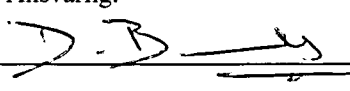


NGU Rapport 97.042

Grunnvannsundersøkelser - Hjelmeland og
Randøy vest, Hjelmeland kommune.

| | | | |
|--|---------------------|---|-------------------------|
| Rapport nr.: 97.042 | | ISSN 0800-3416 | Gradering: Åpen |
| Tittel: Grunnvannsundersøkelser - Hjelmeland og Randøy vest, Hjelmeland kommune. | | | |
| Forfatter: Aa. K. Midtgård , H. Elvebakk, Ø. Jæger, B. Iversen, J.F. Tønnesen og G. Storrø | | Oppdragsgiver: Hjelmeland kommune, Rogaland fylkeskommune og NGU | |
| Fylke: Rogaland | | Kommune: Hjelmeland | |
| Kartblad (M=1:250.000) Sauda | | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) Jørpeland 1213 II og Lyngsvatnet 1313 III | |
| Forekomstens navn og koordinater: Hjelmeland | | Sidetall: 36 | Pris: 125,- |
| Feltarbeid utført: juni - aug. 1996 | | Rapportdato: 21.03.97 | Prosjektnr.: 27.1311 |
| | | Ansvarlig:  | |
| Sammendrag: | | | |
| <p>Mulighetene for grunnvannsuttak er vurdert for forsyningsstedene Hjelmeland sentrum (ved Steinslandsvatnet og Pundsnes industrifelt) og Randøy vest, i Hjelmeland kommune. Løsmassene ved Steinslandsvatnet er undersøkt ved befarings-, georadarmålinger, løsmasseboringer for kapasitetstesting og uttak av vannprøver og masseprøver. Prøvene er analysert ved NGUs laboratorier. For Pundsnes industrifelt og Randøy vest er mulighetene for grunnvann i fjell vurdert på grunnlag av bergartskart og opplysninger om tidligere boringer.</p> <p>For tettstedet Hjelmeland er grunnvannsmulighetene undersøkt med tanke på beredskapsvann, vannbehovet er 25 l/s. Ved Grødaånas utløp i Steinslandsvatnet kan det være muligheter for grunnvannsuttak, men det er usikkert om det oppgitte vannbehovet kan dekkes. Analyseresultater fra forundersøkelsene viser at grunnvannet har for høyt jern-, aluminium- og manganinnhold i forhold til drikkevannsforskriftene, vannet har også for lav pH og alkalitet og inneholder lite kalsium. En sikker vurdering med hensyn til kvalitet og kapasitet vil kreve langtidsprøvepumping av fullskala brønn.</p> <p>Ved Pundsnes industrifelt kan borebrønner i fjell gi noe ekstra vanntilskudd, men ikke erstatte dagens vannforsyning. En fjellboring i dette området forventes å gi 0,1 - 0,5 l/s.</p> <p>På Randøy er det liten mulighet for å dekke det oppgitte vannbehovet på 2,3 l/s ved boring av fjellbrønner.</p> | | | |
| Emneord: Hydrogeologi | Grunnvannsforsyning | | Geofysikk |
| Sonderboring | Løsmasse | | Borebrønn |
| Grunnvannskvalitet | Prøvetaking | | Fagrapport |

INNHold

| | |
|---|----|
| FORORD | 4 |
| 1 INNLEDNING | 5 |
| 2 METODIKK | 6 |
| 3 FELTUNDERSØKELSER | 7 |
| 3.1 Steinslandsvatnet..... | 7 |
| 3.1.1 Georadarundersøkelser | |
| 3.1.2 Boringer | |
| 3.1.3 Vannkvalitet | |
| 3.1.4 Anbefalinger | |
| 3.2 Pundsnes industrifelt..... | 12 |
| 3.3 Randøy vest..... | 12 |
| 3.3.1 Tidligere undersøkelser | |
| 3.3.2 Anbefalinger | |
| KONKLUSJON | 13 |
| REFERANSER | 14 |
| TEKSTBILAG | 15 |
| 1 Georadar - metodebeskrivelse | |
| 2 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratorie- metoder | |
| VEDLEGG | 25 |
| 1.1 - 1.5 Undersøkelsesboringer ved Steinslandsvatnet, boreprofiler | |
| 2 Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner | |
| 3 Kjemiske analyser fra undersøkelsesbrønner, Steinslandsvatnet | |
| 4 Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til avsetningstype og lagdeling | |
| KARTBILAG | 34 |
| 97.042-01 Oversiktskart Hjelmeland kommune | |
| 97.042-02/-03 Detaljkart, M 1: 5000, m/georadarprofil, sonderboringer og undersøkelses- brønner, Steinslandsvatnet | |
| 97.042-04 Georadaropptak | |
| 97.042-05 Georadaropptak | |

FORORD

En god vannforsyning med hensyn til 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.

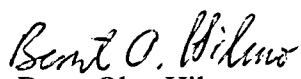
Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod 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
Hovedprosjektleder


for Oystein Jæger
avd.ing.

1 INNLEDNING

I Hjelmeland kommune har NGU undersøkt mulighetene for grunnvannsforsyning til Hjelmeland sentrum (Steinslandsvatnet og Pundsnes) og Randøy - vest. Kartbilag 1 viser lokaliseringen av de undersøkte områdene.

Avd. ingeniør Øystein Jæger har vært ansvarlig for prosjektet, andre involverte var:

Forsker Gaute Storrø (befaring)

Forsker Jan Fredrik Tønnesen (georadarmålinger)

Forsker Harald Elvebakk (tolkning av georadarmålinger)

Forsker Aase Midtgård (prøvetaking og feltmålinger)

Ingeniør Bjørn Iversen (løsmasseboringer)

Kommunens kontaktperson har vært avd. ingeniør Ivar Pedersen. Kommunen har innhentet boretillatelse fra grunneiere.

De påløpte kostnader på kr. 108 900 er i samsvar med kostnadsoverslaget. Kostnadene er dekket av Rogaland fylkeskommune (25 %), Hjelmeland kommune (15 %) og NGU (60 %).

2 METODIKK

På grunnlag av feltbefaringen og gjennomgang av rapporter fra tidligere undersøkelser ble det i samråd med kommunen satt opp et prosjektforslag med kostnadsoverslag for de prioriterte områdene. Undersøkelsene ved Steinslandsvatnet har omfattet befaring, geofysiske målinger (georadarmålinger) og sonderboringer med uttak av masseprøver/vannprøver samt kapasitetstesting. 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. Metodene står nærmere beskrevet i tekstbilag 1 og 2.

For Pundsnes industrifelt og Randøy vest er mulighetene for grunnvann i fjell vurdert på grunnlag av bergartskart og opplysninger om tidligere boringer.

Plassering av målte georadarprofiler er vist sammen med opptakene i kartbilag 4 - 5. 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. Tabell 1 viser en oversikt over alle målte profiler med sted, lengde, opptakstid og kartbilagsnummer. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Antenne senterfrekvens var 50 MHz, og det ble benyttet en sender på 1000 V. Det ble foretatt 32 summerte registreringer (stacks) i hvert målepunkt. Det ble målt ca. 1,65 profilkilometer fordelt på 10 profiler. Reelle lengder av profiler (målt på kart) kan være noe forskjellig fra lengder (posisjoner) angitt over georadaropptak, pga. mulig tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstand ved utførelsen av målingene. For enkelte profiler er det i kartbilagene markert for hver 100 profilmeter. 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).

To av opptakene er terrengkorrigert der det er benyttet kart i målestokk 1:5000 (ekvidistanse 5 m) som grunnlag for høydeavlesning. Ved utskrift av opptakene er det benyttet 5-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy. Det ble benyttet lineær, egendefinert forsterkning.

Tabell 1. Oversikt over profilers plassering, lengde og opptakstid

| Profil | Sted | Lengde (m) | Opptakstid (ns) | Kartbilagsnr |
|---------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| P1 | Hjelmeland | 323 | 1000 | 4 |
| P2 | Hjelmeland | 189 | 1000 | 4 |
| P3 | Hjelmeland | 372 | 1000 | 5 |
| P4 | Hjelmeland | 214 | 1000 | 5 |
| P5 | Hjelmeland | 76 | 1000 | 5 |
| P6 | Hjelmeland | 96 | 1000 | 5 |
| P7 | Hjelmeland | 138 | 1000 | 5 |
| P8 | Hjelmeland | 71 | 1000 | 5 |
| P9 | Hjelmeland | 123 | 1000 | 5 |
| P10 | Hjelmeland | 49 | 1000 | 5 |

3 FELTUNDERSØKELSER

3.1 Steinslandsvatnet

I området rundt Steinslandsvatnet er det flere steder som kan være aktuelle for grunnvannsuttak. Ved Kvame gård ligger det en grusrygg med orientering nord - sør. Sørligste del av ryggen er dekket av finstoff og de to første boringene (borehull 1 og 2) ble utført i dette området i et forsøk på å treffe grovere lag under de finkornige massene. På østsiden av Steinslandsvatnet er det gjort undersøkelser på deltaet ved Grødaånas utløp (borehull 3 og 4) og på elvesletten ved Fevoll (borehull 5). På alle tre stedene er løsmassene undersøkt med georadarprofileringer og boringer for kapasitetstesting og prøvetaking (vedlegg 1.1 - 1.5). Et oversiktskart som viser de undersøkte områdene er vist i kartbilag 1. Plasseringen av georadarprofilene og borepunktene er vist i kartbilag 2 - 3 og georadaropptakene er vist i kartbilag 4 - 5.

Ved tolkning av georadaropptakene er det benyttet et skjema som knytter hendelser i opptak til sedimenters sammensetning og lagdeling. Dette skjemaet er vist i vedlegg 4 (etter Beres & Haeni, 1991). Ved undersøkelse av muligheter for uttak av grunnvann kan resultater fra georadarmålinger ofte gi informasjon om løsmassenes beskaffenhet (grovkornig/finkornig), grunnvannsspeilets beliggenhet og sedimenttykkelse (dyp til fjell). Opptakene er beskrevet fra vest til øst og fra sør til nord.

3.1.1 Georadarundersøkelser

Det ble i alt målt 10 profiler. Opptak og profilplassering er vist i kartbilag 4 og 5. Ved dybdekonvertering av data er det valgt en EM-bølgehastighet på 0,08 m/ns. På profilene P1 og P2 er det utført terrengkorleksjon. P1 og P2 ble målt i nordenden av Steinslandsvatnet, mens P3 - P10 ble målt på østsiden av samme vann.

P1

Profilet ble målt langs riksveg 13 fra øst mot vest i en bukt i nordenden av Steinslandsvatnet. Hele opptaket er preget av meget dårlig penetrasjon som hovedsakelig skyldes finkornige masser. Den vestligste delen av profilet, fra posisjon 230 til 320, viser antydning til strukturer som kan indikere dagnære grove masser. I dette området er også penetrasjonsdypet størst, maksimum 10 m. Bh 2 ved ca posisjon 245 viste sand/finsand ned til 5,5 m med noe grovt materiale fra 4 m. I bunnen av hullet, på 7,5 m dyp, ble det påtruffet moreneaktige masser. Bh 1 ved ca posisjon 210 viste sand/finsand og tette masser ned til 16 m dyp hvor fjell ble påtruffet. I dette området er penetrasjonen svært liten, og tolkning av data gir ikke grunnlag for videre undersøkelser. Georadarmålingene indikerer lite gunstige masser, men en ville likevel sjekke med boring. Det er ikke mulig å se fjell noen steder langs profilet, og det er også vanskelig å se grunnvannsspeilet (ligger for høyt).

P2

Profilet ble målt fra vannkanten, over beitemark og oppover veg nordøstover mot Kvame. Profilet krysset P1 ved posisjon 207. Profilet har en vertikal stigning på 15 m. Fra vannkanten, posisjon 0, til posisjon 110 er penetrasjonen liten, noe som trolig skyldes fine masser. Bh 1 ved ca posisjon 35 viste finsand/tette masser ned til 16 m der fjell ble påtruffet. Fra posisjon 110 til 165 er penetrasjonsdypet større, 16 - 20 m, og en ser antydning til skrått refleksjonsmønster som kan indikere grovere masser. Pga. at terrenget stiger ganske mye (15 m) er området dårlig egnet til grunnvannsuttak. En ser heller ikke grunnvannsspeilet.

P3

Profilet ble målt fra veg på nordsiden av elva Grødåna mot nordvest, deretter ned mot Steinslandsvatnet i vestlig retning. Mellom posisjon 0 og 175 er opptaket preget av meget dårlig penetrasjon, trolig pga. finkornige masser. Penetrasjonsdypet 2 - 7 m. Fra posisjon 175 til 225 øker penetrasjonsdypet gradvis fra 5 m til 15 - 16 m. Her vises tydelige strukturer i opptaket med skrått/kaotisk refleksjonsmønster som indikerer sand/grus. Fra posisjon 225 til 372 er penetrasjonsdypet 15 - 16 m med kaotisk refleksjonsmønster som kan indikere sand/grus. Bh 4 ved posisjon 225 viste sand ned til 11,5 m etterfulgt av finsand ned til 23,5 m (ikke boret lenger). I posisjon 225 er penetrasjonsdypet ved georadarmålingene ca 12 m. Det kan se ut som om penetrasjonsdypet tilsvarer tykkelsen av de overliggende noe grove sandmassene. Det vil i så fall si at fra posisjon 225 til 372 har en 12 - 15 m sandmasser over finsand, mens det på den østligste delen av profilet indikeres hovedsakelig finsand. I det

samme området indikeres en tydelig reflektor som ser ut til å utgjøre nedre grense for penetrasjonen. Det er ikke mulig å se grunnvannsspeilet da det trolig ligger nært overflaten.

