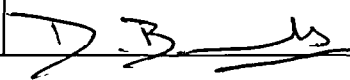


NGU Rapport 97.053

Grunnvannsundersøkelser ved Byrkjelo,
Gloppen kommune.

| | | | |
|--|--------------------------------|---|---|
| Rapport nr.: 97.053 | | ISSN 0800-3416 | Gradering: Åpen |
| Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Byrkjelo, Gloppen kommune. | | | |
| Forfatter: Bjørn Frengstad og Jan Fredrik Tønnesen | | Oppdragsgiver: Byrkjelo Vassverk AL og NGU | |
| Fylke: Sogn og Fjordane | | Kommune: Gloppen | |
| Kartblad (M=1:250.000) Årdal | | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1318 III Breim | |
| Forekomstens navn og koordinater: | | Sidetall: 29 | Pris: 80,- |
| | | Kartbilag: 4 | |
| Feltarbeid utført: August og oktober 1996 | Rapportdato: 15.august 1997 | Prosjektnr.: 2713.14 | Ansvarlig:  |
| Sammendrag: <p>Det er utført grunnvannsundersøkelser med tanke på vannforsyning/reservevannforsyning til Byrkjelo i Gloppen kommune.</p> <p>3 alternative undersøkelsesområder var foreslått av Byrkjelo vassverk. Tidligere boringer med testpumping har vist muligheter for grunnvannsuttak i området der Myklebustdalselva og Storelva møtes. Det var ikke anledning til å undersøke det foreslåtte området ved Langøya pga. konflikt med jordbruksinteresser</p> <p>I «Ura» finnes et kildeframspring i fjell med kapasitet større enn 10 l/s ved målinger i august og oktober. Vannet er mineralfattig. Fysikalsk-kjemisk kvalitet er god med unntak av lav alkalitet.</p> <p>På en øy i Myklebustdalselva ble det gjort georadarundersøkelser som viste at løsmassene trolig består av sand- og grus-dominert materiale, men de kan være forholdsvis dårlig sortert og kan helt eller delvis også være morenedominert. Sonderboring bekreftet at gruslaget var for tynt til å være egnet til grunnvannsuttak</p> <p>Kildeframspringet ved «Ura» fremstår som et aktuelt alternativ for vannforsyning/reservevannforsyning til Byrkjelo. Vannføring og vannkvalitet bør imidlertid overvåkes gjennom et år før kilden bygges ut. Et opplegg for vannføringsmåling og prøvetaking er foreslått.</p> | | | |
| Emneord: Hydrogeologi | Geofysikk | Georadar | |
| Sonderboring | Løsmasse | Grunnvannskvalitet | |
| Grunnvannsforsyning | | Fagrapport | |

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 alminnelig 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 Sogn og Fjordane og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Balestrand, Gloppen, Hyllestad, Luster, Lærdal og Naustdal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat eller privat vannverk.

Prosjektet finansieres av Sogn- og Fjordane fylkeskommune (ca. 25 %), de enkelte kommuner (15-25 %) og NGU (50-60%). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form av innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.

Bernt Olav Hilmo
Hovedprosjektleder

INNHold

| | |
|--|----|
| FORORD..... | 3 |
| 1. INNLEDNING | 6 |
| 2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER..... | 6 |
| 3. LANGØYA (ALTERNATIV 1)..... | 7 |
| 4. KILDEFRAMSPRING VED «URA» (ALTERNATIV 2)..... | 7 |
| 5. ØY I MYKLEBUSTDALSELVA (ALTERNATIV 3) | 8 |
| 5.1 GEORADARMÅLINGER..... | 8 |
| 5.1.1 Metodebeskrivelse og utførelse..... | 8 |
| 5.1.2 Resultater (CMP1, P1, P2 og P3)..... | 9 |
| 5.2 SONDERBORINGER..... | 10 |
| 5.2.1 Metodebeskrivelse..... | 10 |
| 5.2.2. Resultater..... | 11 |
| 5.3 VIDERE BEFARING | 11 |
| 6. ANBEFALINGER | 11 |
| 7. REFERANSER | 12 |

TEKSTBILAG

| | |
|---------------|---|
| Tekstbilag 1: | Georadar - metodebeskrivelse |
| Tekstbilag 2: | Skjema for tolkning av refleksjonsmønster (etter Beres & Haeni, 1991) |
| Tekstbilag 3: | Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder. |

DATABILAG

| | |
|--------------------|--|
| Databilag 1: | Hastighetsmåling |
| Databilag 2.1-2..2 | Borprofil |
| Databilag 3: | Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametre. |

KARTBILAG

- 97.053-01: Oversiktskart i M 1:50 000 som viser de undersøkte områdene.
97.053-02: Lokaliseringskart og utskrift av georadaropptak - profil 1, 2 og 3
97.053-03: Detaljkart som viser sonderborpunkter.
97.053-04: Detaljkart med lokalisering av kildeframspringet i Ura og foreslått måledam

FIGURBILAG

- Figurbilag 1: Skisse av måledam.

1. INNLEDNING

Byrkjelo vassverk A/L og Norges geologiske undersøkelse (NGU) har inngått et samarbeidsprosjekt for å kartlegge mulighetene for grunnvannsuttak til Byrkjelo vassverk.

Byrkjelo vassverk A/L har nylig bygd nytt vannbehandlingsanlegg med høgdebasseng og overføringsledning og utbedrer eksisterende vanninntak i Myklebustdalselva. Myklebustdalselva var midlertidig godkjent som vannkilde. Det var ønskelig å få undersøkt muligheten for å finne et grunnvannsuttak som kunne kobles til vassverket som et byggetrinn 2 eller fungere som reservevannforsyning. Vassverket forsyner 450 personer og noe næringsvirksomhet. I tillegg etablerer Sogn og Fjordane Meieri seg i nybygg i Byrkjelo.. Midlere vannbehov er beregnet til 615 m³/d eller 7 l/s.

Byrkjelo vassverk hadde i samarbeid med Indre Sogn Interkommunale servicekontor (ISIS) lagt fram 3 alternative områder for grunnvannsuttak. Disse har vært retningsgivende for grunnvannsundersøkelsene.

Feltbefaringer og georadarmålinger ble utført i tiden 12-14. august 1996. Nye feltbefaringer og boringer ble utført 3. og 4. oktober 1996

Forsker Bjørn Frengstad har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:

Forsker Bernt Olav Hilmo (Befaring, rådgiver)

Forsker Jan Fredrik Tønnesen (Georadarmålinger)

Student Atle Nygård (Universitetet i Bergen, Georadarmålinger)

Ingeniør Bjørn Iversen (Løsmasseboring)

Formann i vassverket Finn Førde har vært kontaktperson i vassverket og var med på befaring på øya i Myklebustdalselva (alternativ 3). Vassverkets representant Raad var med på befaring til kildeframspringene i "Ura" (alternativ 2) og bak det nye meieribygget.

2. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Mulighetene for grunnvannsuttak i Byrkjelo-området er tidligere undersøkt av statsgeolog Sigurd Huseby i forbindelse med NGU's utarbeidelse av et vannressurskart for kartblad Breim (Huseby, 1978). Det ble da gjort sonderboring, rørdriking og prøvepumping i et enkelt punkt ved Årtangane. Boringen viste 13,5 m vekslende grusig sand og finsand over fjell og en 5/4" sandspiss ga opptil 75 l/min.

Under GiN-programmet (Grunnvann i Norge) (Henriksen og Jæger, 1991) ble det gjort sonderboringer nord for Stokke som viste 9,5 m sortert sand og grus over fjell.

3. LANGØYA (ALTERNATIV 1)

Tidligere undersøkelsesboringer utført ved Årtangane (Huseby, 1978) og ved Stokke (Henriksen og Jæger, 1991) og feltbefaring viser at det hydrogeologisk sett burde være gode muligheter for grunnvannsuttak på elveslettene i dalbunnen. Det skogbevokste området langs Myklebustdalselva og Storelva, kalt Langøya, var opprinnelig foreslått av Byrkjelo Vassverk som et aktuelt uttakssted (alternativ 1, kartbilag 97.053-01). Grunneier ga imidlertid ikke tillatelse til undersøkelsesboringer fordi han har planer om å flomsikre og dyrke opp arealet.

Området langs Myklebustdalselva vest og sør for Byrkjelo camping ble også befart. Dette området er imidlertid regulert til campingformål, og undersøkelsesboringer ble derfor ikke utført. Øvrige arealer på elvesletta i den nærmeste omkrets fra vannbehandlingsanlegget ser ut til å være utnyttet til jordbruk eller andre formål.

