

NGU Rapport 98.051

Grunnvannsundersøkelser i Austdalen,
Roan kommune

Rapport nr.: 98.051		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Austdalen, Roan kommune			
Forfatter: Bernt Olav Hilmo og Harald Elvebakk		Oppdragsgiver: NGU og Roan kommune	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Roan	
Kartblad (M=1:250.000) Namsos		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1623 III Roan	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 26	Pris: 105,-
		Kartbilag: 3	
Feltarbeid utført: sept.-okt. 1997	Rapportdato: 13.04.1998	Prosjektnr.: 271316	Ansvarlig: <i>Torstein Finne</i>
Sammendrag: Norges geologiske undersøkelse (NGU) har undersøkt løsmasseavsetninger i Austdalen like sør for Roan sentrum med tanke på grunnvannsuttak for vannforsyning til Roan vannverk. Georadarmålinger indikerte liten mektighet av dagnære grove avsetninger hvor det kunne være muligheter for grunnvannsuttak. Sonderboringer på de antatt mest lovende stedene viste da også at løsmassene mot dypet hovedsakelig bestod av silt og leire som er for tett for uttak av grunnvann. Det ble ikke påvist muligheter for grunnvannsuttak fra noen av borhullene. Sammen med tidligere grunnvannsundersøkelser i Hagadalen og ved Kiran kan det dermed konkluderes med at det ikke finnes egnede grunnvannsføremster i løsmasser som kan forsyne Roan vannverk.			
Emneord: Hydrogeologi	Geofysikk	Sonderboring	
Løsmasse	Grunnvannskvalitet	Grunnvannsforsyning	
Grunnvannskilde		Fagrapport	

INNHALDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Muligheter for grunnvannsuttak	4
1.3 Gjennomføring	4
2. METODEBESKRIVELSE	5
2.1 Georadar	5
2.2 Undersøkelsesboringer	6
3. RESULTATER	6
3.1 Georadar	6
3.2 Boringer	8
4. KONKLUSJON	9
5. REFERANSER	9

TEKSTBILAG

- 1 Metodebeskrivelse av georadarundersøkelser
- 2 Hydrogeologiske undersøkelsesmetoder i løsmasser ved NGU

DATABILAG

Databilag 1.1-1.4 Borprofiler, utskrift fra NGU's hydrogeologiske database.

KARTBILAG

Kartbilag 98.051-01 Oversiktskart i M 1:50 000 over det undersøkte området i Austdalen

Kartbilag 98.051-02 Utskrift av georadarprofil og kart i M 1:5000 som viser plassering av georadarprofiler og lokalisering av undersøkelsesboringer i Austdalen.

Kartbilag 98.051-03 Utskrift av georadarprofil og kart i M 1:5000 som viser plassering av georadarprofiler og lokalisering av undersøkelsesboringer i Austdalen.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Roan kommune har siden 1980 bygd ut flere vannverk basert på grunnvannsuttak i løsmasser. Gjennom prosjektet «Grunnvann i Norge» (GiN) ble det i 1991 utført en vurdering av grunnvannsmulighetene til Roan vannverk (Hilmo 1992). Det ble gjort feltbefaringer og sonderboringer i Hagadalen og ved Kiran, men på grunn av for liten tykkelse av vannførende løsmasser, ble det ikke påvist egnede steder for grunnvannsuttak. Før grunnvannsalternativet kunne avskrives ønsket kommunen at det i tillegg ble gjort undersøkelser i Austdalen (kartbilag 1).

Roan vannverk som har et vannbehov på minimum 4 l/s, forsynes i dag fra en dam i Prestelva, innerst i Austdalen. Vannet blir ikke behandlet, og vannkvaliteten er tidvis dårlig grunnet for høyt bakterietall og for høyt humusinnhold.

1.2 Muligheter for grunnvannsuttak

Det aktuelle området i Austdalen består av myr og skogbevokst mark. Det er ingen forurensende aktivitet i området. Området er ikke tidligere undersøkt med tanke på grunnvannsuttak. I følge kvartærgeologisk kart, M 1 : 250 000 (Reite, 1990) består løsmassene i området av strandavsetninger og myr. Dette indikerer små muligheter for grunnvannsuttak. Det ble innledningsvis foretatt en feltbefaring i området sammen med representanter fra teknisk etat i kommunen og rådgivende ingeniør J. Lian. Feltbefaringen viste at det trolig er betydelige mengder løsmasser i området og at det stedvis er grove masser i de øverste lagene. Forholdene for grunnvannsuttak syntes best innerst i dalen, SØ for et stort myrområde. Ut fra feltbefaringen ble det så planlagt detaljundersøkelser i form av geofysiske målinger (georadar) og undersøkelsesboringer med testpumping og prøvetaking.

