

NGU Rapport 2011.060

Georadarmålinger for løsmassekartlegging i  
Kristiansand kommune i 2010

Rapport nr.: 2011.060		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Georadarmålinger for løsmassekartlegging i Kristiansand kommune i 2010.				
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: NGU / Kristiansand kommune		
Fylke: Vest-Agder		Kommune: Kristiansand		
Kartblad (M=1:250.000) Mandal, Arendal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1511 II Høvåg, 1511 III Kristiansand		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 21	Pris: kr 260,-	
Feltarbeid utført: 1.- 4. nov. 2010		Rapportdato: 23. des. 2011	Prosjektnr.: 325600	Ansvarlig: <i>Jan S. Rønning</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Georadarmålingene i Kristiansand kommune er lokalisert til både Kristiansand by, Torridalen og Topdalen. Målingene er utført i tilknytning til den kvartærgeologiske kartleggingen som nå utføres i området av NGU, men det er lagt betydelig vekt på kommunens ønsker om å få bedre oversikt over grunnforholdene, spesielt løsmasseavsetningene langs elvene Otra og Topdalselva. Målingene omfatter i alt 47 georadarprofiler med samlet lengde 16,9 km.</p> <p>I Kristiansand er det langs begge sider av Otra registrert sanddominerte løsmasser ned til 0-10 m under havnivå, men vest for elva kommer leiroverflaten nær opp i dagen nederst i nordlige del av skråningen ned fra sykehusområdet og kan ligge 8-10 m over havnivå under toppen av skråningen.</p> <p>I Torridalen er sandavsetningene forholdsvis tynne i sørlige del, og leirmateriale når opp til 2-8 m over havnivå ved Tunga og Skråstad og ligger trolig også over havnivå ved Hagen. Ved Øvre Stray når sanddominerte avsetninger ned til under havnivå, men grunnvannsnivået kan ligge forholdsvis høyt i vestlige deler av avsetningene (8-11 m o.h.). Ved Mosby er sandtykkelsen variabel og når ned til under havnivå og inntil 10 m under. Den når også ned mot havnivå ved Haus på østsiden av elva ved Mosby.</p> <p>I Topdalen er det elveavsetninger av tilsvarende karakter, men en del av løsmassene er sannsynligvis avsatt med smeltevann fra en nærliggende brefront ved slutten av siste istid. Dette gjelder spesielt området Dønnestadmoen som strekker seg sørøstover øst for Topdalselva, og hvor det kan være over 20 m tykke deltaavsetninger, men det er usikkert om det ligger leire under. Ved Ryen vest for elva kan leiroverflaten ligge 0-5 m over havnivå. I området rundt Tveit kirke er det stort sett indikert sanddominerte avsetninger ned til rundt havnivå, men i et mindre område nord for kirken kan leiroverflaten nå opp til rundt 5 m o.h. Nordligst på Karlsmoen øst for elva kan leire ligge opp mot 25 m o.h., men leiroverflaten synker mot sørvest til under havnivå etter ca. 700 m.</p> <p>Det bør gjøres oppfølgende vurdering av stabiliteten av løsmassene i alle områder der leiroverflaten ligger over havnivå, da det der kan være muligheter for skred i mulig kvikkleire. I tillegg bør stabilitet i bratte sandskråninger vurderes, da både elve/bekke-erosjon og grunnvannserosjon i skråningene kan medføre lokale utrasninger. Dette gjelder spesielt langs bekkeravinen ved vestenden av Dønnestadmoen, men også området langs elva ved Tveit kirke, ved Karlsmoen og muligens også ved Ryen.</p>				
Emneord: Geofysikk		Georadar		Kvartærgeologi
Løsmasser				
				Fagrapport

## **INNHold**

1.	INNLEDNING .....	4
2.	MÅLEMETODE, UTFØRELSE OG PROSESSERING .....	4
3.	RESULTATER .....	5
3.1	Kristiansand N (G1-G10) .....	5
3.2	Kristiansand S (G24-G26).....	7
3.3	Torridal N (G17-G21) .....	7
3.4	Torridal S (G11-G16 og G22-G23).....	8
3.5	Topdal S (G27-G29 og G36-G40) .....	9
3.6	Topdal NV (G30-G32 og G41-G47).....	11
3.7	Topdal NØ (G33-G35) .....	12
4.	SAMMENFATNING.....	13
4.1	Geologi.....	13
4.2	Vurdering av skredfare.....	14

## **DATABILAG**

1. Kartkoordinater for georadarprofilene (G1-G47) og CMP-måling
2. Hastighetsanalyse (CMP1)

## **KARTBILAG**

- 2011.060-01 Oversiktskart Kristiansand-Torridal (M 1:50 000)
- 2011.060-02 Oversiktskart Topdal (M 1:50 000)
- 2011.060-03 Kristiansand N, Utskrift av georadaropptak G1-G10 og Lokalkart (M1:5 000)
- 2011.060-04 Kristiansand S, Utskrift av georadaropptak G24-G26 og Lokalkart (M 1:5 000)
- 2011.060-05 Torridal N, Utskrift av georadaropptak G16-G21 og Lokalkart (M 1:5 000)
- 2011.060-06 Torridal S, Utskrift av georadaropptak G11-G15 og G22-G23 og Lokalkart (M 1:5 000)
- 2011.060-07 Topdal S, Utskrift av georadaropptak G27-G29 og G36-G40 og Lokalkart (M 1:5 000)
- 2011.060-08 Topdal NV, Utskrift av georadaropptak G30-G32 og G41-G47 og Lokalkart (M 1:5 000)
- 2011.060-09 Topdal NØ, Utskrift av georadaropptak G33-G35 og Lokalkart (M 1:5 000)

## 1. INNLEDNING

Georadarmålingene i Kristiansand kommune er lokalisert til både Kristiansand by, Torridalen og Topdalen. Målingene er utført i tilknytning til den kvartærgeologiske kartleggingen som nå utføres i området av NGU, men det er lagt betydelig vekt på kommunens ønsker om å få bedre oversikt over grunnforholdene, spesielt løsmasseavsetningene langs elvene Otra og Topdalselva.

I forbindelse med vurdering av stabilitet av løsmassene vil det være viktig å få indikasjoner på utbredelsen av leire og særlig leiroverflatens nivå i forhold til elvededskjæringer og andre terrengskråninger. De utførte målingene kan ikke si noe om det finnes kvikkleire, dvs. leire hvor opprinnelig saltinnhold er blitt utvasket og som blir flytende (kvikk) ved omrøring. Indikasjoner på kvikkleire kan finnes med annen målemetode (2D-resistivitet), men for å fastslå om det er kvikkleire må det foretas geotekniske boringer.

Målingene omfatter i alt 47 georadarprofiler med samlet lengde 16,9 km. I tillegg ble det utført en CMP-måling for beregning av radarbølgehastigheten i grunnen. Feltarbeidet ble utført av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) og en medarbeider fra Kristiansand kommune i perioden 1.- 4. november 2010.

Oversikt over de undersøkte områdene framgår av kartbilag -01 og -02 (M 1:50 000), mens lokaliseringen av alle måleprofilene er vist i kartutsnittene i kartbilag -03 til -09 (M 1:5 000).

## 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. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO PRO (Sensors & Software Inc., Canada). Mer utfyllende metodebeskrivelse finnes på <http://www.ngu.no/no/hm/Norges-geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/>

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. Det ble utført en CMP-måling for å bestemme radarbølgehastigheten i grunnen. For lokalisering av profilene er det benyttet økonomisk kartverk (M 1:5 000) og profilkoordinater (databilag 1) er dels bestemt fra kart og dels med en enkel håndholdt GPS-mottaker.

På grunn av en del teknisk støy i opptakene ble de høyeste frekvenser (>125 MHz) forsøkt fjernet ved filtrering. Ved utskrift av georadarpptakene (kartbilag -03 til -09) ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt i opptaket, og signalstyrken blir lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Terreng høyden langs profilene er vesentlig bestemt ut fra økonomisk kartverk, men lokalt også ut fra visuell vurdering under profileringen. For å



angi en korrekt høydeskala for profilutskriftene er det nødvendig å kjenne radarbølge-hastigheten i undergrunnen. Ut fra resultatet av hastighetsanalysen fra CMP-målingen (databilag 2) er det benyttet en hastighet på 0,08 m/ns for beregning av høydeskala. Denne hastigheten er forenlig med vannmettede løsmasser, men også med løsmasser uten full vannmetning.

Observerte refleksjonsmønstre vil være en god indikasjon på hva slags løsmassetyper som opptrer langs profilene. I sand- og grusdominerte avsetninger kan det oppnås reflekterte signaler fra flere titalls meter dyp, mens det i godt elektrisk ledende materiale som marin leire vil være minimal dybderekkevidde for georadarsignalene.

### **3. RESULTATER**

Utskrift av georadaropptakene langs profilene er vist sammen med lokaliseringskart i kartbilagene -03 til -09. De by/bynære profilene er vist i kartbilag -03 og -04 med stedsbetegnelse Kristiansand N og Kristiansand S. Profilene i Torridal er fordelt på kartbilagene -05 og -06 med stedsbetegnelse Torridal N og Torridal S. Profilene i Topdal er fordelt på kartbilagene -07, -08 og -09 med stedsbetegnelse Topdal S, Topdal NV og Topdal NØ. Kartkoordinater for profilene framgår av databilag 1. Utskrift av CMP-målingen i Topdal samt resultat av hastighetsanalysen er vist i databilag 2.

#### **3.1 Kristiansand N (G1-G10)**

Området omfatter løsmasseavsetninger langs begge sider av Otra nord for Kvadraturen (Kartbilag 2011.060-03). Profilene G1-G6 er målt på avsetningene vest for elva og som ligger øst og sør for Sørlandet sykehus Kristiansand. Tilsynelatende dybderekke for georadarmålingene varierer fra 3 og opptil 10-15 meter. Målingene er preget av en del teknisk og geologisk støy, og det vil være en del usikkerhet i geologisk tolkning av profilene.

I målingene langsetter og nærmest elva (dvs. G5 pos. 211-365 m, hele G6 og G1 pos. 149-766 m) er det de sørligste ca. 40 m av G5 reflekterte signaler fra 4 til 8 meters dyp og en slakt hellende reflektor skråner ned mot nord fra 2 til 4-5 meters dyp. Det er usikkert om denne representerer fjelloverflaten eller en reflektor i løsmassene. Videre nordover langs G5, G6 og G1 fram til pos. 385 m (kryss G3) varierer dybderekkevidden fra 10 til 15 m og når ned til rundt 5 m under havnivå. I G5 er det en markert reflektor nær havnivå og den ser ut til å skråne opp i en ryggform mot nord de siste 25-30 meter før start G6. Refleksjonsmønsteret over reflektoren er forholdsvis kaotisk og kan muligens representere rasmateriale avsatt mot elva fra vest. Også langs G6 kan avsetningene være vesentlig skredmateriale, men her overlages de av et ca. 3 m tykt topplag med horisontale reflektorer. Videre nordover langs G1 (pos. 150-260 m) er profilet dominert av nær horisontale reflektorer, men kaotisk mønster mellom enkelte reflektorer kan indikere at det er avsatt noe skredmateriale mellom de øvrige elvedelta-avsetningene. Videre nordover fram til pos. 385 m i G1 (kryss G3) har elvedelta-avsetningene en slak skrålagning med fall mot SSV. Langs resten av profilet regnes dybderekkevidden for georadarsignalene å være meget begrenset (2-4 m), og det antas at avsetningene under elvenivå er dominert av finstoff, vesentlig silt og leire. Det kan imidlertid heller ikke utelukkes at fjelloverflaten stedvis kan ligge grunt. I området pos. 510- 670 m i G1 er målingene utført oppå en fylling/elveforbygning og det er der tilsynelatende betydelig bedre dybderekkevidde, men det regnes stort sett å skyldes diffraksjoner og støysignaler fra

bunnen av fyllingen og fra fyllingsmaterialet. Ved nordenden av profilet kommer det inn støysignaler fra kryssende kraftlinje.

De øvrige profilene og profildelene (G1 (pos. 0-149 m), G2, G3, G4 og G5 (pos. 0-210 m) er målt i skråningen opp mot sykehusområdet. I det korte tverrprofil G2 som starter i G1 ved pos. 705 m og går mot sør, er tolkningen usikker. Det ser ut til å opptre en ryggform med tilsynelatende god reflektivitet i området pos. 15-60 m. Det kan være en løsmasserygg av sand/grus, men kan heller ikke utelukkes å være oppstikkende fjell. Det er en del nær horisontale støyreflektorer både i nordlige og sørlige del av profilet. Langs de øvrige profilene varierer dybderekkevidden for georadarmålingene i området 5-10 m. Det kan derfor ikke utelukkes at det i dypere nivå kan ligge finstoffrikt materiale (leire) under skråningen. Ut fra reflektiviteten må leirmateriale eventuelt ligge lavere enn 10 m o.h. ved vestenden av G3 og 5-8 m o.h. ved vestenden av G1 og G5, mens leiroverflaten må ligge under havnivå øst for G4.

Profilene G7 til G10 er målt på avsetninger øst for elva og hvor nordlige del ligger rett øst for de sørligste profilene (G5 og G6) vest for elva. I sørlige del er det nær elva registrert refleksjoner ned til minimum 5 m under havnivå og stedvis ned mot 10 m under havnivå, og det regnes at avsetningene består av sanddominert elve/delta-avsetninger. Leirdominert materiale må derfor ligge lavere enn dette. Dette gjelder for hele G7 og de sørvestligste 130 m av G8 og G10. Både i G7 og G8 er det her indikert en antatt grunnvannsreflektor nær elvenivå (nær 0 m o.h.). Nordover langs Torridalsveien (G8 pos.165-816 m) er det meget liten dybderekkevidde. Årsaken til dette er ikke sikker, det kan skyldes leire i grunnen, spesielle fyllmasser i veggrunnen, eller at fjelloverflaten ligger grunt (mindre enn 2-4 m). I utgangspunktet antas det at høytliggende fjelloverflate er mest sannsynlige årsak. Størst løsmassetykkelse kan opptre i området pos. 480-560 m hvor det opptre en markert reflektor på ca. 3 meters dyp (7 m o.h.). Ved pos. 704 m viser kryssende profil G9 at fjellet ligger overflatenært ca. 20 m nordøstover fra G8, men at det i området pos. 30-60 m er en forsenkning gjenfylt med 6-8 m tykke løsmasseavsetninger. En reflektor på 2-3 meters dyp (7-8 m o.h.) kan indikere et lokalt grunnvannsnivå.

### **Vurdering av skredfare.**

Langs vestsiden av Otra ligger eventuelle leiravsetninger lavere enn elvenivå i området sør for profil G3 og avsetningene i skråningen mot elva regnes derfor å være stabile. Nord for profil G3, dvs. profil G1 fra pos. 385 m, kan leiroverflaten ligge nær opp i dagen og stabiliteten av skråningen mot elven bør her vurderes nærmere. Generelt ser det ut til at finstoffoverflaten (leire-dominert) stiger opp vestover under skråningen (Profil G1 (pos. 0-100 m), G3 og G5 (pos. 0-140) og kan derfor ligge forholdsvis grunt inn under sykehusområdet og området sønnafor. Dette kan skape utfordringer i tilknytning til fundamentering og lokal stabilitet av avsetningene i disse områdene.

Langs østsiden av Otra ligger eventuelle leiravsetninger godt under havnivå i søndre del av området og indikert grunnvannsnivå ligger nær elvenivå. Dersom det er rett tolkning at fjelloverflaten ligger dagnært videre nordover langs Torridalsveien, burde det være stabile grunnforhold også i nord. Målingene sier imidlertid ikke noe om lokal stabilitet i området mellom vegen og elven. I nord (Profil G9) er det indikert et lokalt grunnvannsnivå 7-8 m over havnivå, noe som kan indikere at det lokalt kan oppstå høyt porevannstrykk i avsetninger ut mot elven med mulig grunnvannserosjon.

### 3.2 Kristiansand S (G24-G26)

Målingene er fordelt på to lokaliteter. Profilene G24 og G25 er målt på vestsiden av Otra i Kvadraturen, mens G26 lokalisert nær sjøen i Marvika (Kartbilag 2011.060-04). Målingene er generelt preget av mye geologisk og teknisk støy.

Profil G24 er målt sørøstover på veg og gangveg langs elvebryggene, mens G25 er målt opp skråningen fra elva langs Rådhusgaten, parallelt med elva langs Elvegaten og ned skråningen mot elva langs Gyldenløves gate. Dybderekkevidden for reflekterte signaler er stort sett begrenset til 7-10 m i G24 og 8-14 m i G25. Det ser ut til å være en bunnreflektor i nivå 5-7 m under havnivå som kan representere overgang til mer finstoffrikt materiale (silt/leire), mens avsetningene over regnes å være sand-dominerte. Det kan heller ikke utelukkes at det kommer inn grunnvann med høyere saltinnhold mot dypet. Avsetningene er preget av nær horisontale reflektorer. De er tilsynelatende til dels lite sammenhengende og skyldes dels mye diffraksjoner fra ulike kilder i omgivelsene og et generelt høyt støynivå. I de sørøstligste 100 m av G24 er nær horisontale reflektorer også vesentlig støy fra bygninger, undergang og bru.