4. KILDEFRAMSPRING VED «URA» (ALTERNATIV 2).

Kildeframspringet ved "Ura" kommer fra en relativt flattliggende bergsprekk som har sin utgående i 375 m.o.h. ved Einehammaren (kartbilag 97.053-04). Det er mye urmasser i området slik at vannet forsvinner og kommer fram igjen flere steder nedover lia. Det gjør det vanskelig å vurdere kapasiteten, men målinger utført med 10 liters bøtte og stoppeklokke viste minimum 10 liter/sekund.

14. august var lufttemperaturen over 20°C og temperaturen på vannet ble målt til 2,9°C. Dette er lavere enn normal grunnvannstemperatur for området og kan indikere at vannet selv opprinnelig er smeltevann eller er influert av slikt vann. De topografiske forhold støtter en antakelse om at vannet har sin opprinnelse fra toppen av Vora (kartbilag 97.053-01). Vannets ledningsevne ble målt til 22 µS/cm, dvs at vannet er fattig på løste mineraler. Normalt vil grunnvann ha mye høyere mineralsaltinnhold enn overflatevann. Dette styrker en antakelse om at vannet har hatt en relativt kort oppholdstid i grunnen, selv om gneis slik man finner her, er en bergart med stor motstand mot forvitring og utløsning av ioner.

4. oktober var vannføringen fortsatt større enn 10 liter/sekund. Temperaturen ble målt til 3,1°C og ledningsevnen til 36 µS/cm. Innholdet av løste mineraler i vannet hadde økt, antakelig på grunn av noe langsommere gjennomstrømning og lenger oppholdstid i bergsprekkene.

Vannprøver for fysikalsk-kjemisk analyse ble tatt både 14. august og 4. oktober og analysert ved NGUs laboratorium. 500 ml ufiltrerte prøver ble tatt for analyse av pH, ledningsevne, alkalitet, fargetall og turbiditet. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter for analyse av anioner ved ionekromatografi. 100 ml-prøver ble filtrert på 0,45 µm filter og umiddelbart surgjort med salpetersyre for bestemmelse av kationkonsentrasjoner ved ICP-AES analyser. Vannanalyser på fysiske og kjemiske parametre er vist i databilag 3.

Kilden ligger områdehygienisk gunstig til, og vannkvaliteten er bra. pH er omkring 7, dvs. nøytral, men alkaliteten er lav. Trykkehøyden er mer enn tilstrekkelig til at vannet kan gå på selvfall til Byrkjelo. En må regne med i størrelsesorden 2 km overføringsledning i tildels vanskelig terreng.

Det finnes flere oppkommer i området fordi bekkene finner seg veier under den blokkrike overflaten. Like øst for det nye meieriet kommer det fram vann. Dette oppkommet var brukt av vassverket som vannkilde fram til 80-tallet. Ved utbygging av nytt boligfelt ble vannkilden liggende for lavt, og vassverket gikk over til inntak i Myklebustdalselva. Kapasiteten ble delvis målt, delvis anslått til 8 l/s. Temperaturen ble målt til 4,8°C og ledningsevnen ble målt til 22 µS/cm. Vannprøve ble tatt som ved Ura. En analyse på fysiske og kjemiske parametre (databilag 3) viser god kvalitet også her. pH er litt lav, men dette er et gjennomgående trekk i fylket. Alkaliteten er også lav.

Beskyttelsen av vannet er imidlertid ikke så sikker som for grunnvann som tas ut på noen meters dyp. Vannet kan følges et par hundre meter oppover ved å lytte etter klukking under blokkhavet. Det er mulig å ta inn vannet lenger opp i lia før det kommer helt opp til overflaten. Det bør undersøkes om resultat av bakteriologiske analyser av vannet fra tiden kilden var i bruk, finnes arkivert hos kommunen.

5. ØY I MYKLEBUSTDALSELVA (ALTERNATIV 3)

5.1 Georadarmålinger

5.1.1 Metodebeskrivelse og utførelse

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

For alle profilene ble det benyttet en sender på 1000V og antenner med senterfrekvens 100 MHz. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 0,8 ns. Målingene ble utført med 16 registreringer («stacks») i hvert målepunkt (posisjon). Antenneavstand var 1 m, mens det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m ved profilmålingene. Reell lengde av profiler kan avvike en del fra lengde angitt i profilopptakene på grunn av tilfeldig eller systematisk feil i flyttavstanden. I tillegg til profilmålingene er det utført en CMP-måling for å beregne radarbølgehastighet i løsmassene.

Ved utskrift av profilopptakene ble det benyttet egendefinert forsterkning. Ved denne type forsterkning settes bestemte forsterkningsverdier ved bestemte tidspunkt. Ved utskrift blir forsterkningen lineært interpolert mellom forsterkningsverdiene. Det ble videre benyttet 3-punkts gjennomsnitt langs traser for å redusere høyfrekvent støy.

Penetrasjonsdypet (dybderekkevidden) vil være viktigste indikator for mulighetene for uttak av grunnvann fra løsmassene, da dette som regel vil beskrive mektigheten av sand/grusdominerte avsetninger. Det kan være forholdsvis god penetrasjon også i finsanddominerte avsetninger selv med et visst siltinnhold, men disse vil være dårlige vanngivere. Refleksjonsmønsteret vil som regel kunne gi en del tilleggsinformasjon om avsetningstyper og materialsammensetning. I tekstbilag 2 er vist et skjema (etter Beres & Haeni, 1991) som kan være til hjelp for tolkning av sammenhengen mellom refleksjonsmønster og løsmasstype.

5.1.2 Resultater (CMP1, P1, P2 og P3)

Utskrift av georadaropptak langs profilene er vist sammen med lokaliseringskart i kartbilag 97.053-02. Utskrift av CMP-målingen samt resultat av hastighetsanalysen er vist i databilag 1.1.

Hastighetsanalysen indikerer at radarbølgehastigheten i løsmassene langs P1 ligger rundt 0,08 m/ns. Denne verdien er benyttet for beregning av dybdeskala i alle profilutskriftene. Variasjoner i terrengoverflaten er ikke lagt inn langs profilene, og høydeskala er derfor utelatt. Grunnvannsspeil må forventes å ligge høyt langs profilene (fra 0,5 til 2 m under overflaten). På grunn av dårlig dataopløsning nærmest overflaten er det imidlertid vanskelig å påvise grunnvannsspeilet langs profilopptakene.

Dybderekkevidden for reflekterte georadarsignaler ser ut til å variere mellom 10 og 20 m langs profilene. Refleksjonsmønsteret er til dels kaotisk, men med enkelte nær horisontale eller skråstilte refleksjonsstrukturer. Løsmassene består trolig vesentlig av sand- og grusdominert materiale, men de kan være forholdsvis dårlig sortert og kan helt eller delvis også være morenedominert. Det er vanskelig å definere sikker fjelloverflate, men det regnes at de dypereliggende refleksjoner langs profilene kan skyldes strukturer i fjell.

P1

Langs P1 er det indikert mulig fjelloverflate på ca. 9 m dyp, men den kan gå ned til 10-11 m rundt pos. 30. Refleksjonsmønsteret er vekslende, men med lite utholdende reflektorer. De er både nær horisontale og skråttstilte med forskjellig helningsretning. Dette indikerer at materialet kan variere en god del i profilet, men at det trolig er sand- og grusdominert.

P2

Langs P2 er det i sørlige del (pos. 5-40) en ryggform som når opp til 5-6 m dyp og med svake interne strukturer. Ryggformen består muligens av mer morenedominert materiale. Til dels over, men vesentlig nordvest for ryggformen er det markerte skråreflektorer som når ned til 8-10 m dyp i området pos. 40-75. Disse tyder på at det her kan være relativt godt sorterte sand- og grusavsetninger. Reflektor på 10-11 m dyp (pos. 25-45) kan indikere fjelloverflaten. Det kan imidlertid ikke helt utelukkes at fjellet ligger grunnere langs profilet, m.a.o. at ryggformen i sør kan være fjell og muligens også at dypereliggende skråreflektorer i nordvestligste del av profilet (fra pos. 55) kan skyldes strukturer i fjell.

P3

Langs P3 er penetrasjonen like god, men refleksjonsmønsteret er mer kaotisk enn i de øvrige profilene. Løsmassene kan hovedsakelig bestå av sand og grus, men er trolig dårligere sortert og kan representere morenedominert materiale. Fjelloverflatens nivå er meget usikker, men refleksjoner rundt 10 m dyp kan representere overgang mot fjell. Underliggende svake skråstrukturer må da skyldes strukturer i fjell. Dersom fjellet skulle ligge dypere (f. eks. 15-16 m), kan skråreflektorene representere bedre sorterte sand/grusavsetninger.

For oppfølgende grunnvannsundersøkelser (sonderboringer og prøvepumping) regnes de beste mulighetene å være i området langs P1 og deler av P2 (dvs. pos. 40-75).

