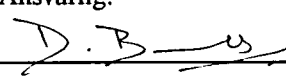


NGU Rapport 97.039

**Grunnvannsundersøkelser på Hegelstad,
Bjerkreim kommune.**

Rapport nr.: 97.039		ISSN 0800-3416	Gradering: åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser på Hegelstad, Bjerkreim kommune.				
Forfatter: Øystein Jæger og Eirik Maurant		Oppdragsgiver: Bjerkreim kommune, Rogaland fylkeskommune og NGU		
Fylke: Rogaland		Kommune: Bjerkreim		
Kartblad (M=1:250.000) Mandal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1212 - II Bjerkreim		
Forekomstens navn og koordinater: Hegelstad		Sidetall: 30	Pris: 95,-	
Feltarbeid utført: juli og august 1996		Rapportdato: 20.02.97	Prosjektnr.: 2713.11	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Mulighetene for grunnvannsforsyning til Hegelstad i Bjerkreim kommune er undersøkt gjennom georadarprofileringer, løsmasseboringer, kartlegging av kilder og analyser av masse- og vannprøver.</p> <p>Det er også foretatt en vurdering av mulighetene for uttak av grunnvann fra fjell.</p> <p>Undersøkelsene viser små muligheter for grunnvannsuttak fra løsmasser i områdene nærmest Hegelstad. Det er imidlertid påvist muligheter for grunnvannsforsyning i et område ca. 3 km sørvest for forsyningsstedet.</p> <p>Det er kartlagt flere kildeutslag innenfor undersøkelsesområdet. Kilden med størst kapasitet og best kjemisk vannkvalitet ligger sentralt plassert i forhold til Hegelstad, men på grunn av kommunal søppelplass oppstrøms kilden kan grunnvannsuttak være områdehygiensk problematisk. Langtids overvåkning av kapasitet og vannkvalitet anbefales for å kartlegge eventuell påvirkning fra søppelplassen.</p> <p>Grunnvannsuttak fra fjell er en mulighet, men dette vil kreve boring av flere fjellbrønner for oppnå en vannmengde tilsvarende det angitte behovet på 2 - 3 l/sek.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Geofysikk		Grunnvannsforsyning
Sonderboring		Grunnvannskvalitet		Ressurskartlegging
Løsmasse				Fagrapport

INNHold

FORORD

1 INNLEDNING	5
2 METODEBESKRIVELSE.....	6
3 FELTUNDERSØKELSER	6
3.1 Georadarmålinger	6
3.1.1 Utførelse.....	6
3.1.2 Resultater	6
3.1.3 Oppsummering	8
3.2 Boringer	8
3.3 Kilder	9
3.4 Vannkvalitet	9
3.5 Grunnvann fra fjell	10
4 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER	10
REFERANSER.....	11

TEKSTBILAG

- 1 Georadar - metodebeskrivelse
- 2 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder

VEDLEGG

- 1.1 - 1.7 Undersøkelsesboringer, boreprofiler
- 2 Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner
- 3.1 - 3.2 Kjemiske analyser av grunnvann fra undersøkelsesbrønner og kilder

KARTBILAG

- 1 Oversiktskart Bjerkreim kommune
- 2 - 4 Detaljkart, M 1: 5000, m/georadarprofil, sonderboringer og kildeframspring.
- 5 Georadaropptak

FORORD

En god vannforsyning både med hensyn på kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt rensed vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.

Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).

NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «Økt bruk av grunnvann». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til allminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Rogaland og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Bjerkreim, Gjesdal, Hjelmeland, Hå, Sauda og Suldal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

Prosjektet finansieres av Rogaland fylkeskommune (25 %), de enkelte kommuner (15 %) og NGU (60 %). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

Bernt Olav Hilmo
Bernt Olav Hilmo
Hovedprosjektleder

Øystein Jæger
Øystein Jæger
avd.ing.

1 INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse, NGU, har i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i løsmasser ved Hegelstad i Bjerkreim kommune. Vannbehovet er av kommunen oppgitt å være 2 - 3 l/sek. Undersøkelsene har omfattet befaringer, profileringer med georadar, 7 løsmasseboringer (vedlegg 1.1 -1.7) for kapasitetstesting og uttak av vannprøver og masseprøver, samt analyser av vann- og masseprøver.

Det understrekes at kapasitetstestene angir vannmengder fra undersøkelsesbrønn (Ø 32 mm) med 1 m filter. Målingene gir informasjon om vanngjennomgangen i ulike løsmasselag og representerer ikke vannkapasiteten for en evt. produksjonsbrønn.

Det er også utført en kartlegging av kildeframspring i området.

Mulighetene for grunnvannsvannsforsyning fra fjellbrønner er vurdert.

Vedlagte kartutsnitt (kartbilag 2 - 5) viser plassering av borepunktene og georadarprofilene samt beliggenheten til kildeframspringene.

Avd. ingeniør Øystein Jæger har vært ansvarlig for prosjektet og andre involverte har vært:
Forsker Gaute Storrø (befaring)
Forsker Jan Fredrik Tønnesen (georadarmålinger)
Forsker Aase Midtgård (prøvetaking og feltmålinger)
Ingeniør Bjørn Iversen (løsmasseboringer)

Alle analyser av grunnvanns- og masseprøver er utført ved NGUs laboratorium.

Kommunens kontaktperson har vært Bård Utvik. Kommunen har sørget for å innhente boretillatelse fra grunneiere.

De påløpte kostnader på kr. 91 200,- for undersøkelsen er i samsvar med kostnadsoverslaget. Kostnadene er dekket av Rogaland fylkeskommune (25 %), Bjerkreim kommune (15 %) og NGU (60 %).

2 METODEBESKRIVELSE

På grunnlag av feltbefaringen og rapporter fra tidligere undersøkelser ble det i samråd med kommunen utformet et prosjektforslag med kostnadsoverslag for undersøkelsen på Hegelstad hvor aktuelle løsmasseavsetninger ble lokalisert for nærmere undersøkelse. De undersøkte avsetningene er elve- og breelvavsetninger hvor det kan forventes å være sortert sand og grus med god vanngjennomgang mot dypet. Undersøkelsene har omfattet befaring, geofysiske målinger (georadarmålinger) og sonderboringer med uttak av masseprøver/vannprøver samt kapasitetstesting.

Metodene står nærmere beskrevet i tekstbilag 1 og 2.

3 FELTUNDERSØKELSER

3.1 Georadarmålinger

3.1.1 Utførelse

En generell beskrivelse av georadarmålinger er vedlagt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet er digital og av typen pulseEKKO 100 (Sensors & Software Inc, Canada). Samplingsintervall var 1,6 ns. Opptakstid var 1000 ns, med unntak av ett av profilene (P1) der opptakstiden var 1200 ns. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Antenne senterfrekvens og senderspenning var henholdsvis 50 MHz og 1000 V. Det ble målt fem profiler i en samlet lengde på ca. 1 km fordelt på tre områder. Reelle lengder av profiler (målt på kart) kan være noe forskjellig fra profilmeter angitt over georadaropptak, pga. mulig tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstand ved utførelsen av målingene. Det er markert for hver 100 profilmeter på kartene i kartbilag 5. Kommentarer under opptakene kan også bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Ved beskrivelse av opptak refereres det til profilmeter (over opptakene). Opptakene er terrengkorrigert der det som bakgrunn er benyttet kart i målestokk 1:5000 og kommentarer under opptak. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble også benyttet lineær, egendefinert forsterkning.

3.1.2 Resultater

Oversiktskart som viser plasseringen av profilene er vist i kartbilag 2-4. Georadaropptakene er vist i kartbilag 5. Det ble ikke utført CMP/WARR-målinger (se tekstbilag 1 for en forklaring) for bestemmelse av EM-bølgehastighet. Ved konvertering av tidsdyp til moh. er det benyttet

forholdsvis lave EM-bølgehastigheter (0,07-0,08 m/ns) på grunn av antatt høyt grunnvannsspeil. Dette er indikert ved nærhet til elv (Storåna), samt flere kildeutslag i området.

3.1.2.1 Område 1

Det er målt tre georadarprofiler ved elv vest for Hegelstadvatnet. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 5.

P3

Opptaket viser et kaotisk refleksjonsmønster. Dette gir lite informasjon om avsetningstype. Ingen distinkte reflektorer som kan representere grunnvannsspeil eller fjell kan sees i opptaket.

P4

Også i dette opptaket er refleksjonsmønsteret for det meste kaotisk. Det er størst penetrasjonsdyp og kraftigst refleksivitet mellom posisjonene 20 og 0. Mellom posisjonene 30 og 0 sees en reflektor i nivå ca. 249 moh. som muligens kan representere grensen mellom to avsetningstyper, med antatte grovkornige elveavsetninger øverst og mulige moreneavsetninger under.

P5

Antatt grense mellom elveavsetninger (øverst) og moreneavsetninger kan antydes som en reflektor i nivå 249-250 moh. (ca. 4 m dyp) mellom posisjonene 0 og 30. I det samme området er penetrasjonsdypet størst og refleksiviteten kraftigst. Det ble anbefalt en sonderboring her. Sonderboring 1 (se kartbilag 5) ble plassert ved posisjon 15. Denne viste 5 m med sand og grus over moreneaktig materiale. Sonderboring 2 ble plassert på nordsiden av elva ca. 50 m nord for boring 1. Denne ga omtrent de samme massetyper som i borhull 1. Området er dårlig egnet for uttak av grunnvann.