P4

Profilet ble målt på tvers av P4 fra utløpet av Grødåna og nord-nordøstover langs elvedeltaet. Tolkning av massetypene som ble gjort for P3 gjelder trolig også for P4. Penetrasjonsdypet varierer trolig pga. variasjoner i tykkelsen til en sand/grusavsetning som ligger over finere og tettere masser. Fra posisjon 0 til 70 er penetrasjonsdypet 15 - 16 m. Penetrasjonen begrenses mot en forholdsvis tydelig reflektor på dette dypet som kan representere overgangen mellom sand og finsand (se P3). Det er vanskelig å se strukturer på opptaket, men den forholdsvis gode penetrasjonen tyder på forholdsvis grove masser. Fra posisjon 70 til 110 avtar penetrasjonsdypet fra ca 15 m til 7 - 8 m hvorpå det øker igjen til ca 16 m ved posisjon 135. Fra posisjon 145 til 190 indikeres en tydelig reflektor på 12 m dyp ved posisjon 145 som avtar til ca 7 m dyp ved posisjon 190. Over reflektoren er refleksjonsmønsteret kaotisk som indikerer sand/grus. Reflektoren kan representere grensen mellom sand (øverst) og finsand. Boring, Bh 3, utført ved posisjon 145 er gunstig plassert ut fra indikasjoner på georadaropptakene. Borehullet viste stort sett sand med mye finstoff fra 11,5 m. Fjell ble påtruffet på 22 m dyp. Testpumping viste god vanngjennomgang ved 3,5 m og 7,5 m dyp. En ser ikke fjell på opptaket, og heller ikke grunnvannsspeilet da dette trolig ligger svært nær overflaten.

P5

Profilet ble målt på tvers av P3 fra elvekanten over elvedeltaet ned til Steinslandsvatnet. Profilet krysset P3 ved posisjon 235. Opptaket samsvarer godt med tilsvarende område på P3 hvor penetrasjonsdypet trolig bestemmes av tykkelsen på sandlagene over finere/tettere masser. Penetrasjonsdypet varierer fra 12 til 16 m. Grunnvannsspeil og fjell kan ikke sees. Undersøkelsesbrønn ved ca posisjon 40, Bh 4, ga god vanngjennomgang ved 5,5 m dyp. Ut fra georadaropptakene ser massene ut til å være like langs hele profilet og like godt egnet til grunnvannsuttak som ved boreplassen.

P6

Profilet ble målt på tvers av P3 i østre ende (posisjon 0) fra riksveg 13 og sørvestover langs en sideveg til elva. Opptaket viser samme signatur som data fra sørøstre del av P3 og viser gjennomgående dårlig penetrasjon som varierer fra 4 m til maksimum 8 m ved posisjon 0. Ut fra tolkningen som er gjort under P3, er det trolig stort sett fine masser langs hele profilet. Den økende penetrasjonen og antydning til skrått refleksjonsmønster mot øst, posisjon 25 til 0, kan tyde på større muligheter for grove masser i dette området, men området sett under ett ser ut til å være dårlig egnet til grunnvannsuttak.

P7

Profilet ble målt på sørsiden og langs elva Grødåna like nord for Einervoll. Hele opptaket er preget av meget dårlig penetrasjon og det er vanskelig å se strukturer som kan indikere grove masser. En mulig tolkning er et topplag av sand/grus (4 - 5 m) over finere/tettere masser. En kan ikke se fjell. Mulig grunnvannspeil kan sees mellom posisjon 138 og 85 på 3 m dyp.

P8

Profilet startet i sørvestre ende av P7 og ble målt sørover langs en sideelv til Grødåna. Hele opptaket er preget av dårlig penetrasjon (4 - 8 m) og det er ikke mulig å se strukturer som kan indikere grove masser av stor nok mektighet til å være av interesse for grunnvannsuttak. Som på P7 kan en ha et topplag (4 - 5 m) av sand/grus over fine masser. En ser ikke fjell.

P9

Profilet ble målt like sørvest for Fevoll i sørvestlig retning over ei elveøy mot elva. Fra posisjon 116 til 90 er penetrasjonsdypet 3 - 4 m. Dette indikerer trolig et tynt topplag av sand/grus over fine masser som stopper penetrasjonen av EM-bølgene. Fra posisjon 85 til 0 er penetrasjonsdypet 7 - 8 m. Refleksjonsmønsteret er kaotisk og kan indikere sand/grus. Boring, Bh 5, ved ca posisjon 50 viste sand/grus ned til 5,5 m etterfulgt av finsand ned til 18 m. Helt i bunnen, 19,5 m, ble det påtruffet silt/leire. Det ser ut som om penetrasjonsdypet er bestemt av tykkelsen på sand/gruslaget øverst da en mister penetrasjonen ved overgangen til finere og tettere masser. Både lite penetrasjonsdyp og indikerte finkornige masser tyder på at området er lite egnet til grunnvannsuttak, noe boring med testpumping også viste.

P10

Profilet ble målt på tvers av P9 og krysser (P9) ved posisjon 28 (ved Bh 5). Penetrasjonsdypet er 7 - 9 m, unntatt området mellom posisjon 20 og 8 hvor det bare er 3 - 4 m. Det kaotiske refleksjonsmønsteret indikerer et topplag av sand/grus med tykkelse tilsvarende penetrasjonsdypet (se tolkning for P9). Området synes dårlig egnet for grunnvannsuttak.

Oppsummering

Det generelle inntrykk av georadarmålingene ved Steinslandsvatnet er liten penetrasjon som indikerer mye finmasser som er dårlig egnet for grunnvannsuttak. Bare på profilene P4 og P5 ble det indikert masser som kan være egnet til grunnvannsuttak. Utførte testboringer, Bh 3 og Bh 4, ga god vanngjennomgang. Undersøkelsene viste hvor viktig det er med georadarmålinger da mektigheten av grove masser ofte skifter raskt som f.eks. på profil P3.

3.1.2 Boringer

Boring 1 (vedlegg 1.1) viser at det er tette masser med mye finstoff over fjell på 16 m. Boring 2 (vedlegg 1.2) ble avsluttet ved 7,5 m og viser samme type løsmasser. Begge boringene viser at det er dårlig vanngjennomgang i massene. Det ble derfor ikke utført testpumper i disse borehullene.

I borehull 3 (vedlegg 1.3) er det sand og noe grus med god vanngjennomgang ned til ca. 9,5 m. Testpumping ved 3,5, 7,5 og 9,5 m ga vannmengder på henholdsvis 5,0, 4,0 og 1,7 l/s. Kornfordelingskurvene i vedlegg 2 viser at masseprøvene fra 3,5 og 7,5 m er dominert av grov sand, ved 9,5 m dyp er det mer finkornig sand. Fra 9,5 m til fjell på 22 m er finstoffinnholdet større og vanngjennomgangen er dårlig.

I borehull 4 (vedlegg 1.4) er det 7,5 m sand over finsand. Testpumping på 5,5 og 7,5 m ga vannmengder på henholdsvis 4,6 og 0,8 l/s. I dypere nivå var det dårlig vanngjennomgang. 3 sedimentprøver fra borehull 4 bekrefter at massene blir mer finkornige mot dypet (vedlegg 2).

I borehull 5 (vedlegg 1.5) er det 5-6 m sand over finsand. Testpumping ved 3,5 m ga svært lite vann, og det ble derfor ikke forsøkt pumping i dypere nivå.

3.1.3 Vannkvalitet

Under pumping ble det observert barkbiter i grunnvannet som ved nedbryting gir reduserende forhold og H₂S - lukt. Analyser av 3 grunnvannsprøver fra borehull 3 og 4 (vedlegg 3) viser for høyt jern-, aluminium- og manganinnhold i forhold til drikkevannsforskriftene, vannet har også for lav pH og alkalitet og inneholder lite kalsium. Ved eventuell langtidsprøvepumping bør vannkvaliteten over tid undersøkes nærmere.

3.1.4 Anbefalinger

Undersøkelsene viser at det bare er i området ved borehull 3 og 4 ved Grødaånas utløp i Steinslandsvatnet det kan være muligheter for større grunnvannsuttak. Området er flomutsatt. For en sikker vurdering av uttakspotensiale og vannkvalitet bør det utføres langtidsprøvepumping av fullskala brønn. Vannkvaliteten er noe tvilsom, vannet er aggressivt og reduserende (lav pH, alkalitet, lavt innhold av Ca og for høyt innhold av H₂S, Fe, Mn og Al). Disse parametrene bør overvåkes regelmessig under evt. langtidsprøvepumping. Det er sannsynlig at et grunnvannsanlegg her vil behøve behandling ved alkalisering, lufting og utfelling/sandfiltrering. Om kommunen ønsker videre undersøkelser ved lokaliteten, vil kreve en økonomisk vurdering kontra andre aktuelle alternative vannkilder.

3.2 Pundsnes industrifelt

Kommunen har bedt om en vurdering av grunnvannsmulighetene ved Pundsnes industrifelt. Det er ingen løsmasser egnet for grunnvannsuttak i området. Berggrunnen består av prekambrisk granitt og et borehull i slike bergarter gir vanligvis vannmengder mellom 0,1 og 0,6 l/s (Soldal og Jæger, 1992). Boring mot sprekker kan gi større vannmengder, men fjellboringer er alltid forbundet med en viss usikkerhet.

3.3 Randøy - vest

Det finnes ikke løsmasser i dette området som er aktuelle for grunnvannsuttak. Mulighetene for grunnvann i fjell er vurdert på grunnlag av bergartskart og opplysninger om tidligere boringer.

3.3.1 Tidligere undersøkelser

I forbindelse med GiN- prosjektet i 1992 ble området ved Sandangsvågen undersøkt. Daværende vannbehov var 0,2 l/s, og dette ble vurdert som mulig å kunne ta ut fra borebrønner i fjell. Anbefalingen fra denne undersøkelsen var å bore fjellbrønner inn imot svakhetssonen som går nordover skaret fra Sandangsvågen. Berggrunnen består av prekambrisk granitt og et borehull i slike bergarter gir vanligvis vannmengder mellom 0,1 og 0,6 l/s (Soldal og Jæger, 1992). Tilsammen 7 brønner er senere boret i området, stort sett med negative resultater. 4 av brønnene var tørre, 2 gav saltvann og bare 1 brønn hadde god vannkvalitet, men begrenset kapasitet, dvs. nok til en husholdning inkludert gårdsdrift.

Kapasiteten i borebrønner vil oftest reduseres etter en tids pumping. For å kunne dekke det ønskede vannbehovet på 2,3 l/s bør brønnene i utgangspunktet ha en total kapasitet på nærmere 4,5 l/s.

Området har et begrenset nedbørsfelt, i tillegg er løsmassedekket sparsomt og svært lite vann kan magasineres. Forventet grunnvanns-nydanning fra nedbør er omlag 2 %, og med en nedbørsnormal for området på 1400 mm, vil dette ikke gi tilstrekkelig mengde ferskt grunnvann.

3.3.2 Anbefalinger

NGUs vurdering er at det vil være liten mulighet for å dekke det oppgitte vannbehovet på 2,3 l/s ved boring av fjellbrønner.

KONKLUSJON

Mulighetene for grunnvannsuttak er vurdert for forsyningsstedene Hjelmeland sentrum (ved Steinslandsvatnet og Pundsnes industrifelt) og Randøy vest.

Vannbehovet for Hjelmeland sentrum er oppgitt til 25 l/s. På elvedeltaet ved Grødaånas utløp i Steinslandsvatnet kan det være muligheter for uttak av grunnvann, men det er usikkert om vannbehovet kan dekkes. Analyseresultater fra forundersøkelsene viser at grunnvannet tilfredsstillende til drikkevannskvalitet for alle målte parametre med unntak av pH, alkalitet og kalsium (for lite), og jern, mangan og aluminium (for mye). Vannet lukter imidlertid H₂S (råtne egg) som tyder på reduserende forhold, noe som også kan forklare det høye innholdet av jern og mangan. En sikker vurdering med hensyn til kvalitet og kapasitet vil kreve langtidsprøvepumping av fullskala brønn. Dersom kommunen ønsker å fortsette med undersøkelser her, anbefales regelmessig overvåking av Eh (redokspotensiale), H₂S (hydrogensulfid) og D.O. (opløst oksygen) i tillegg til vanlige parametre under langtidsprøvepumping. Ved et eventuelt vannforsyningsanlegg basert på denne avsetningen kan det være behov for alkalisering, lufting og sand-filtrering/utfelling for å oksidere vannet, fjerne jern og heve pH. Om dette er økonomisk gunstig bør sees i sammenheng med tilgjengeligheten av mulige alternative vannkilder.

Ved Pundsnes industrifelt kan borebrønner i fjell gi noe ekstra vanntilskudd, men ikke erstatte dagens vannforsyning. En fjellboring i dette området forventes å gi 0,1 - 0,5 l/s.