Fra Profil G26 i Marvika er det svært lite informasjon å hente. Det er ikke mulig å skille ut geologiske reflektorer fra alle støystrukturene. Fjelloverflaten kan stedvis være overflatenær og en del diffraksjoner kan derfor stamme fra denne. Det kan være noen mindre 1-3 m tykke sandlommer i toppen sentralt i profilet (pos. 140-155 m, 190-210 m og 235-260 m). En del horisontale reflektorer i sørøstre del av profilet kan skyldes støyrefleksjoner fra for eksempel bygninger.

#### **Vurdering av skredfare.**

Ut fra målingene er det ikke indikert noen fare for skred eller utglidninger i området. Det bør imidlertid vurderes om elveerosjon kan medføre lokale ustabiliteter langs vestbredden av Otra. I Marvika bør det gjøres en vurdering av avsetningene utenfor strandlinjen, likeså av forløpet av sjødyppet i vika og utenfor, før sikker konklusjon om stabilitet kan trekkes.

### 3.3 Torridal N (G17-G21)

Området omfatter løsmasseavsetninger på begge sider av Otra ved Mosby (Kartbilag 2011.060-05). Georadaropptakene inneholder stedvis betydelig mengde støysignaler og de er trolig forårsaket av elektromagnetisk støy fra en større telekommunikasjonssender.

Profil G17 og G18 er målt på avsetningene øst for elva ved Haus. Nordlige del av G17 (pos. 0-175 m) er målt på grasmark nedenfor Torridalsveien og det er der oppnådd en dybderekkevidde på 8 til vel 10 meters dyp, dvs. ned til 5-8 m under havnivå. Det regnes derfor med at det er sanddominerte avsetninger ned til dette nivå. Videre sørover følger profilet vegen. Reflektiviteten og dybderekkevidden er der betydelig redusert, og det er vanskelig å se sikre reflektorer dypere enn 5 m, dvs. tilnærmet ned til havnivå. Det virker derfor som materialet i vegen demper georadarsignalene. Langs G18 (pos. 0-150 m), nede på flaten og parallelt med G17, oppnås også en dybderekkevidde på ca. 5 m, dvs. ned til rundt havnivå. Oppover skråningen mot øst fram til pos. 230 m øker dybderekkevidden til et maksimum på 13-14m, men avtar videre de siste 50 m til mindre enn 10 m. Det regnes derfor med at avsetningene er sanddominert ned til minimum 2-3 m over havnivå fram til pos.230 m, mens grensen mot annet materiale mot slutten av profilet kan stige opp til ca. 10 m over havnivå. Avgrensningen kan skyldes fjelloverflaten som kommer opp, men det er også mulig at det kan ligge noe finstoffrikt materiale mellom sandavsetningene og fjell. Forholdsvis utholdende reflektorer i sandavsetningene kan indikere forholdsvis finkornig materiale (finsand).

Profil G19 er målt på avsetningene på vestsiden av elva nord for Høiebekken. Dybderekkevidden varierer en del, men er i området 8-15 m. Nær horisontale reflektorer dominerer, men et forholdsvis variert refleksjonsmønster indikerer en god del variasjon i antatt sanddominerte avsetninger. Det regnes at dybderekkevidden begrenses av mer finstoffrike avsetninger mot dypet, muligens leire. Ved starten av profilet lengst vest kan finstoffrikt materiale komme opp til 2-3 m under havnivå. Lenger øst og nordover kan nivået variere i området 5-10 m under havnivå.

Profil G20 og G21 er målt i kryss over avsetningene sør for Høiebekken. Dybderekkevidden ser stort sett ut til å variere i området 5-10 m, og det regnes å være sanddominerte avsetninger ned til dette dypet, men av varierende sammensetning. Overgang mot mer finstoffrikt materiale ligger opp mot 2-3 m under havnivå lengst vest og nordvest i profilene og kan for øvrig variere noe rundt 5 m under havnivå.

#### **Vurdering av skredfare.**

Ut fra målingene er det i de undersøkte områdene ved Mosby og Haus ikke indikert fare for skred eller utglidninger, da det gjennomgående er sanddominerte avsetninger ned mot havnivå eller dypere. Det bør imidlertid vurderes om avsetningene vest for Otra nordvestover langs Høiebekken og muligens det lille området Glattetre øst for elva har god stabilitet. Disse områdene har ikke inngått i denne undersøkelsen.

### **3.4 Torridal S (G11-G16 og G22-G23)**

Målingene er fordelt på to kartutsnitt vist i Kartbilag 2011.060-06. Det nordlige utsnittet dekker området på begge sider av elva rett sør for området Torridal N og omfatter georadarprofilene G15 og G16 på østsiden ved Hagen og G22 og G23 på vestsiden av elva ved Øvre Stray. Det andre utsnittet lenger sør gir oversikt over måleområdet øst for elva ved gårdene Tunga og Skråstad og omfatter profilene G11-G14. En god del av målingene i Torridal S har også et høyt nivå av bakgrunnsstøy og det kan være vanskelig å skille ut reflektorer forårsaket av geologi.

I profil G15 som er målt langs Torridalsveien, er dybderekkevidden meget begrenset og varierer stort sett fra 2 til 5 m og når ned til et nivå i området 1-5 m over havnivå. Tolkningen er meget usikker. Langs sørligste 170 m av profilet regnes fjellet å ligge grunt (delvis i fjellskjæring), og det er mulig at fjell kan begrense dybderekkevidden også videre nordover i profilet. Alternative tolkninger der er at dybderekkevidden begrenses av finstoffmateriale, men det er også mulig at materialinnholdet i vegunderlaget kan ha begrensende effekt. I tverrprofil G16 er bakgrunnsstøyen meget kraftig, men refleksjonsstrukturer med antatt geologisk årsak er forholdsvis markerte. Dybderekkevidden er tilsynelatende bedre i starten av G16 enn i kryssende profil G15. Fra starten av profil G16 skråner det opp en refleksor mot nordøst fra ca. 3 m under havnivå som kan representere bunn av elveavsetninger, og et mulig grunnvannsnivå kan der ligge rundt 5 m over havnivå. Under nederste del av skråningen (pos. 30-65 m) er det et forholdsvis rotete haugformet mønster, men videre oppover til toppen av skråningen (pos. 125 m) sees nær horisontale reflektorer. Under toppflaten ser det ut til å være en erosjonsform som er fylt igjen, og tykkelsen av sanddominerte elveavsetninger kan der være 12-13 m og nå ned til et nivå på 7-8 m over havnivå. Underliggende materiale er usikkert, likeså eventuell avgrensning mot fjell mot nordøstenden av profilet.

I profil G22 ved Øvre Stray er det også betydelig bakgrunnsstøy. Ovenfor jernbanelundergangen (pos. 0-165 m) er det sentralt indikert en refleksor nær havnivå som kan representere bunn av sanddominerte avsetninger. Den kan skråne opp til 5 m o.h. ved starten

av profilet og kan komme opp vel så høyt mot jernbanen. En reflektor som først i profilet ligger ca 11 m o.h. og som skråner nedover til 8-9 m o.h. mot jernbanen kan være grunnvannsnivå. I området pos. 165-200 m er tolkningen usikker, men det ser ut til å være en slags ryggform med dårligere reflektivitet. Det kan være mer finstoffrikt materiale, eventuelt også fjell, og det kan se ut som grunnvannsnivået her har et sprang ned fra 8-9 m o.h. i vest til ca. 3 m o.h. østafør. Videre østover mot elva ser det ut til å være elveavsetninger ned til 0-3 m under havnivå. Profil G23, som går fra nær slutten av G22 og nordover parallelt med elva, er også dominert av nær flattliggende reflektorer som indikerer sanddominerte elveavsetninger. Mektigheten varierer stort sett fra 5 til 8 m og når ned til 3-5 m under havnivå. Avsetningene er tynneste i området pos. 240-370 m hvor mulig finstoffmateriale kan komme opp mot og stedvis over havnivå.

I profilene G11 og G12 ved Tunga er det lommer av antatt sanddominerte avsetninger, som kan være opptil 5 m tykke og når ned mot havnivå (G11 pos. 65-95 m, G12 pos. 0-20 m og 40-75 m). Forøvrig kommer antatt finstoffrikt materiale (leire) inn fra 1 til 3 meters dyp og når opp til 2-4 m over havnivå. Profil G13 ved Skråstad er målt langs Torridalsveien, og reell dybderekkevidde ser ut til å være begrenset til 2-3 m. I tverrprofilen G14 oppnås ikke noe særlig mer penetrasjon og det regnes derfor at finstoffmateriale kan ligge opp til et nivå på mellom 5 og 8 m over havnivå i området og kan komme over 10 m o.h. lengst nordøst. Det kan ikke helt utelukkes at dybderekkevidden stedvis også kan være begrenset på grunn av oppstikkende og gruntliggende fjell.

#### **Vurdering av skredfare.**

Til dels ved gården Tunga og i hvert fall ved Skråstad kan overflaten av leirholdig materiale ligge en god del høyere enn elvenivå. Det er derfor fare for at det kan opptre ustabile avsetninger ut mot elva med fare for skred/utglidninger. Også ved Haugen lenger nord langs østsiden av elva kan det opptre leire over elvenivå. Det bør derfor i disse områdene vurderes oppfølgende undersøkelser for å klarlegge stabilitetsforholdene. Ved Øvre Stray vest for elva er det stort sett ikke funnet leire over elvenivå, og området nær Otra anses som stabilt. Høyt grunnvannsnivå (8-10 m o.h.) vest for jernbanelinjen (G22 pos. 0-150 m) kan indikere høyt porevannstrykk ut mot skråningen langs jernbanen og kan medføre grunnvannserosjon der. Det høyereliggende området vestafør (Torridal kirke-Torridal skole) og likeså området nordafør ved Aukland (mellom to jernbanetunneler) er ikke vurdert i denne undersøkelsen.

### **3.5 Topdal S (G27-G29 og G36-G40)**

Profil G28 og G29 er målt ved Ryen på avsetningene langs vestsiden av Topdalselva. De øvrige profilene er lokalisert ved Dønnestad øst for elva, og det er lagt spesielt vekt på undersøkelse av området som strekker seg fra Dønnestadmoen og nordvestover ut mot elva (Kartbilag 2011.060-07). Profilutskriftene er forstyrret av en mengde støypunkter som må ha en teknisk og ikke en geologisk årsak.

Nede på elvebredden sørligst i profil G28 (pos. 0-105 m) indikeres antatt sanddominerte elveavsetninger ned til 1-3 m under havnivå. Under skråningen opp fra elva (pos. 105-185 m) og innover elvesletta i nivå ca. 14 m. o.h. fram til pos. 500 m er det nær horisontale reflektorer ned til 0-5 m over havnivå, men spesielt i nordlige deler er det mer bølgende eller haugformede reflektorer fra 5-7 meters dyp. Grunnvannsnivå under elvesletta er usikker, men kan ikke utelukkes å ligge opp mot 10 m o.h. Det er nærliggende å anta at elveavsetningene ligger over mer finstoffrike avsetninger. Langs riksvegen (pos. 500-760 m) ser det ut til at nesten all energi blir stoppet i overflatelaget. Det skyldes trolig vegmaterialet, men det kan ikke utelukkes at finstoffmateriale her kan ligge i et høyere nivå. Fra pos. 810 m ser det ut til

å være elveavsetninger ned mot samme nivå som lenger sør. Ned skråningen mot elva lengst nord i profilet (fra pos. 1050 m) er det brått slutt på penetrasjonen under 5 m over havnivå. Det antas at det kommer inn finstoffrikt materiale under dette nivået, men det kan heller ikke utelukkes at fjelloverflaten ligger grunt. Profil G29 skråner opp fra nordlige del av G28 til en toppflate på vel 30 m o.h. fra pos. 80 m til 180 m. Forholdsvis kraftig refleksivitet under skråningen indikerer trolig sanddominerte avsetninger ned til 10-15 meters dyp, men avgrensning mot annet materiale er usikker. Meget liten penetrasjon langs riksvegen (pos. 140-180 m) kan skyldes påført vegmateriale, men det regnes at fjelloverflaten her ligger ganske dagnært. Nedover fra vegen fra pos. 180 m ligger fjelloverflaten trolig grunt fram til pos. 205 m for deretter å skråne ned mot 10 meters dyp ved enden av profilet (pos. 234 m).

Tolkning av målingene ved Dønnestadmoen tyder på at materialet er avsatt i forbindelse med isavsmeltingen ved slutten av siste istid. Det ser ut som en ryggform er avsatt på tvers av vestenden av moen (se profil G40). Ryggformen har forholdsvis kraftig refleksivitet, men refleksjons-mønsteret er noe usammenhengende og rotete med til dels horisontale og dels skråstrukturer som faller mot sørøst. Innover moen øst for ryggformen består materialet av sanddominerte deltaavsetninger som har tydelig skrålagning med fall mot sørøst. Dette ses i østlige del av profil G39 (pos. 0-150 m), og sørøstlige deler av G38 (pos. 170-336 m) og G40 (pos. 0-120 m). Deltavasetningene er opptil 20 m tykke og når ned til mellom 10 og 15 m over havnivå. Det ser ut til at det oppnås refleksjoner ned til tilsvarende nivå også under ryggformen i vest. Det regnes at materialet i ryggformen har noe morenepreg og har derfor mer variert sammensetning enn deltaavsetningene, men antas å være dominert av sand og grus. Det er ikke fastlagt om det under disse avsetningene er finstoffmateriale eller om de overalt kan ligge rett på fjell. Grunnvannsnivå kan ligge 28-30 m o.h. i deltaavsetningene og kan holde seg opp mot dette nivå også vestover i ryggformen helt til vest for riksvegen (G27 pos. 520-600 m og G39 pos. 0-180 m). Tolkningen av profil G27 langs vegen er noe usikker. Det ser ut til at avsetningene i ryggformen er begrenset til området pos. 450-740 m i profilet og at fjelloverflaten ligger grunt videre mot sørvestenden. På nordsiden av ryggen ligger fjellet nær opp i dagen i området pos. 280-350 m og ligger få meter dypt fram til pos. 220 m. Videre nordover til pos. 140 m er det sannsynligvis sanddominert materiale ned til ca. 10 m o.h. og videre mot nordenden ned til ca. 5 m o.h. Langs profil G37, som vesentlig følger ytterkanten på avsetningen og går parallelt med profil G27 (pos. 180-395 m), tyder refleksiviteten på tilsvarende materiale ned til rundt 10 m o.h. Det er usikkert om det under disse nivåer kan ligge finstoffrikt materiale over fjell. Langs profil G36 nede på flaten nordafor er det oppnådd en dybderekkevidde på 8-10 m, dvs. ned til 3-5 m under havnivå. Det er derfor sannsynlig at det vesentlig er sanddominerte avsetninger ned til dette nivå, men det er mulig at fjell eller morene kan komme opp til mindre enn 5 meters dyp sør i området (pos. 145-185 m).

### **Vurdering av skredfare**

Ut fra målingene kan det ikke utelukkes at overflate av leire kan nå høyere enn elvenivå både i deler av området vest for elva og øst for elva under avsetningene ved vestenden av Dønnestadmoen, men når trolig ikke så mange meterne over. Nivået og stabiliteten av eventuell leire bør vurderes nærmere. Under Dønnestadmoen ligger grunnvannsnivået svært høyt (28-30 m o.h.), og grunnvannsavrenningen går ut langs den dype bekkeravinen vestover ut mot Topdalselva. Både erosjon langs bunnen av ravinen og høyt porevannstrykk med grunnvannsdrenering ut mot ravineskråningene gjør at disse vil være ustabile og kan føre til masseutglidninger langs ravinen. Det bør settes inn tiltak for å stanse erosjonen og redusere porevannstrykket rundt ravinen. I området vest for Topdalselva ligger grunnvannsnivået trolig også forholdsvis høyt i avsetningene (10 m o.h.?), og dette kan lokalt medføre erosjon i elveskråningen, dels langs mindre raviner.

### 3.6 Topdal NV (G30-G32 og G41-G47)

Området dekker avsetninger på vestsiden av Topdalselva nord for området Topdal S (Kartbilag 2011.060-08). Profilene G30-G32 er lokalisert på den smale toppflaten og brattskråningen ned mot elva øst for Kalkberget. Profilene G41-G47 er lokalisert til området rundt Tveit kirke nord for Prestebekken.