3.1.2.2 Område 2

Det er målt ett georadarprofil (P2) i dette området. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 5. Opptaket viser vesentlig et kaotisk refleksjonsmønster og gir lite informasjon om avsetningstype. Penetrasjonsdypet er imidlertid stort (>20 m), og det antas at det her kan være grovkornige avsetninger. Mulig fjelloverflate er indikert ved en sone med kraftig refleksivitet i nivå 110-111 moh. mellom posisjonene 90 og 0. Sonderboring ble anbefalt for å få avklart materialtype og eventuelt vanngiverevne. To boringer ble i ettertid utført (borhull 3 og 4 i kartbilag 5). Disse viste stein/sand/grus ned til morene på 3-4 m dyp og ingen muligheter for uttak av grunnvann.

3.1.2.3 Område 3

Det er her målt ett georadarprofil (P1), og opptak og profilplassering er vist i kartbilag 5. Opptaket viser i hovedsak et hauget eller skrått refleksjonsmønster mellom posisjonene 542 og 200. Dette antas å representere strukturer i grovkornige elve- og breelvavsetninger. En traufomet reflektor mellom posisjonene 505 og 390 (6-15 m dyp) representerer trolig bunnen av et smeltevannsløp som ser ut til å utgjøre nedre grense for penetrasjonen mellom posisjonene 505 og 430. En sonderboring ble foreslått utført sentralt i dette området (mellom posisjonene 500 og 450). Skrå reflektorer sees ned til nivå 70-75 moh. mellom posisjonene 390 og 355 (20-30 m dyp) og dette kan være et område som er egnet for grunnvannsuttak. En sonderboring ble foreslått her. En subhorisontal reflektor på 5-10 m dyp sees mer eller mindre sammenhengende mellom posisjonene 542 og 100 og representerer muligens grensen mellom elveavsetninger (øverst) og breelvavsetninger. En undulerende, diskontinuerlig reflektor sees fra posisjon 330 (nivå ca. 83 moh.) og posisjon 185 (ca. 88 moh.). Denne har en opptreden/signatur som er typisk for fjellreflektorer. Fra posisjon 185 går antatt fjellreflektor mot overflaten til nivå ca. 100 moh. ved posisjon 100. Fra denne posisjonen er plasseringen av fjellreflektor vanskelig å erkjenne, men ligger trolig grunt mellom posisjonene 0 og 100.

Sonderboring 5 og 6 (se kartbilag 5) ble plassert henholdsvis ca. 50 og 100 m vest for de deler av profilet der boringer ble anbefalt. Dette ble gjort fordi en her er nærmere elva, med større mating fra denne. Boring 5 viste sand/grus øverst og sand/finsand ned mot enden av borhullet på 10 m dyp der mulig fjell ble påtruffet. Boring 6 ble kun boret til 2,5-3 m dyp der fjell/blokk ble påtruffet.

3.1.3 Oppsummering

Område 3 er trolig mest gunstig med hensyn på uttak av grunnvann. Georadaropptakene indikerer her elveavsetninger over breelvavsetninger, stedvis til et dyp på 20-30 m. I områdene 1 og 2 er refleksjonsmønstrene mer rotete og kaotiske. Det er vanskelig å si noe sikkert om materialtypene i disse områdene. Boringer viste lag av elveavsetninger (3-5 m dyp) over morenevsetninger og små muligheter for uttak av grunnvann.

3.2 Boringer

Plasseringen av boringene går fram av kartbilag 2 -4.

I borehullene 1 - 4 ble det registrert ca. 5 m sand og grus over morenemasser med dårlig vanngjennomgang, vedlegg 1.1 - 1.4.

I borehull 5 består massene av vekslende lag av sand og noe grus over fjell på 10 m dyp (vedlegg 1.5). Testpumping av undersøkelsesbrønn i nivå 5,5 m og 7,5 m ga vannmengder på henholdsvis 1,25 og 0,5 l/sek. Kornfordelingsanalyser av masseprøver fra de samme nivåene bekrefter at massene er dominert av sand (vedlegg 2).

Ved borehull 6 var det mye stor blokk i overflaten og grunt til fjell (vedlegg 1.6). Det ble forsøkt 4-5 borer i området, men alle boringene stoppet mot fjell/blokk i nivå 2,5 - 3,0 m.

Borehull 7 i grustak viste vekslende lag av sand og grus ned til 5,5 m. Fra 6,5 til 10,5 er det finsand med dårlig vanngjennomgang over vekslende lag av sand og grus (vedlegg 1.7). Fjell ble påvist på 16,5 m. Testpumping av undersøkelsesbrønn i nivå 3,5, 5,5 og 11,5 m ga vannmengder på henholdsvis 5,0, 2,0 og 1,7 l/sek. Kornfordelingsanalyser av masseprøver fra de samme nivåene viser grusig sand og sand med grovere kornfordeling enn i borehull 5 (vedlegg 2).

3.3 Kilder

Ved gården Spjøtavoll ligger et kildeframspring (kilde D, kartbilag 3) som ifølge lokalkjente har jevn kapasitet (10 l/sek) og stabil temperatur (7 °C) hele året. Kildeutspringet er trolig betinget av fjelloverflaten som kommer fram i dagen rett nord for brønnen. Dette kildeframspringet ligger ca. 400 m nedstrøms kommunal søppelplass. Selv om eventuelle oppfølgende undersøkelser slår fast at vannet er upåvirket av søppelplassen, er lokaliseringen områdehygienisk sett problematisk.

Tre andre kildeframspring er avmerket på vedlagte kartbilag 4. Kapasiteten til kilde A ble målt til om lag 2.0 l/sek, kapasiteten for kildene B og C er ikke målt, men er trolig noe mindre.

3.4 Vannkvalitet

Analyser av grunnvannet fra borehullene 5 og 7 (vedlegg 3.1) viser stort sett god vannkvalitet. I nivå 5,5 m i borehullene 5 og 7 er det målt lav pH og alkalitet. I borehull 7 er det høyt mangan-innhold i vannprøven fra 5,5 m dyp (0,06 mg/l).

Analyser av vannet fra kildene A, C og D oppfylder kravene i drikkevannsforskriftene bortsett fra noe lav pH og alkalitet i kildene A og C (vedlegg 3.1 og 3.2).

Kjemien i vannprøvene fra borehullene og kildene er forskjellig fra kjemien i vannprøven fra Hofreisteåna. Dette ses bl.a. i verdiene for ledningsevne som er mindre i elvevannet.

3.5 Grunnvann fra fjell

Bergartene i området ved Hegelstad består av ulike gneiser og kapasiteten av et borehull i slike bergarter er vanligvis i størrelsesorden 0.1 - 0.6 l/sek. I enkelte tilfelle kan kapasiteten være større dersom boringen rettes mot markerte sprekke-/knusningssoner i fjellet. Et eventuelt grunnvannsverk på Hegelstad basert på fjellbrønner vil allikevel kreve flere fjellboringer for å dekke det oppgitte vannbehovet på 2 - 3 l/sek. Det finnes ingen opplysninger om tidligere boringer i Bjerkreim kommune i NGUs brønnboringsarkiv.

4 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Feltundersøkelsene viser at løsmassene i de undersøkte områdene ved Hegelstad stort sett har dårlig vanngjennomgang og dermed er lite egnet for uttak av grunnvann. Det er bare boring 7 i massetaket ved Foreholmane som gir indikasjoner om muligheter for vannmengder tilsvarende det oppgitte vannbehovet på 2 - 3 l/sek. Denne lokaliteten ligger imidlertid ca. 3 km fra forsyningsstedet. Dersom kommunen finner det interessant å undersøke lokaliteten nærmere anbefales det etablering av fullskala brønn for langtidsprøvepumping for å klarlegge kapasitet og kvalitet over tid. Ved eventuell etablering av en slik brønn foreslår NGU at brønnen utformes etter følgende spesifikasjoner:

Brønndiameter: 6"

Filtertype: kontinuerlige slisser (con-slot)

Filterplassering: 4 - 5 og 10 - 12 m (3 m filter) u/bakken

Filter, lysåpning: 0.8 mm

Vannanalysene indikerer et noe høyt manganinnhold i vannprøven fra 4,5 - 5,5 m. En endelig vurdering av hvorvidt dette representerer et permanent problem kan gjøres gjennom langtids prøvepumping.

Det er flere kildeutslag i området som kan være aktuelle vannkilder. Kilde D ved gården Spjøtavold ligger sentralt i forhold til forsyningsstedet og har ifølge lokalkjente stor og stabil vannføring . Kapasiteten til kilden er oppgitt til 10 l/sek og dette er mye mer enn vannbehovet for Hegelstad. Det ligger kommunal søppelplass ca. 400 m oppstrøms kilden og dette er områdehygienisk betenkelig i forhold til uttak til drikkevannsformål.

NGU anbefaler allikevel at vannkvalitet og kapasitet undersøkes nærmere ved regelmessig vannprøvetaking og kapasitetsmålinger over en periode på ½ - 1 år. Det bør legges vekt på analyser av bakteriologi og kjemiske parametre som kan forventes å ha opphav fra søppelplassen.