På Randøy er det liten mulighet for å dekke det oppgitte vannbehovet på 2,3 l/s ved boring av fjellbrønner.

REFERANSER

Beres, M. Jr. & Haeni, F.P. 1991: Application of ground-penetrating-radar methods in hydrogeological studies. *Ground water, No. 3, 375-386.*

Jæger, Ø. 1991: Grus- og Pukkregisteret i Hjelmeland og Forsand kommuner, Rogaland. *NGU Rapport 90.078. Norges geologiske undersøkelse*

Sigmond, E.M.O. 1975: Sauda. Berggrunnskart, M = 1:250.000. *Norges geologiske undersøkelse*

Sigmond, E.M.O., Gustavson, M., Roberts, D. 1984: Berggrunnskart over Norge. M = 1:1 mill. *Norges geologiske undersøkelse*

Soldal, O. og Jæger, Ø. 1992: Grunnvatn i Hjelmeland kommune *NGU Rapport 92.094. Norges geologiske undersøkelse.*

TEKSTBILAG

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

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 planparallel med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

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

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

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

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

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

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil

føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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 grunnvannsføremkomst 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 prøvekarret. 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 Nemec 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 strømaggreat. 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 grunnvannsspeilet 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 tilbakestrømming 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 prøvempes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvempes ett år slik at man får med eventuelle seshongvariasjoner 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 tilslaget 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 boringer/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 ± 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 ± 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 ± 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*.

VEDLEGG

- 1.1 - 1.5 Undersøkelsesboringer ved Steinslandsvatnet, boreprofiler
- 2 Kornfordelingskurver av masseprøver fra undersøkelsesbrønner
- 3 Kjemiske analyser fra undersøkelsesbrønner, Steinslandsvatnet
- 4 Skjema som knytter hendelser i georadaropptak til avsetningstype og lagdeling

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Ved Steinslandsvatnet, Hjelmeland kommune

UTFØRT DATO: 03.09.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1213 II

SONE: 32 V

Ø-V: 34016

N-S: 656926

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 15 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, grusig | | - | - | G | | | | |
| | sand, finsand | 0.15 | - | - | G | | | | |
| 3,5 | sand, finsand | 0.15 | - | - | G | | | | |
| | sand, finsand | 0.13 | - | - | G | | | | |
| 5,5 | sand, noe grusig | 0.50 | - | - | G | | | | |
| | tette masser | 1.35 | S | 10-15 | G | | | | moreneaktig |
| 7,5 | tette masser | 1.35 | S | 10-0 | G | | | | moreneaktig |
| | tette masser | 3.00 | S | 10-15 | G | | | | moreneaktig |
| 9,5 | tette masser | 2.55 | S | 5-15 | G | | | | moreneaktig |
| | tette masser | 2.20 | S | 5-10 | G | | | | moreneaktig |
| 11,5 | tette masser | 2.55 | S | 5-10 | G | | | | moreneaktig |
| | tette masser, løsere | 2.20 | S | 5 | G | | | | mye sand (morene ?) |
| 13,5 | vekslende masser | 1.50 | DS | 0-5 | G | | | | mye sand (morene ?) |
| | tette masser | 3.10 | S | 5-10 | G | | | | mye sand (morene ?) |
| 15,5 | morenemasser | 4.15 | S | 5-10 | G | | | | mye sand (morene ?) |
| | blokk/fjell fra ca. 16,0 m | | | | | | | | |
| 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 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Ved Steinslandsvatnet, Hjelmeland kommune

UTFØRT DATO: 03.09.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1213 II

SONE: 32 V

Ø-V: 34014

N-S: 656926

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 15 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 | sand | | - | - | G | | | | |
| | sand, finsand | 0.12 | - | 5 | G | | | | |
| 3,5 | sand, finsand | 0.12 | - | 5 | G | | | | |
| | sand/finsand, noe grovt | 0.13 | - | - | G | | | | |
| 5,5 | sand/finsand, noe grovt | 0.45 | - | - | G | | | | |
| | sand/finsand, noe grovt | 1.30 | S | - | G | | | | moreneaktig |
| 7,5 | morene | 2.30 | S | 10-15 | G | | | | |
| 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: Ved Steinslandsvatnet, Hjelmeland kommune

UTFØRT DATO: 03.09.96

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1213 II

SONE: 32 V

Ø-V: 34025

N-S: 656862

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 15 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,05 m (etter pumping)

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 | | | | |
| 3,5 | sand | 0.15 | - | - | borte | 9,7 | | 300 | MP1 + VP1, dårlig smak |
| 5,5 | sand | 0.15 | - | - | " | | | | |
| 7,5 | sand | 0.15 | - | - | " | | | | |
| 7,5 | sand | 0.20 | - | - | " | 6,5 | | 250 | MP2 + VP2, dårlig smak |
| 9,5 | sand, noe grusig | 0.20 | - | - | " | | | | |
| 9,5 | sand, noe grusig | 0.30 | - | 0-4 | " | 6,9 | | 100 | MP3, endel finsand |
| 11,5 | sand | 0.15 | - | 5 | " | | | | |
| 11,5 | sand, løst | 0.15 | - | 5 | " | | | | mye finstoff, dårlig vanngj.gang |
| 13,5 | sand, løst | 0.15 | - | 5 | lysbrunt | | | | mye finstoff |
| 13,5 | sand, løst | 0.15 | - | 5 | " | | | | mye finstoff, dårlig vanngj.gang |
| 15,5 | sand, løst | 0.12 | - | 5 | " | | | | mye finstoff |
| 15,5 | sand, løst | 0.13 | - | 5 | " | | | | mye finstoff, dårlig vanngj.gang |
| 17,5 | sand, løst | 0.12 | - | 5 | " | | | | mye finstoff |
| 17,5 | sand, grovere | 0.50 | DS | - | borte | | | | mye finstoff, dårlig vanngj.gang |
| 19,5 | sand, grusig | 0.40 | DS | 4 | lysbrunt | | | | |
| 19,5 | vekslende | 0.45 | DS | 4 | borte | | | | |
| 21,5 | tettere masser | 1.20 | S | 4 | " | | | | |
| 21,5 | vekslende | 1.20 | S | 4 | " | | | | |
| 23,5 | fjell fra 22 m | | | | | | | | |
| 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 [$\mu\text{S/cm}$]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Ved Steinslandsvatnet, Hjelmeland kommune

UTFØRT DATO: 04.09.96

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSESRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1213 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** 34036 **N-S:** 656872

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 15 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,96 m (etter pumping)

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, noe grusig | | - | - | B | | | | |
| | sand, grusig | 0.20 | - | - | borte | | | | |
| 3,5 | sand | 0.18 | - | - | " | | | | |
| | sand | 0.23 | - | - | " | | | | |
| 5,5 | sand | 0.22 | - | - | " | 7,8 | | 275 | MP4 + VP3 |
| | sand | 0.21 | - | 5 | " | | | | |
| 7,5 | sand | 0.24 | - | 5 | " | | | 50 | MP5, mye bark |
| | sand, noe finere | 0.30 | - | 5 | " | | | | |
| 9,5 | sand, noe finere | 0.25 | - | 5 | lysbrunt | | | | lite vanngjennomgang |
| | sand, noe finere | 0.34 | - | - | " | | | | |
| 11,5 | sand, noe finere | 0.40 | - | - | " | | | 6 | MP6 |
| | finsand, løst | 0.11 | - | 3 | borte | | | | |
| 13,5 | finsand, løst | 0.10 | - | 3 | " | | | | |
| | finsand, løst | 0.11 | - | 3 | " | | | | |
| 15,5 | finsand | 0.11 | - | 3 | " | | | | |
| | finsand | 0.11 | - | 4 | " | | | | |
| 17,5 | finsand | 0.11 | - | 4 | " | | | | |
| | finsand | 0.11 | - | 4 | " | | | | |
| 19,5 | finsand | 0.11 | - | 4 | " | | | | |
| | finsand | 0.10 | - | 4 | " | | | | |
| 21,5 | finsand | 0.10 | - | 4 | " | | | | |
| | finsand | 0.10 | - | 5 | " | | | | |
| 23,5 | finsand | 0.10 | - | 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: Ved Steinslandsvatnet, Hjelmeland kommune

UTFØRT DATO: 04.09.96

BORPUNKT NR: 5

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1213 II SONE: 32 V Ø-V: 34088 N-S: 656863

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 20 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 | myr, sand, grus | | DS | - | B | | | | |
| | sand, grus | 0.45 | S | - | borte | | | | |
| 3,5 | sand | 0.20 | - | - | " | | | | meget dårlig vanngjennomgang |
| | sand | 0.20 | - | - | " | | | | |
| 5,5 | sand | 0.20 | - | - | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.15 | - | 3 | " | | | | mest finsand |
| 7,5 | sand, finsand | 0.15 | - | 3 | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.15 | - | 3 | " | | | | |
| 9,5 | sand, finsand | 0.15 | - | - | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.15 | - | - | " | | | | |
| 11,5 | sand, finsand | 0.13 | - | - | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.14 | - | - | " | | | | |
| 13,5 | sand, finsand | 0.14 | - | - | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.210 | - | - | " | | | | |
| 15,5 | sand, finsand | 0.14 | - | - | " | | | | |
| | sand, finsand | 0.16 | - | - | " | | | | |
| 17,5 | sand, finsand, tettere | 0.30 | DS | - | " | | | | |
| 19,5 | silt/leire | 0.35 | S | - | " | | | | siltig leire |
| 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

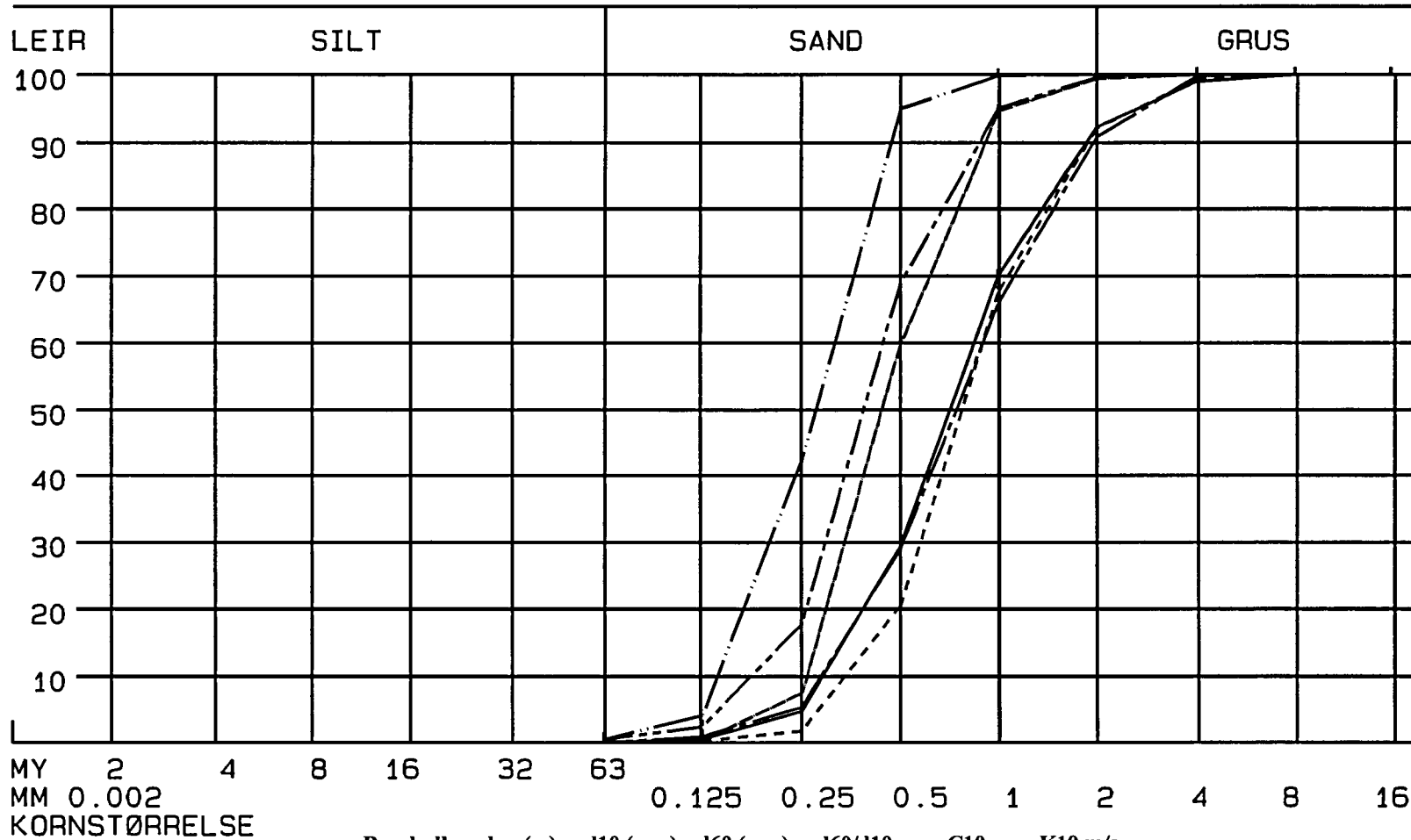
VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE BASERT PÅ OPPUMPETE MASSEPRØVER