5.2 Sonderboringer

5.2.1 Metodebeskrivelse

Undersøkelsesboringene utføres vanligvis med beltegående borerigg. Der sonderboringer indikerer egnede løsmasser for grunnvannsuttak, settes det ned en Ø32 mm testbrønn påmontert en meter slissefilter som pumpes i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

5.2.2. Resultater

Det ble foreslått 2 undersøkelsesboringer på øyene i Myklebustdalselva (kartbilag 97.053-03) utfra tilgjengelighet for borerigg og resultater av georadarprofilering. I borehull 1 (databilag 2.1) som ligger på den lille øya nærmest det gamle meieriet, ble boring avsluttet mot antatt fjell på 8,0 meters dyp. Her var det sand og grus ned til 4,5 meter og deretter moreneaktig materiale med liten vanngjennomgang. Sand og gruslaget ligger for grunt til at den naturlige rensingen av infiltrert vann fra elva blir god nok og er for tynt til at tilstrekkelige mengder grunnvann kan tas ut. Det ble derfor ikke foretatt noen prøvepumping i borehull 1. I borehull 2 (databilag 2.2) som ligger litt lenger nord på den store øya, lyktes det ikke tross gjentatte forsøk å komme gjennom et blokkrikt lag på 2,3 meters dyp. Siden georadarprofilene viser tilnærmet like forhold som ved borpunkt 1, ble borpunkt 2 oppgitt.

5.3 Videre befaring

Det ble på anmodning gjort en befaring i området omkring det nye vanninntaket og oppover mot Lonevatnet. Området er meget ulendt og overflaten er nærmest dekket med store blokker slik at undersøkelsesboringer neppe er mulig. Der underliggende løsmasser var mulig å komme til, besto de av leirholdig morenemateriale som ikke egner seg for større grunnvannsuttak.

6. ANBEFALINGER

Slik arealene i Byrkjelo er disponert idag, ser det ut til at Kildeframspringet ved «Ura» er det eneste aktuelle alternativet. Kapasiteten var tilstrekkelig på befaringstidspunktet, men det må utfra en lengre måleserie gjøres vurderinger av hvilke vannmengder som kan forventes over tid. Kildens kapasitet vil også kunne variere fra år til annet som svar på nedbørforholdene.

Utfra de topografiske forhold og målinger av ledningsevne i kilden og i bekkene i dalsiden, ser det ut til at vannet fra kilden kommer igjen i bekken øst for Bjørkelo (kartbilag 97.053-04). Vi antar at måling av vannføringen i denne bekken gir et godt bilde av vannføringen i kilden. Det bør bygges en enkel måledam et sted hvor vannhastigheten er lav og hvor det er enkelt å komme til. Dammen bør tettes med plastduk et par meter oppstrøms og kan f. eks. ha en 6" rørstubb som overløp. En mulig plassering av måledammen er foreslått i kartbilag 97.053-04, mens figurbilag 1 viser en skisse av dammens utforming.

Vannføringen bør måles ukentlig gjennom året. Vannføringen beregnes ved hjelp av en stoppeklokke og et kar som rommer minimum 100 liter. Et avskåret oljefat er godt egnet. Det finnes også transportable måledammer med V-formet overløp der vannføringen enkelt kan

beregnes utfra vannstanden i dammen. Registreringen kan eventuelt gjøres automatisk. Dersom en slik løsning ønskes, anbefaler vi å ta kontakt med Norges Vassdrags og Energiverk.

Om mulig bør det tas vannprøver i selve kilden hver måned for fysisk/kjemisk og for bakteriologisk analyse. For fysisk/kjemisk analyse tas 2 parallelle prøver på 0,5 liter prøveflasker som sendes til NGU. Før prøvetaking skylles flaskene 3 ganger med det vannet som skal prøvetas. For bakteriologisk analyse følges næringsmiddeltilsynets opplegg.

7. REFERANSER

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

Byrkjelo vassverk A/L v/Finn Førde - 1996: Grunnvassundersøking. Søknad om tilskot frå statsbudsjettet kap. 552, post 54. Med 2 kart.

Huseby, S. (1978): Beskrivelse til vannressurskart 1318 III "Grunnvann i løsavsetninger", M = 1:50 000. Spesiell rapport nr. 8. NGU.

Henriksen, H. og Jæger, Ø. (1991): Grunnvann i Gloppen kommune. NGU Rapport 91.060.

Klakegg, O., Nordahl-Olsen, T., Sønstegeard, E. & Aa, A.R. - 1989: Sogn og Fjordane fylke, kvartærgeologisk kart - M 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.

GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid (t_{2v}) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten (v) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

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

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

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

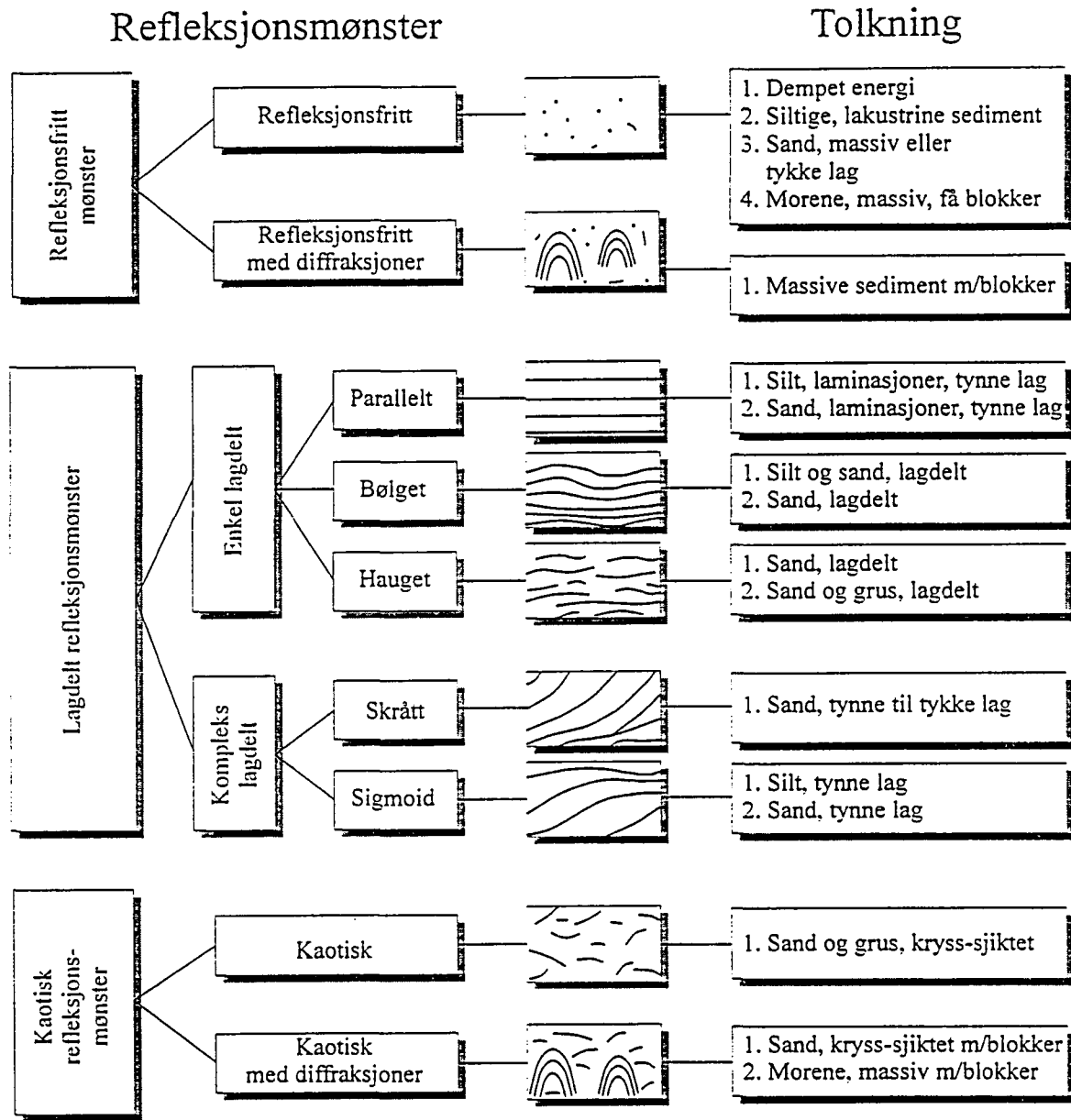
$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

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

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere dempning av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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



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

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER

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 dampør 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 prøvekarret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrede 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 lodmlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for igjenrasing av 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 senkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønnedypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense hullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over minimum 2 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten anslås ut fra senkningen av grunnvannsspeilet og pumperaten. Hvis brønnens kapasitet er såpass lav at det tar uforholdsmessig lang tid å måle et bestemt vannvolum, kan kapasiteten beregnes ut fra grunnvannsnivåets stigningshastighet i borhullet etter lensing.