Det er muligheter for uttak av grunnvann fra fjell, men gneisbergartene i området vil trolig kreve uttak fra flere brønner for å oppnå det angitte vannbehovet. Dersom kommunen ønsker å undersøke dette alternativet nærmere, anbefales det i første omgang å få utført 1 - 2 fjellboringer i området øst for Hegelstad for kapasitets- og kvalitetstesting. Borpunktene bør plasseres av hydrogeologisk fagkyndig for å oppnå gunstigst mulig plassering.

REFERANSER

- Falkum, T. (1982): Geologisk kart over Norge, berggrunnskart MANDAL - 1:250 000. *Norges geologiske undersøkelse*
- Jæger, Ø. (1992): Bjerkreim 1212-II, sand- og grusressurskart 1: 50 000. *Norges geologiske undersøkelse*
- Ragnhildstveit, J. og Soldal, O. (1992): Grunnvatn i Bjerkreim kommune. *Norges geologiske undersøkelse. NGU Rapport 92.092*
- Sosial- og helsedepartementet (1995): Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. *Nr 68, I-9/95*

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 refleksor 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 refleksor 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 dielektrisitetstallet. 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.

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne. Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetypen for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsuttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i et forboret hull. Undersøkelsesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere

kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpa gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

b) Dataregistreringer

Før pumpingen starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsforekomst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumpingen blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarer. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere. Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 BORINGER AV FJELLBRØNNER

a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemecc borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for innrasing i hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

b) Dataregistrering

Under boring registreres borsynk, farge på borkaks, svakhetssoner/sprekker, dybde til eventuelle vanninnslag og anslått mengde vann som blåses opp under boring.

c) Tolkning

Ut fra fargen og forandringer av fargen på borkakset kan man vurdere bergartstype, type svakhetssone og bergartsgrenser. Vannmengden som blåses opp under boring gir grunnlag for kapasitetsanslag.

5 TESTPUMPINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk dykkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønndypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense borhullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten beregnes ut fra senkningen av grunnvannspeilet og pumperaten.

6 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING**a) Metodikk**

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping, pumperate og av sjansene for at brønnen senere kan benyttes til produksjonsbrønn.

Tabell 1: Brønn- og pumpetyper som benyttes til fullskala prøvepumping.

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med oppslisset filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med f.eks. Con Slot filter	El. Sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. Senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm damprør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Opp-pumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes ett år slik at man får med eventuelle sèssongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpe etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpe. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

7 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser

og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

8 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO₃), CO₂-innhold og O₂-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av borer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

9 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsiktning av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

- | | |
|----------------|---------------|
| - ledningsevne | - turbiditet |
| - pH | - 30 kationer |
| - alkalitet | - 7 anioner |
| - fargetall | |

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på $\pm 2\%$ for verdier over 0.2 mS/m, ± 0.004 mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og ± 0.003 mS/m i måleområdet < 0.004 mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på ± 0.05 pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på $\pm 2.5\%$ for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.04 mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og ± 0.03 mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på $\pm 7.5\%$.

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på ± 0.04 FTU i måleområde 0.05-1.0, ± 0.4 FTU i måleområde 1.0-10, ± 4 FTU i område 10-100 og ± 40 FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2:

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende de krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
P	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

ION	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen (Σ kationer = Σ anioner) Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at analysen er akseptabel:

Σ Anioner + Σ kationer [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 30.08.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 33668 **N-S:** 650576

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 252 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand, grus		S	0-5	lysbrunt				mye sand/finsand
	stein, sand, grus	1.30	S	0-5	"				mye sand/finsand
3,5	stein, sand, grus	2.00	S	10-20	"				mye sand/finsand, tette masser
	stein, sand, grus	1.55	S	10-20	"				"
5,5	sand, morene ?	4.11	S	20	"				"
	moreneaktig	2.50	S	10-12	"				"
7,5	moreneaktig	4.35	S	10-15	"				"
	moreneaktig	4.40	S	10-15	"				"
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunnt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 30.08.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II SONE: 32 V Ø-V: 33666 N-S: 65081

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 255 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	sand		-	-	lysbrunt				
	sand/finsand	1.00	-	-	delvis borte				
3,5	sand/finsand	0.40	-	-	"				
	sand/finsand, stein	1.25	DS	-	"				
5,5	sand, finsand, noe grusig	1.25	DS	-	"				tette masser, mye sand/finsand
	morene	4.15	S	15-20	"				tette masser, mye sand/finsand
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 30.08.96

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 33469 **N-S:** 650459

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 119 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand		S	-	lysbrunt				
	stein, sand	1.10	S	0-5	"				tette masser
3,5	stein, sand, morene	2.10	S	5-10	"				"
	morene	3.00	S	10	"				"
5,5	morene	3.00	S	10-15	"				"
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 30.08.96

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 33467 **N-S:** 650458

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 117 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	morene, grus, sand		S	-	B				
3,5	grusig, sand grus/sand	1.00 1.46	DS DS	- 5-10	lysbrunt "				morene
5,5	morene, blokker								
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 31.08.96

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 33367 **N-S:** 650403

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 95 m

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,0 m (etter pumping)

MERKNAD: 8m 5/4"rør står igjen som observasjonrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, grus, sand		DS	-	lysbrunt				
	grus, sand	1.15	DS	-	"				
3,5	grus, sand	0.45	DS	-	borte				for fine masser
	sand	1.30	DS	-	"				
5,5	sand	1.30	DS	0-5	"	7,8		75	MP1 + VP1
	sand/finsand	1.15	S	-	"				
7,5	sand/finsand	1.30	S	-	"	8,1		30	MP2
	sand, løsere	0.40	S	5	"				
9,5	sand/finsand vekslende	1.05	S	5-8	"				oppspylte leirklumper
	blokk/fjell ? fra 10 m								
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim kommune

UTFØRT DATO: 31.08.96

BORPUNKT NR: 6

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 33371 **N-S:** 650403

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 98 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD: Mye blokk eller fjell, prøvde 4-5 ganger, men kom bare ned til ca. 2,5 - 3,0 m under overflaten

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	stein, sand		S	-	B				
3,5	stein, grus, sand stein, blokk	7							
5,5									
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brun

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Hegelstad, Bjerkreim

UTFØRT DATO: 31.08.96

BORPUNKT NR: 7

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1212 II SONE: 32 V Ø-V: 33389 N-S: 650370

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 100 m

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,25 m

MERKNAD: 14 m 5/4"rør står igjen som observasjonsrør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/min]	Merknad
1,5	sand, stein		DS	-	borte				
3,5	grus, sand sand, grusig	0.55 0.30	DS -	- -	" "	10,3		300	MP3
5,5	sand, grusig sand, grusig	0.35 0.45	- DS	- -	" "	8,9		120	MP4 + VP2
7,5	sand/finsand sand/finsand	1.15 1.00	S S	0-7 5	" "				dårlig vanngjennomgang
9,5	sand/finsand sand/finsand	0.55 0.55	S DS	5 3	" "				dårlig vanngjennomgang
11,5	sand/finsand sand, grusig - grovt	0.50 1.15	DS S	0-5 -	" "	7,1		100	MP5 + VP3
13,5	sand, grusig - grovt moreneaktig	1.20 1.30	S S	0-6 5-10	" "				morene tette masser, mye finsand
15,5	moreneaktig sand/finsand, gruslag	1.40 1.30	S S	3-6 5-0	" "				tette masser, mye finsand
17,5	moreneaktig fjell på 16,5 m		S	5-8	"				
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