XXX XXX



| | Borehull | dyp (m) | d10 (mm) | d60 (mm) | d60/d10 | C10 | K10 m/s | |
|-------|----------|---------|-------------|----------|---------|------|---------|----------|
| ————— | 960478 | 3 | 2,5 - 3,5 | 0,290 | 0,80 | 2,76 | 0,0096 | 8,09E-04 |
| ----- | 960479 | 3 | 6,5 - 7,5 | 0,339 | 0,85 | 2,51 | 0,0098 | 1,13E-03 |
| ----- | 960480 | 3 | 8,5 - 9,5 | 0,259 | 0,50 | 1,93 | 0,0104 | 6,96E-04 |
| ----- | 960481 | 4 | 4,5 - 5,5 | 0,287 | 0,85 | 2,96 | 0,0095 | 7,80E-04 |
| ----- | 960482 | 4 | 6,5 - 7,5 | 0,177 | 0,40 | 2,27 | 0,0100 | 3,13E-04 |
| | 960483 | 4 | 10,5 - 11,5 | 0,139 | 0,28 | 2,01 | 0,0103 | 2,00E-04 |

VANNANALYSER

FYLKE: Rogaland

KART (M711): 1213 II

KOMMUNE: Hjelmeland

PRØVESTED: v/ Steinslandsvatnet

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0223

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

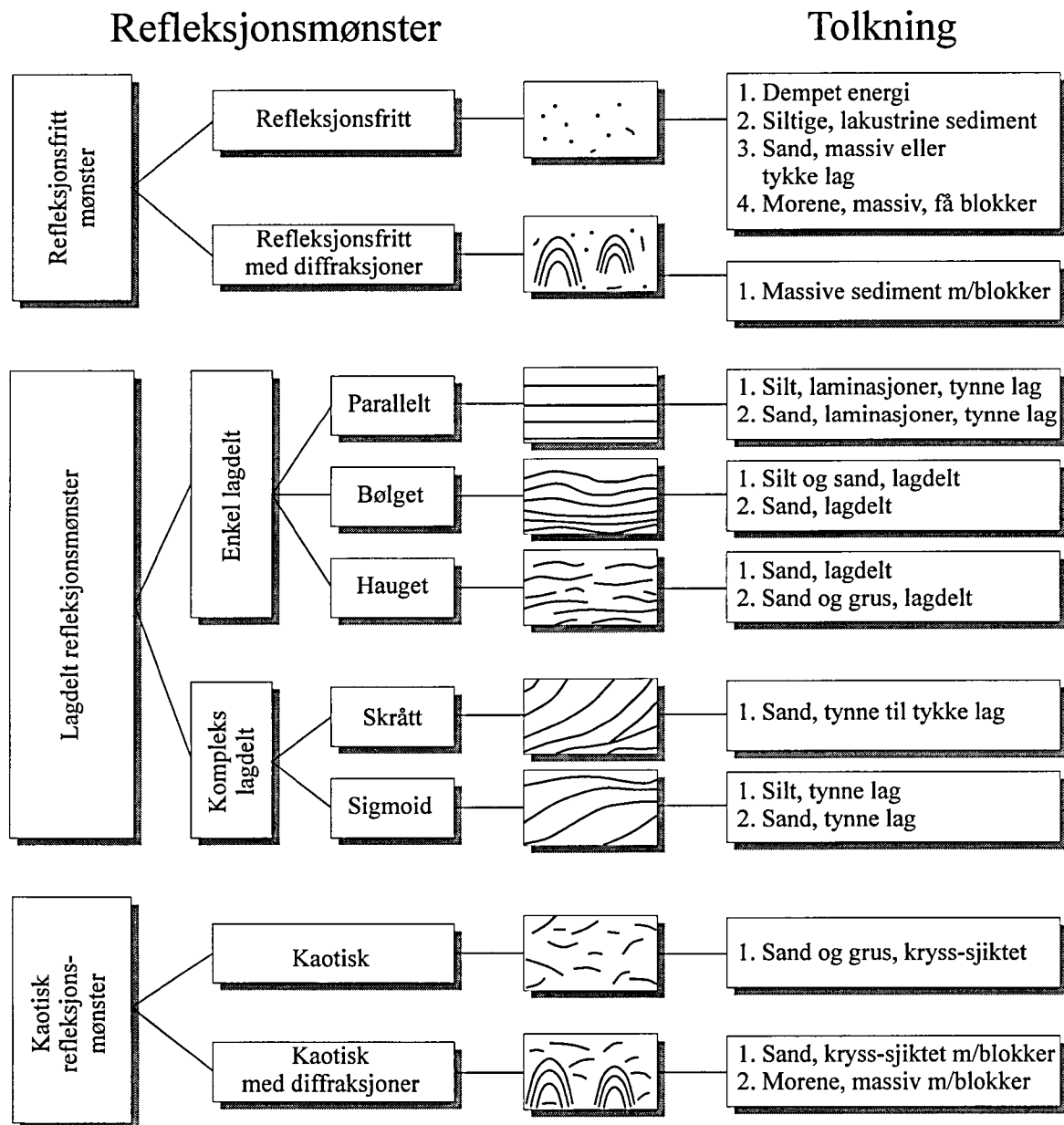
| Brønn-nr/sted | VP 1 borehull 3 | VP 2 borehull 3 | VP 3 borehull 4 | | | | | | | | | | | | | Veiledende verdi | Største tillatte konsentrasjon |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|-----------------------------------|
| Dato | 03.09.96 | 03.09.96 | 03.09.96 | | | | | | | | | | | | | | |
| Brønntype | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prøvedyp m | 2,5 - 3,5 | 6,5 - 7,5 | 4,5 - 5,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Brønndimensjon mm | 32 | 32 | 32 | | | | | | | | | | | | | | |
| X-koordinat Sone: 32 V | 34025 | 34025 | 34036 | | | | | | | | | | | | | | |
| Y-koordinat Sone: 32 V | 656862 | 656862 | 656872 | | | | | | | | | | | | | | |
| Fysisk/kjemisk | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surhetsgrad, felt/lab pH | 5,85 | 6,08 | 6,11 | 5,91 | | | | | | | | | | | | 7,5-8,5 | 6,5-8,5 ² |
| Ledningsevne, felt/lab μ S/cm | 29,0 | 27 | 43,2 | 40 | 37,0 | 34 | | | | | | | | | | < 400 | |
| Temperatur $^{\circ}$ C | 6,9 | 6,5 | 7,8 | | | | | | | | | | | | | < 12 | 25 |
| Alkalitet mmol/l | 0,08 | 0,13 | 0,06 | | | | | | | | | | | | | 0,6-1,0 ² | |
| Fargetall mg Pt/l | 26,4 | 8,0 | 9,7 | | | | | | | | | | | | | < 1 | 20 |
| Turbiditet F.T.U | 2,1 | 22 | 0,49 | | | | | | | | | | | | | < 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 | | | | | | | | | | | | | | 1,5 |
| Klorid mg Cl/l | 3,45 | 5,29 | 4,22 | | | | | | | | | | | | | < 25 | |
| Nitritt mg NO ₂ /l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | | | | | | | | | | | | | 0,16 |
| Brom mg Br/l | <0,1 | <0,1 | <0,1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrat mg NO ₃ /l | <0,05 | <0,05 | 1,67 | | | | | | | | | | | | | | 44 |
| Fosfat mg PO ₄ /l | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Sulfat mg SO ₄ /l | 1,85 | 2,90 | 3,26 | | | | | | | | | | | | | < 25 | 100 |
| Sum anioner+alkalitet meq/l | 0,23 | 0,35 | 0,29 | | | | | | | | | | | | | | |
| Kationer | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silisium mg Si/l | 1,3 | 1,9 | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Aluminium mg Al/l | 0,211 | 0,106 | 0,120 | | | | | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Jern mg Fe/l | 0,127 | 0,192 | 0,0485 | | | | | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Magnesium mg Mg/l | 0,381 | 0,629 | 0,488 | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| Kalsium mg Ca/l | 1,1 | 2,1 | 1,3 | | | | | | | | | | | | | 15-25 ² | |
| Natrium mg Na/l | 2,8 | 3,6 | 2,9 | | | | | | | | | | | | | < 20 | 150 |
| Kalium mg K/l | 0,569 | 1,1 | 1,6 | | | | | | | | | | | | | < 10 | 12 |
| Mangan mg Mn/l | 0,067 | 0,0278 | 0,0122 | | | | | | | | | | | | | < 0,02 | 0,05 |
| Kobber mg Cu/l | <0,005 | <0,005 | <0,005 | | | | | | | | | | | | | < 0,1 | 0,3 |
| Sink mg Zn/l | 0,0042 | 0,0027 | 0,0172 | | | | | | | | | | | | | < 0,1 | 0,3 |
| Bly mg Pb/l | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | | | | | | | | | | | | | 0,02 |
| Nikkel mg Ni/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | | | | | | | | | | | | | | 0,05 |
| Kadmium mg Cd/l | <0,005 | <0,005 | <0,005 | | | | | | | | | | | | | | 0,005 |
| Krom mg Cr/l | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | | | | | | 0,05 |
| Sølv mg Ag/l | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | | | | | | 0,01 |
| Sum kationer ³ meq/l | 0,22 | 0,34 | 0,27 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ionebalanseavvik ⁴ % | - 2 | - 1 | - 4 | | | | | | | | | | | | | | |

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.

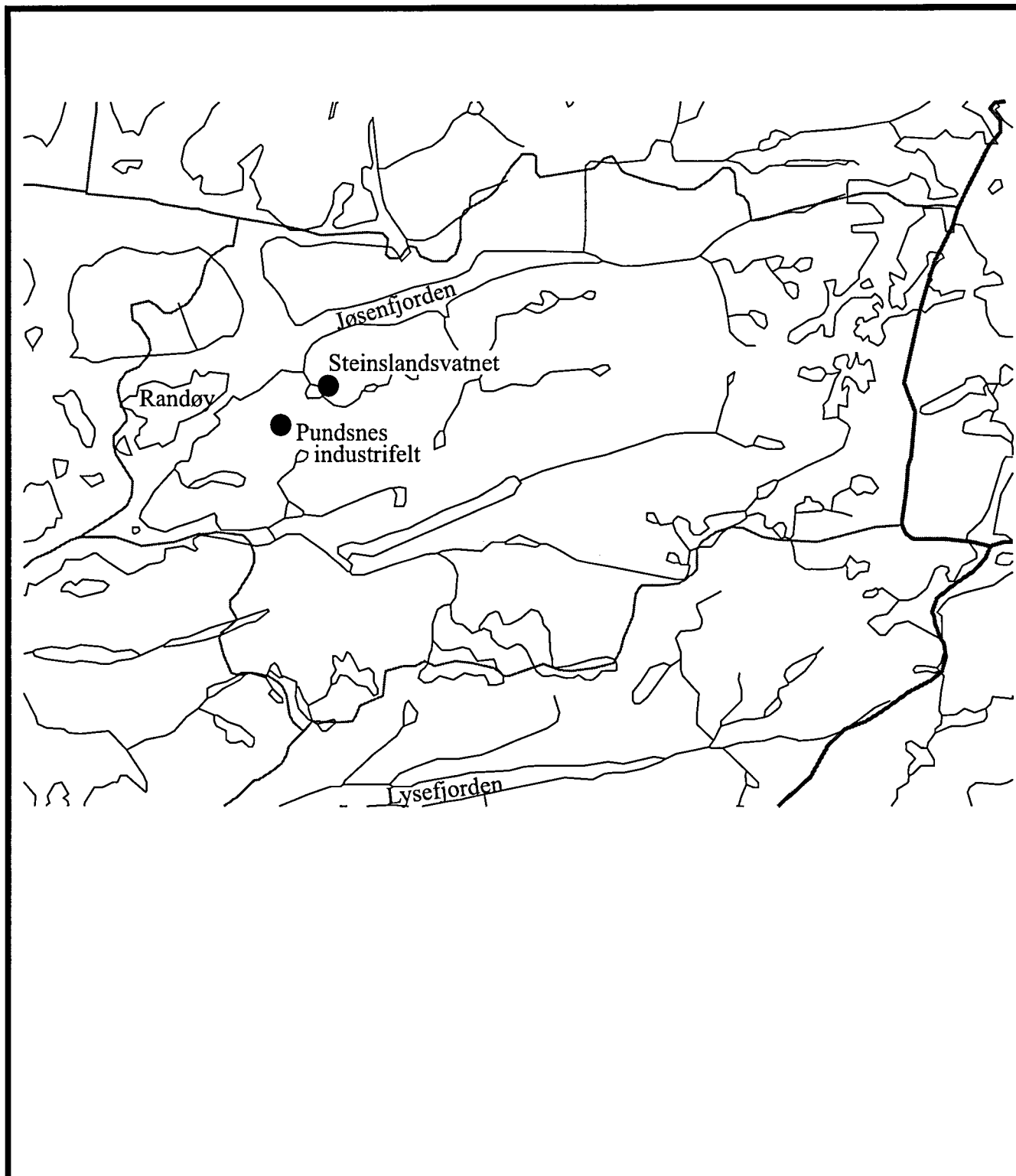
4. Ionebalanseavvik = Σ kationer - Σ anioner / (Σ kationer + Σ anioner) * 100%



Skjema som knytter refleksjonsmønster på georadaropptak til avsetningstype og lagdeling (etter Beres & Haeni, 1991).