Profil G30 følger riksvegen fram til pos. 260 m med svært liten dybderekkevidde, og det regnes at fjellet stort sett ligger mindre enn 2 m dypt, men fyllmateriale i vegen kan medvirke til den dårlige målerekkevidden. Nedover skråningen mot elva varierer dypet ned til fjelloverflaten trolig stort sett mellom 1 og 4 m, men kan være noe større sentralt langs skåningen (pos. 345-390 m). Profilene G32 og G33 på terrasseflaten nedenfor vegen viser svake nær horisontale reflektorer ned til 4-6 meters dyp og regnes å bestå av sanddominerte men forholdsvis finkornige avsetninger (finsand/silt). Fjelloverflaten er ikke påvist og det kan ikke utelukkes at det under sandlaget kan ligge leire over fjellet.

Profil G41 følger først riksvegen fram til pos. 112 m, deretter vegen nedover til terrasseflate fra pos. 270 m og videre på denne fram til forbi Tveit kirke. Terrasseflaten ligger ca. 14 m o.h., men har en slak forsenkning i området pos. 270-370 m med minimum rundt pos. 300-310 m. Den dårlige dybderekkevidden fram til pos. 220 m er antatt å skyldes høytliggende fjelloverflate, og løsmassetykkelsen regnes å være begrenset til 1-4 m. Tolkningen av avsetningene under terrasseflaten må sees i sammenheng med profilene G43, G44 og G45 nordøst for G41. Avsetningene er dominert av nær flattliggende reflektorer, og stort sett oppnås det en dybderekkevidde ned til rundt havnivå. Unntatt er sørvestlige del av profil G45 (pos. 250-395 m) og nordvestover terrassen langs G41 (pos. 230-310 m) hvor det er lite refleksivitet under ca. 5 m o.h. Det kan derfor komme inn finstoffrikt materiale (leire) fra dette nivået. Avsetningene for øvrig over havnivå regnes å være sanddominerte elve/dalbasseng-sedimenter, men kan være forholdsvis finkornige, dvs, dominert av finsand men også med et visst innhold av silt. Det er vanskelig å identifisere grunnvannsnivået i en slik avsetning, men i nærheten av kirken ved slutten av G41 (pos.430-459 m) og første del av G43 (pos. 0-70 m) er det indikert en mulig grunnvannsreflektor rundt 7 m o.h. Dersom grunnvannsmetningen ligger såpass høyt så nær skråningen ned mot elva, tyder det på at avsetningene har dårlig permeabilitet på grunn av høyt finstoffinnhold.

Området sørvest for kirken, inkludert prestegården, er dekket av profilene G42 og G46 oppe på plataet og G47 langs elvebredden. Under plataet ser det ut til å være sanddominerte avsetninger ned mot havnivå, men tolkningen av de dypere deler er usikker. Redusert penetrasjon første del av G46 kan skyldes parti med høyt finstoffinnhold, men kan også være betinget av overflateforhold som høyt innhold av husdyrgjødsel ved foringsplass. I siste del av profilet må dårlig penetrasjon skyldes innslag av leire i overflatemateriale. En reflektor i nivå 5 m o.h. i G46 (pos. 100-140 m) kan indikere nivået for grunnvannsmetning, og den skråner ned mot 4 m o.h. ved pos. 160 m. Langs G47 er det indikert sanddominerte avsetninger ned til mellom 5 og 10 m under havnivå i området fra pos.70 m og til nordøstenden (pos. 202 m). Sandavsetningene tynner ut mot sørvestenden hvor det regnes at leire kommer helt opp mot elvenivå. Utholdende reflektorer tyder på ganske finkornige dalbassengavsetninger. Slak fallretning mot nordøst langs profilet viser trolig ikke avsetningsretning, men reflekterer formen av underliggende finstoffrike avsetninger og fjelltopografi.

#### **Vurdering av skredfare.**

Øst for Kalkberget er stabiliteten under høytliggende terrasse (30 m o.h.) ut mot elveskråning usikker, da det ikke kan utelukkes at det ligger leire mellom finsandavsetningene og fjell.

I et område nord for Tveit kirke (Profil G41 pos.230-310 m og G45 pos.250-395 m) er det mulig at leiroverflaten kan nå opp til 5 m over havnivå under terrasseavsetningene. Stabiliteten av avsetningene bør vurderes da det er mulighet for at utglidninger av masser kan skje mot sørvest ut mot Prestebekken. Det bør også vurderes sikring mot erosjon langs bekken. For øvrig regnes det stort sett at leiravsetninger må ligge dypere enn elvenivå. Terrassekråningen ned mot elva fra prestegården og nordøstover langs kirkegården og videre mot nordøst er meget bratt. Det skal derfor lite til av erosjon før skråningen blir ustabil med fare for mindre utglidninger av masse i skråningen. Erosjon kan foregå ved direkte elveerosjon langs bunnen av skråningen eller over tid ved en diffus grunnvannserosjon lenger oppe i skråningen. Målingene antyder at grunnvannsmetningen kan nå opp mot 7 m o.h. under terrassen. Det kan derfor foregå en utstrømning av grunnvann i skråningen mot elva.

### **3.7 Topdal NØ (G33-G35)**

Området dekker avsetninger på østsiden av Topdalselva nord for området Topdal S (Kartbilag 2011.060-09).

Profil G33 i nord er målt oppå en terrasseflate som ligger 30-32 m o.h. i nordøstligste del (pos. 0-275 m) og 27-28 m o.h. fra pos. 375 til 530 m. Derfra skråner profilet ned til en lavereliggende terrasse i nivå 16-18 m o.h. fra pos. 640 m. Profilet er målt langs vegen i området pos. 135-605 m. Fra ca. pos. 170 m i profilet er det mellom profilet og fjellsiden i sørøst en markert bekkenedskjæring (Kalebekken), og bunnen av ravinen ligger ca. 20 m o.h. lengst nordøst og skråner ned mot 5 m o.h. ved pos. 600 m i profilet. Små sideraviner kommer nær inn mot vegen ved pos. 300-325 m og 420-450 m.

Langs de nordøstligste 80 m av profil G33 er dybderekkevidden for georadarsignalene begrenset til rundt 5 m. Lengst nordøst er det mulig at fjelloverflaten ligger grunt, men det kan ikke utelukkes at leire begrenser dybderekkevidden og kan nå opp til et nivå på rundt 25 m o.h. I området pos. 30-80 m er det rett nordvest for profilet en forholdsvis dyp bekkeravine ut mot Topdalselva, og den indikerer betydelig løsmassetykkelse der. Videre langs profilet er det tilsynelatende refleksivitet ned til rundt 20 m o.h. fram til pos. 150 m, 12-15 m o.h. fram til pos. 300 m, rundt 10 m o.h. videre fram til pos. 525 m, 5 m o.h. til pos. 650 m og kan nå ned til under havnivå lengst sørvest. Materialet over regnes å være sanddominerte avsetninger. Ut fra målingene er det vanskelig å avgjøre om det under ligger leire over fjellgrunnen langs hele profilet. Det kan heller ikke utelukkes at det ned mot bunnen av bekkeravinen i sørøst kan opptre leire.

Profil G34 er målt langsetter bekkeravinen fra vegen og sørvestover mot bekkeutløpet og ligger hovedsakelig på et platå rundt 5-6 m o.h. Ut fra dybderekkevidden kan det se ut til å være sanddominerte avsetninger ned til under havnivå stort sett langs hele profilet, og fra pos. 70 m er det refleksjoner ned til under 5 m under havnivå.

Profil G35 er målt på avsetningene sørvest for Kalebekken. Profilet starter ca. 15 m o.h. i nordøst og ender i overkant elvenivå i sørvest. Refleksiviteten er noe variabel langs profilet, men det ser stort sett ut til å være sanddominerte avsetninger ned mot havnivå og stedvis ned til ca. 5 m under.

I profilene på østsiden av Topdalselva er det ikke identifisert noe nivå for grunnvannsmetning i avsetningene. Ut fra indikasjonene på vestsiden av elva er det sannsynlig at grunnvannsmetningen kan ligge betydelig over elvenivå også langs G33, spesielt i nordøstlige del.



### **Vurdering av skredfare.**

Leirmateriale kan ligge over elvenivå i nordøstre del av området (G33 pos. 0-650 m) og kan muligens nå opp til 25 m o.h. lengst nordøst. Stabiliteten og egenskapene til disse mulige leiravsetningene bør undersøkes nærmere. Stabiliteten bør vurderes både for terrasse-skråningen og mindre bekkeraviner ut mot Topdalselva nordvest for profil G33 og for skråningen ned i den dype og store bekkeravinen sørøst for profilet. Bekkeerosjon i bunnen av ravinen kan gjøre ravineskråningene ustabile og kan medføre lokale utglidninger. Grunnvannsmetningen kan ligge høyt i avsetningene og det kan derfor foregå en viss grunnvannserosjon i ravineskråningene og likeså i skråningen mot elva. Dette vil også kunne bidra til ustabile skråninger med mulighet for utglidninger av materiale.

## **4. SAMMENFATNING**

### **4.1 Geologi**

I **Kristiansand** nord for Kvadraturen er det langs vestsiden av Otra indikasjoner på at leiroverflaten kommer nær opp i dagen i nedkant av nordlige del av skråningen ned fra sykehusområdet i vest. Sønnafor når overliggende sanddominerte elve/delta-avsetninger ned til 0-5 m under havnivå og ligger under havnivå ca. 50 m vestover fra elvebredden. Under toppen av skråningen kan leiroverflaten imidlertid ligge opp mot 8-10 m over havnivå. Øst for elva ligger fjelloverflaten trolig grunt i nordlige del av det undersøkte området, mens det i sør er sanddominerte avsetninger ned til 5-10 m under havnivå. Langs vestsiden av Otra i Kvadraturen er det også indikert tilsvarende avsetninger ned til 5-7 m under havnivå. I Marvika er det trolig kun mindre lommer av strandavsetninger med tykkelse 1-3 m over fjell.

I **Torridalen** er toppavsetningene stort sett sanddominerte elve/delta-avsetninger som ligger over antatt finstoffrike bunn-sedimenter (leir-dominerte). Ved Tunga og Skråstad øst for Otra er sandavsetningene bare 1-3 m tykke, og leiroverflaten kan nå opp til henholdsvis 2-4 og 5-8 m over havnivå. Lenger nord ved Hagen er det mer usikkert om og eventuelt hvor høyt over havnivå leiroverflaten kan ligge. Langs vestsiden av Otra ved Øvre Stray ser det ut til at sandavsetningene stort sett når ned til 0-5 m under havnivå. Det kan se ut som grunnvannsnivå ligger 8-11 m o.h. vest i avsetningene, mens den på nedre flate mot elva ligger under 3 m o.h. Ved Mosby er det langs vestsiden av Otra registrert sanddominert materiale ned til 5-10 m under havnivå i nordlige del og 0-5 m under havnivå i søndre del av området, men vestover i avsetningene kan finstoffmateriale komme opp til 2-3 m under havnivå. Ved Haus øst for elva ved Mosby er avsetningene også stort sett sanddominerte ned til under havnivå.

I **Topdalen** er løsmassene stort sett av tilsvarende karakter som i Torridalen, men deler av avsetningene er sannsynligvis avsatt med smeltevann fra en nærliggende brefront ved slutten av siste istid. Dette gjelder spesielt området Dønnestadmoen som strekker seg sørøstover øst for Topdalselva. Ved vestenden av moen danner avsetningene en ryggform med noe kaotisk refleksivitet som tyder på variabel materialsammensetning, mens det lenger inn på moen er registrert markert deltaskråning med fall mot østsørøst. Moen ligger 30-32 m o.h., og grunnvannsnivået ser ut til å ligge få meter under overflaten (28-30 m o.h.). Grunnvannet dreneres ut mot Topdalselva gjennom en dypt erodert bekkeravine. Det er ikke fastlagt om disse smeltevannsavsetningene ligger direkte på fjell eller om det kan opptre finstoffmateriale (leire) over fjelloverflaten. Nær elvebredden på motsatt side av elva er det sanddominerte avsetninger ned til rundt havnivå, men nordvestover ved Ryen kan leiroverflaten ligge fra 0 til 5 m over havnivå. Mens terrasseoverflaten der er 14-15 m o.h., kan grunnvannsmetningen nå

opp til ca. 10 m o.h. Nordafor like sørøst for Kalkberget er det en smal terrasseflate i nivå 30-32 m o.h., mens fjelloverflaten skråner bratt ned mot elva. Avsetningene synes å være forholdsvis finstoffrike, og det kan ikke utelukkes at det fra 4-6 meters dyp kan opptre leire.

Lenger nord, i området rundt Tveit kirke, er det stort sett indikert sanddominerte avsetninger ned til rundt havnivå, men i et mindre område nord for kirken kan leiroverflaten nå opp til rundt 5 m o.h. under terrasseflaten som ligger 13-14 m o.h. Nær horisontale reflektorer i sandavsetningene tyder på forholdsvis finkornig materiale. Et antydte grunnvannsnivå ca. 7 m o.h. under terrassen nær skråningen mot elva tyder også på dette.

I området øst for elva ved Karlsmoen ligger terrasseoverflaten i nordlige del 27-32 m o.h. og den avgrenses mot nordvest av høy brattskråning mot elva og mot sørøst av brattskråning mot bekkeravine med kraftig økning i erosjonsdyp langs ravinen mot sørvest. Ut fra dybderekkevidden kan finstoffmateriale (leire) nå opp til et nivå rundt 25 m o.h. lengst nordøst og synkende til nær havnivå ca. 700 m mot sørvest. Under lavere terrasseflater videre mot sørvest er det indikert sanddominerte avsetninger ned til rundt havnivå eller dypere.

## 4.2 Vurdering av skredfare

I **Kristiansand** bør det langs vestsiden av Otra gjøres oppfølgende vurderinger av stabiliteten langs nordlige del av terrasseskråningen ned fra sykehusområdet. Under selve sykehusområdet og også området sønnafor kan leiroverflaten ligge forholdsvis grunt og kan lokalt gi ustabile forhold i forbindelse med fundamentering. For øvrig er det i de undersøkte områdene i Kristiansand by ikke indikert fare for større skred eller utglidninger.

I **Torridal** bør stabiliteten ut mot østbredden av Otra vurderes nærmere ved Tunga, Skråstad og muligens ved Hagen da leiroverflaten der ligger over elvenivå. Ved Øvre Stray på vestsiden av Otra regnes avsetningene å være stabile nær elva, men høyt grunnvannsnivå vest i avsetningene kan medføre høyt porevannstrykk med mulig grunnvannserosjon langs skråning mot lavere terrassenivå i øst. Lenger nord er det ved Mosby og Haus ikke indikert masser som skulle tilsi fare for større skred eller utglidninger.

I **Topdal** kan det i søndre del av det undersøkte området ikke utelukkes at overflate av leire kan nå høyere enn elvenivå, både i deler av området vest for elva ved Ryen og øst for elva under avsetningene ved vestenden av Dønnestadmoen. Nivået og stabiliteten av eventuell leire bør vurderes nærmere. Stabiliteten under høytliggende terrasse (30 m o.h.) ut mot elveskråning sørøst for Kalkberget er usikker, da det ikke kan utelukkes at det ligger leire mellom overliggende sand og fjelloverflaten. I et mindre område nord for Tveit kirke kan leiroverflaten nå opp til 5 m over havnivå, og stabiliteten på avsetningene bør vurderes nærmere da eventuelle utglidninger/skred i massene kan skje mot bekkeløp i sørvest. Øst for Topdalselva ligger leiroverflaten trolig forholdsvis høyt over elvenivå ved Karlsmoen lengst nordøst i det undersøkte området og stabiliteten bør også vurderes nærmere der.

Det bør gjøres en nærmere vurdering av stabilitet av bratte løsmasseskråninger, både mot Topdalselva og mot bekkeløp, og det bør eventuelt gjøres sikringstiltak. Både direkte elve/bekke-erosjon og grunnvannsutstrømning i skråningene kan medføre lokale utrasninger. Dette gjelder i særlig grad langs bekkeravinen som drenerer Dønnestadmoen ut mot Topdalselva, men også terrasseskråningen mot elva ved Tveit kirke og skråningen både mot elva og stor bekkeravine ved Karlsmoen. Også ved Ryen kan det være en erosjon langs skråningen mot elva.

## Kartkoordinater for georadarprofiler målt i november 2010 i Kristiansand kommune.

UTM-koordinater (WGS84, sone 32) er bestemt med håndholdt GPS-mottaker eller beregnet fra kart i målestokk 1:5 000 (merket med \*).

### Kristianasand - Torridal (G1 – G26)

G1-G16: Målt 1. nov., G17-G26: Målt 2. nov.