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 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. Oppumpet 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, størrelsen på den delen av grunnvannsmagasinet som påvirkes av prøvepumpingen (influensområde) og størrelsen på klausulerinssonene og da spesielt sone 1 som representerer grensen for 60 døgn oppholdstid.

7 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser er det aktuelt å ta vannprøver 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/lokaliteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetning 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 tørrsikting 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:

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

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 og 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, ± 0.004 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 og 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 atomabsorpsjon 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 ($\Sigma\text{kationer} = \Sigma\text{anioner}$)
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 totalkvaliteten er akseptabel:

| | | | |
|---|----|---|-----|
| $\Sigma\text{Anioner} + \Sigma\text{kationer}$ [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

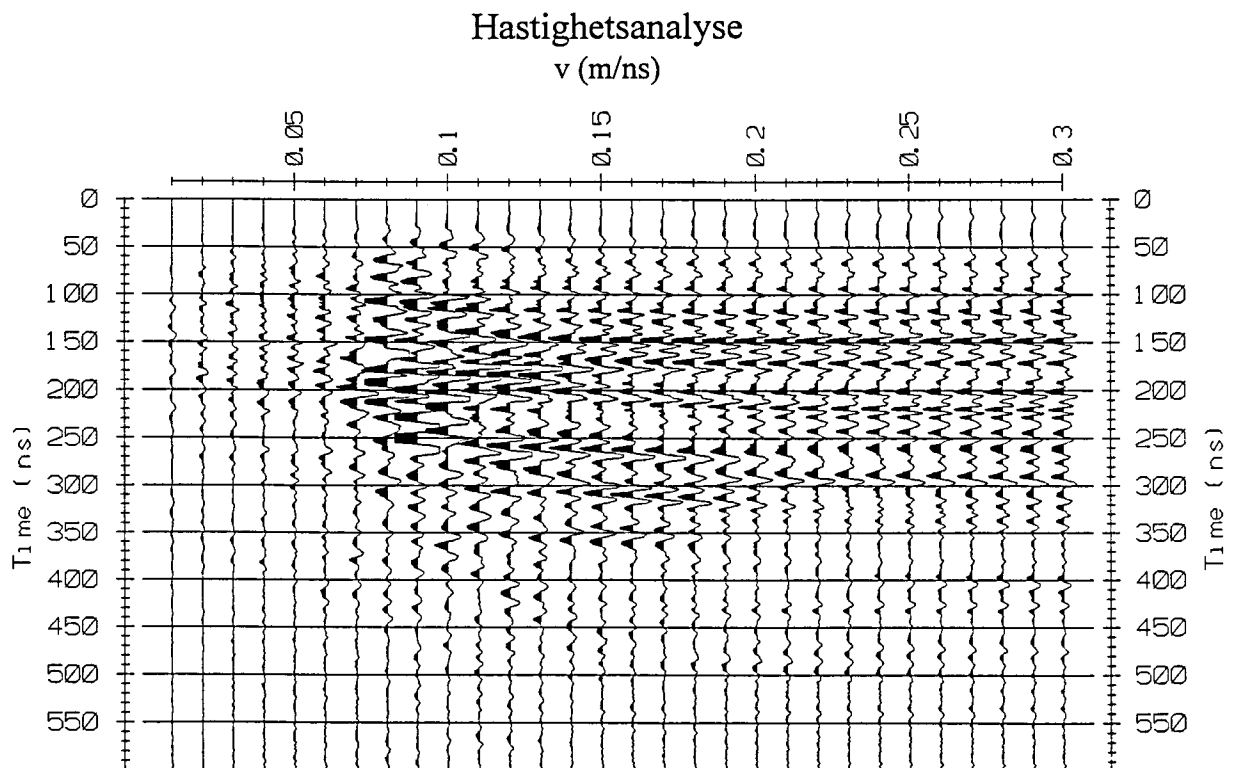
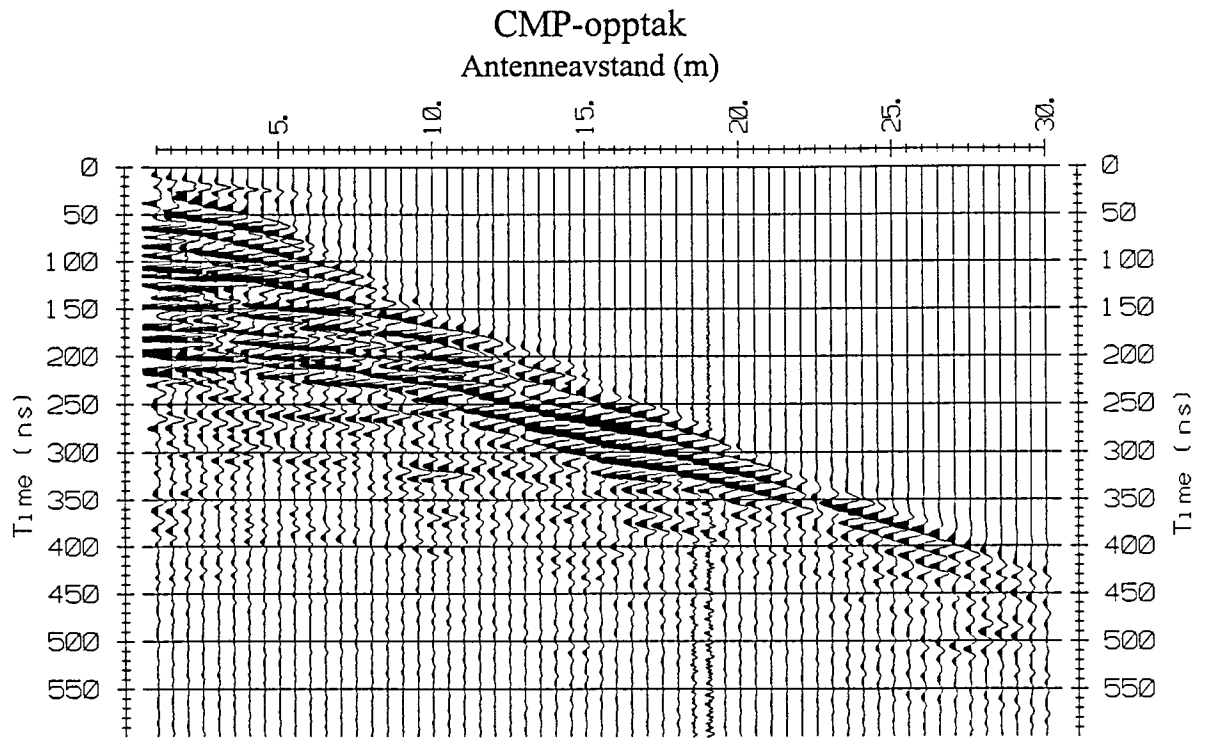
Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

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.

Byrkjelo, Gloppen, CMP1, P1-pos.29



GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Byrkjelo, Gloppen kommune.
Øy i Myklebustdalselva ved gamle Øvre Breim meieri

UTFØRT DATO: 04.10.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm

UTM-KOORDINATER: **SONE:** 32V **Ø-V:** 0368422 **N-S:** 6846984
KARTBLAD (M711): 1318 III
Breim

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 139 m

| Dyp [m] | Materialtype | Borsynk [min/m] | Slag | Vann- trykk [kg] | Boreslam | Temp. [°C] | P.tid før prøve taking [min] | Vann- føring [l/s] | Merknad |
|------------|-----------------------|--------------------|------|------------------------|--------------|----------------|--|--------------------------|-------------|
| 1,5 | Stein, grus, sand | | S | - | Brunt | | | | |
| 3,5 | Stein, grus, sand | 4,10 | S | - | Lys brunt | | | | |
| | Sand, grus | 1,30 | S | 0 - 3 | Lys brunt | | | | |
| 5,5 | Sand, grus | 1,50 | DS | - | Delvis borte | | | | |
| | Sand, grus; hardt | 2,55 | S | - | Lys grått | | | | Moreneaktig |
| 7,5 | Sand, grus; hardt | 1,50 | S | - | Lys grått | | | | Moreneaktig |
| | Sand, grus, stein | 4,00 | S | - | Lys grått | | | | Moreneaktig |
| 9,5 | Blokk/fjell fra 8,0 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 [µS/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Byrkjelo, Gloppen kommune.
Øy i Myklebustdalselva ved gamle Øvre Breim meieri