1.3 Gjennomføring

I det aktuelle området ble det først gjort en feltbefaring og så målinger med georadar for å få en oversikt over løsmassefordeling og løsmassemektheter. Ut fra disse resultatene og framkommelighet med boreutstyr ble det foreslått boringer.

Feltarbeidet ble utført i perioden september - oktober 1997. Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:

Harald Elvebakk (georadar)

Frank Sivertsvik (løsmasseboring)

Jan S. Rønning (georadar)

Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Teknisk etat i kommunen har skaffet nødvendig bakgrunnsinformasjon (opplysninger om eksisterende vannforsyning, kart etc.) og innhentet boretillatelser fra grunneiere.

2. METODEBESKRIVELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. En mer detaljert beskrivelse er vedlagt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med georadar av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada). Det ble brukt 50 MHz-antennene og 1000V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 m og flyttavstand på 0,5 m. På grunn av unøyaktig flytting vil posisjonene som er angitt øverst på opptakene, ikke alltid stemme nøyaktig med reelle avstander. For enkelte profiler er det i kartbilagene markert for hver 100 profilmeter. Kommentarer under opptakene kan bidra til at en lettere kan plassere posisjoner riktig i forhold til kartet. Det ble satt ut stikker for hver 50. meter. Disse er markert under opptakene som kommentar. Ved beskrivelsen av opptakene refereres det til posisjoner angitt over opptakene. Samplingsintervall var 1,6 ns og det ble foretatt 32 summerte registreringer (stacks) i hvert punkt. Opptakstid var 600 og 1000 ns. Det ble målt 7 profiler på til sammen 1,25 km.

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 hørfrekvent støy. Det ble benyttet SEC forsterkning (Spreading and Exponential Compensation). Ved dybde- konvertering er det benyttet en EM-bølgehastighet på 0,07 m/ns (vannmettet grus), som ble funnet ved å gjøre hastighetsanalyse (CMP-målinger).

Tabell 1 viser en oversikt over alle målte profiler med sted, lengde, opptakstid og kartbilagsnummer.

Tabell 1. Oversikt over profilenes plassering, lengde og opptakstid

	Sted	Lengde (m)	Opptakstid (ns)	Kartbilagsnr.
P1	Austdalen	109	1000	-02
P2	Austdalen	110	600	-02
P3	Austdalen	169	600	-02
P4	Austdalen	160	600	-02
P5	Austdalen	221	600	-03
P6	Austdalen	228	600	-03
P7	Austdalen	235	600	-03

2.2 Undersøkelsesboringer

Undersøkelsesboringene ble gjort med Borros beltegående borerigg. Der hvor sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og løsmasser.

Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av grunnvannsundersøkelser i løsmasser.

3. RESULTATER

3.1 Georadar

Kartbilag -02 og -03 viser georadaropptak og plassering av profiler. 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).

Hastighetsanalyse

Hastighetsanalyse ble utført ved nordøstre ende av profil 3 i utkanten av ei myr. Resultatet viste en gjennomsnittshastighet på 0,06 m/ns. Myr gir lave hastigheter, så ved dybdekonvertering av data er det brukt en hastighet på 0.07 m/ns som er en vanlig hastighet i vannmettet sand/grus. Hastigheten i umettet sone er noe større, og angitte dyp til grunnvannsspeil blir dermed litt mindre enn det reelle dyp.

Profil 1

Profil 1 startet ca 150 m sørøst for Mølnhusmoen og ble målt i sørvestlig retning og krysser Prestelva ved posisjon 70 - 75. Georadaropptaket på dette profilet viser meget liten penetrasjon av EM-bølgene, kun 2 - 4 m, og det er ikke mulig å karakterisere massene ut fra refleksjonsmønsteret. Det en kan si er at det må være mye finstoff (tette masser) og trolig underliggende leire. De kraftige refleksjonene mellom posisjon 70 og 75 skyldes støy ved passering av Prestelva. Området synes helt uaktuelt for uttak av grunnvann.