Profil x posisjon	UTM-N (m)	UTM-E (m)
G1x0*	6447302	440302
G1x149	6447297	440450
G1x262*	6447407	440420
G1x307*	6447449	440428
G1x383*	6447520	440403
G1x766*	6447777	440126
G2x0	6447735	440167
G2x82	6447654	440170
G3x0*	6447520	440403
G3x173*	6447560	440245
G4x0	6447524	440350
G4x240	6447292	440409
G5x0	6447288	440309
G5x214	6447160	440475
G5x366,5	6447010	440506
G6x0	6447160	440475
G6x142,5	6447297	440450
G7x0	6446507	441047
G7x342,5	6446767	440866
G8x0	6446699	440870
G8x168*	6446785	441000
G8x816,5	6447319	440637
G9x0	6447221	440675
G9x82,5	6447248	440743
G10x0*	6446626	441148
G10x183,5*	6446530	440995
G11x0*	6450745	437890
G11x134*	6450623	437936
G12x0	6450672	437909
G12x158,5	6450744	438055
G13x0*	6450392	438127
G13x171*	6450280	438257
G13x389*	6450115	438395
G14x0*	6450280	438257
G14x125*	6450398	438300
G14x176*	6450387	438348

G15x0*	6452045	437425
G15x150*	6452194	437400
G15x418*	6452410	437250
G15x600*	6452576	437167
G15x794,5*	6452764	437187
G16x0*	6452410	437250
G16x110*	6452490	437320
G16x226*	6452490	437434
G17x0*	6453707	437310
G17x338,5*	6453390	437200
G18x0*	6453538	437245
G18x30*	6453530	437274
G18x150*	6453420	437233
G18x200*	6453408	437275
G18x281,5*	6453475	437320
G19x0*	6453580	436915
G19x60*	6453536	436957
G19x184*	6453517	437085
G19x508,5*	6453815	437212
G20x0*	6453375	436830
G20x140*	6453325	436960
G20x651,5*	6452808	436945
G21x0*	6453122	436810
G21x315,5*	6453119	437125
G22x0*	6451725	437168
G22x125*	6451610	437215
G22x310*	6451618	437405
G23x0*	6451617	437380
G23x429,5*	6452040	437295
G24x0*	6446165	440985
G24x300*	6445931	441175
G24x623*	6445739	441425
G25x0*	6445843	441276
G25x48*	6445810	441248
G25x121*	6445856	441189
G25x166*	6445890	441215
G26x0*	6445948	443115
G26x225*	6445745	443020
G26x250*	6445725	443037
G26x400*	6445758	443185
G26x507*	6445735	443285

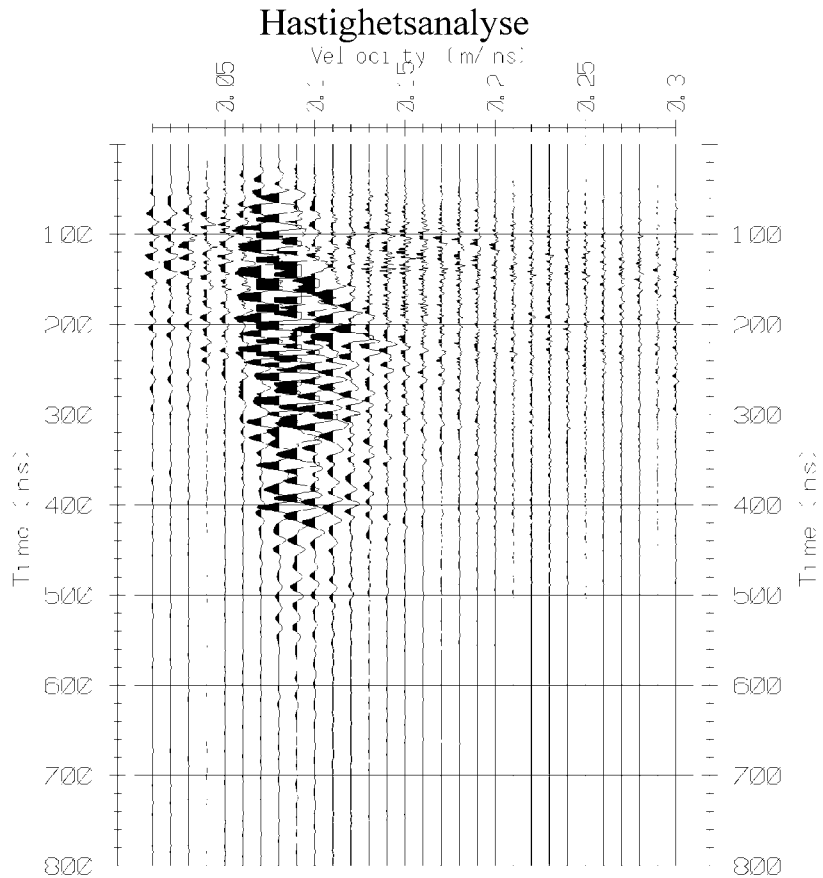
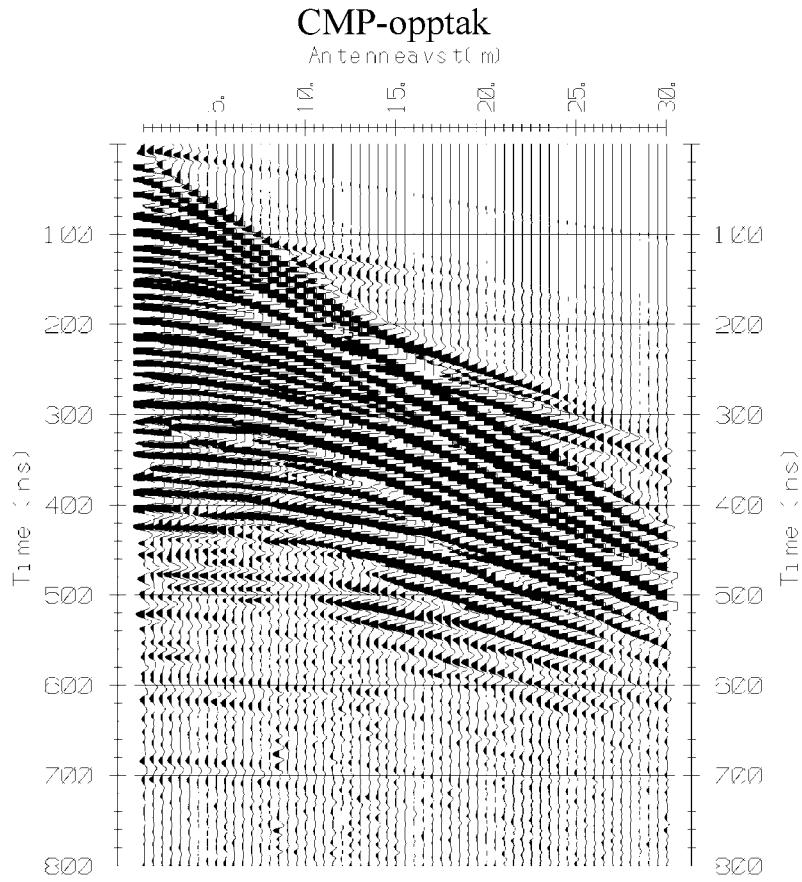
**Topdal (G27 – G47, CMP1)**

G27: Målt 2. nov., G28-G40: Målt 3. nov., G41-G47 og CMP1: Målt 4. nov.

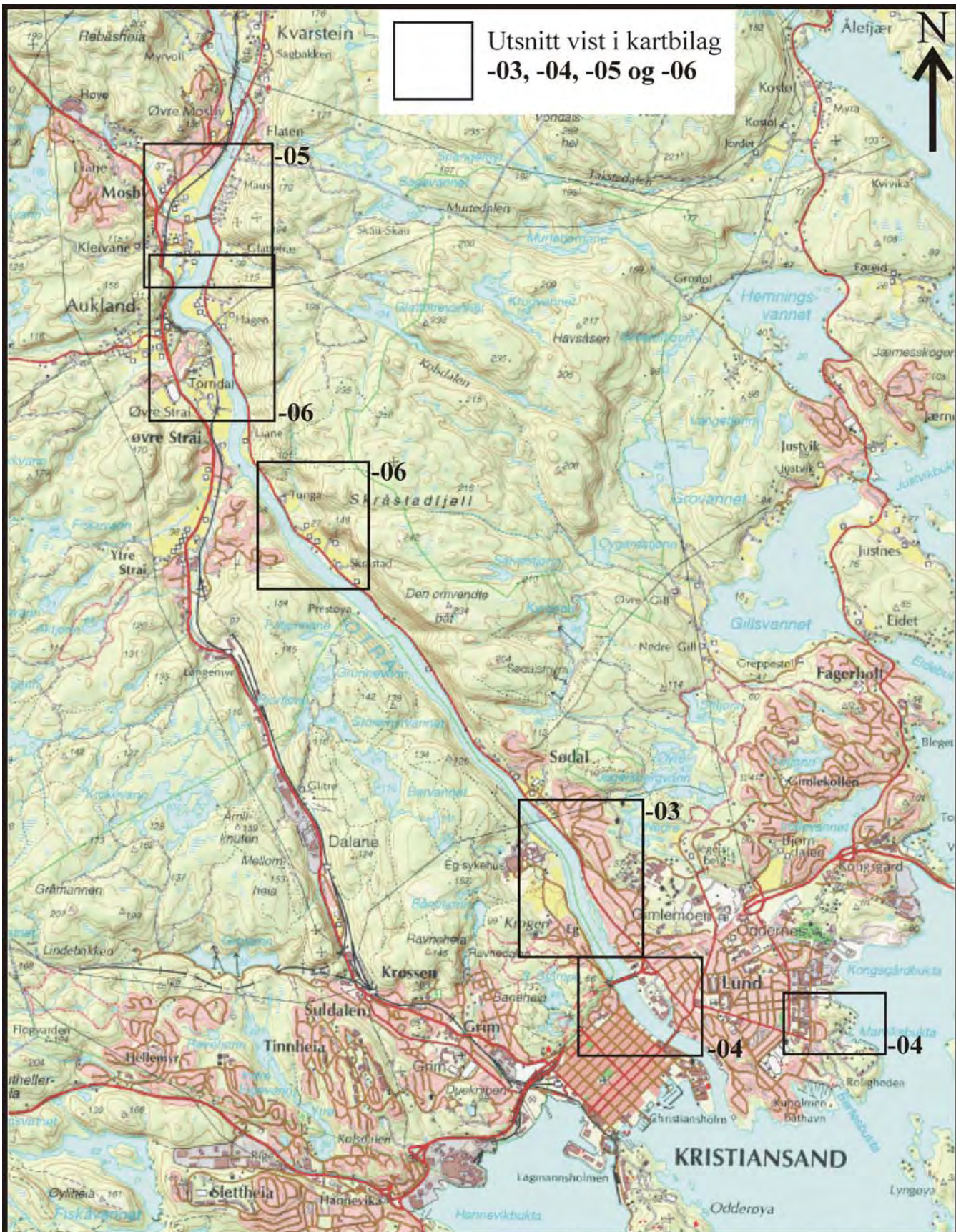
<b>Profil x posisjon</b>	<b>UTM-N (m)</b>	<b>UTM-E (m)</b>
G27x0*	6453320	448155
G27x275*	6453046	448147
G27x354*	6452986	448197
G27x450*	6452944	448281
G27x500*	6452897	448301
G27x550*	6452864	448270
G27x948,5*	6452791	447878
G28x0*	6453008	447845
G28x101*	6453095	447893
G28x465*	6453359	447646
G28x758*	6453638	447710
G28x1000*	6453843	447825
G28x1086*	6453842	447900
G29x0*	6453845	447822
G29x145*	6453990	447838
G29x180*	6454007	447871
G29x234,5*	6453967	447917
G30x0*	6454021	447890
G30x100*	6454096	447955
G30x260*	6454239	448022
G30x471,5*	6454132	448120
G31x0*	6454220	448017
G31x45*	6454180	448037
G31x154,5*	6454087	447983
G32x0*	6454094	448027
G32x36,5*	6454115	448002
G33x0	6454640	449008
G33x135*	6454527	448930
G33x606*	6454227	448573
G33x797	6454179	448389
G34x0*	6454170	448494
G34x144*	6454125	448357
G34x164*	6454143	448347
G34x273	6454088	448253
G35x0	6453993	448350
G35x101	6454040	448260
G35x267	6453904	448169
G35x300	6453903	448136
G35x529,5	6453750	447966
G36x0	6453505	448112
G36x200,5	6453313	448053

G37x0	6453140	448137
G37x40	6453135	448097
G37x148	6453025	448098
G37x249	6452942	448159
G37x328	6452966	448237
G38x0	6452952	448286
G38x336	6452711	448513
G39x0	6452859	448394
G39x153*	6452846	448242
G39x199	6452888	448231
G39x225,5	6452904	448209
G40x0	6452720	448276
G40x278	6452901	448066
G41x0*	6454508	448132
G41x210*	6454620	448294
G41x459,5*	6454402	448392
G42x0*	6454424	448380
G42x68*	6454390	448320
G43x0*	6454415	448398
G43x62*	6454448	448448
G43x330	6454649	448619
G44x0	6454609	448586
G44x172	6454697	448443
G45x0	6454837	448615
G45x395,5	6454540	448350
G46x0	6454389	448311
G46x100	6454340	448229
G46x173	6454268	448238
G47x0	6454268	448238
G47x202,5	6454400	448389
CMP1	6453936	448191

# Kristiansand, Topdal, CMP1, lokalisert ved pos. 230 m i G35







NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE

OVERSIKTSKART

# KRISTIANSAND - TORRIDAL

KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT JFT

NOV. 2010

TEGN JFT

NOV. 2011

TRAC

KFR

KARTBILAG NR  
2011.060-01

KARTBLAD NR  
1511 III





Utsnitt vist i kartbilag  
-07, -08 og -09



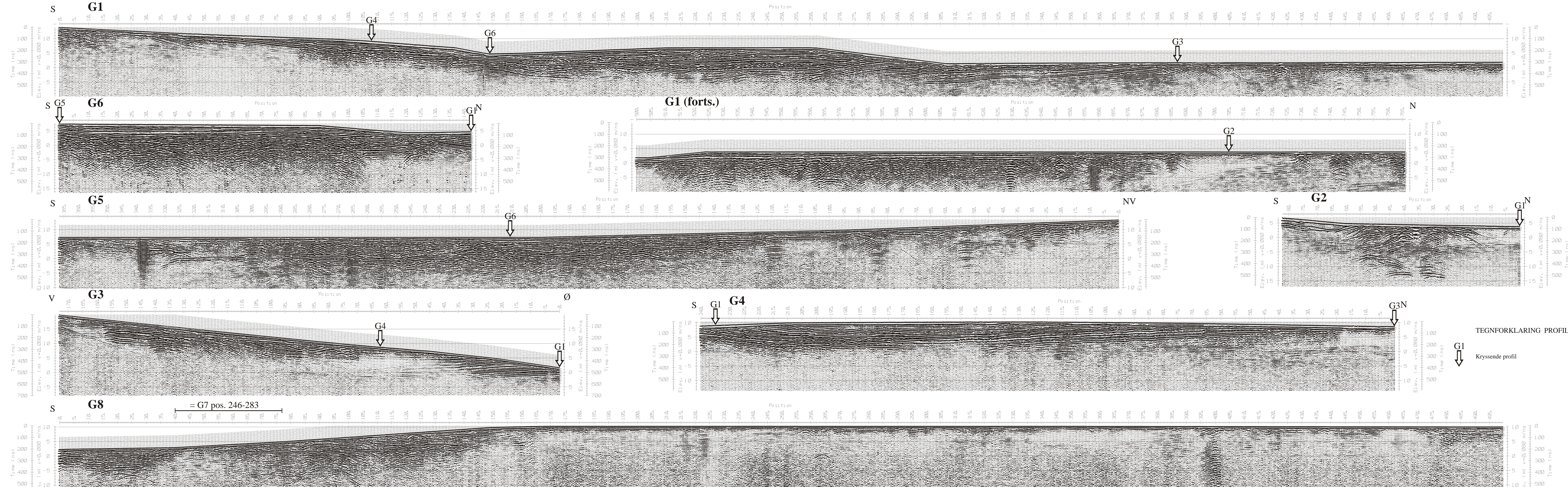
NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE  
OVERSIKTSKART  
**TOPDAL**  
KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