UTFØRT DATO: 04.10.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: 57 mm

UTM-KOORDINATER: **SONE:** 32V **Ø-V:** 0368434 **N-S:** 6847074
KARTBLAD (M711): 1318 III
Breim

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 140 m

| Dyp [m] | Materialtype | Borsynk [min/m] | Slag | Vann- trykk [kg] | Boreslam | Temp. [°C] | P.tid før prøve taking [min] | Vann- føring [l/s] | Merknad |
|------------|---------------------------------------|--------------------|------|------------------------|----------|----------------|--|--------------------------|---|
| 1,5 | Stein, grus, sand | | S | - | Borte | | | | |
| 3,5 | Stein, grus, sand Blokk fra 2,3 m. | 9,30 | S | - | Borte | | | | Flyttet 1 m og boret på nytt til 2,8 m. Stans mot blokk. |
| 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: Brunnt G: Grått S: Svart R: Rødt
MP: Materialprøve VP: Vannprøve L: Ledningsevne [µS/cm]

VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1318 III Breim

KOMMUNE: Gloppen

PRØVESTED: Byrkjelo

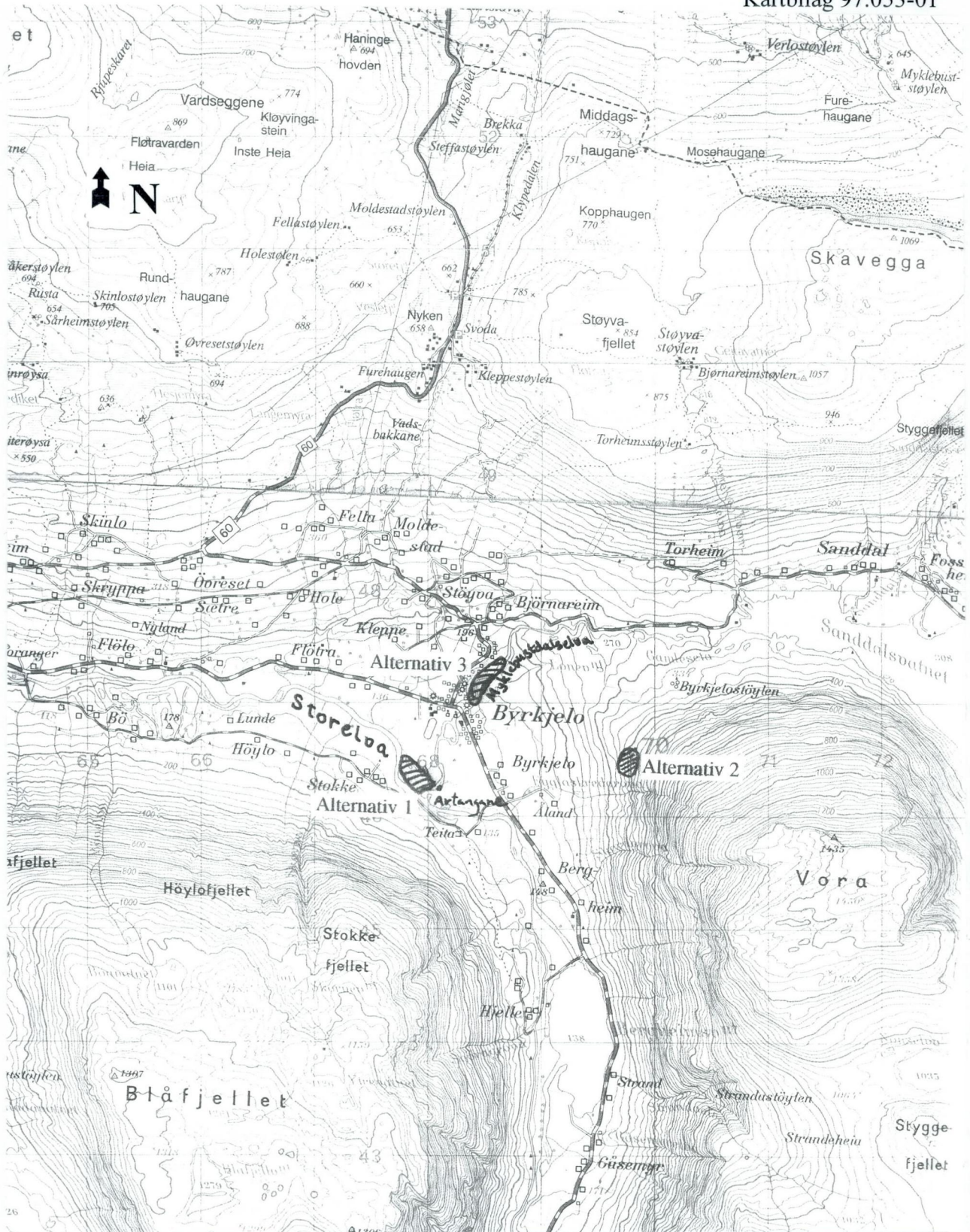
OPPDRAKSNUMMER: 1996.0152 og 0250

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

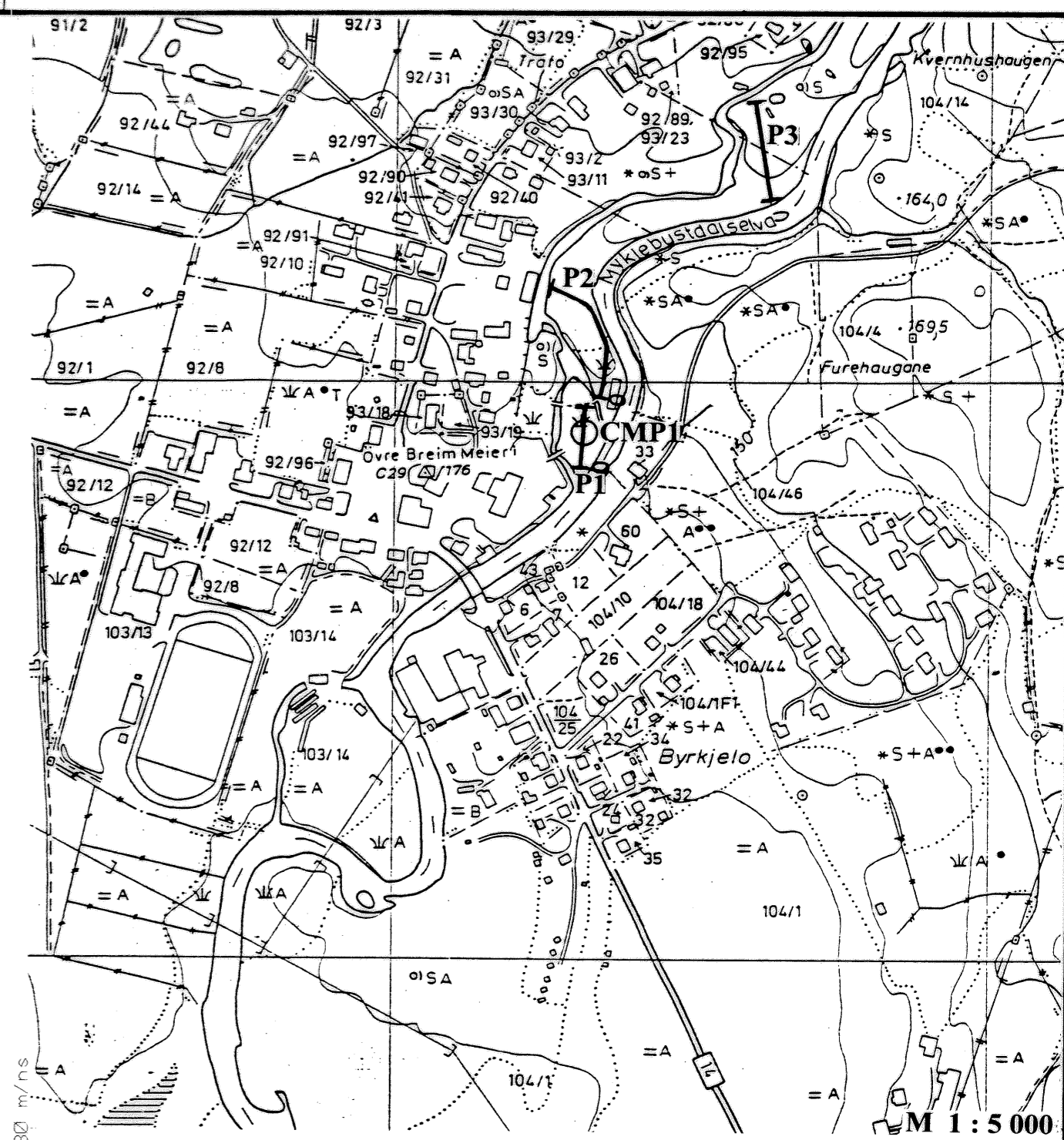
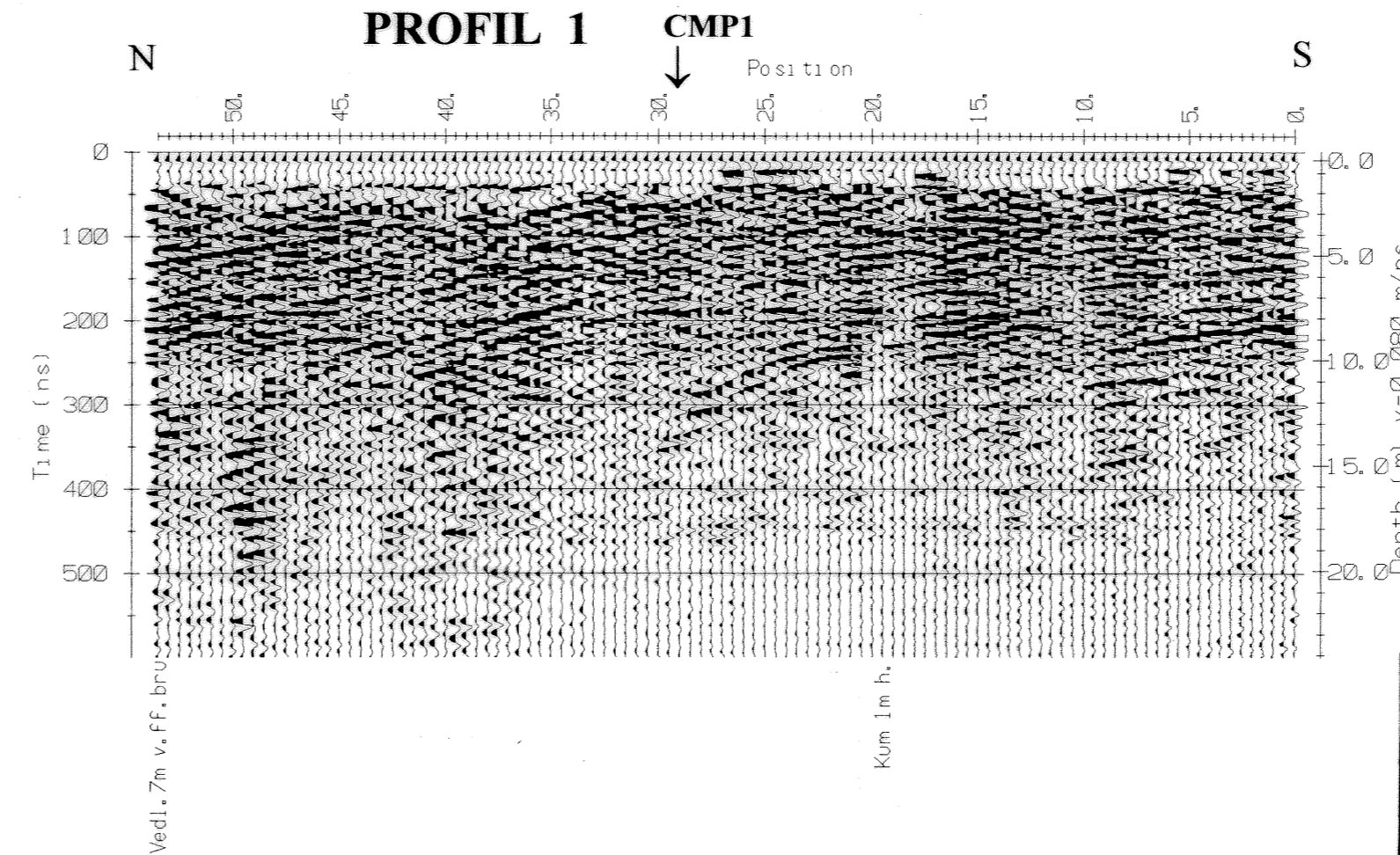