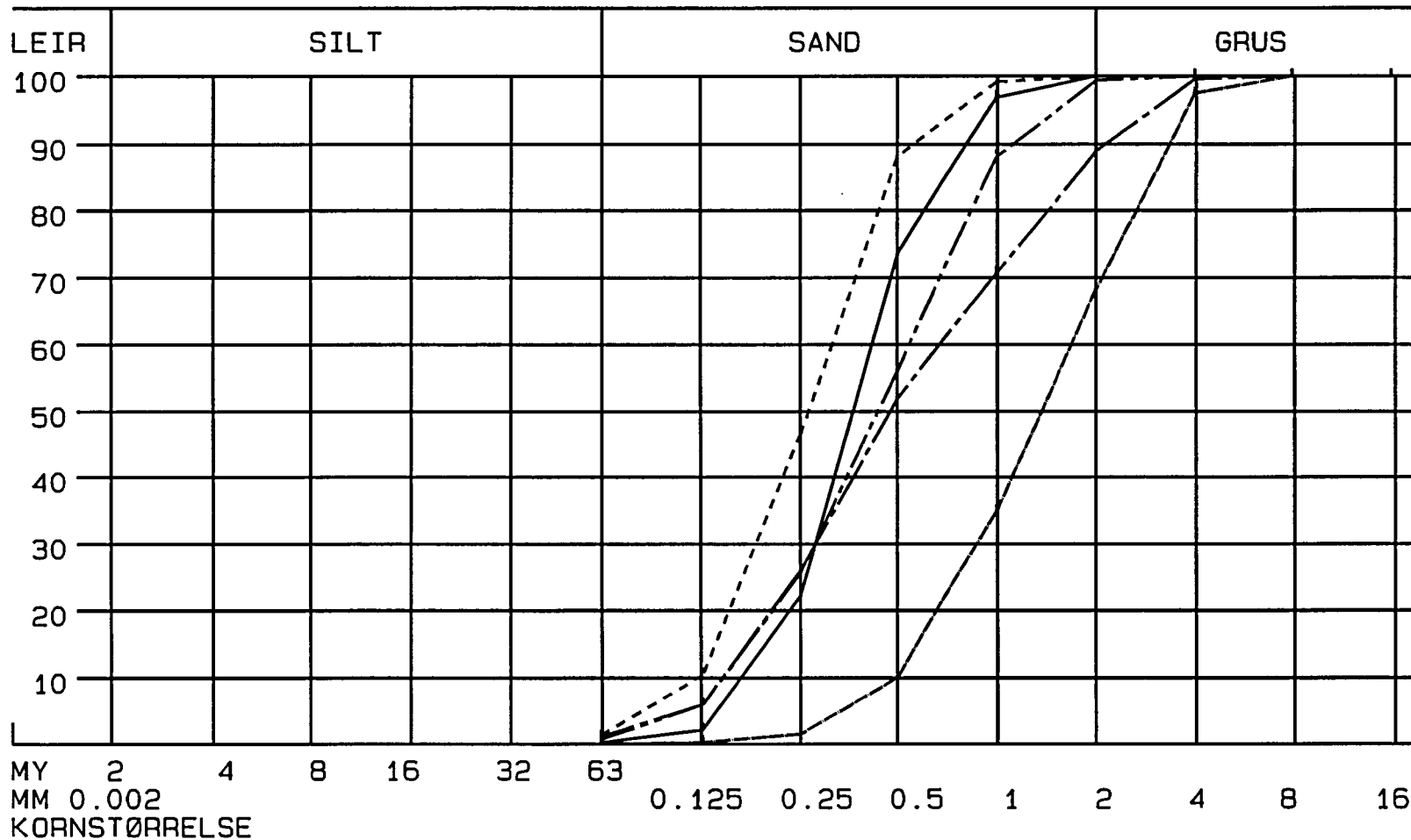
VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDDELINGSKURVE

XXX XXX



—————	960484	Borehull 5: 4,5 - 5,5 m
-----	960485	Borehull 5: 6,5 - 7,5 m
-----	960486	Borehull 7: 2,5 - 3,5 m
-----	960487	Borehull 7: 4,5 - 5,5 m
-----	960488	Borehull 7: 10,5 - 11,5 m

VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1212 II

KOMMUNE: Bjerkreim

PRØVESTED: Hegelstad

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0222

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 1 borehull 5	VP 2 borehull 7	VP 3 borehull 7	VP 4 Hofreiste- åna	VP 6 kilde A	VP 7 kilde C		
Dato	31.08.96	31.08.96	31.08.96	31.08.96	31.08.96	31.08.96		
Brønnstype								
Prøvedyp m	4,5 - 5,5	4,5 - 5,5	10,5 - 11,5					
Brønndimensjon mm	32	32	32					
X-koordinat Sone: 32 V	33367	33389	33389		33372	33422		
Y-koordinat Sone: 32 V	650403	650370	650370		650410	650405		
Fysisk/kjemisk							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Surhetsgrad, felt/lab pH	5,44	6,14	7,69	6,20	6,25	6,28	7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab µS/cm	79,6 73	61,6 58	105 101	31,4 29	70,7 67	77,7 73	< 400	
Temperatur °C	7,8	8,9	7,1	15,1	9,9	7,0	< 12	25
Alkalitet mmol/l	0,03	0,08	0,51	0,02	0,10	0,13	0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l	8,0	<1,4	3,1	6,8	8,8	7,6	< 1	20
Turbiditet F.T.U	5,3	41	3,6	0,16	0,06	0,10	< 0,4	4
Oppløst oksygen mg O ₂ /l							> ca 9	
Fritt karbondioksid mg CO ₂ /l							< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h mV								
Anioner								
Fluorid mg F/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		1,5
Klorid mg Cl/l	15,6	13,7	13,0	6,66	10,6	14,0	< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,16
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		
Nitrat mg NO ₃ /l	12,9	5,93	1,85	1,82	10,4	11,4		44
Fosfat mg PO ₄ /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		
Sulfat mg SO ₄ /l	6,53	4,32	3,39	2,21	3,79	5,74	< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l	. 0,82	. 0,66	. 0,99	. 0,29	. 0,66	. 0,84		
Kationer								
Silisium mg Si/l	2,1	2,5	9,2	0,686	2,2	2,7		
Aluminium mg Al/l	0,421	<0,02	0,0345	0,0235	0,0365	0,0322	< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l	0,164	0,0593	0,114	<0,01	<0,01	0,0123	< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l	1,3	1,3	4,0	0,519	1,5	1,7		20
Kalsium mg Ca/l	4,2	2,6	6,7	1,1	4,5	4,3	15-25 ²	
Natrium mg Na/l	4,6	5,3	6,6	2,8	4,4	5,2	6,9< 20	150
Kalium mg K/l	1,5	0,504	<0,5	<0,5	0,757	0,978	< 10	12
Mangan mg Mn/l	0,0124	0,0638	0,0021	0,0023	0,002	0,0026	< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l	0,0067	0,0041	<0,002	0,0032	0,0026	<0,002	< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,02
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02		0,05
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,005
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,05
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,01
Sum kationer ³ meq/l	. 0,56	. 0,48	. 0,96	. 0,23	. 0,56	. 0,61		
Ionebalanseavvik ⁴ %	-. 19	-. 16	-. 2	-. 12	-. 8	-. 16		

¹ Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

² Vannet bør ikke være aggressivt.

³ Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

⁴ Ionebalanseavvik = $\frac{\sum \text{kationer} - \sum \text{anioner}}{(\sum \text{kationer} + \sum \text{anioner})} \cdot 100\%$

VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1212 II

KOMMUNE: Bjerkreim

PRØVESTED: Hegelstad

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0222

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	VP 7 kilde D											
Dato	31.08.96											
Brønnstype												
Prøvedyp	m											
Brønndimensjon	mm											
X-koordinat	Sone: 32 V	33557										
Y-koordinat	Sone: 32 V	650497										
Fysisk/kjemisk											Velledende verdi	Største tillatte konsentrasjon
Surhetsgrad, felt/lab	pH	7,81									7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab	µS/cm	124 119									< 400	
Temperatur	°C	6,7									< 12	25
Alkalitet	mmol/l	0,65									0,6-1,0 ²	
Fargetall	mg Pt/l	5,2									< 1	20
Turbiditet	F.T.U	0,06									< 0,4	4
Oppløst oksygen	mg O ₂ /l										> ca 9	
Fritt karbondioksid	mg CO ₂ /l										< 5 ²	
Redoks.potensial, E _h	mV											
Anioner												
Fluorid	mg F/l	<0,05										1,5
Klorid	mg Cl/l	14,7									< 25	
Nitritt	mg NO ₂ /l	<0,05										0,16
Brom	mg Br/l	<0,1										
Nitrat	mg NO ₃ /l	11,1										44
Fosfat	mg PO ₄ /l	<0,2										
Sulfat	mg SO ₄ /l	3,44									< 25	100
Sum anioner+alkalitet	meq/l	. 1,33										
Kationer												
Silisium	mg Si/l	8,6										
Aluminium	mg Al/l	<0,02									< 0,05	0,2
Jern	mg Fe/l	<0,01									< 0,05	0,2
Magnesium	mg Mg/l	4,2										20
Kalsium	mg Ca/l	9,8									15-25 ²	
Natrium	mg Na/l	6,9									< 20	150
Kalium	mg K/l	<0,5									< 10	12
Mangan	mg Mn/l	<0,001									< 0,02	0,05
Kobber	mg Cu/l	<0,005									< 0,1	0,3
Sink	mg Zn/l	<0,002									< 0,1	0,3
Bly	mg Pb/l	<0,05										0,02
Nikkel	mg Ni/l	<0,02										0,05
Kadmium	mg Cd/l	<0,005										0,005
Krom	mg Cr/l	<0,01										0,05
Sølv	mg Ag/l	<0,01										0,01
Sum kationer ³	meq/l	. 1,15										
Ionebalanseavvik ⁴	%	. 7										

¹ Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

² Vannet bør ikke være aggressivt.

³ Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

⁴ Ionebalanseavvik = $\frac{\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}}{(\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner})} \cdot 100\%$



TEGNFORKLARING:



Avgrensing av
undersøksesområde

**OVERSIKTSKART
SOM VISER PLOSSERINGEN
AV DET UNDERSØKTE OMRÅDET VED
HEGELSTAD, BJERKREIM KOMMUNE**

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT

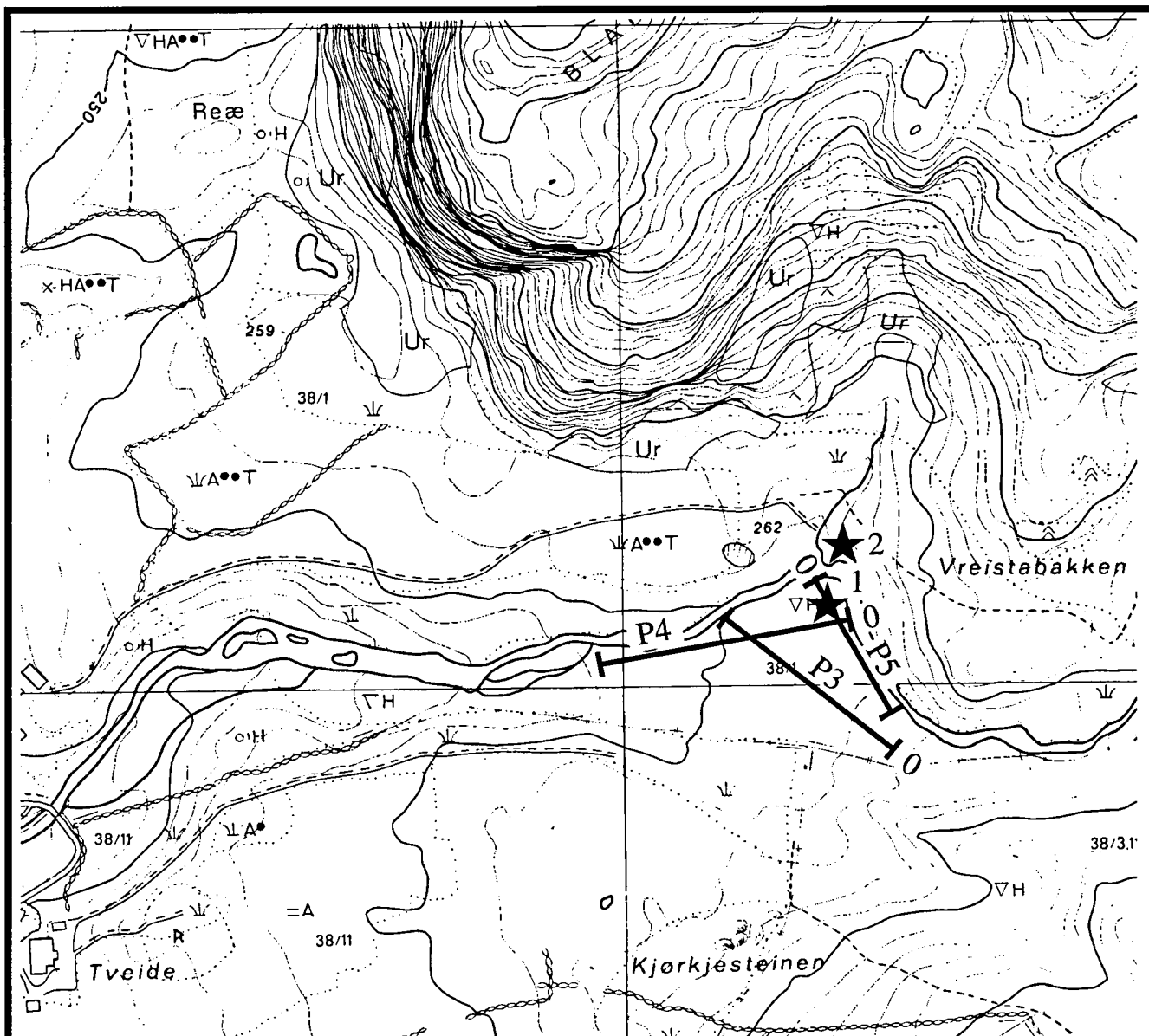
TEGN

TRAC


KFR.


Ø.7. - 96

Ø.7. - 97



TEGNFORKLARING:

 georadarprofil m/startposisjon

 sonderboring

BJERKREIM KOMMUNE

DETALJKART

HEGELSTAD

ROGALAND

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1: 5000

MÅLT JFT/ØJ

TEGN ØJ

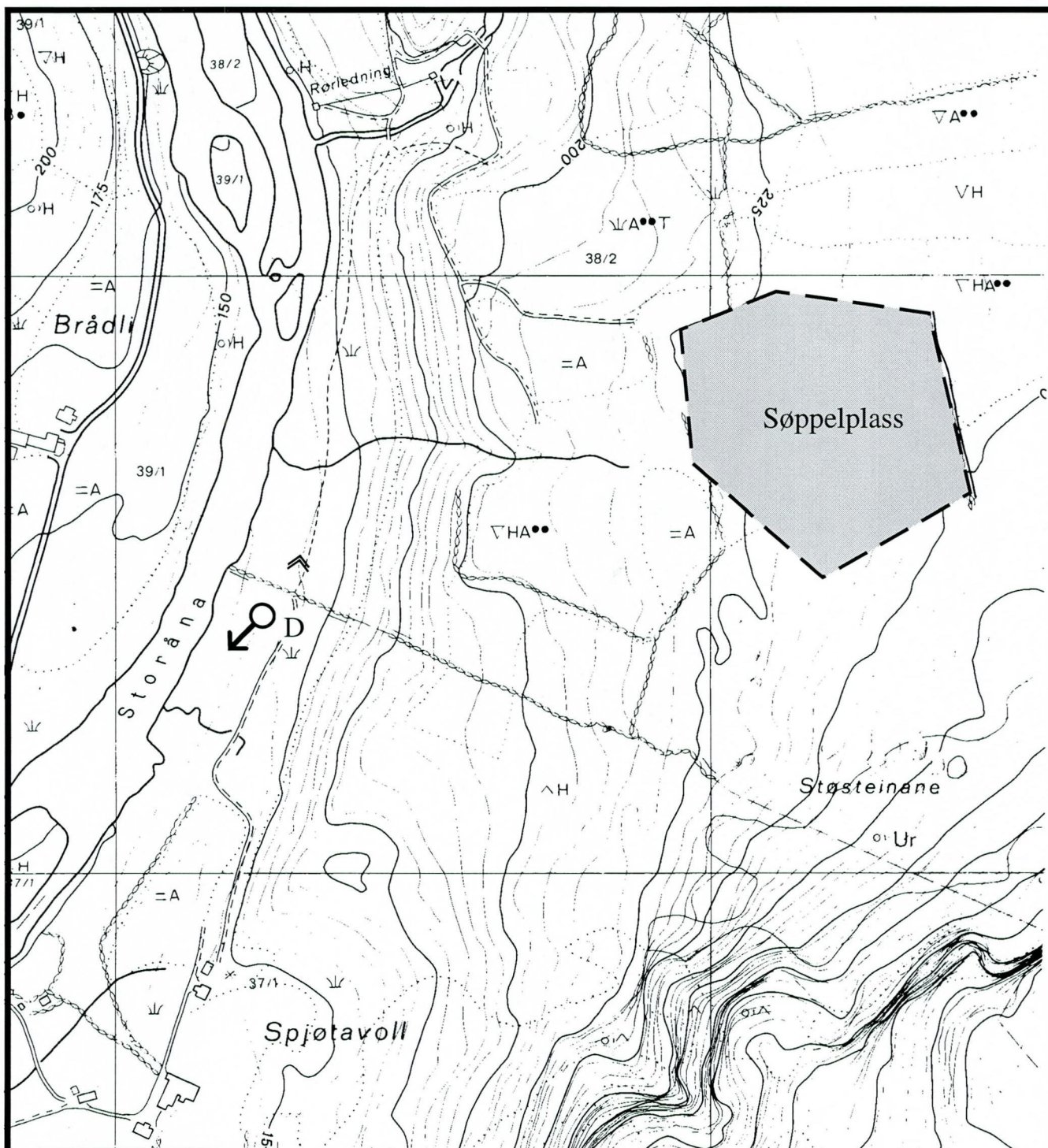
TRAC

KFR

JULI 1996

JAN. 1997

TEGNING NR
97.039-2KARTBLAD NR
AP 016-5-3



TEGNFORKLARING:

- ▲ Fjellblotning
- ⦿ Kilde

BJERKREIM KOMMUNE

DETALJKART

HEGELSTAD

ROGALAND

MÅLESTOKK

1: 5000

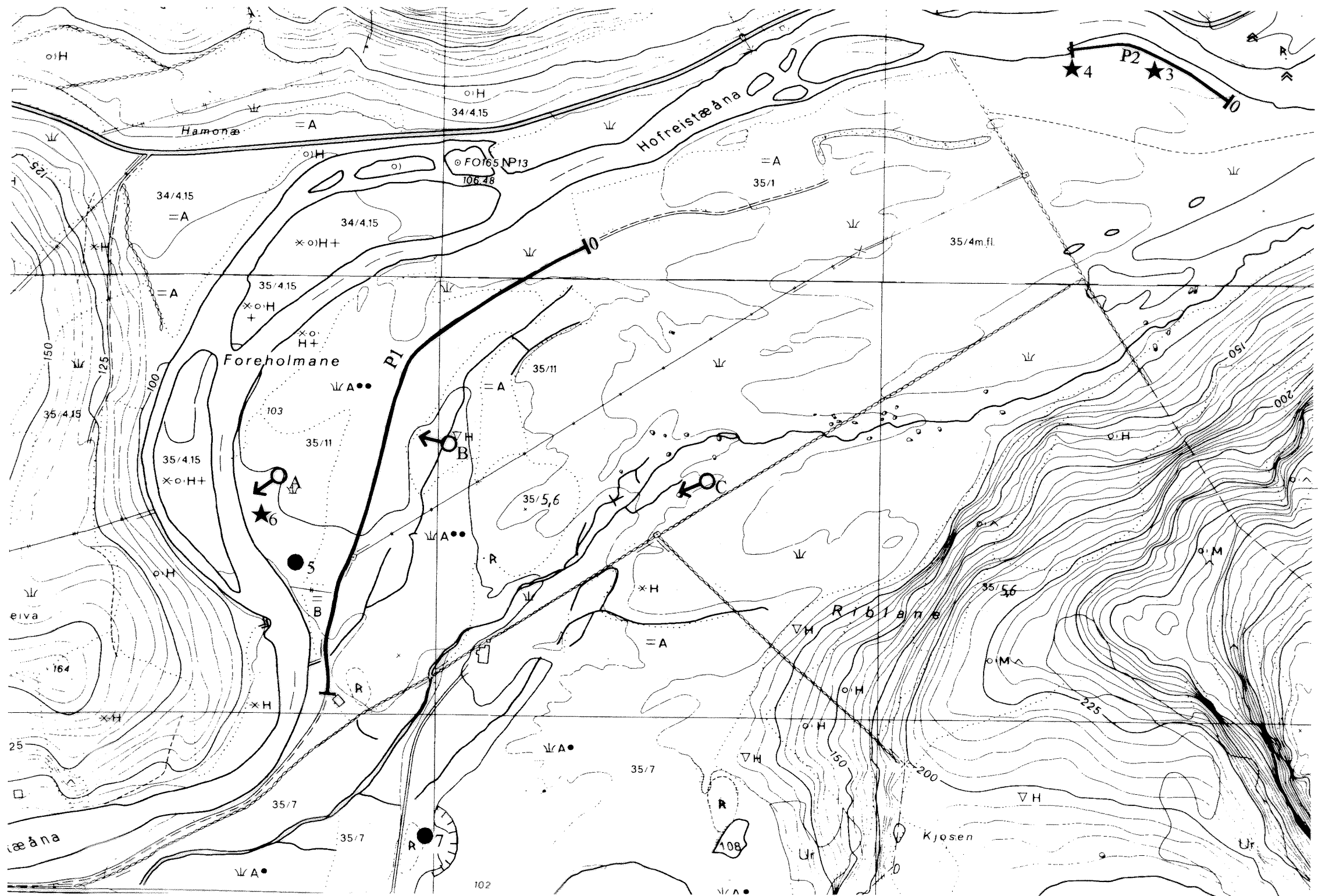
MÅLT JFT/ØJ JULI 1996

TEGN ØJ/AaM JAN. 1997







TRAC

KFR

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIMTEGNING NR
97.039-3KARTBLAD NR
AP 016-5-3



TEGNFORKLARING:

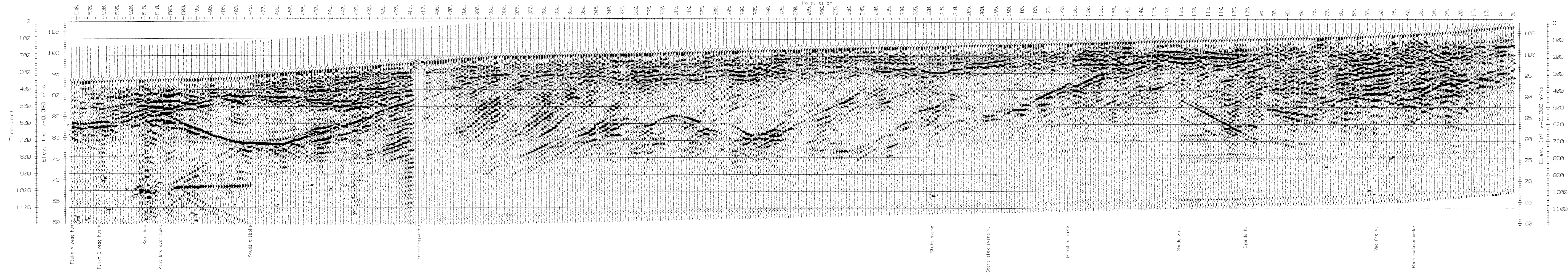
-  georadarprofil m/startposisjon
-  sonderboring
-  sonderboring m/testpumping
-  kilde
-  fjellblotning
-  grustak

BJERKREIM KOMMUNE
 DETALJKART
HEGELSTAD VEST
 ROGALAND

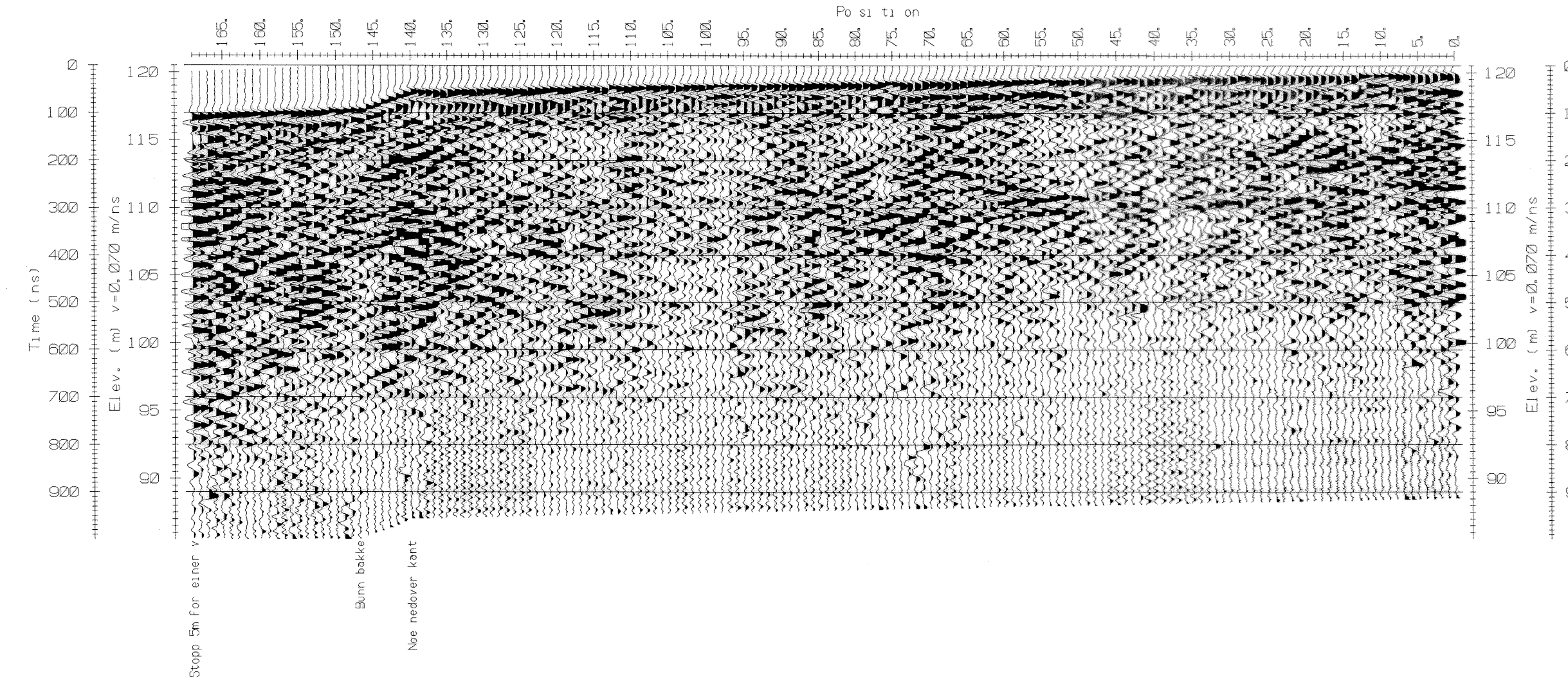
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1: 5000	MÅLT JFT/ØJ	JULI 1996
	TEGN AaM/ØJ	FEB. 1997
TEGNING NR 97.039-4	KARTBLAD NR AO 015-5-2 AO 016-5-4	

