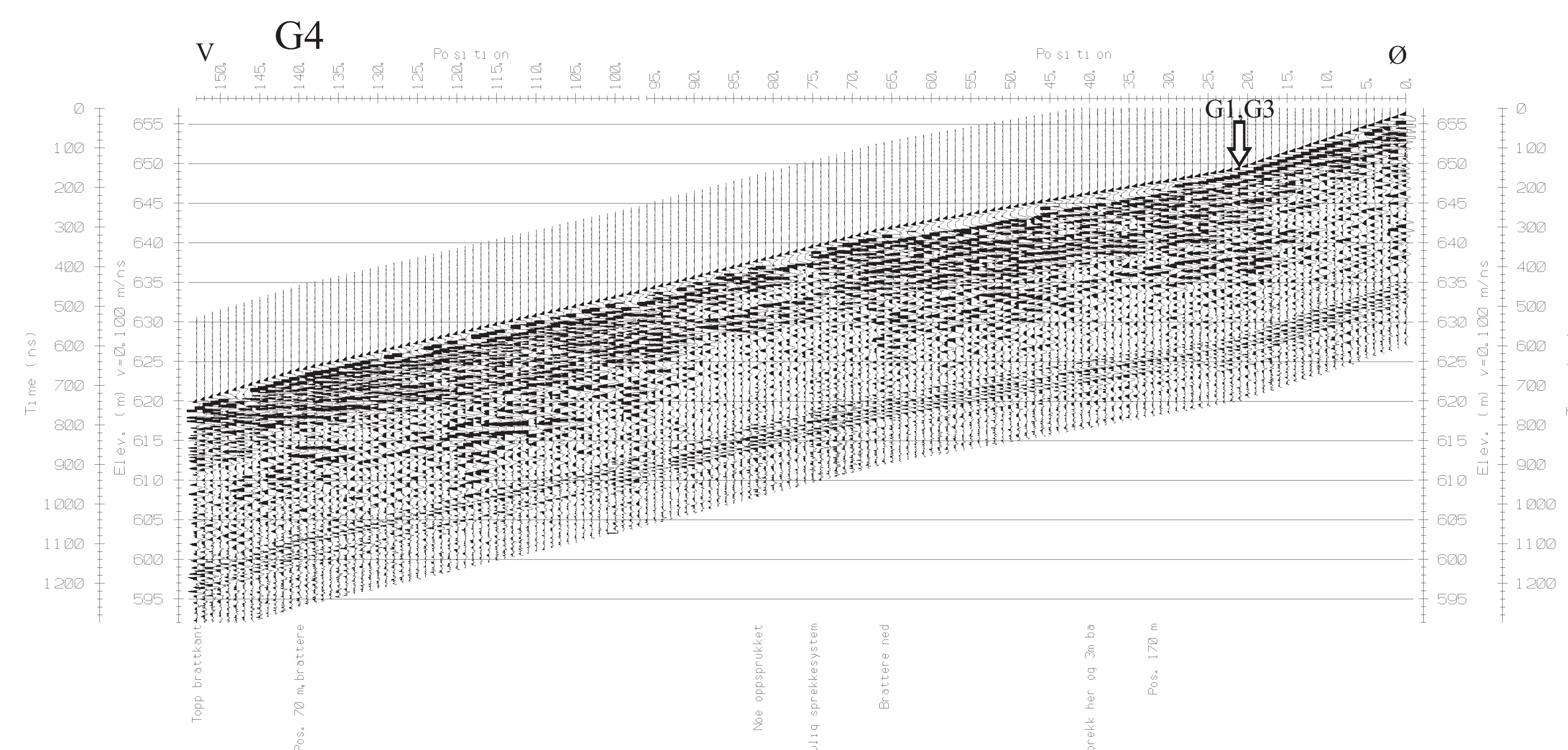
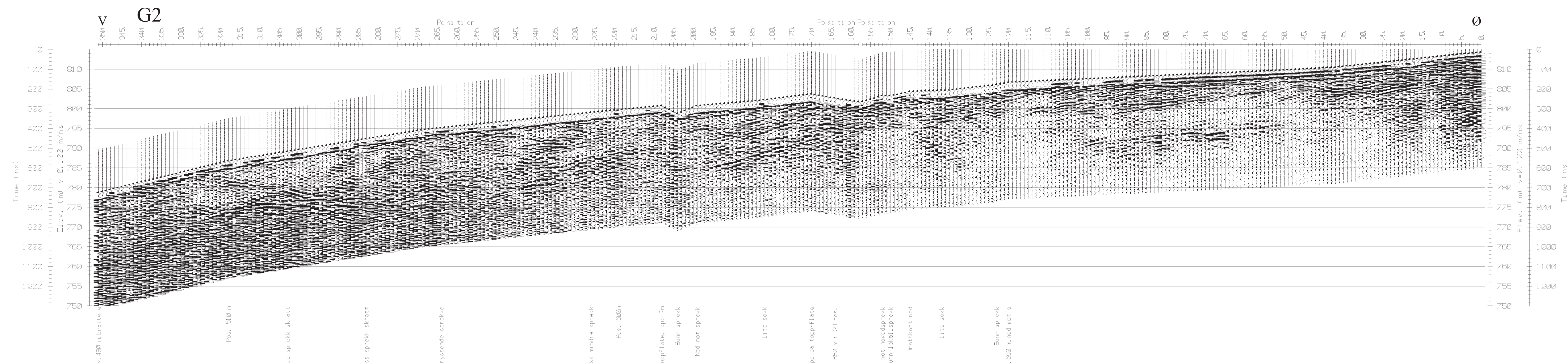
- Fjellblotninger
- GPS prøvepunkt
- Profiler

NHI
 RESISTIVITET TOLKINGSKART
NORDNESFJELLET
 KÅRFJORD, TRONDH
 NORGENS GEOLOGISKE TILBUDSNETT
 TRONDHØM

MÅLSTOKK 1 : 4 000	MÅLT I ET	Bløt. 03
	TRON. E.D.	GM. 05
	TRAC	
	KPR	
TEKNING NR 2004.012-02	KARTBLAD NR 1634-1/111	



NGU GEORADAROPPTAK G1 OG G3 NORDNESFJELLET KÅFJORD, TROMS	MALESTOKK	MÅLT JFT	SEPT 2003
	1:4 000 (KÅRT)	TIGN JFT	MAI 2004
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2004.012-03	KARTBLAD NR 1634 II/III	



Tegnforklaring

Tensjonsbrudd/normalforkastninger

- Bløttet
- Delvis bløttet
- Antatt
- Utglijningsåle/glideplan

Strøk/fall

- Vertikalt tensjonsbrudd
- Tensjonsbrudd
- Fallasjon
- GPS prøvepunkt
- Profil

NGU GEORADAROPPTAK G2, G4 OG G5 NORDNESFJELLET KÅFIORD, TROMS	MÅLESTOKK 1:4 000 (KART)	MALT JFT TEGN JFT TRAC KFR	SEPT. 2003 MAY 2004
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR 2004.012-04	KARTBLAD NR 1634 II/III	