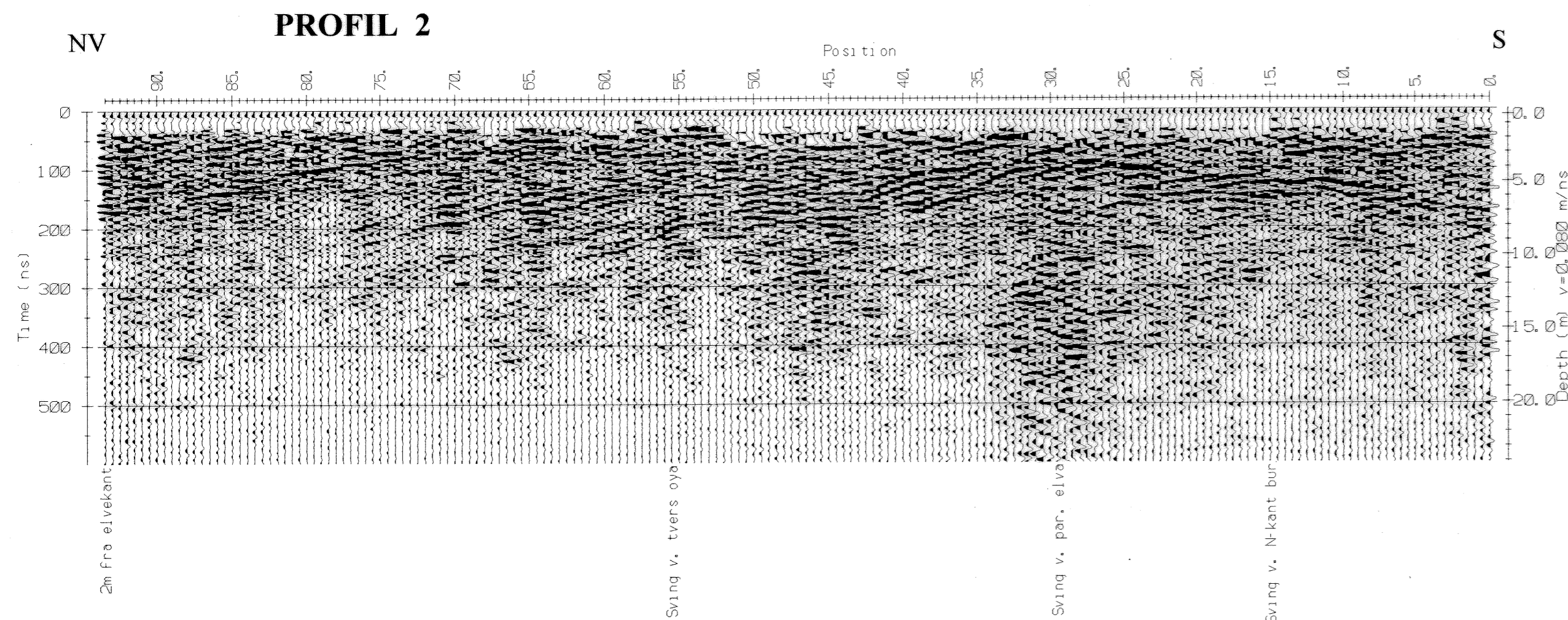
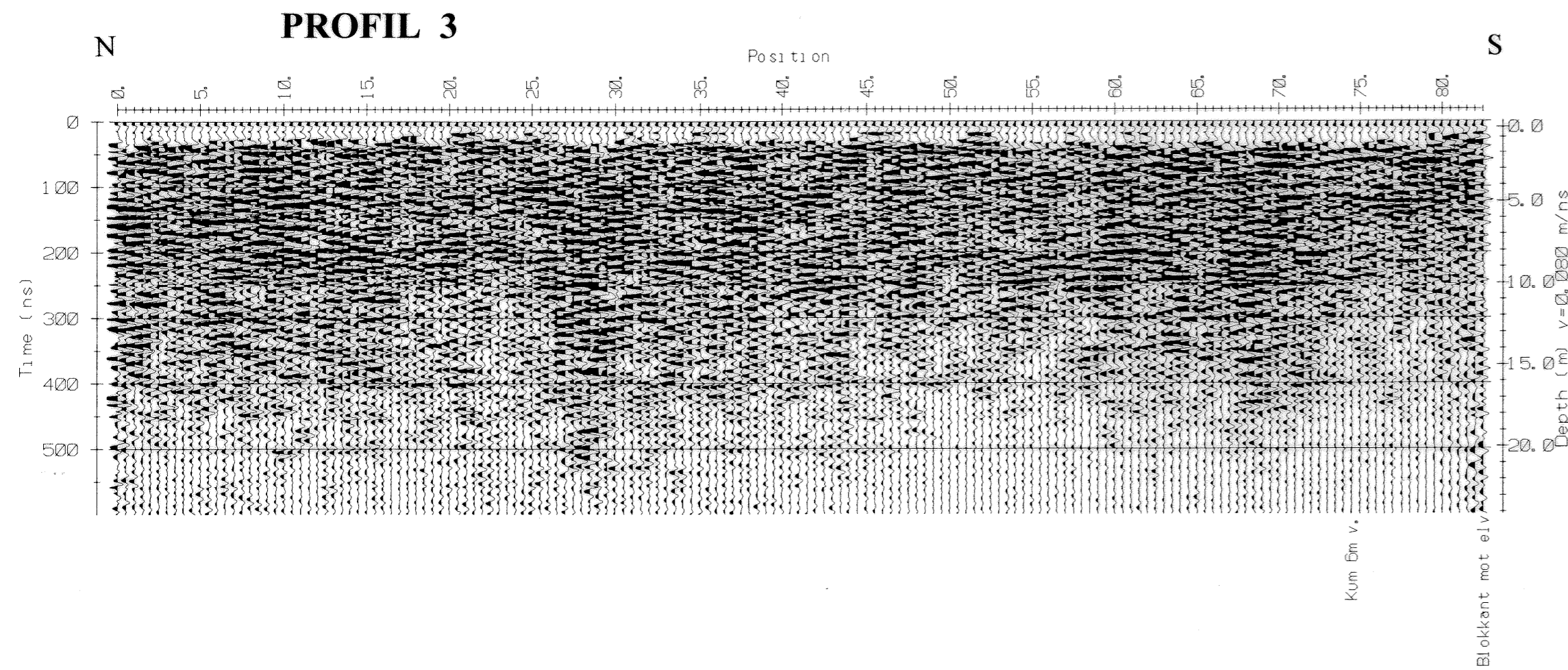
| Brønn-nr/sted | K1 Ura | K2 Øst meieri | K1 Ura | | | | | | | | | Veiledende verdi | Største tillatte konsentrasjon |
|---|-----------|------------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|-----------------------------------|
| Dato | 14.08.96 | 14.08.96 | 04.10.96 | | | | | | | | | | |
| Brønntype | kilde | kilde | kilde | | | | | | | | | | |
| Kapasitet l/s | ca. 10 | ca. 8 | ca 10 | | | | | | | | | | |
| Brønndimensjon mm | | | | | | | | | | | | | |
| X-koordinat Sone: 32V | 3 696 | 3 690 | 3 696 | | | | | | | | | | |
| Y-koordinat Sone: 32V | 68 465 | 68 473 | 68 465 | | | | | | | | | | |
| Fysisk/kjemisk | | | | | | | | | | | | | |
| Surhetsgrad, felt/lab pH | 7,35 | 6,69 | 7,22 | | | | | | | | | 7,5-8,5 | 6,5-8,5 ² |
| Ledningsevne, felt/lab $\mu\text{S/cm}$ | 22 23 | 22 24 | 36 36 | | | | | | | | | < 400 | |
| Temperatur $^{\circ}\text{C}$ | 2,9 | 4,8 | 3,1 | | | | | | | | | < 12 | 25 |
| Alkalitet mmol/l | 0,11 | 0,11 | 0,13 | | | | | | | | | 0,6-1,0 ² | |
| Fargetall mg Pt/l | <1,4 | 4,0 | 4,5 | | | | | | | | | < 1 | 20 |