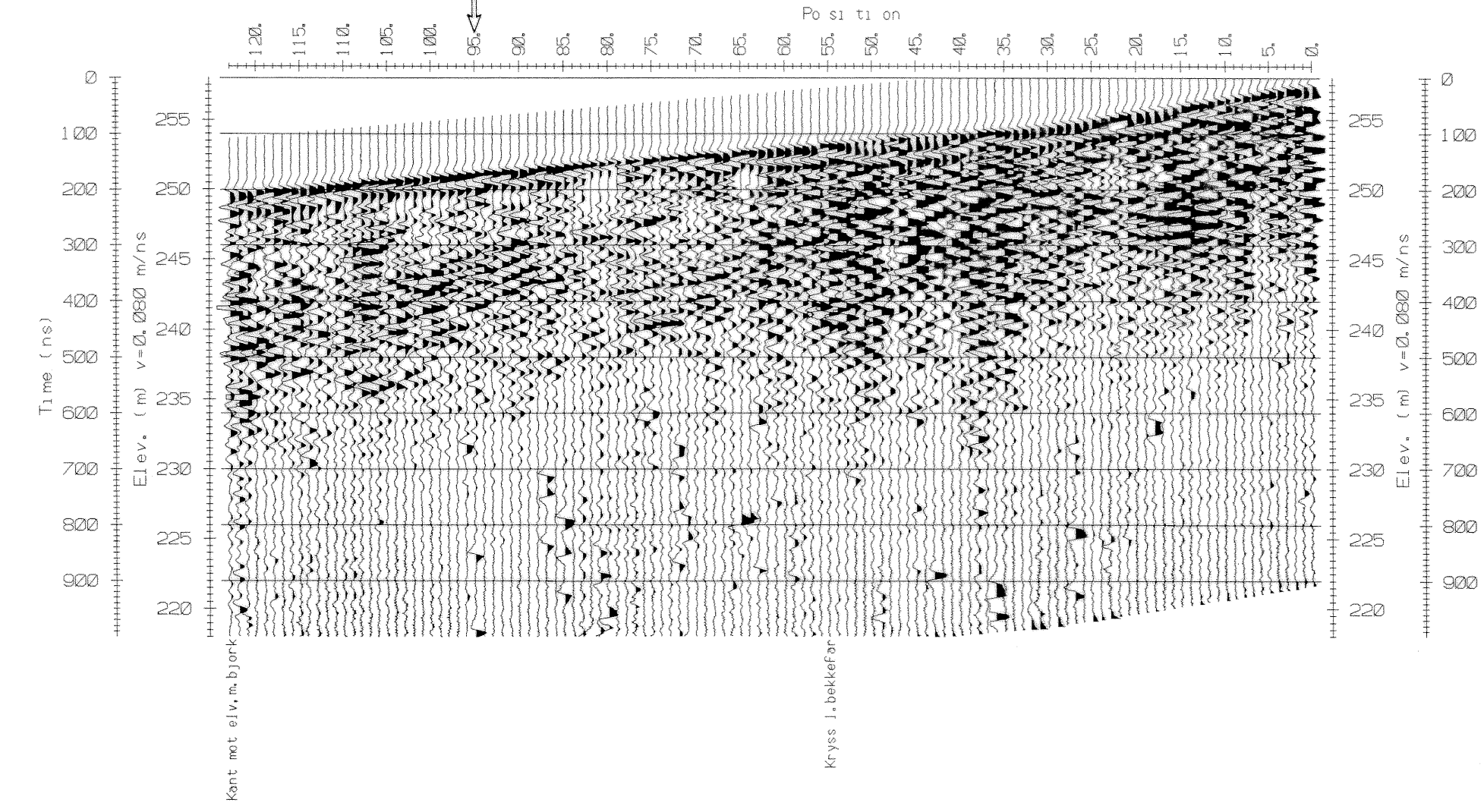
P1



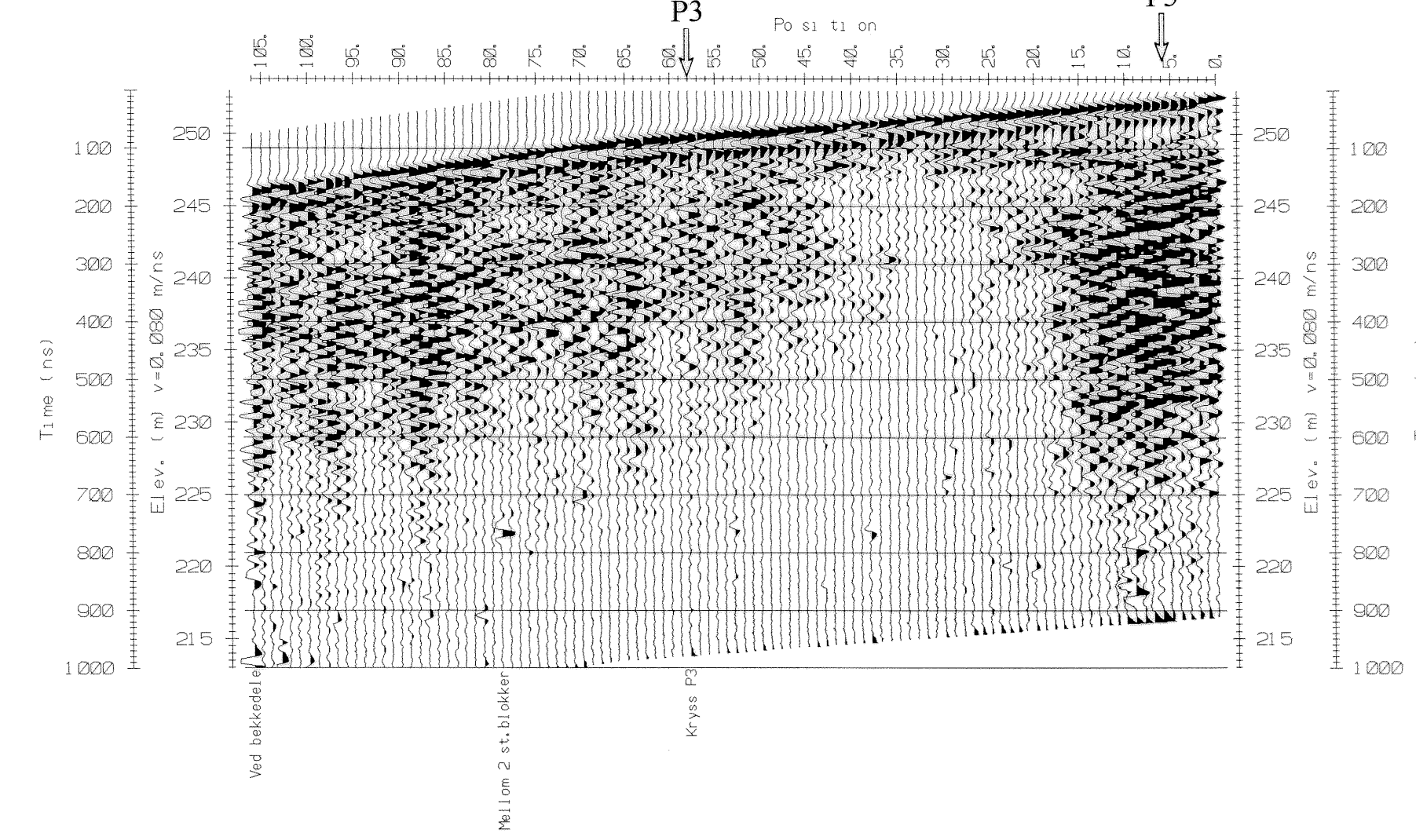
P2



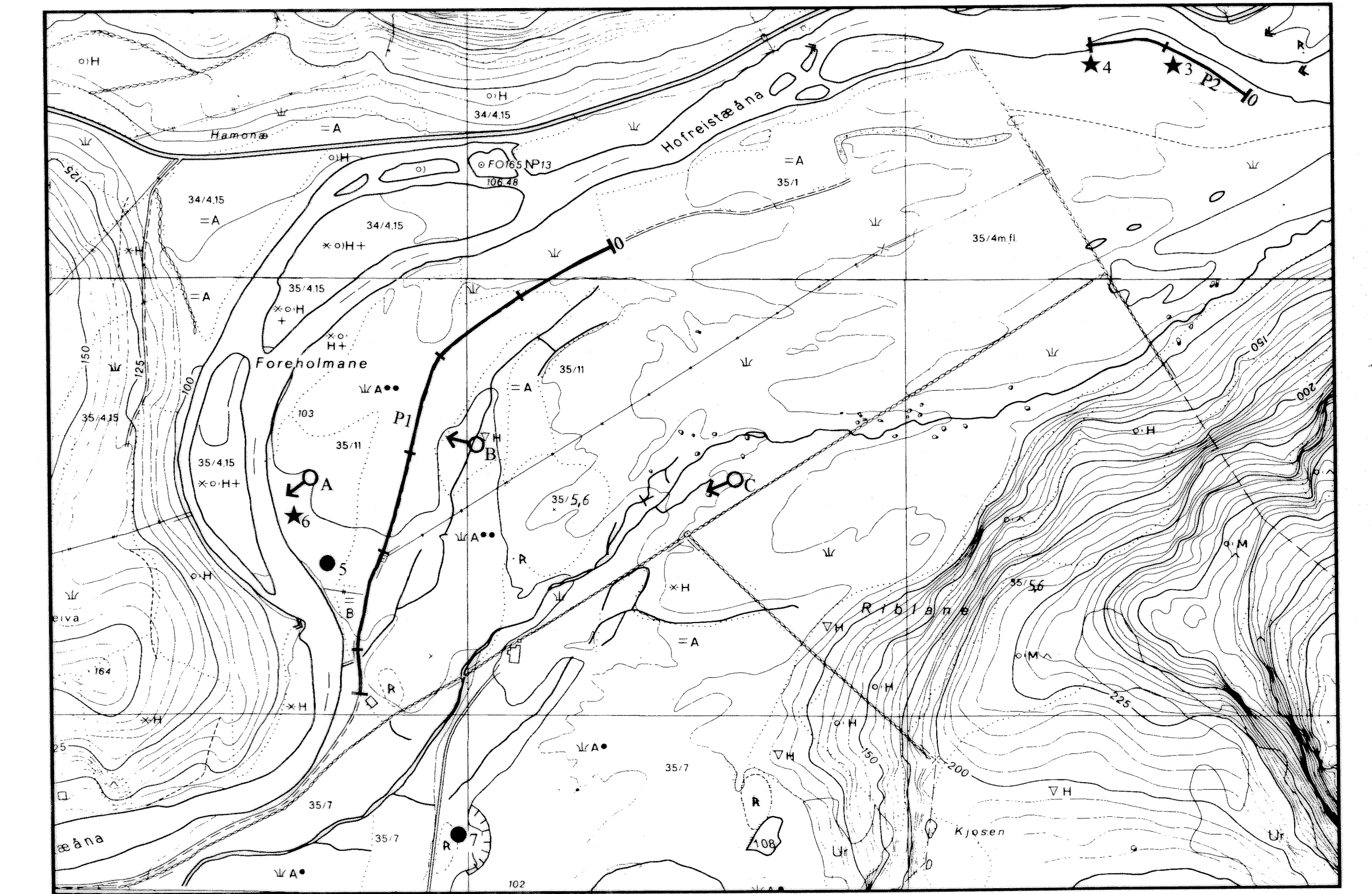
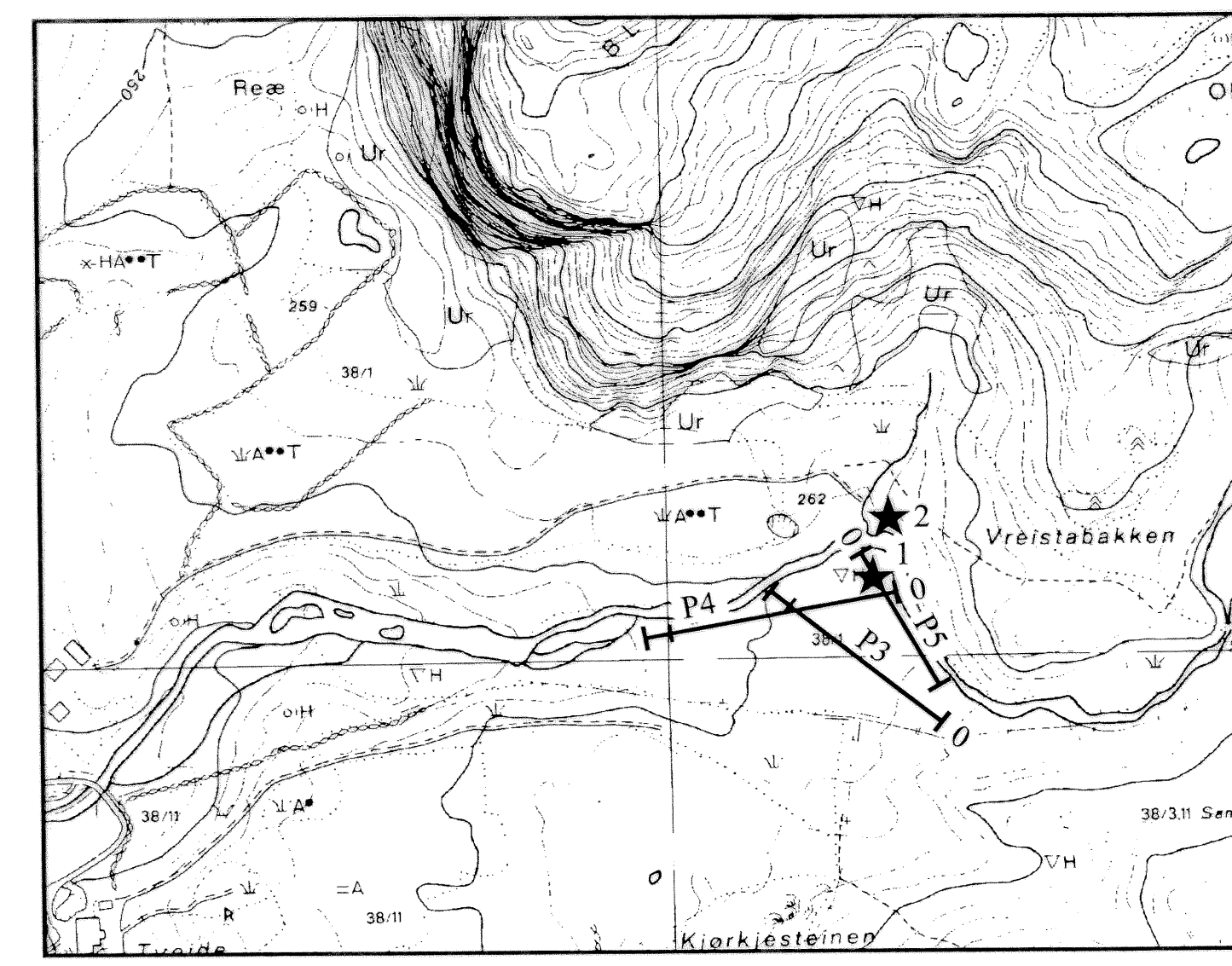
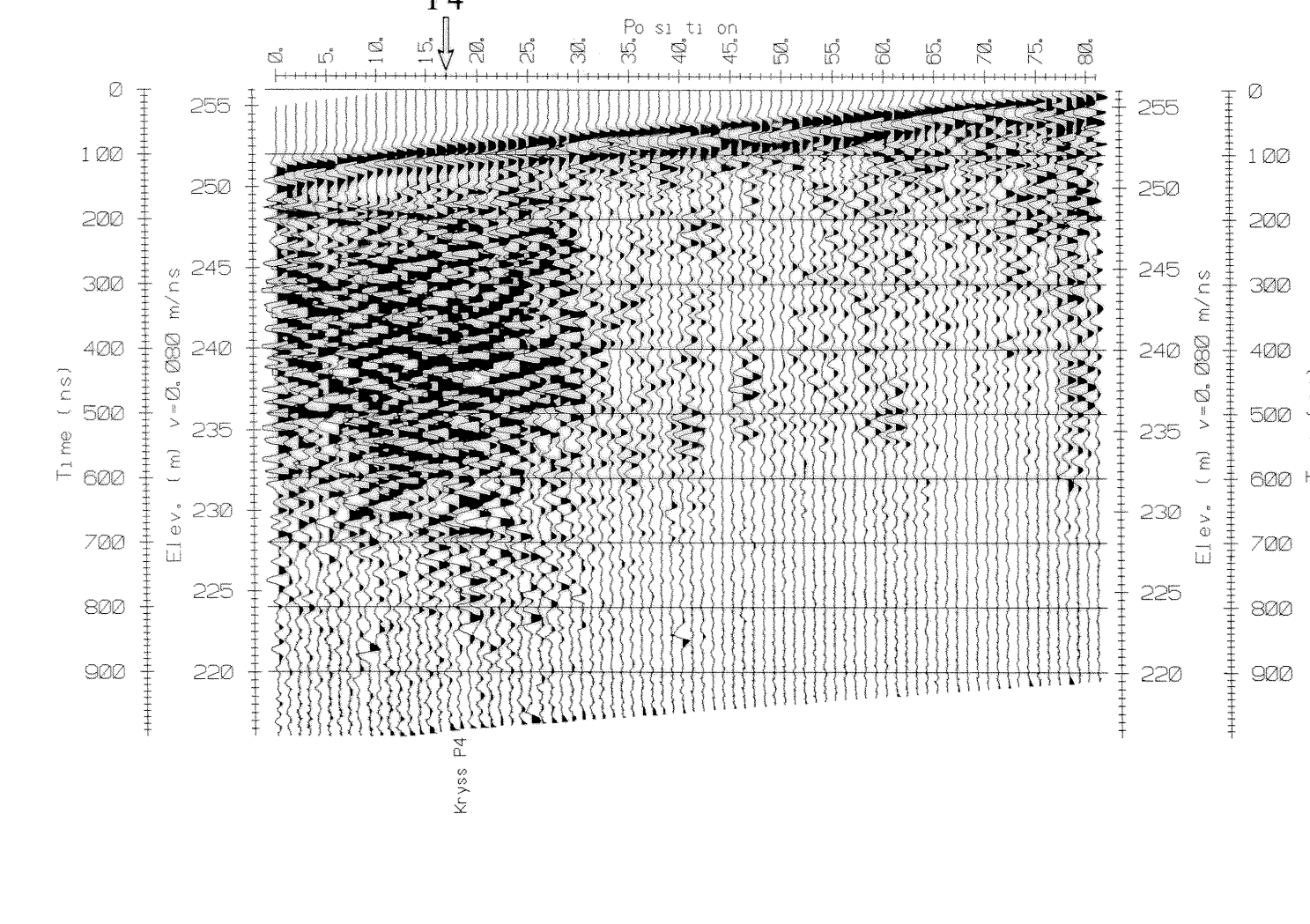
P3



P4



P5



- TEGNFORKLARING:
- georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 profilmeter
 - sonderboring
 - sonderboring m/testpumping
 - kilde
 - fjellblotning
 - grustak

BJERKREIM KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4 & P5 HEGELSTAD BJERKREIM KOMMUNE, ROGALAND	MÅLESTOKK 1:5000 (Kart)	MALT JFT TEGN EM TRAC KFR	juli -96 Feb -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 97.039-05	KARTBLAD NR AP 016-5-3, AO 016-5-2 AO 015-5-4