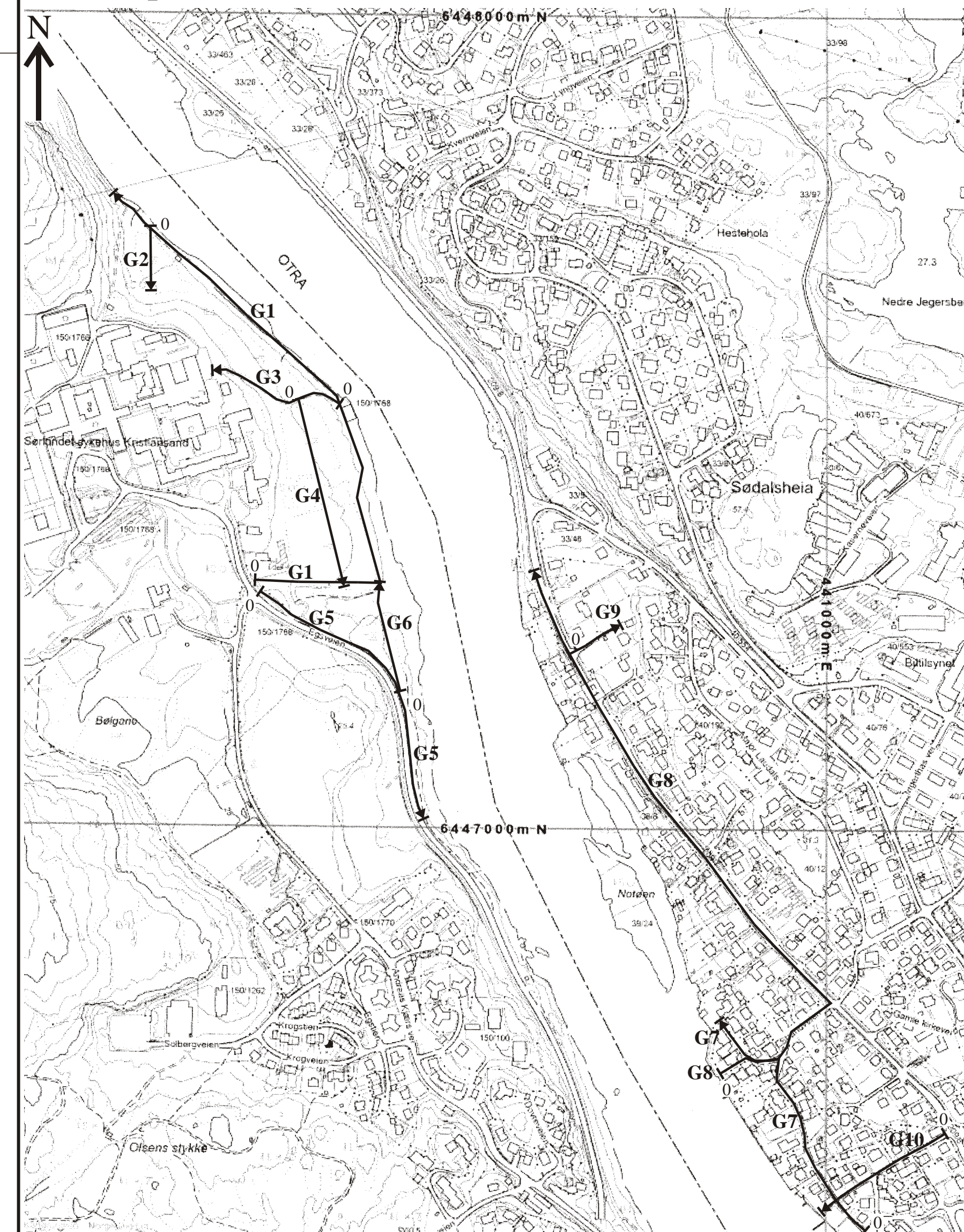
MÅLESTOKK  1:50 000	MÅLT JFT	NOV. 2010
	TEGN JFT	NOV. 2011
	TRAC	
	KFR	

KARTBILAG NR 2011.060-02	KARTBLAD NR 1511 II
-----------------------------	------------------------





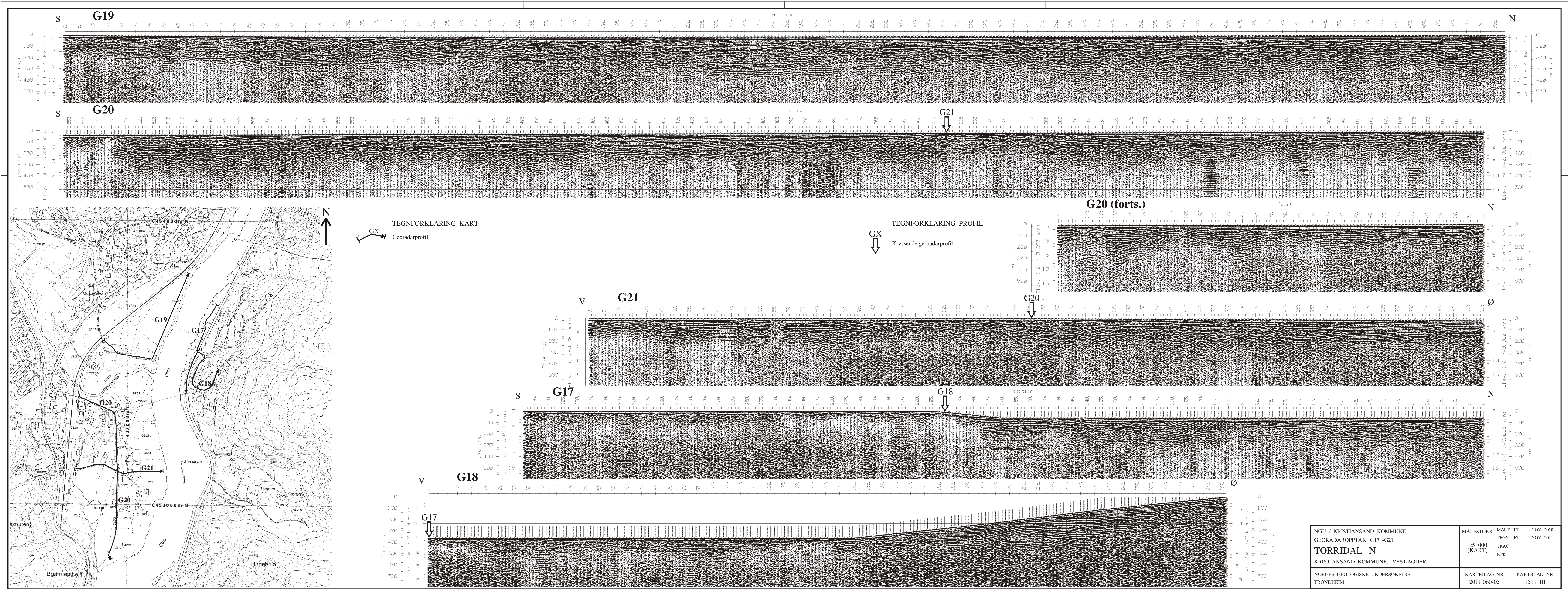
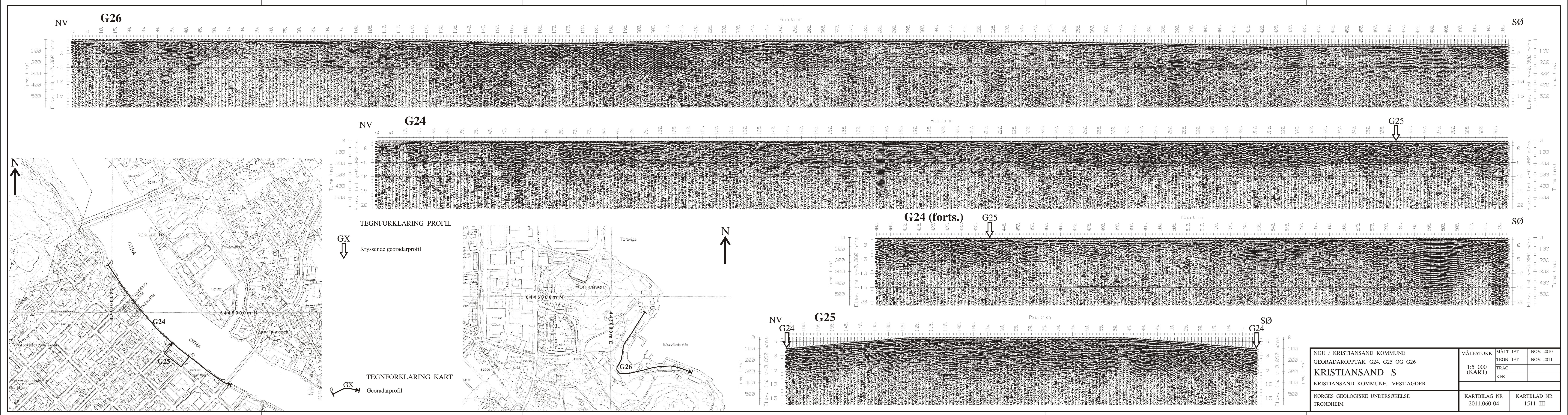
TEGNFORKLARING PROFIL  
 ↓ G1  
 Kryssende profil



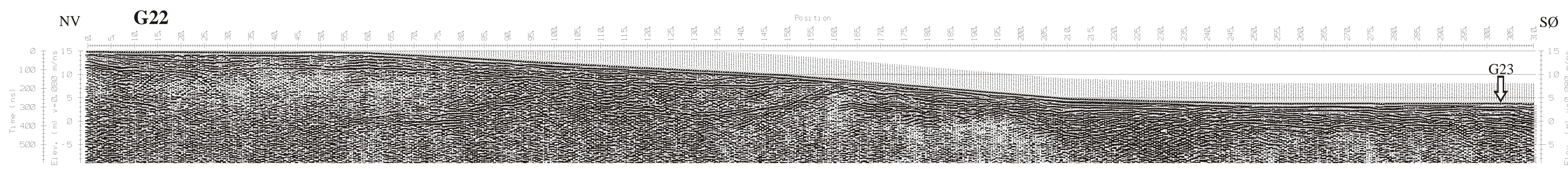
TEGNFORKLARING KART  
 ↓ GX  
 Georadarprofil

NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK G1 - G10 <b>KRISTIANSAND N</b> KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TRAC KFR	NOV. 2010 NOV. 2011
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAD NR 2011.060-03	KARTBLAD NR 1511 III

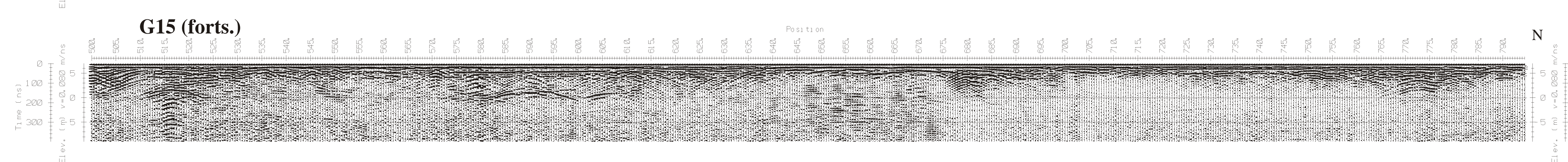
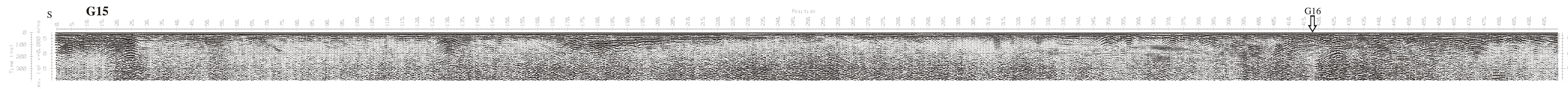
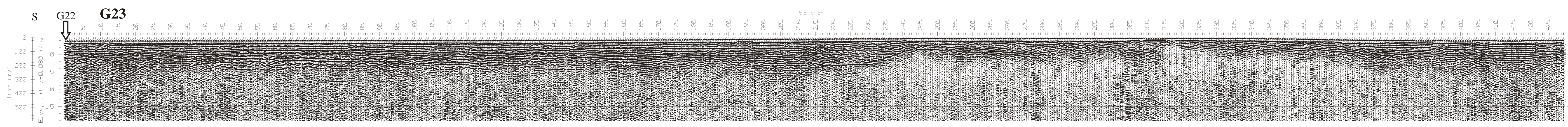