Profil 2

Profil 2 ble målt vinkelrett på profil 1 tilnærmet langs Prestelva. Penetrasjonen er meget liten, 3 - 4 m, stedvis 5 - 6 m. Det er ikke mulig å karakterisere løsmassene ut fra refleksjonsmønsteret. Massene inneholder trolig mye finstoff. Myr i overflaten bidrar også til å dempe EM-bølgene og dermed minke penetrasjonen. Området synes helt uaktuelt for uttak av grunnvann.

Profil 3

Profil 3 ble målt på tvers av dalen like sørøst for profil 2. Prestelva krysset profilet ved posisjon 60. Store deler av profilet går over myr, og en markert reflektor kan indikere bunnen på denne. Mellom posisjon 0 og 15 indikeres bunnen av myra på kote 19.5 m.o.h., dvs. på ca 2 m dyp. Fra posisjon 135 og ut profilet indikeres også bunnen av myra, og største mektighet er her ca 3 m. Meget begrenset penetrasjon indikerer høyt finstoffinnhold og på grunn av dette er det ikke mulig å tolke dypet til fjell. Området egner seg ikke til grunnvannsuttak.

Profil 4

Profil 4 ble målt på tvers av dalen ca 500 m sørøst for profil 3. Penetrasjonen er meget liten, 3 - 4 m. En markert reflektor på ca 2 m dyp kan markere dyp til myrbunn. Det ble ikke observert typisk myr i overflaten langs profilet, men profilet går i sørøstre ende av den store myra i Austdalen. Reflektoren kan også skyldes finsand, og det er trolig leire under da penetrasjonen stopper brått. Området ser ikke ut til å egne seg for grunnvannsuttak.

Profil 5

Profil 5 startet ved posisjon 20 på profil 4 og ble målt sørøstover langs en sti og dreide midtveis mot sør langs ei myr. Også på dette profilet er penetrasjonen meget liten, 3 - 4 m. Etter som det trolig ikke er forhold i overflaten som demper EM-bølgene er det trolig fine masser og leire på 2 - 3 m dyp. Fra posisjon 130 til 180 indikeres en reflektor på 2 m dyp som trolig representerer bunnen på ei ny myr som profilet går i utkanten av. Under myra ser en antydning til strukturer som kan indikere sand/grus på 2 - 3 m mektighet. Ut over dette er det ikke mulig å si noe om hva slags masser en har mot dypet eller om dypet til fjell.

Profil 6

Første del av profil 6 ble målt delvis langs Prestelva for deretter å dreie sørvestover. På dette profilet er penetrasjonen noe større enn på de øvrige profilene, 5 - 7 m. Deler av opptaket viser et parallelt refleksjonsmønster som betyr tynne lag av finsand (silt). Største mektighet på ca 7 m indikeres mellom posisjon 25 og 55. Slike masser egner seg dårlig som grunnvannsreservoar. Det at penetrasjonen stopper brått tyder på underliggende leire.

Profil 7

Profil 7 ble målt fra posisjon 225 på profil 6 og sørover oppover langs dalsiden. På det flate partiet nederst er refleksjonsmønsteret tilnærmet parallelt som indikerer tynne lag av finsand, silt. Mektigheten øker når terrenget begynner å stige, fra ca 5 m ved posisjon 0 til ca 10 m ved posisjon 70. Mot dypet blir refleksjonsmønsteret mer kaotisk som kan tyde på mer usorterte masser (morene). Tolkningen oppover dalsiden er noe vanskelig, men det er ingen ting som tyder på interessante sand/grusavsetninger med hensyn til grunnvannsuttak. Helt på slutten av profilet ble det observert fjell i dagen. Det er mulig dypet til fjell tilsvarer penetrasjonsdypet på 3 - 5 m nedover dalsiden. Fra posisjon 120 til 70 observeres en reflektor med økende dyp fra ca 5 m til ca 15 m. Dette kan være fjellet som stikker ned. Refleksjonsmønsteret oppover dalsiden kan tyde på tynne lag med finstoff fram til ca posisjon 180. En spesiell hendelse mellom posisjon 100 og 105 kan forklares med at det har vært en utglidning av massene.