| Turbiditet F.T.U | 0,08 | 0,09 | 0,12 | | | | | | | | | < 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 | 0,066 | <0,05 | 0,156 | | | | | | | | | | 1,5 |
| Klorid mg Cl/l | 0,171 | 0,551 | 0,592 | | | | | | | | | < 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 | 0,123 | 0,086 | 0,374 | | | | | | | | | | 44 |
| Fosfat mg PO ₄ /l | <0,2 | <0,2 | <0,2 | | | | | | | | | | |
| Sulfat mg SO ₄ /l | 1,00 | 0,747 | 6,57 | | | | | | | | | < 25 | 100 |
| Kationer | | | | | | | | | | | | | |
| Silisium mg Si/l | 0,98 | 3,0 | 0,973 | | | | | | | | | | |
| Aluminium mg Al/l | <0,020 | 0,039 | 0,026 | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Jern mg Fe/l | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Magnesium mg Mg/l | 0,078 | 0,39 | 0,125 | | | | | | | | | | 20 |
| Kalsium mg Ca/l | 2,9 | 1,4 | 4,3 | | | | | | | | | 15-25 ² | |
| Natrium mg Na/l | 0,82 | 2,0 | 0,92 | | | | | | | | | < 20 | 150 |
| Kalium mg K/l | <0,5 | <0,5 | 0,53 | | | | | | | | | < 10 | 12 |
| Mangan mg Mn/l | <0,001 | <0,001 | <0,001 | | | | | | | | | < 0,02 | 0,05 |
| Kobber mg Cu/l | <0,005 | <0,005 | <0,005 | | | | | | | | | < 0,1 | 0,3 |
| Sink mg Zn/l | 0,002 | 0,029 | 0,002 | | | | | | | | | < 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 |