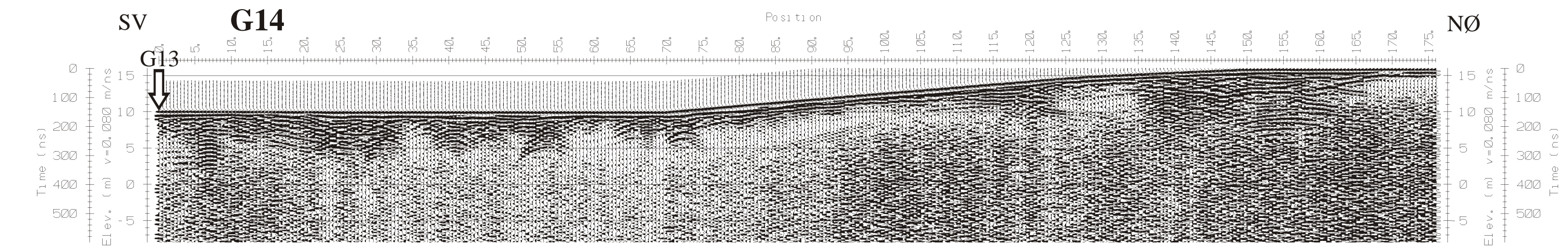
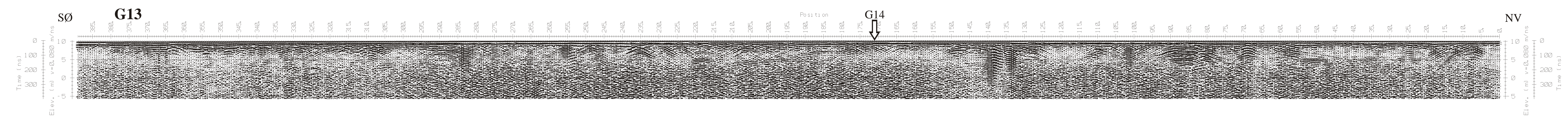
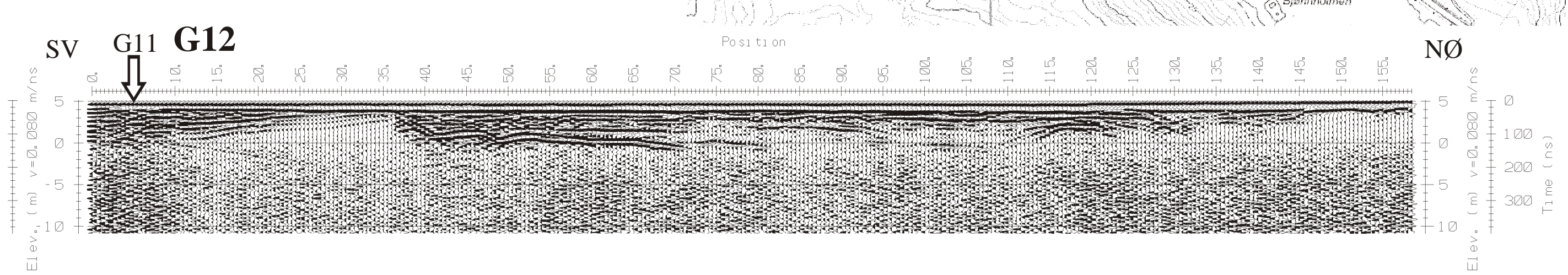
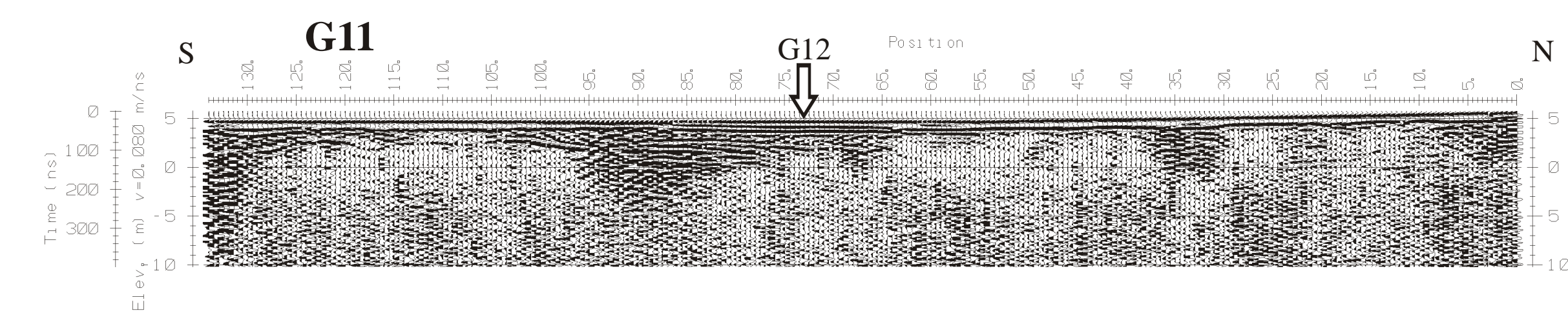
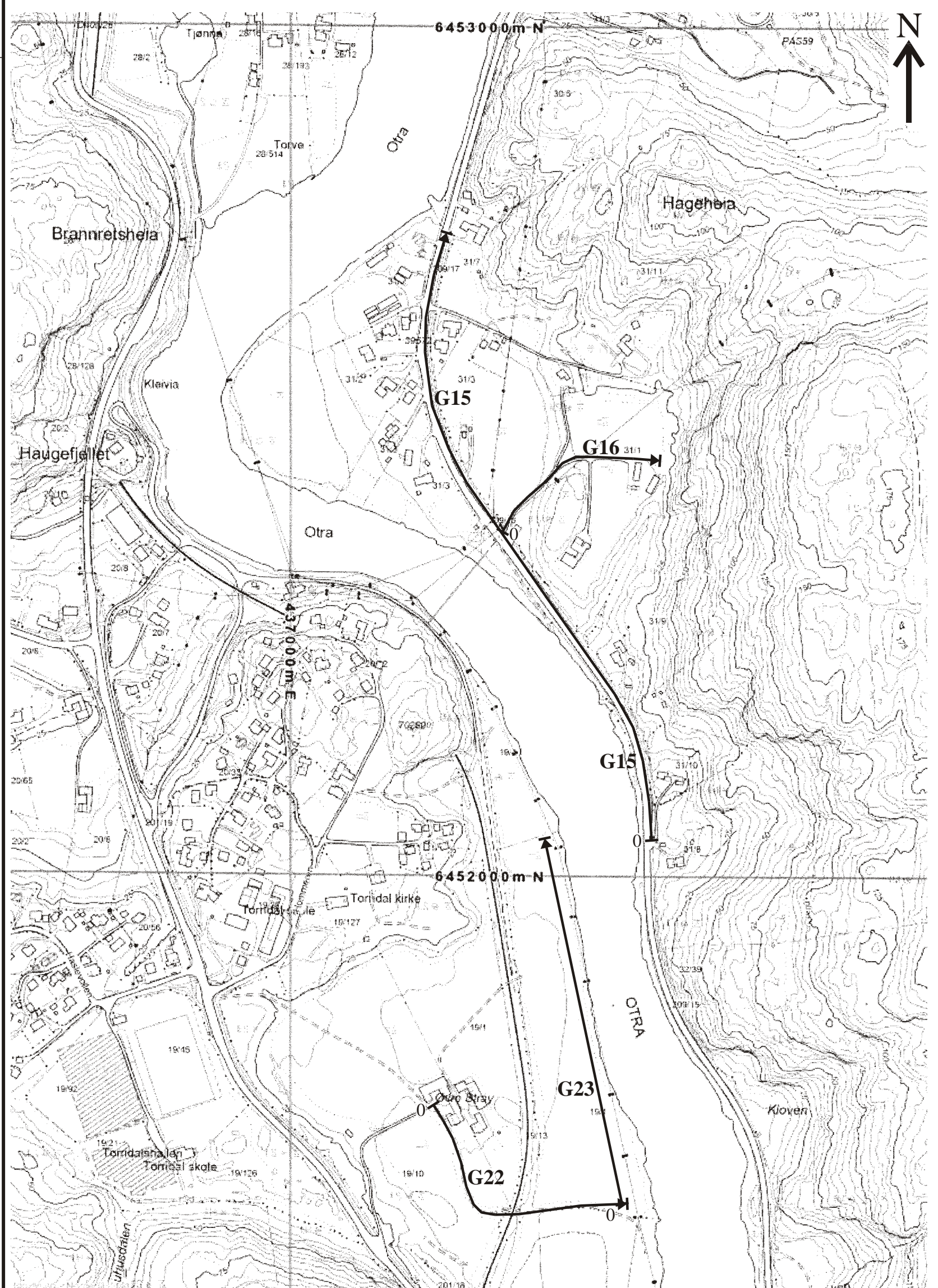
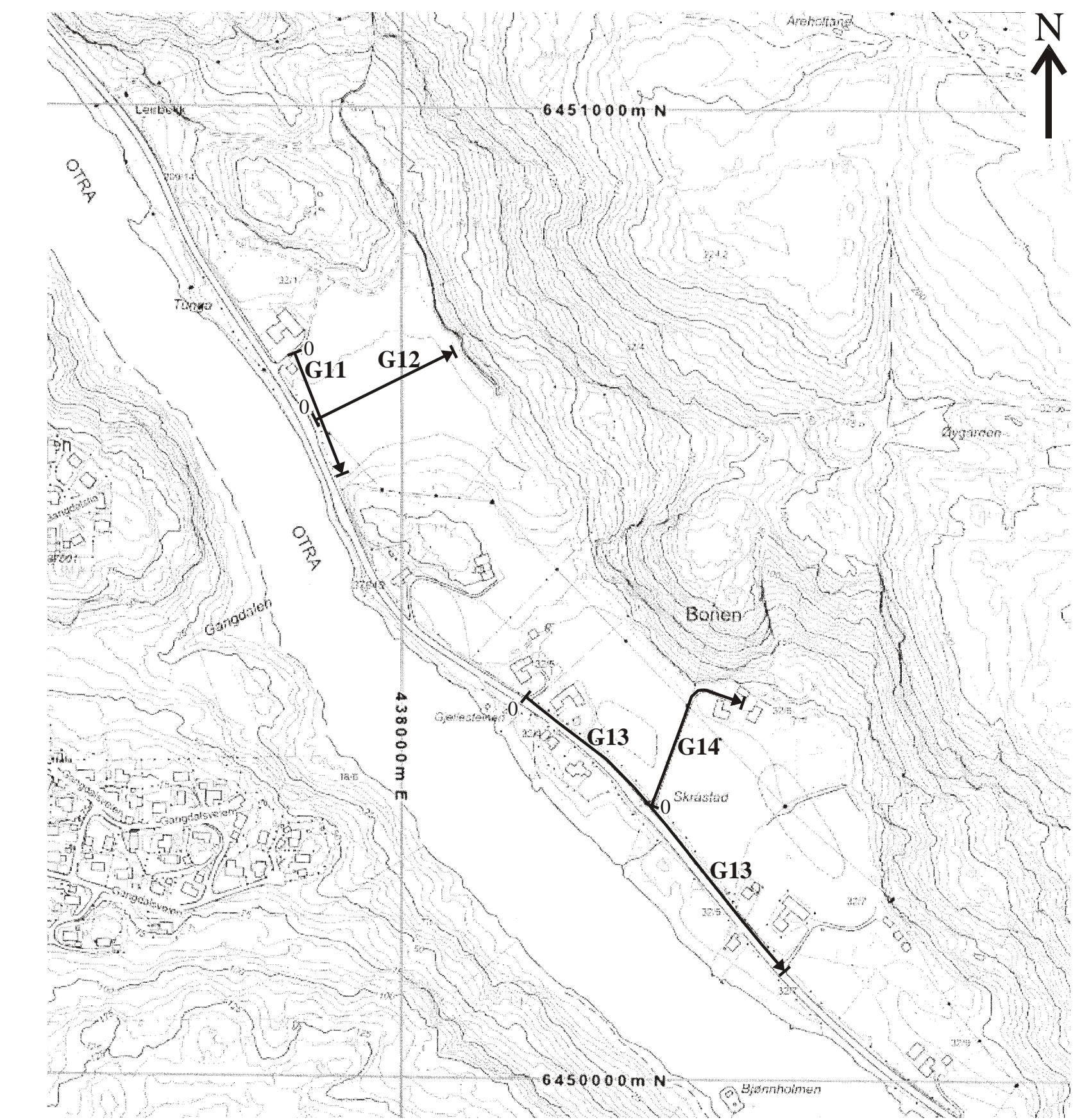
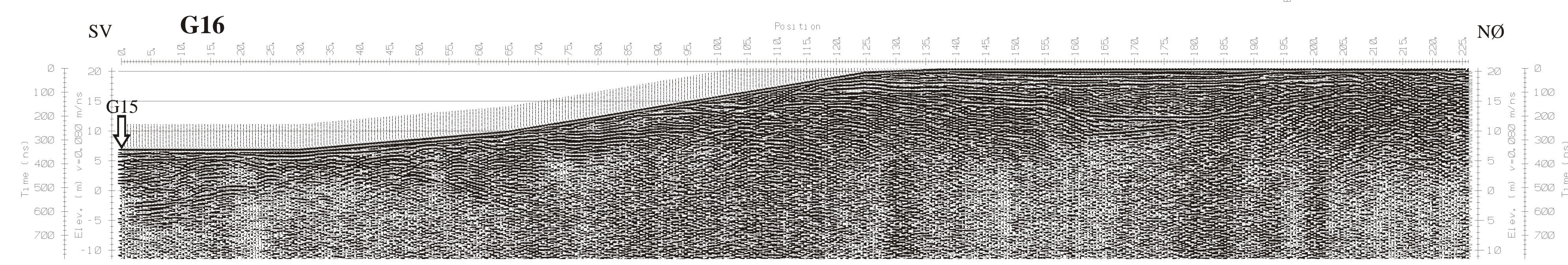




TEGNFORKLARING PROFIL  
GX  
Kryssende georadarprofil

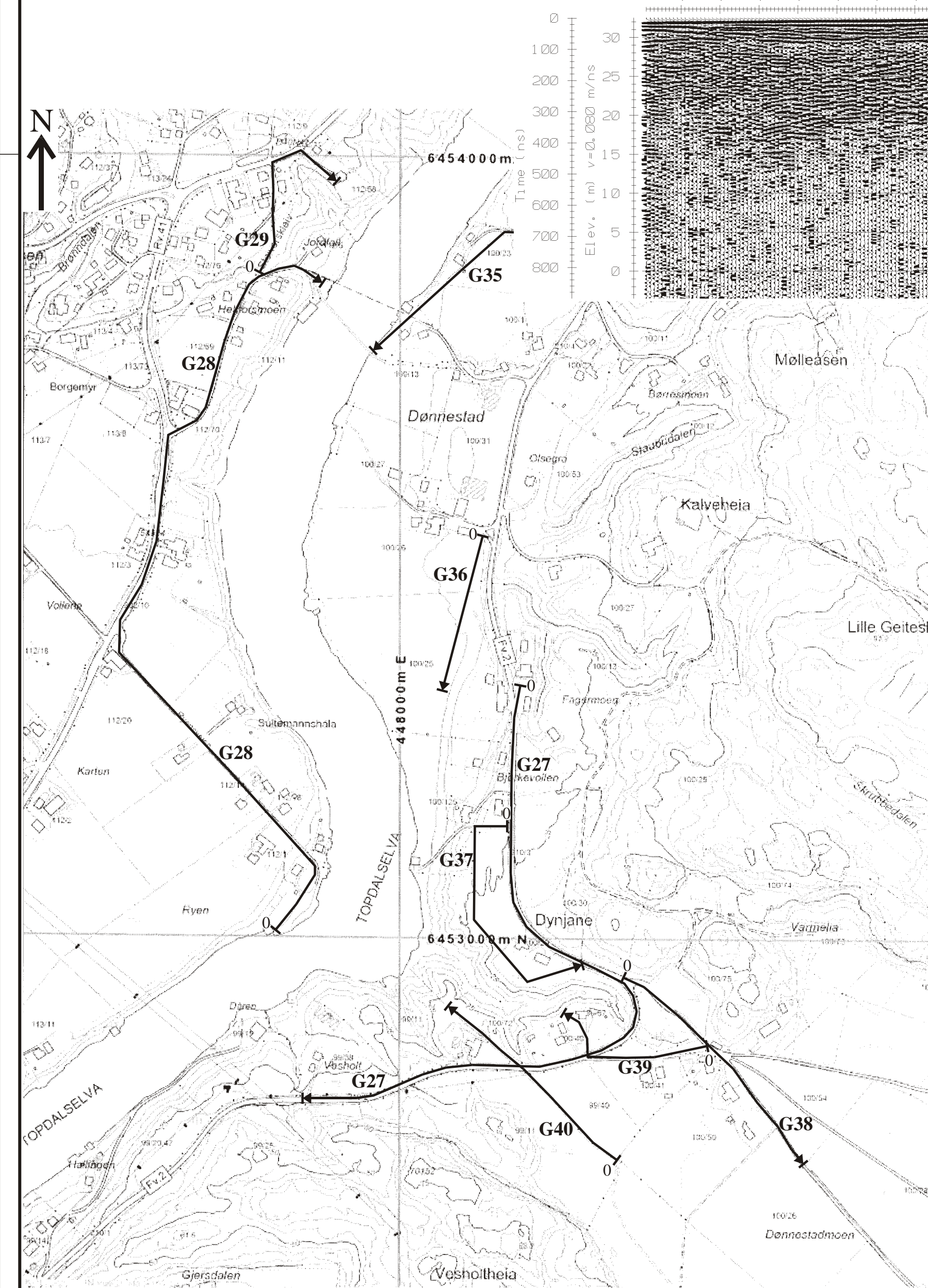
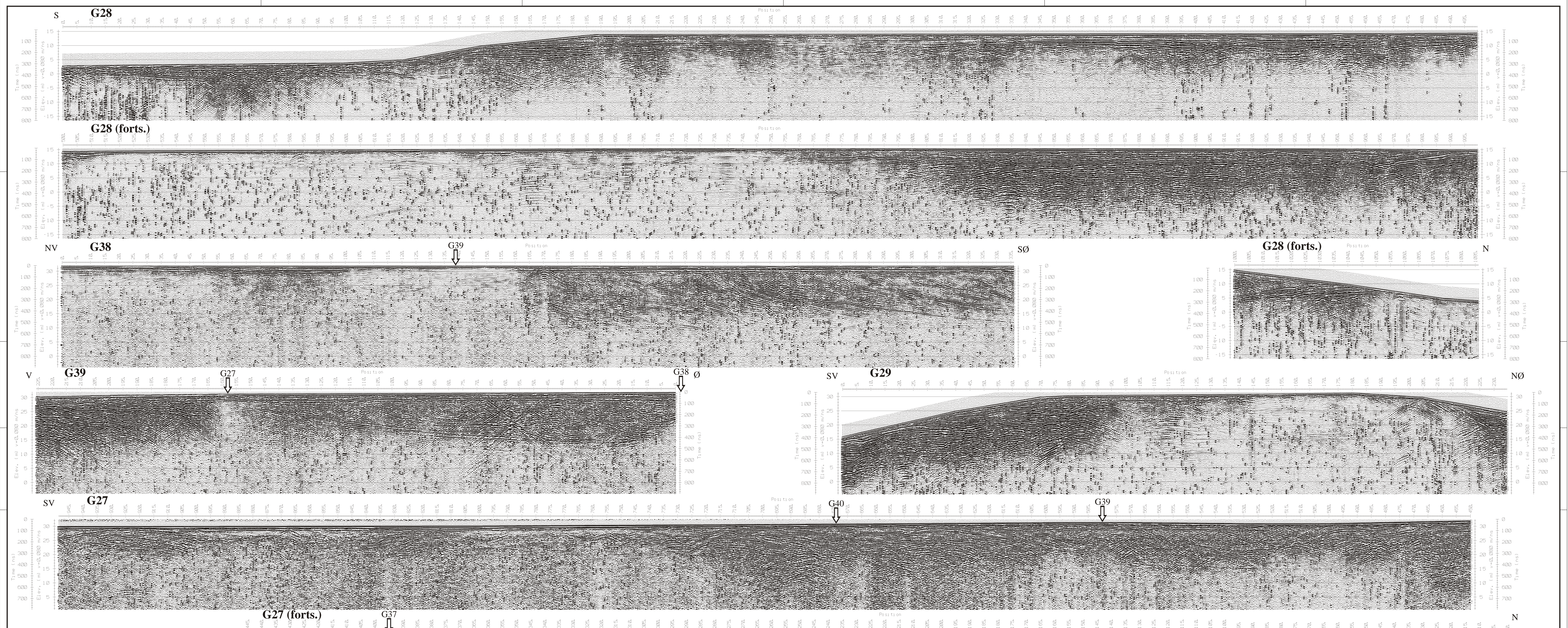