Oppsummering

Georadaropptakene i Austdalen viser ingen områder hvor tolkningene gir sikre indikasjoner på sand/grusavsetninger egnet for større uttak av grunnvann. På grunn av liten penetrasjon (leire, silt, myr) fikk en ikke karakterisert hele mektigheten av løsmassene. Det var derfor nødvendig med oppfølgende boringer, både for finne nøyaktig dyp av eventuelle grovkornige dagnære løsmasser og for å undersøke om det kan finnes grovere masser under de påviste finkornige lagene.

3.2 Boringer

Plasseringen av boringene er gjort på grunnlag av tolkingen av georadarprofilene og adkostmulighetene med borerigg. Kartbilag 98.051-02 viser lokaliseringen av borpunktene, mens databilag 1.1-1.4 viser borprofilene i form av utskrifter fra NGU's hydrogeologisk database.

Borhull 1 ligger ved georadarprofil 2, knapt 200 m sør for gården Mølhusmoen. Boringen viste ca. 10 m morenelignende masser (blanding av grus, sand og silt) over leire. Testpumping på 9,5 m ga ikke vann på grunn av for tette masser. Borhull 2, 3 og 4 ble boret sørøst for et stort myrområde i Austdalen. Borhull 2 viste ca. 3 m myr og sand over leire til minimum 12 m dyp. I Borhull 3 ble det påvist ca. 3 m leire over grusige masser til ca. 6 m dyp. Fra 6 -10 m var det usorterte masser (rasmasser/morene) og fra 10 - minimum 14 m ble det igjen påtruffet leire. Testpumping på 5,5 m ga, på grunn av høyt finstoffinnhold i massene, ikke vann. Borhull 4 viste ca. 3 m myr og finsand over løst pakke masse av leire/finsand. Massene var også her for finkornige til grunnvannsuttak.

4. KONKLUSJON

Grunnvannsundersøkelsene i form av geofysiske målinger og undersøkelsesboringer i Austdalen har ikke påvist grunnvannsforekomster som kan dekke Roan vannverks vannbehov. NGU har tidligere gjort grunnvannsundersøkelser i Hagadalen og ved Kiran i form av sonderboringer. Disse undersøkelsene viste for små løsmassetykkelser til større uttak av grunnvann. Det kan dermed konkluderes med at grunnvann som vannkilde til Roan vannverk er ferdig utredet, men med negativt resultat.

5. REFERANSER

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

Hilmo; B. O. 1992: Grunnvann i Roan kommune, NGU Rapport 92.206. *Norges geologiske undersøkelse*.

Reite, A. J. 1990 : Sør-Trøndelag 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 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 dielektrisitetstallet. ϵ_r -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for ϵ_r i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

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

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

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

HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU

1 SONDERBORINGER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros/Hafo 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/Hafo 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 nedspyldt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's hydrogeologiske database.

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 spyldt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarer. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet gjennomstrømningsprøvetaker.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 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 og vannbehov.

Det vanligste er å sette ned fullskala brønner som senere kan benyttes til produksjonsbrønner, men ved usikre forhold brukes det ofte enklere prøvebrønner til prøvepumping.

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

b) Dataregistrering

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

5 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.

6 FELTANALYSER

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

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

7 LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre på vannprøver:

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabell 1: 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 %
Å	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 2: 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 analysen 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*.

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

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
10.50	11.50	Leire med grus	0-3	Grått						Spyling (S)	For tette masser.
11.50	12.50	Leire	8	Grått							
12.50	13.50	Leire	6	Grått							

Merknad:
Andre
opplysninger:

Utfyllingsdato: 08.10.1997 Ansvarlig signatur: Bjørn Iversen

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 41 **Type brønn:** Sondering **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Roan (1632) **Sonderboring 2**
UTM Sone: 32 **ØV-koordinater:** 560970.00 **NS-koordinater:** 7116200.00 **Høyde over havet:** meter
Oppdragsgivers navn: Roan kommune

Adresstype	Adresse	Kommentar
Oppdragsgiveradresse	7180 Roan	Oppdragsgivers postadresse.