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

2. Vannet bør ikke være aggressivt.



| | | | |
|--|----------------------------------|--|------------|
| <p>Oversiktskart Utsnitt fra M711-serien Kartbladene Breim og Hornindal (Statens kartverk, 1974 og 1995)</p> | <p>Målestokk: 1 : 50 000</p> | <p>Målt Tegn Trac KFR</p> | <p>BjF</p> |
| <p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p> | <p>Tegning nr. 97.053-01</p> | <p>Kartblad nr. 1318 III og IV</p> | |

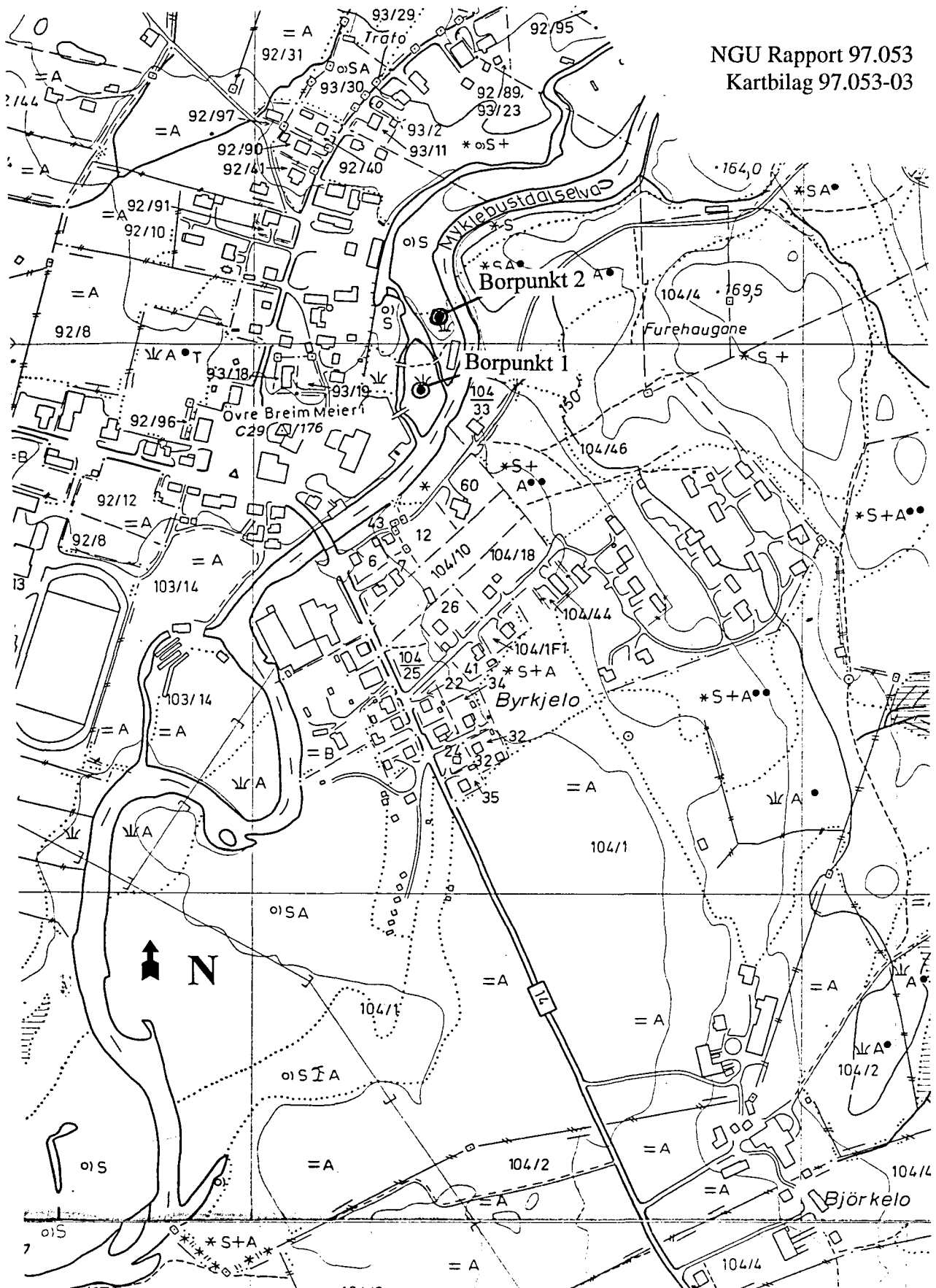


TEGNFORKLARING

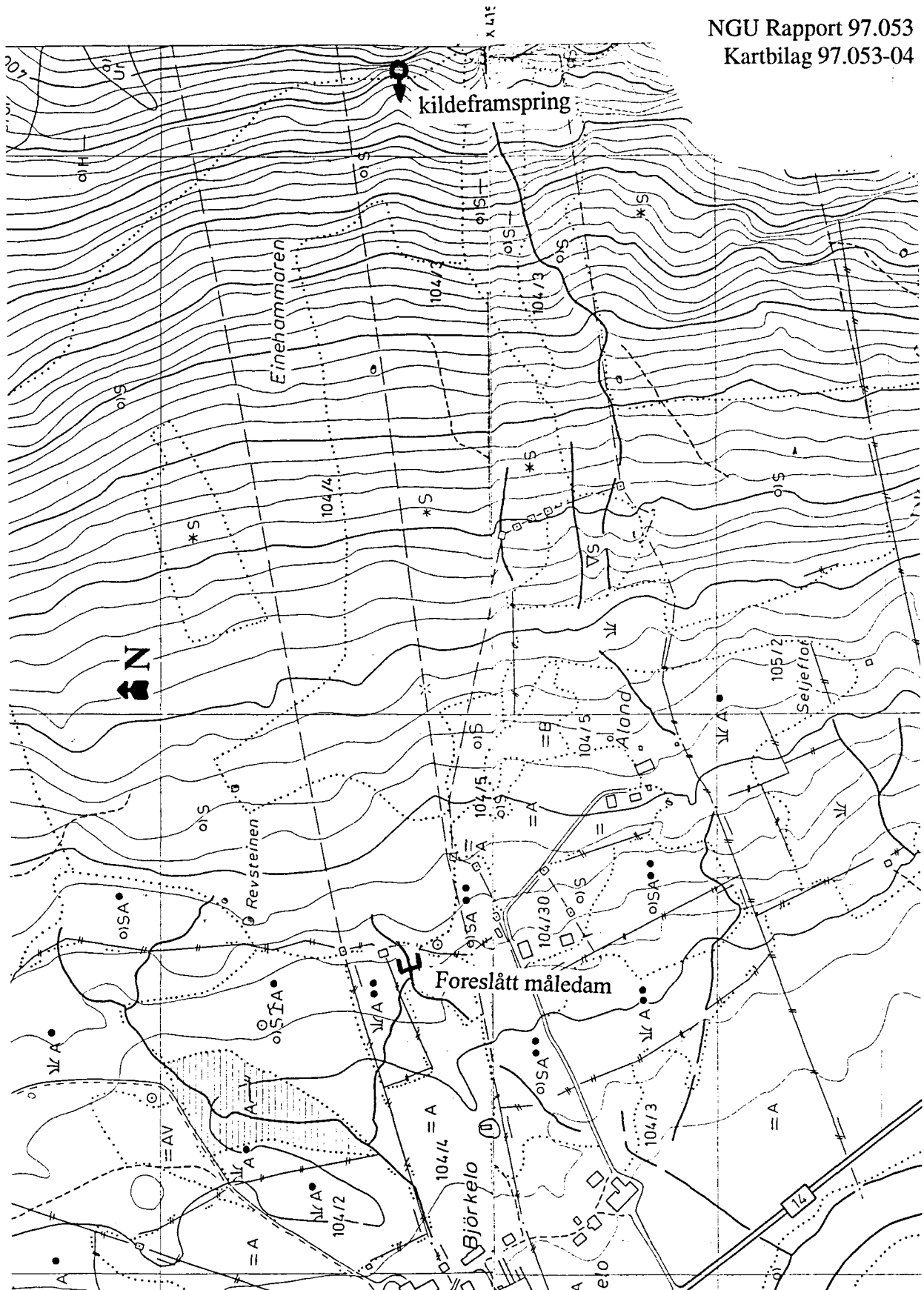
Georadarprofil med startposisjon

CMP-måling georadar

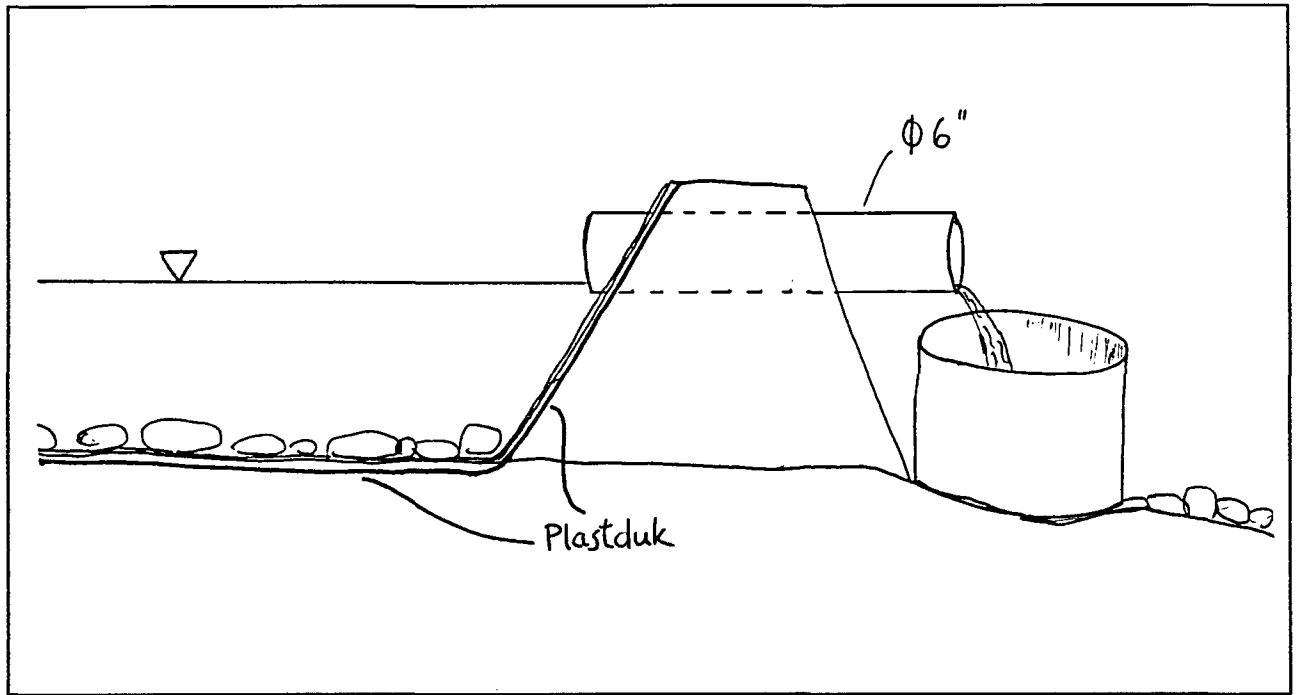
| | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|----------|
| NGU / GLOPPEN KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADAROPPTAK - PROFIL 1, 2 OG 3 BYRKJELO GLOPPEN KOMMUNE, SOGN OG FJORDANE | MÅLESTOKK | MÅLT JFT | AUG. -96 |
| | | TEGN. JFT | APR. -97 |
| | | TRAC. | |
| | | KFR. | |
| NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM | TEGNING NR. 97.053-02 | KARTBLAD NR. 1318 III | |



| | | | |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|------------|
| Lokalisering av sonderborpunkter, Byrkjelo. Utsnitt fra økonomisk kartverk. (Fylkeskartkontoret i Sogn og Fjordane, 1983) | Målestokk: 1 : 1 000 | Målt Tegn Trac KFR | BjF |
| Norges geologiske undersøkelse Trondheim | Tegning nr. 97.053-03 | Kartblad nr. AR 087-5-2 | |



| | | | |
|--|--|---|-------------------|
| <p>Kildeframspring i Ura og foreslått måledam. Utsnitt fra økonomisk kartverk. (Fylkeskartkontoret i Sogn og Fjordane, 1983)</p> | <p>Målestokk: 1 : 1 000</p> | <p>Målt Tegn Trac KFR</p> | <p>BjF</p> |
| <p>Norges geologiske undersøkelse Trondheim</p> | <p>Tegning nr. 97.053-04</p> | <p>Kartblad nr. AR 087-5-4</p> | |



Forslag til utforming av måledam. Prinsippskisse.