TEGNFORKLARING KART  
GX  
Georadarprofil

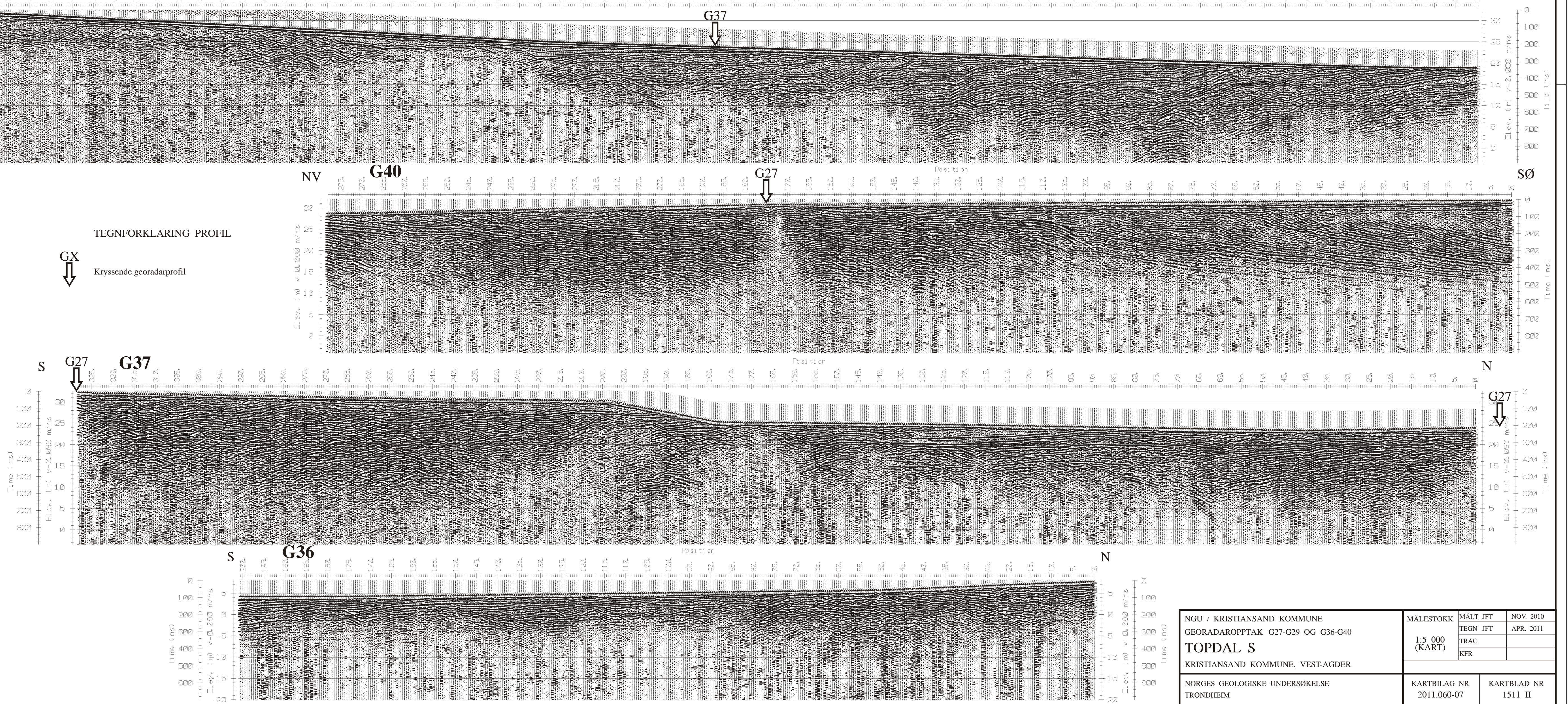


NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK G11 - G16 OG G22 - G23 <b>TORRIDAL S</b> KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	NOV. 2010
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	NOV. 2011
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
2011.060-06	2011.060-06		1511 III





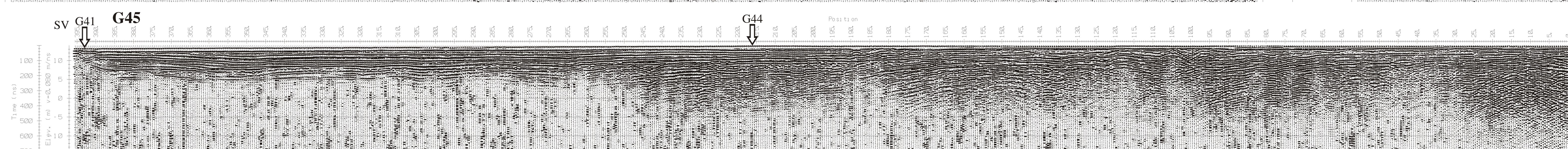
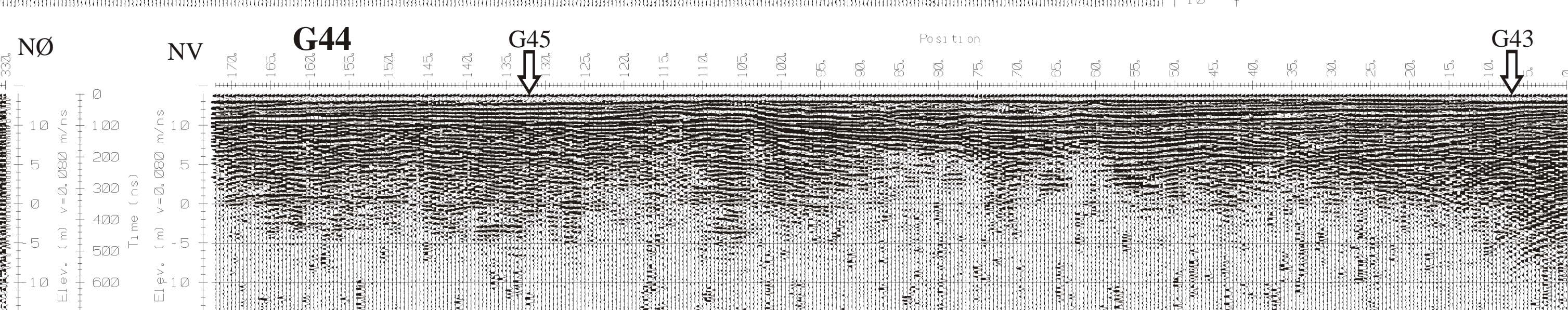
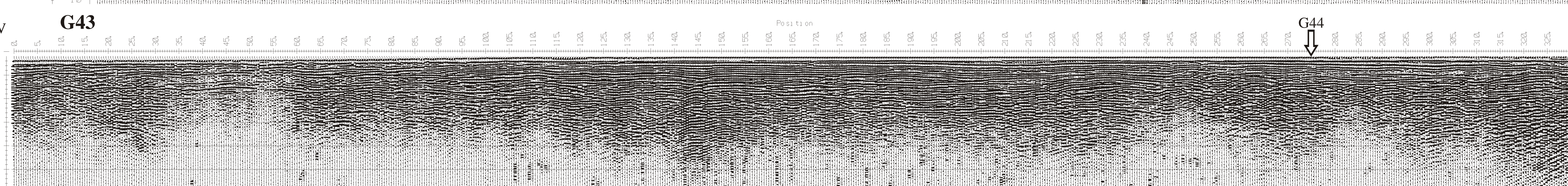
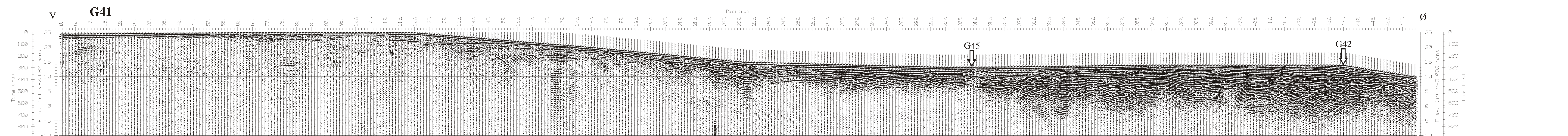
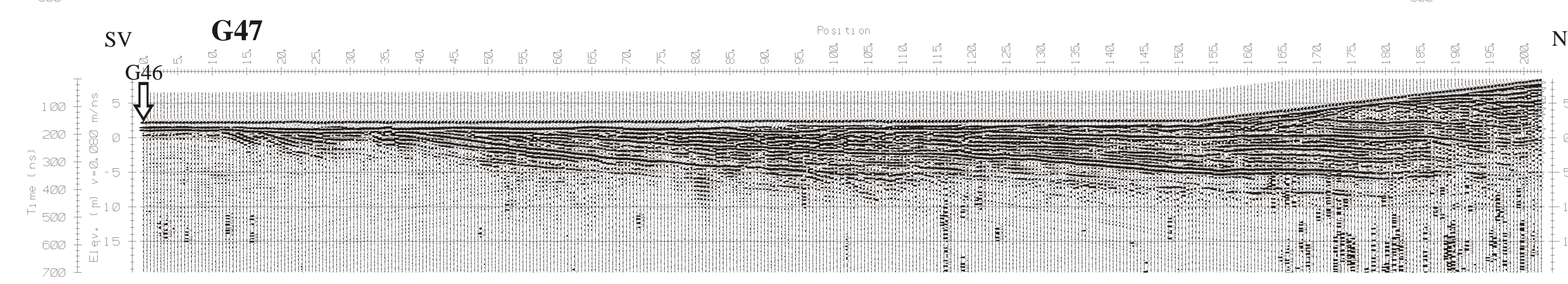
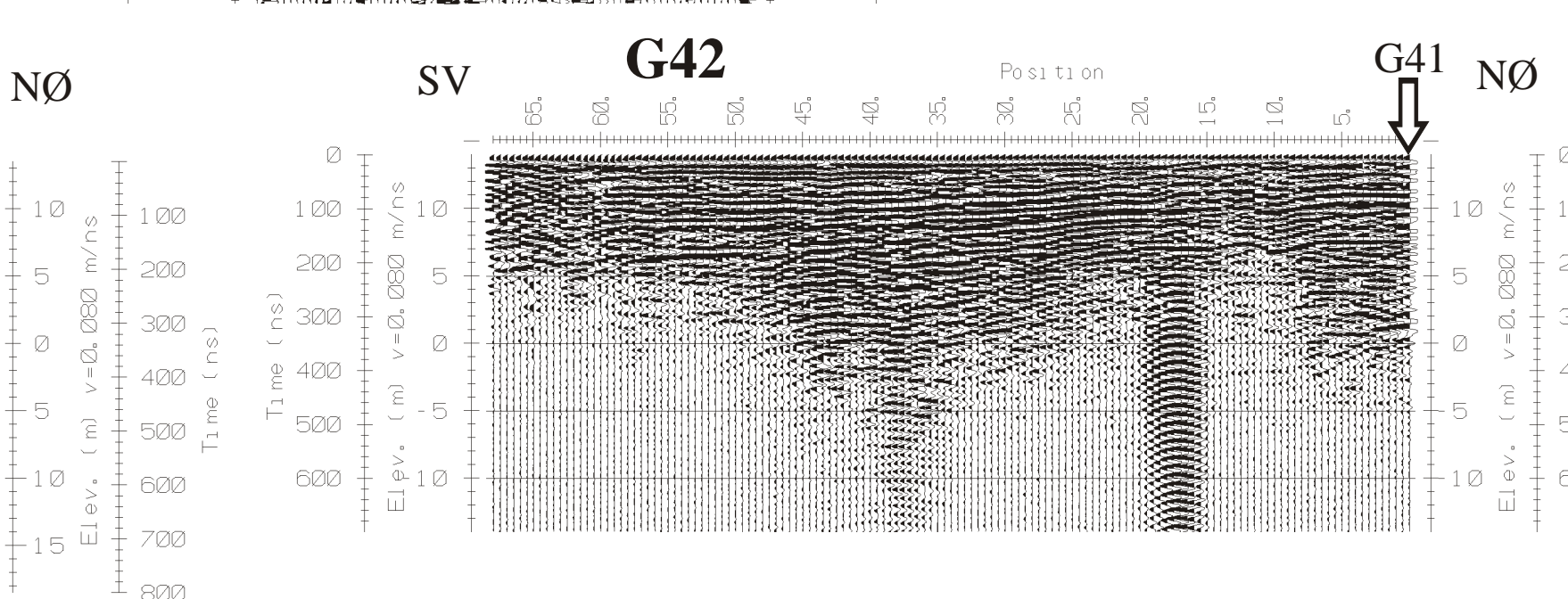
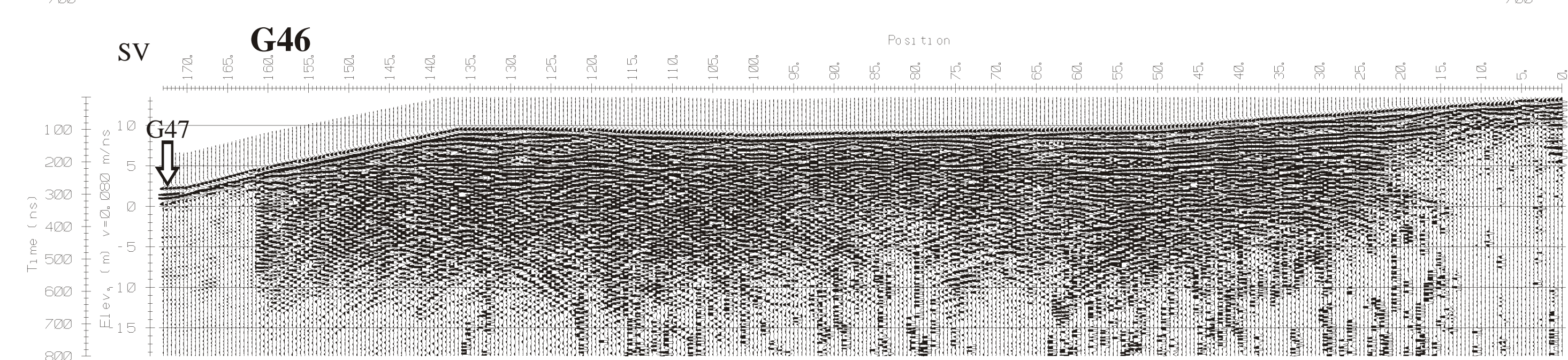
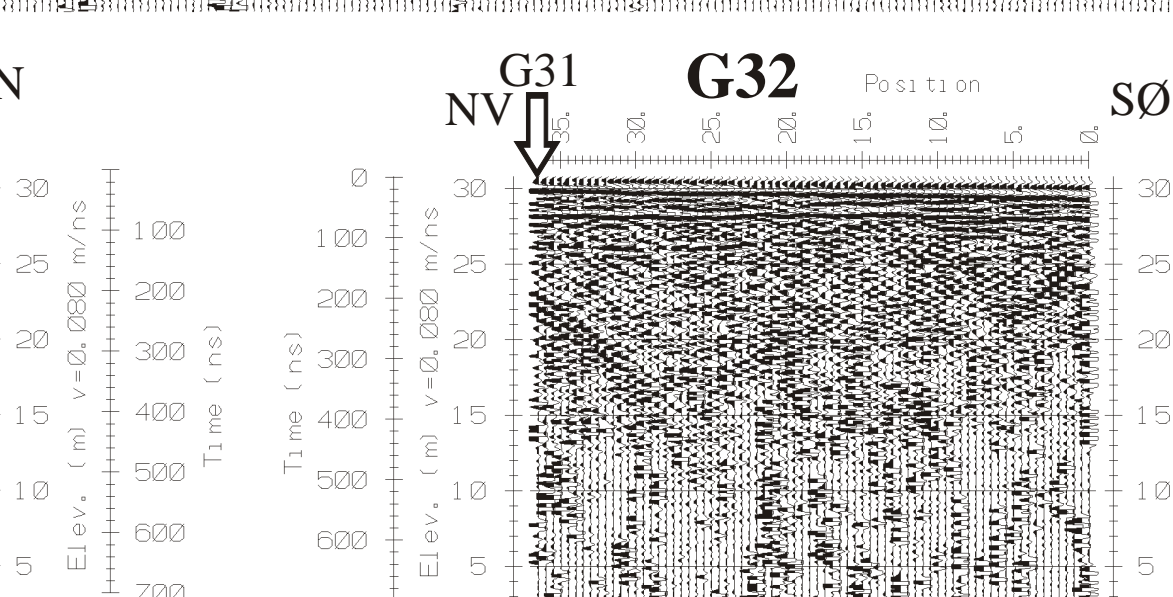
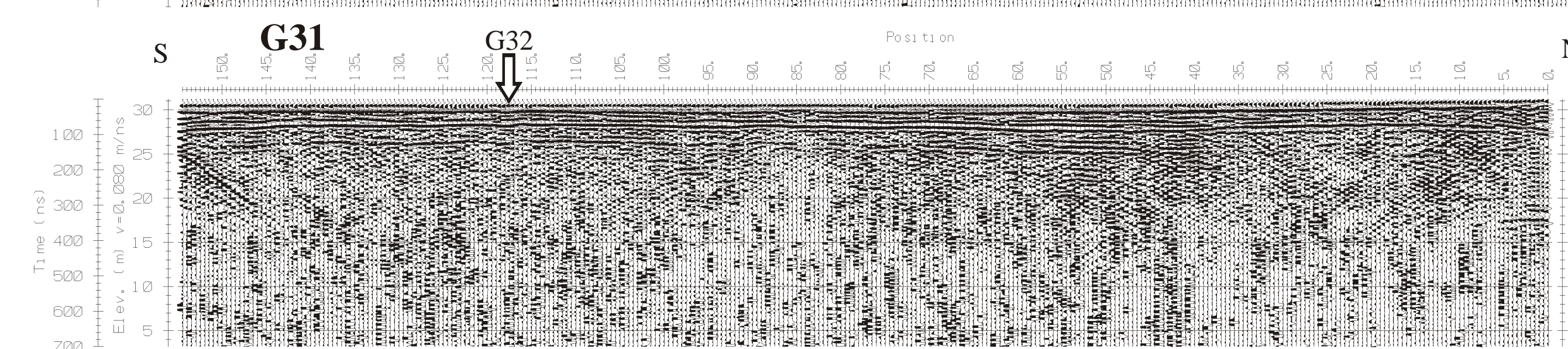
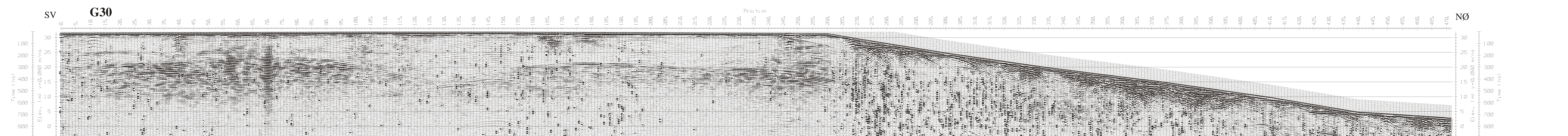
TEGNFORKLARING KART  
Georadarprofil