KARTBILAG

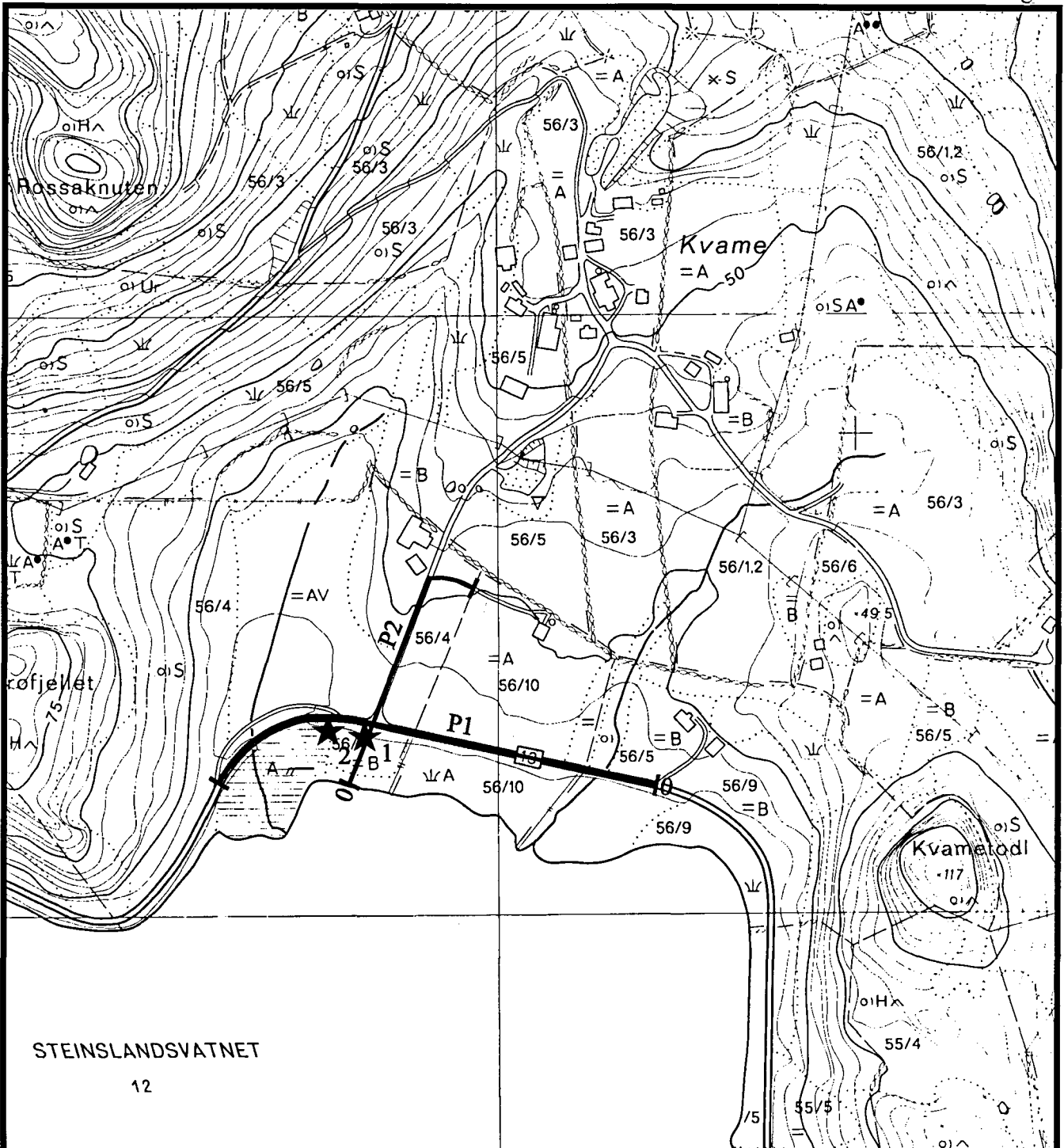
- 1 Oversiktskart Hjelmeland kommune
- 2 - 3 Detaljkart, M 1: 5000, m/georadarprofil, sonderboringer og undersøkelsesbrønner, Steinslandsvatnet
- 4 - 5 Georadaropptak



OVERSIKTSKART

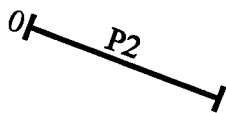
HJELMELAND KOMMUNE

ROGALAND



STEINSLANDSVATNET
12

TEGNFORKLARING:



georadarprofil m/startposisjon



sonderboring

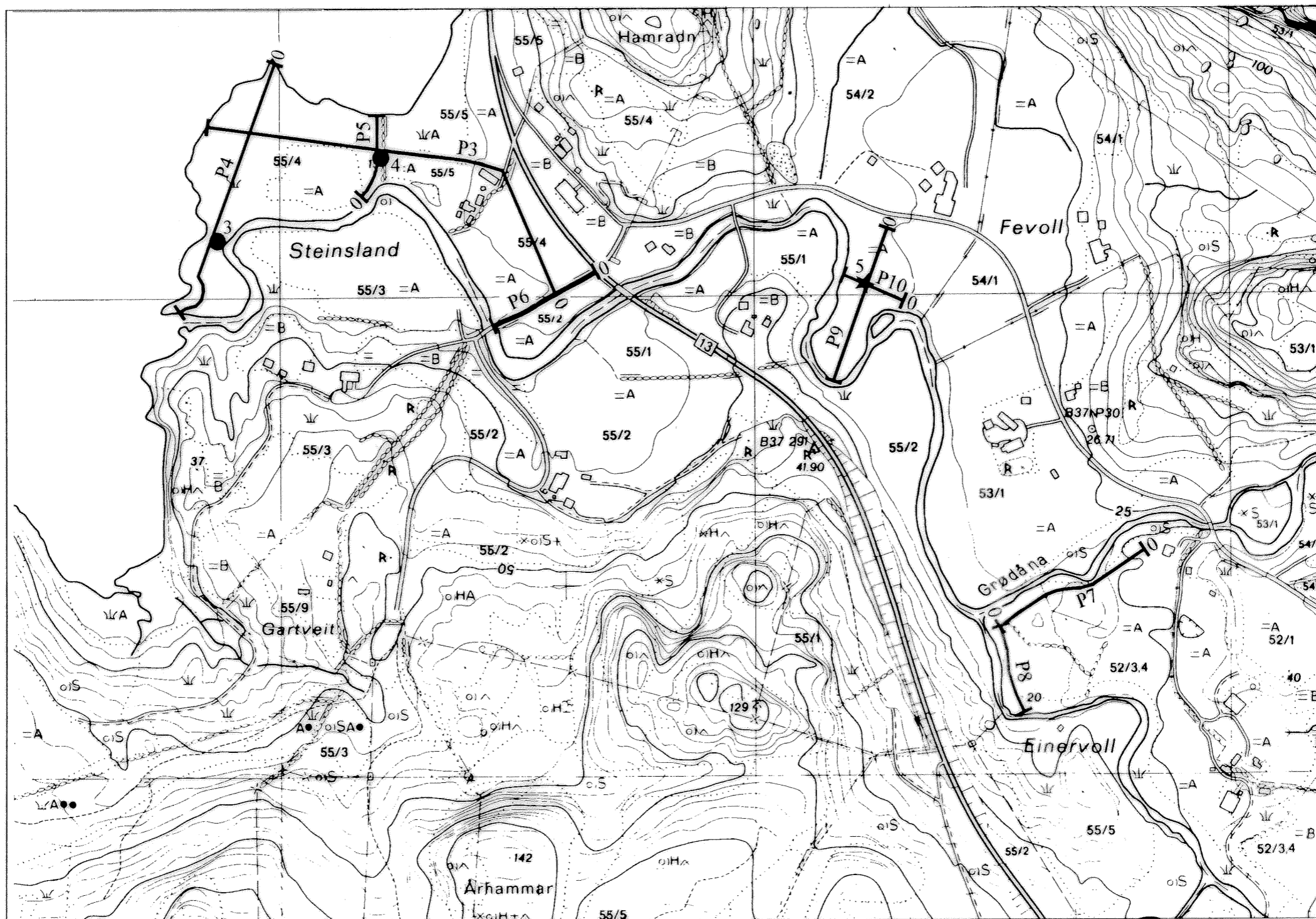
HJELMELAND KOMMUNE
DETALJKART
STEINSLANDSVATNET
ROGALAND

| | | |
|--------------------------|-------------|-----------|
| MÅLESTOKK 1: 5000 | MÅLT JFT/ØJ | JULI 1996 |
| | TEGN AaM/ØJ | FEB. 1997 |
| | TRAC | |
| | KFR | |




NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
97.042-2

KARTBLAD NR
AP 029-5-1



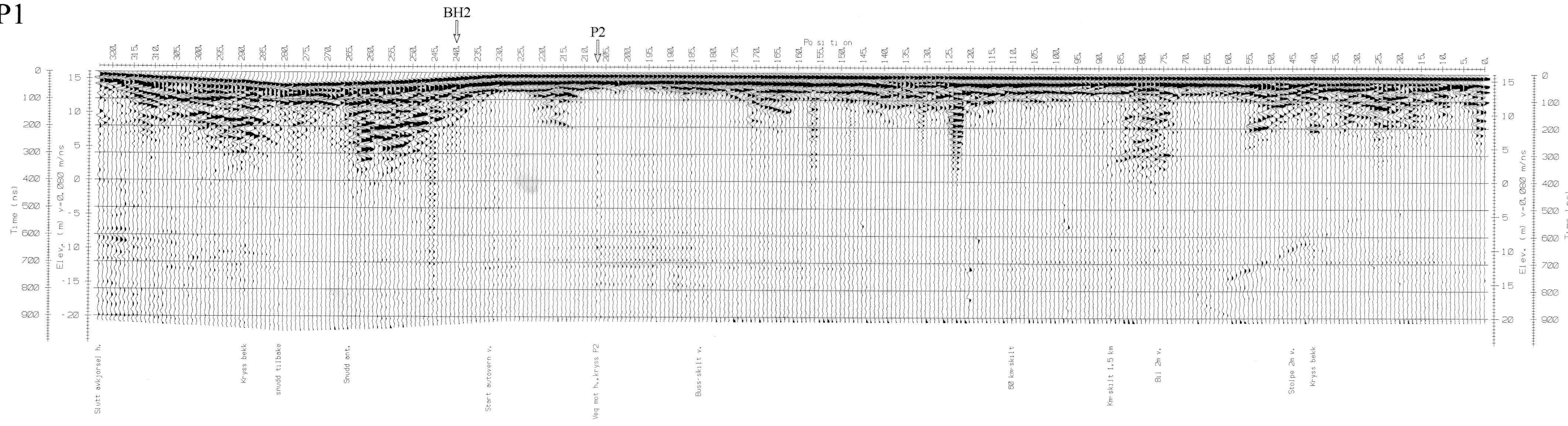
TEGNFORKLARING:

-  georadarprofil m/startposisjon
-  sonderboring
-  sonderboring m/testpumping

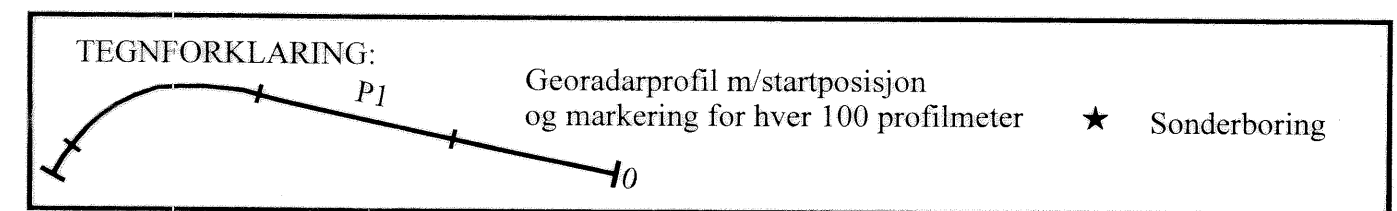
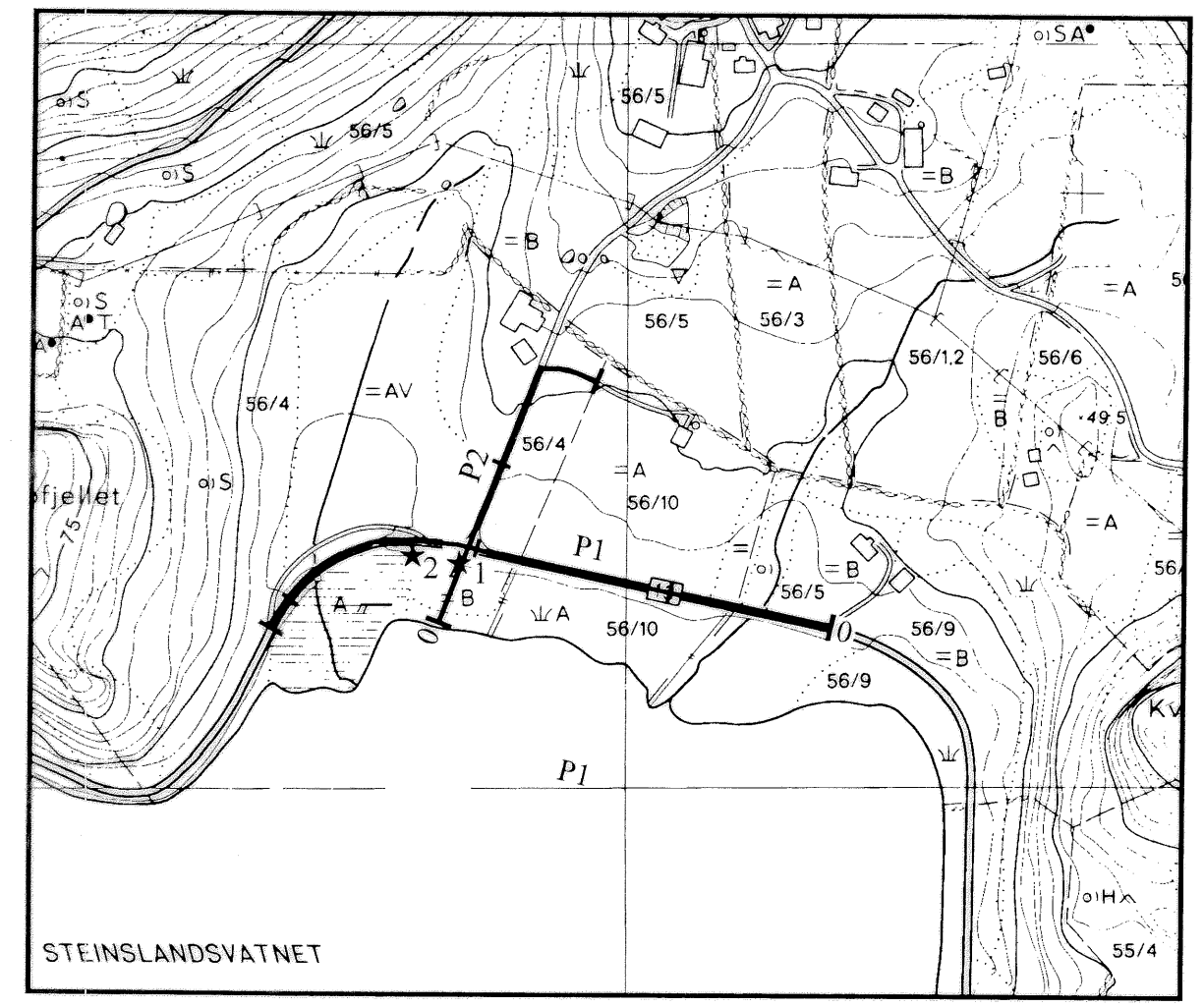
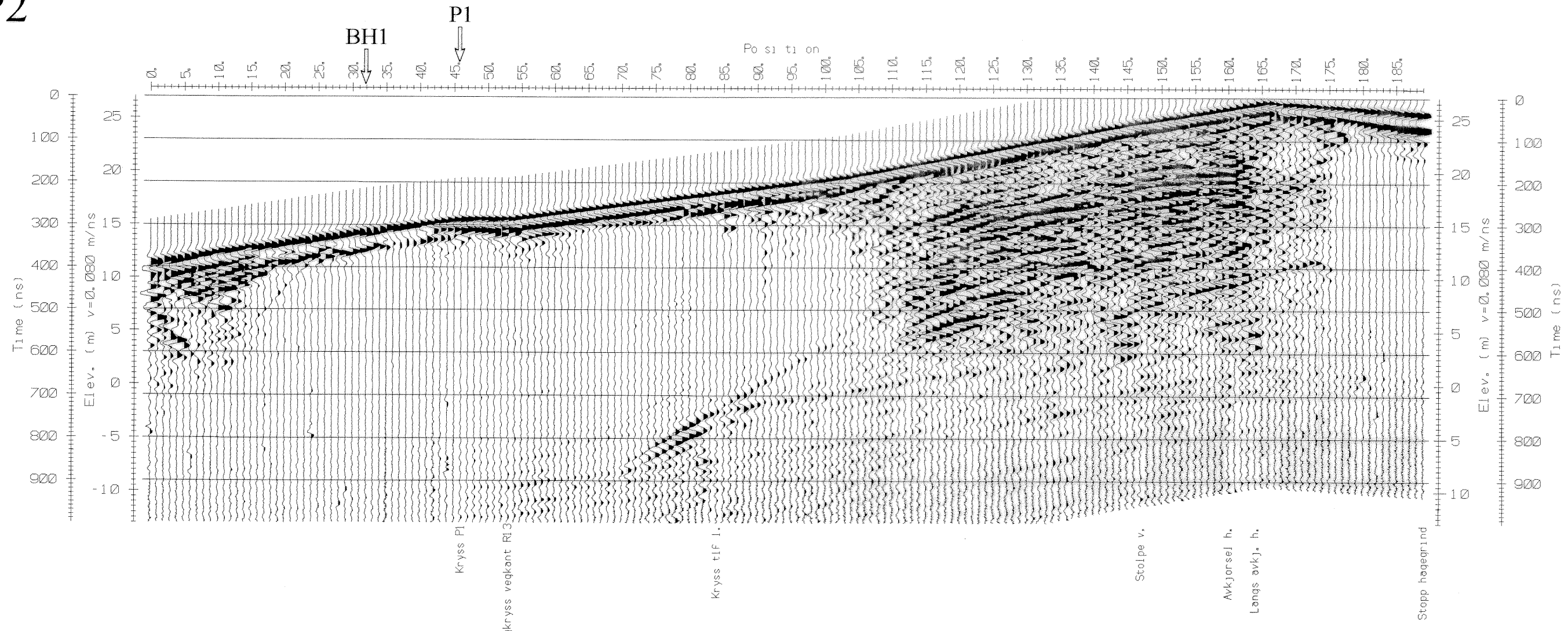
HJELMELAND KOMMUNE
 DETALJKART
STEINSLANDSVATNET
 ROGALAND
 NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

| | | |
|--------------------------|---------------------------|-----------|
| MÅLESTOKK 1: 5000 | MÅLT JFT/ØJ | JULI 1996 |
| | TEGN AaM/ØJ | FEB. 1997 |
| | TRAC | |
| | KFR | |
| TEGNING NR 97.042-3 | KARTBLAD NR AP 029-5-3 | |

P1

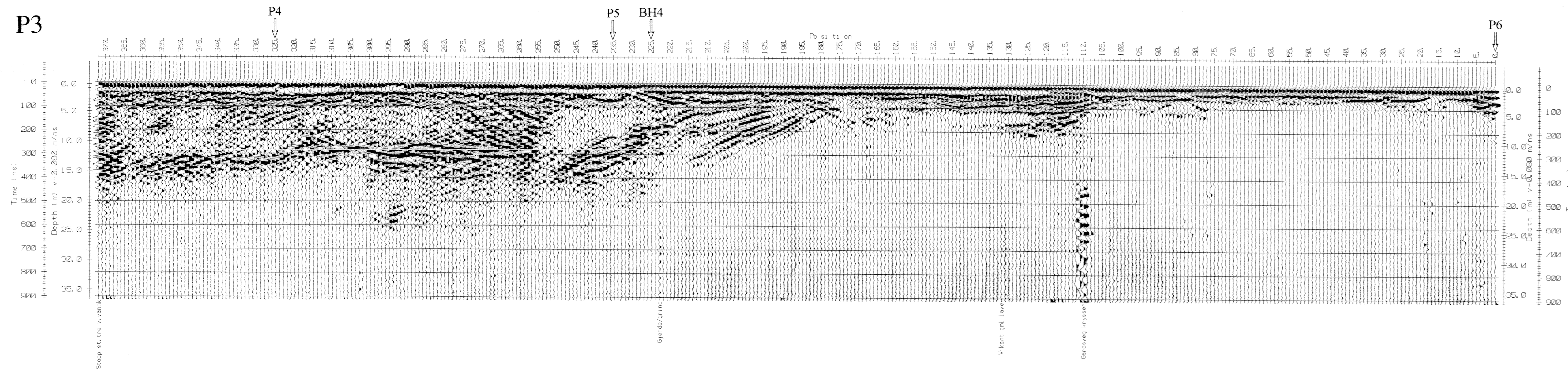


P2

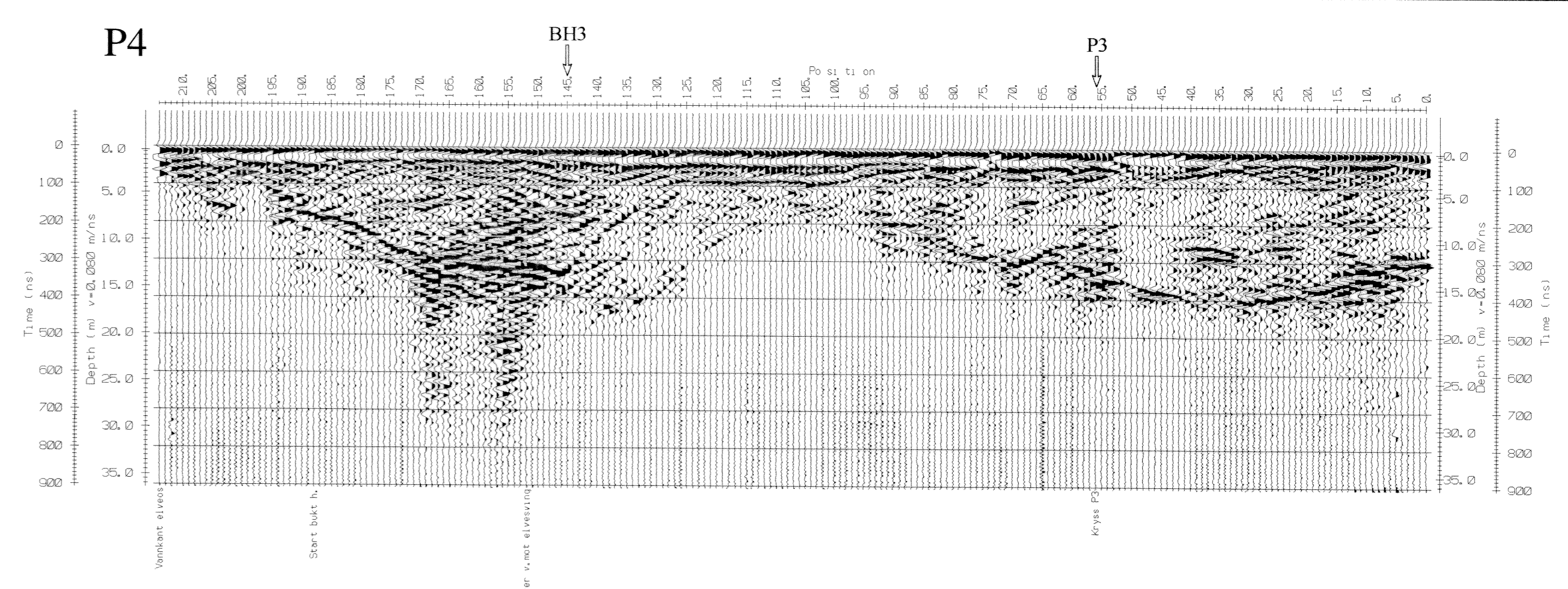


| | | | |
|---|------------------------|---------------------------|----------|
| NGU/HJELMELAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P2 STEINSLANDSVATNET HJELMELAND KOMMUNE, ROGALAND | MÅLESTOKK | MÅLT JFT | Juli -96 |
| | 1:5000 (Kart) | TEGN EM | Mars -97 |
| | | TRAC | |
| | KFR | | |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR 97.042-4 | KARTBLAD NR AP 029-5-1 | |

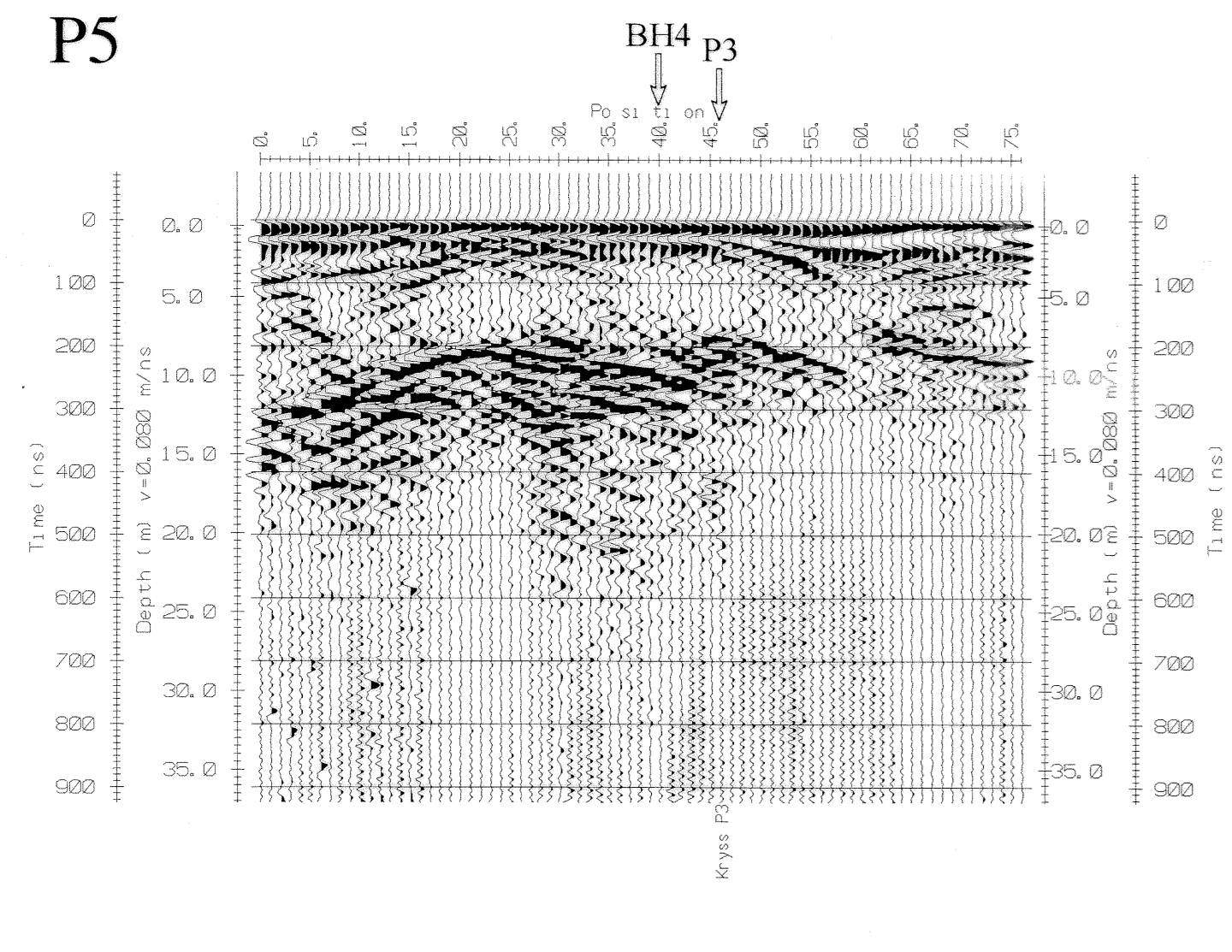
P3



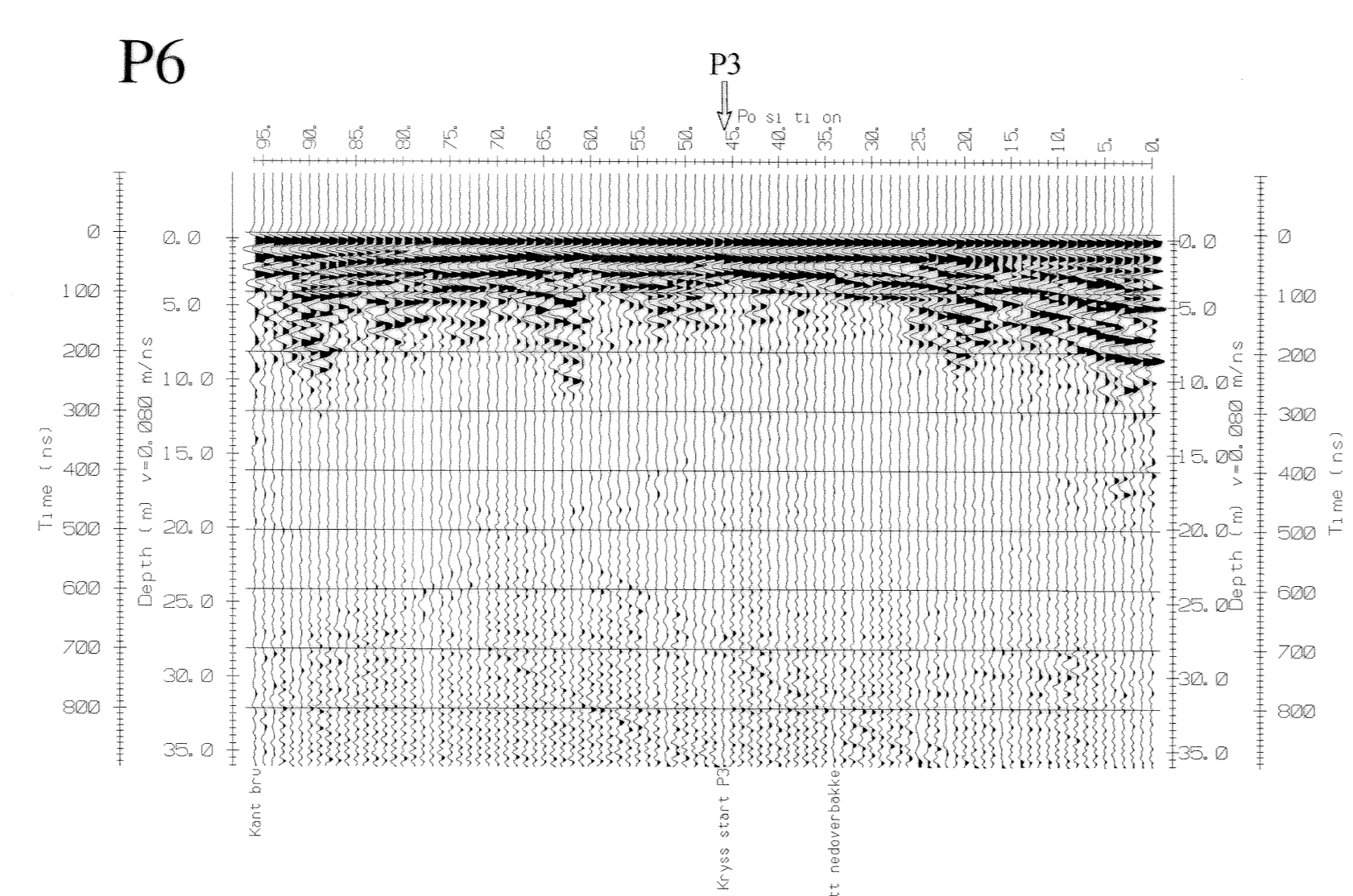
P4



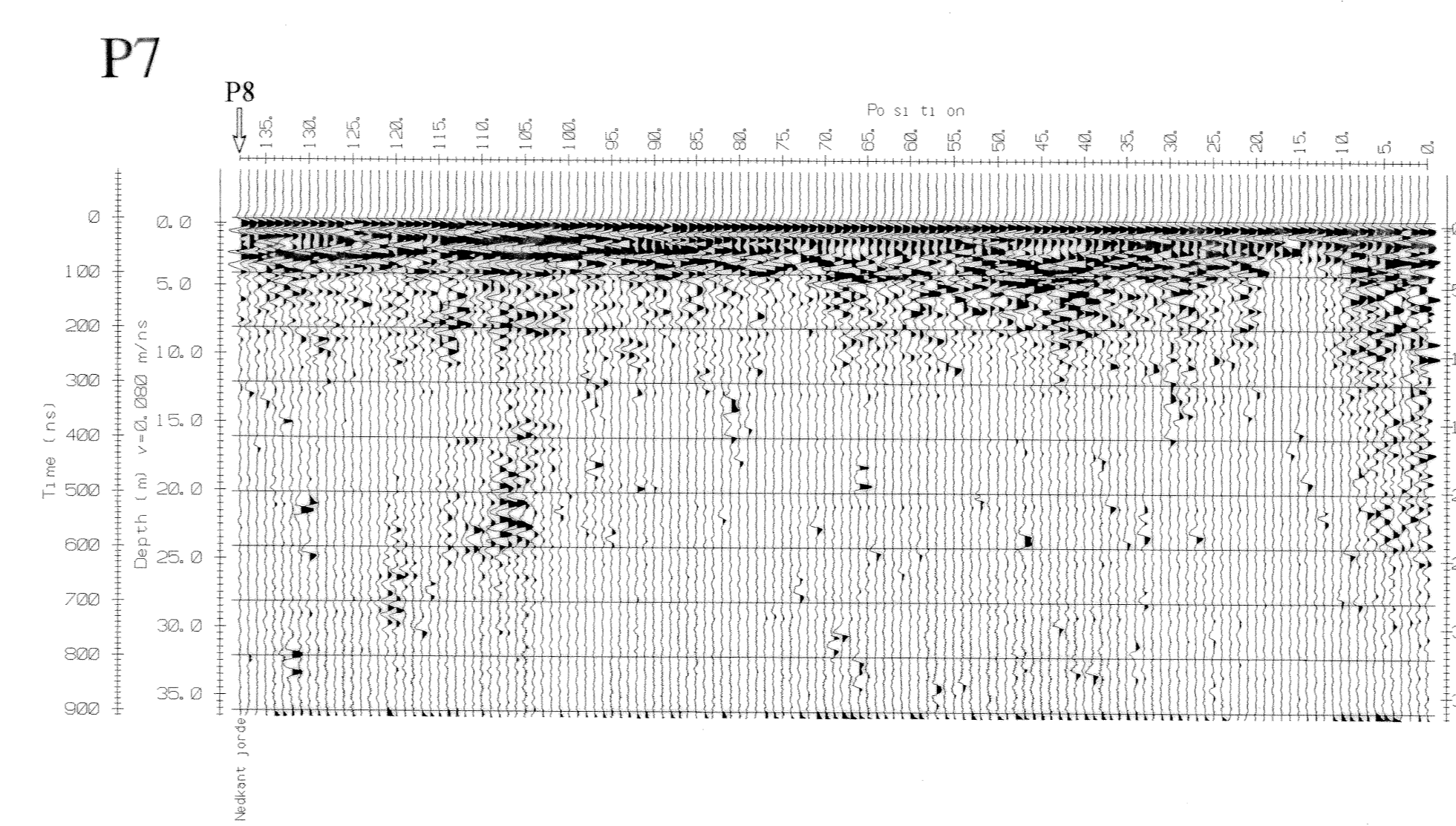
P5



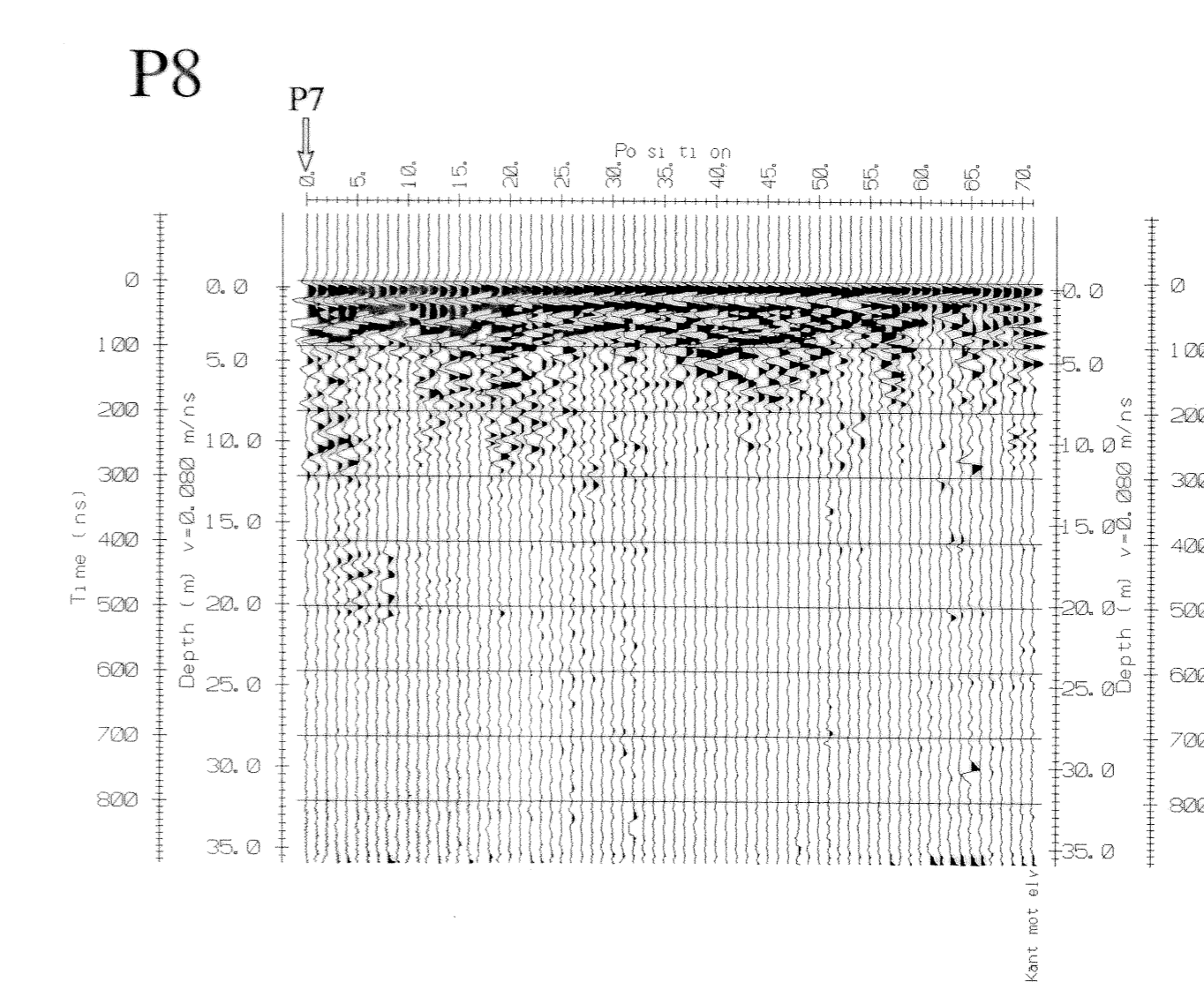
P6



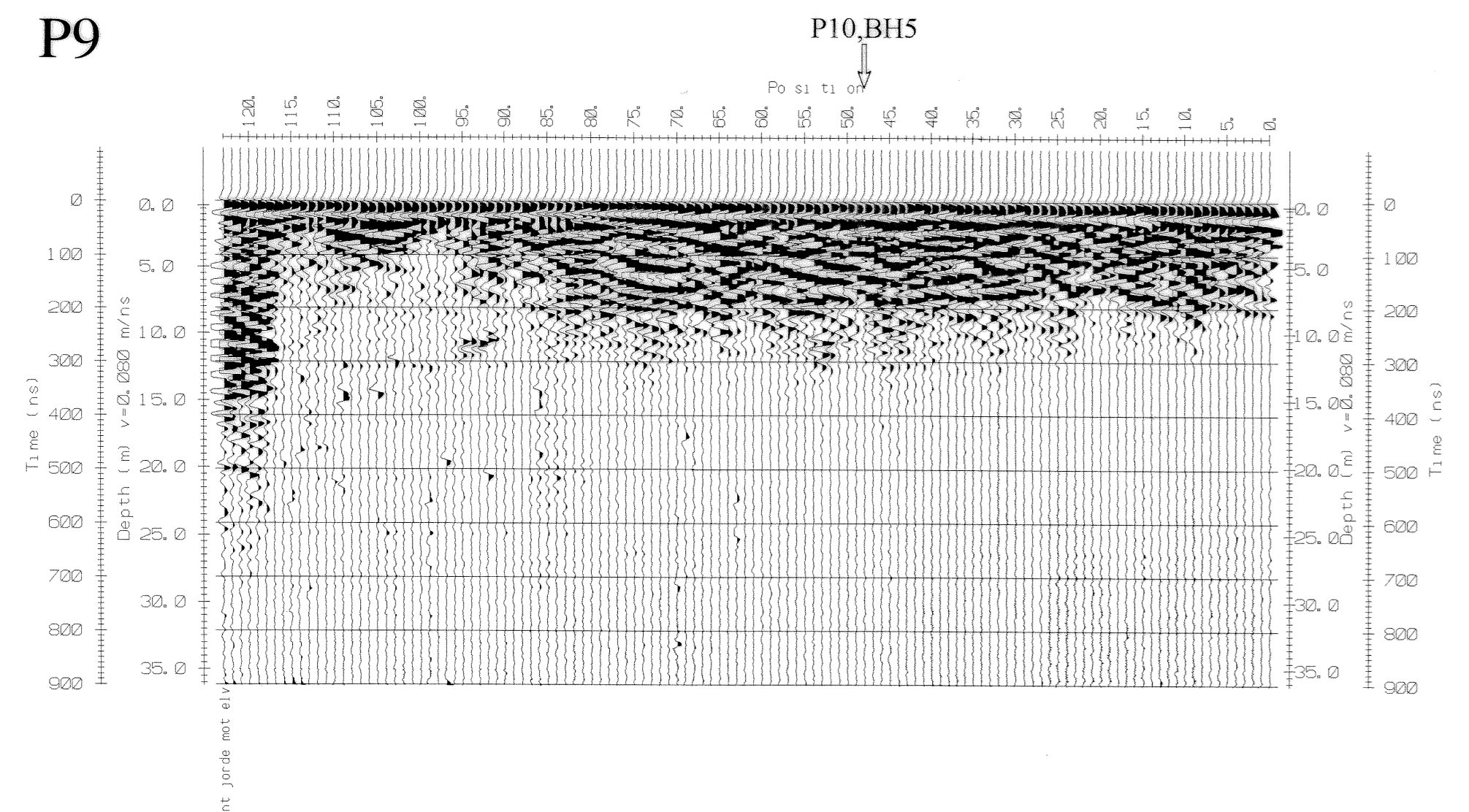
P7



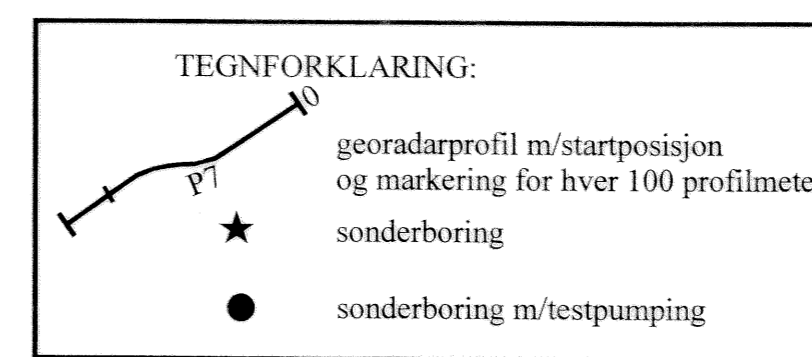
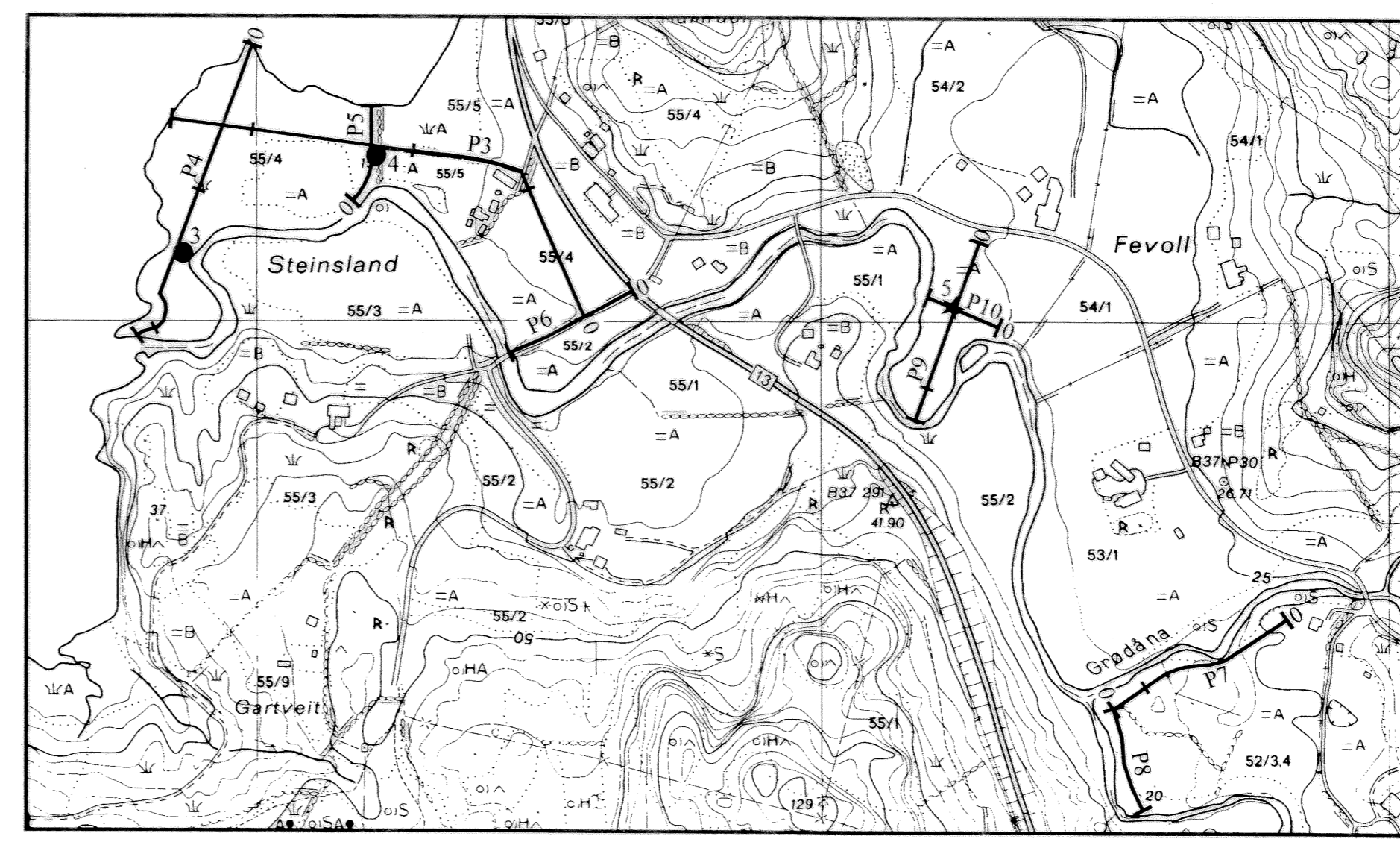
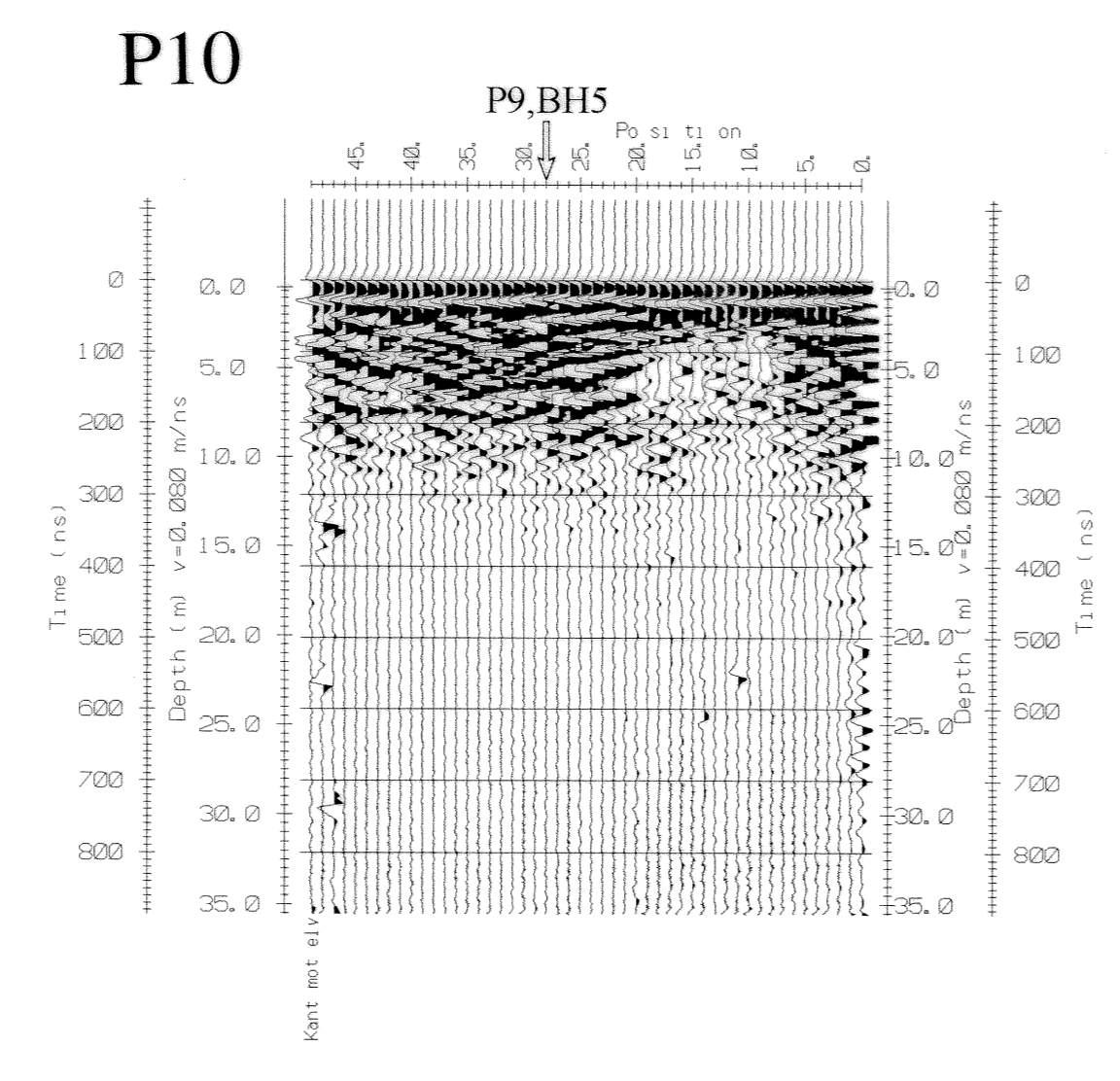
P8



P9



P10



| | | | |
|--|------------------------|---------------------------|----------|
| NGU/HJELMELAND KOMMUNE GEORADAROPPTAK P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 STEINSLANDSVATNET HJELMELAND KOMMUNE, ROGALAND | MALESTOKK | MÅLT JET | Juli -96 |
| | 1:5000 (Kart) | TEGN EM | Mars -97 |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR 97.042-5 | KARTBLAD NR AP 029-5-3 | |