TEGNFORKLARING PROFIL  
Kryssende georadarprofil

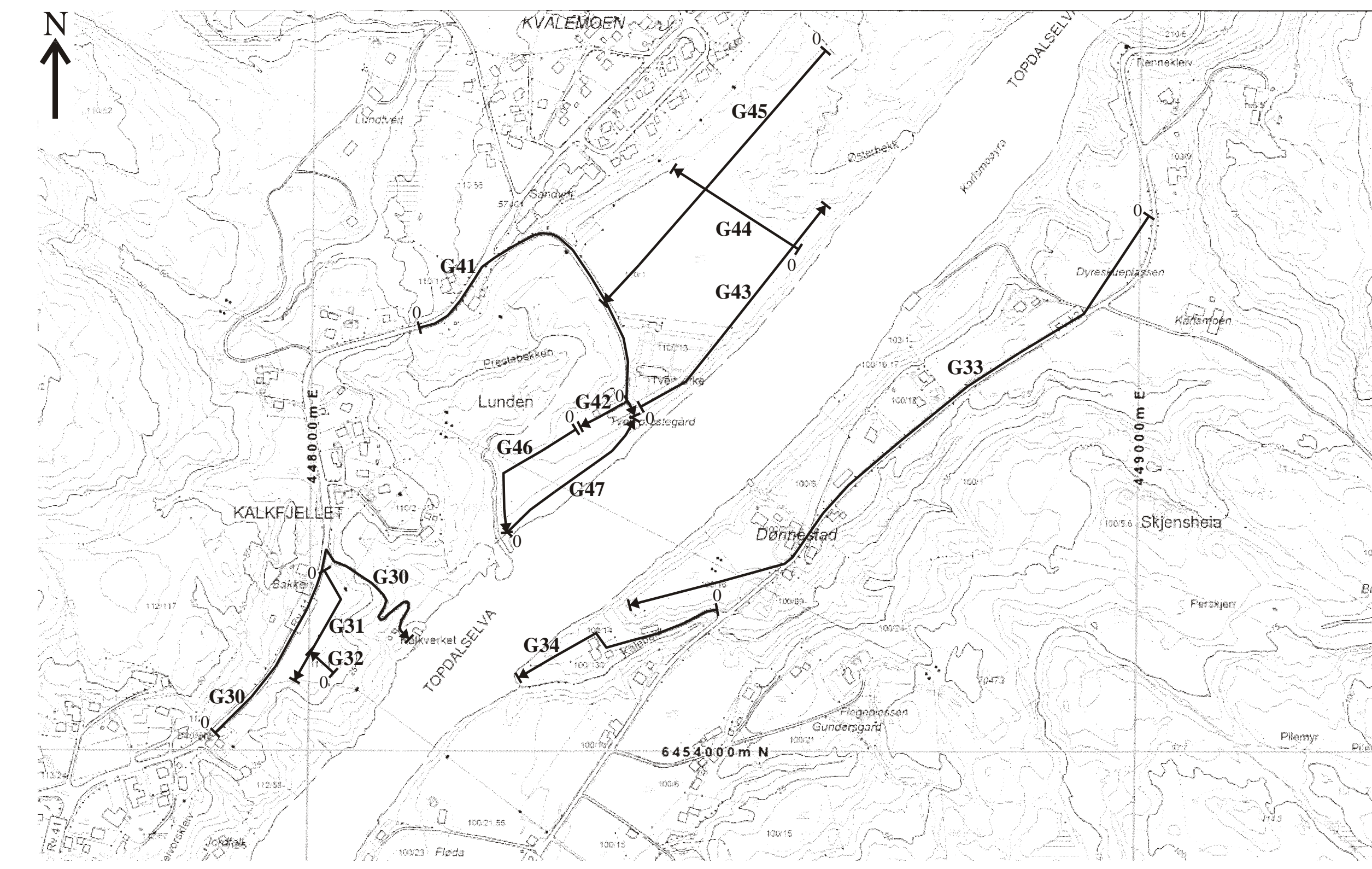
NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK G27-G29 OG G36-G40 <b>TOPDAL S</b> KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM		MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFF TEGN JFF TRAC KFR	NOV. 2010 APR. 2011
KARTBLAG NR 2011.060-07		KARTBLAD NR 1511 II		





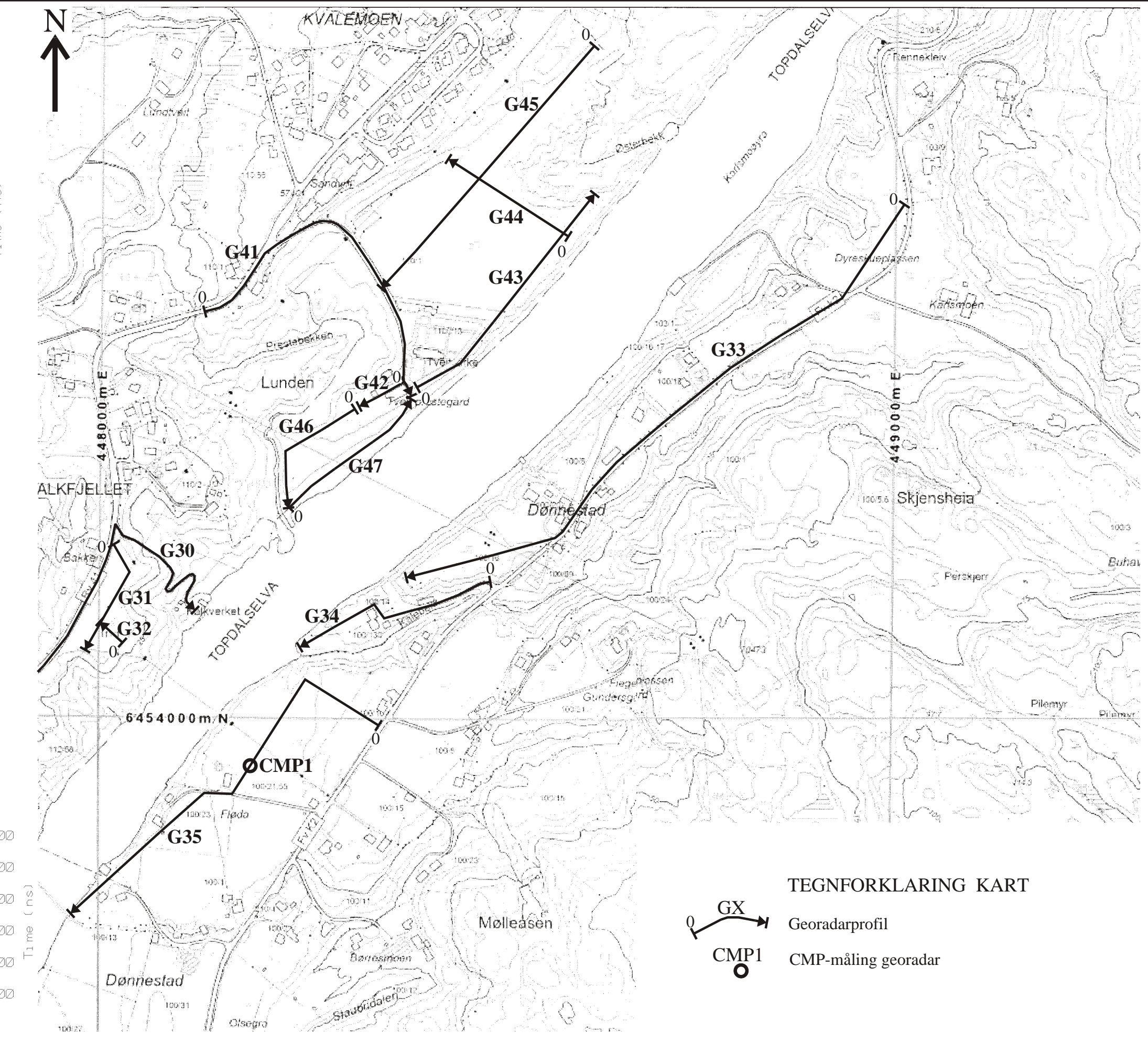
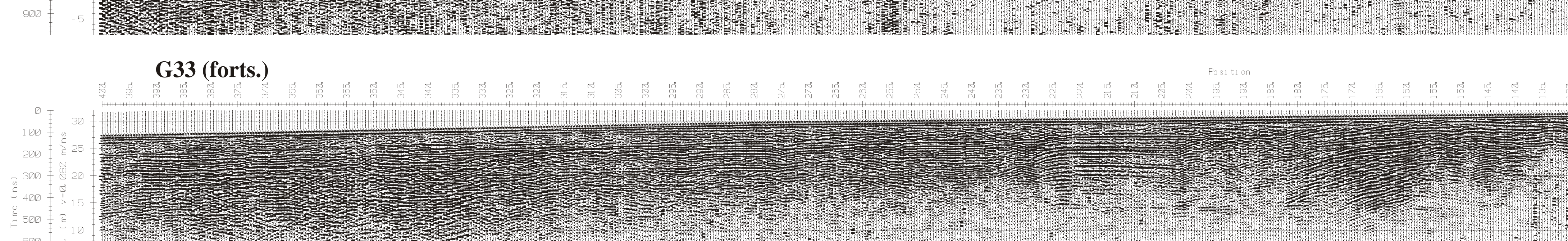
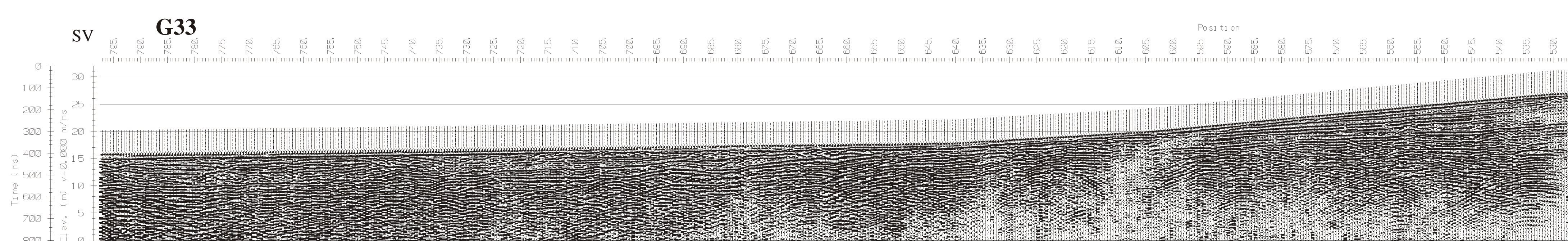
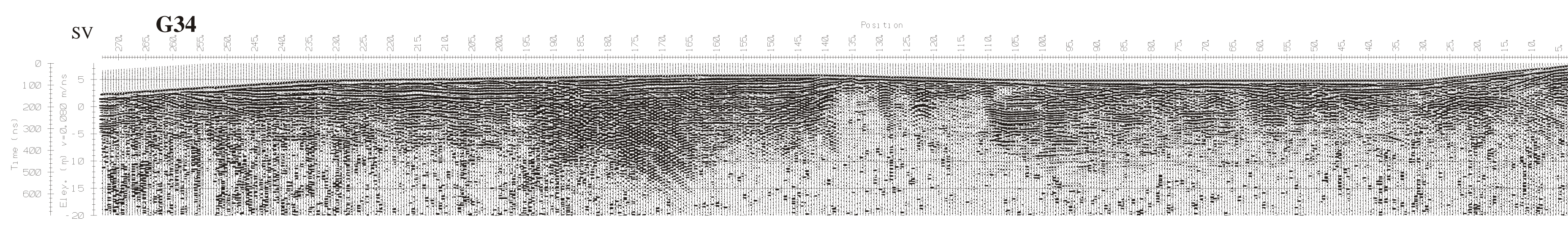
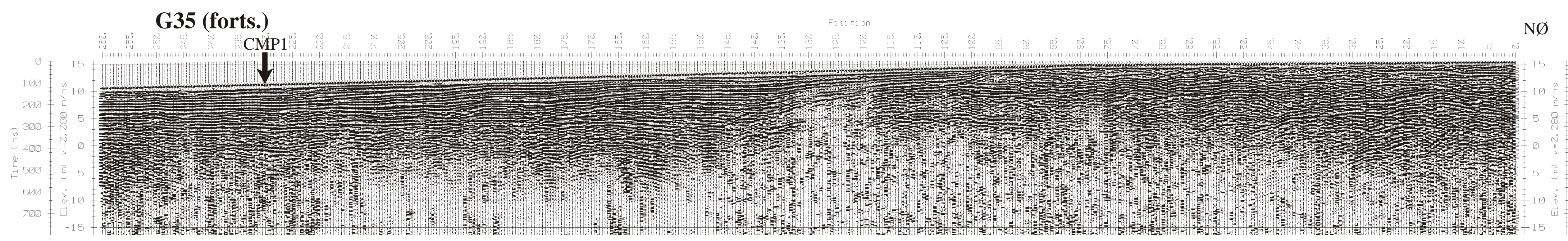
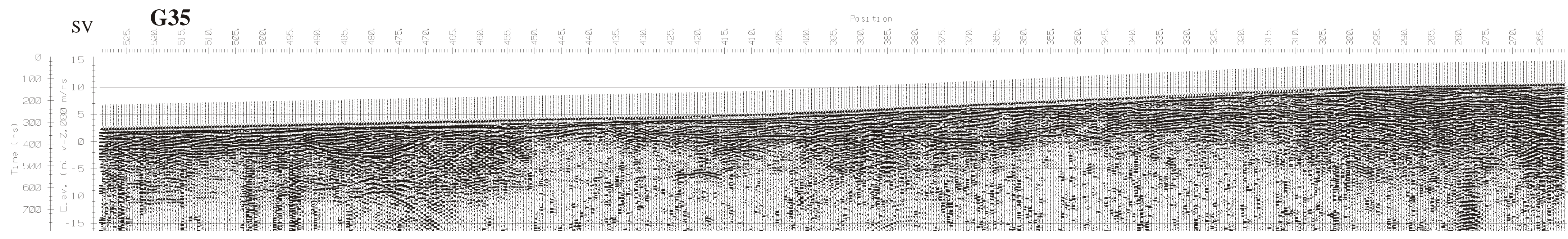
TEGNFORKLARING KART  
 GX Georadarprofil

TEGNFORKLARING PROFIL  
 GX Kryssende georadarprofil



NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK G30 - G32 OG G41 - G47 <b>TOPDAL NV</b> KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	NOV. 2010
	1:5 000 (KART)	TEGN JFT	MAI 2011
		TRAC	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2011.060-08	KARTBLAD NR 1511 II	





TEGNFORKLARING KART  
 GX Georadarprofil  
 CMP1 CMP-måling georadar

TEGNFORKLARING PROFIL  
 CMP1  
 ↓  
 CMP-måling georadar

NGU / KRISTIANSAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK G33, G34 OG G35 <b>TOPDAL NØ</b> KRISTIANSAND KOMMUNE, VEST-AGDER	MÅLESTOKK 1:5 000 (KART)	MÅLT JFT TEGN JFT TRAC KFR	NOV. 2010 MAI 2011
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2011.060-09	KARTBLAD NR 1511 II