Borefirma: **Boredato:** 09.10.1997 **Borerens navn:** Bjørn Iversen

Boredyp (målt fra overflaten): 11.50 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** 0.50 m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: **Brønnrørmateriale:** Dampør

Vannstand ved endt boring (målt fra rørtopp): m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:**

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.50	Myr		Brunt							
1.50	2.50	Myr		Brunt							Sand
2.50	3.50	Myr		Brunt							Med sand, finsand
3.50	4.50	Leire		Grått							Ned uten rotasjon.
4.50	5.50	Leire		Grått							
5.50	6.50	Leire		Grått							
6.50	7.50	Leire		Grått							
7.50	8.50	Leire		Grått							
8.50	9.50	Leire		Grått							
9.50	10.50	Leire		Grått							

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
10.50	11.50	Leire		Grått							

Merknad:Andre
opplysninger:

Utfyllingsdato: 09.10.1997 Ansvarlig signatur: Bjørn Iversen.

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 42 **Type brønn:** Sondering **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Roan (1632)
UTM Sone: 32 **ØV-kordinater:** 561118.00 **NS-kordinater:** 7116021.00 **Høyde over havet:** meter
Oppdragsgivers navn: Roan kommune

Sonderboring 3

Adresstype	Adresse	Kommentar
Oppdragsgiveradresse	7180 Roan	Oppdragsgivers postadresse.

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse **Boredato:** 08.10.1997 **Borerens navn:** Bjørn Iversen

Boredyp (målt fra overflaten): 13.50 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** 0.50 m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: **Brønnrørmateriale:** Damprør

Vannstand ved endt boring (målt fra rørtopp): m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:**

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.50	Myr		Grått							Leire
1.50	2.50	Leire		Grått							
2.50	3.50	Leire		Grått							
3.50	4.50	Grus		Grått							
4.50	5.50	Grusig sand		Grått							Hardpakket, mye finstoff.
5.50	6.50	Morene		Grått							Hardpakket, mye finstoff.
6.50	7.50	Morene		Grått							
7.50	8.50	Morene		Grått							
8.50	9.50	Morene	0-2	Grått							Noe løsere
9.50	10.50	Leire med grus		Grått							

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
10.50	11.50	Leire med grus	0-3	Grått							
11.50	12.50	Leire med grus	0-3	Grått							
12.50	13.50	Leire med grus	0-5	Grått							

Merknad:**Andre
opplysninger:****Utfyllingsdato:** 08.10.1997 **Ansvarlig signatur:** Bjørn Iversen

Hilmo, Bernt Olav

Norges geologiske undersøkelse

Brønn-ID: 43 **Type brønn:** Sondering **Fylke:** Sør-Trøndelag **Kommune:** Roan (1632) **Sonderbo**
UTM Sone: 32 **ØV-koordinater:** 561130.00 **NS-koordinater:** 7116050.00 **Høyde over havet:** meter
Oppdragsgivers navn: Roan kommune

Adresstype	Adresse	Kommentar
Oppdragsgiveradresse	7 80 Roan	Oppdragsgivers postadresse.

Borefirma: Norges geologiske undersøkelse **Boredato:** 09.10.1997 **Borerens navn:** Bjørn Iversen

Boredyp (målt fra overflaten): 13.50 m **Dyp til fjell (målt fra overflaten):** m **Høyde av rørtopp (over havnivå):** m **Høyde av rørtopp (over bakkenivå):** 0.50 m

Ved prøvepumping, angi prøvepumpingsmetode: **Brønnrørmateriale:** Dampør

Vannstand ved endt boring (målt fra rørtopp): m **Vannstand ved endt boring (målt fra overflaten):** m **Målt dato:**

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
0.00	1.50	Myr, finsand		Grått							
1.50	2.50	Myr, finsand		Grått							
2.50	3.50	Leire, finsand		Grått							
3.50	4.50	Leire		Grått							
4.50	5.50	Leire		Grått							
5.50	6.50	Leire		Grått							
6.50	7.50	Leire		Grått							
7.50	8.50	Leire		Grått							
8.50	9.50	Leire, siltlag		Grått							
9.50	10.50	Leire		Grått							

Fra (m)	Til (m)	Løsmasseprofil	Vanntrykk	Boreslamfarge	Vannuttak (l/s)	Temperatur (°C)	Pumpetid (min)	Vannprøve?	Jordprøve?	Prøvetakingsmetode	Merknader
10.50	11.50	Leire, gruskorn		Grått							
11.50	12.50	Leire, gruskorn		Grått							
12.50	13.50	Leire, gruskorn		Grått							

Merknad:**Andre
opplysninger:****Utfyllingsdato:** 09.10.1997 **Ansvarlig signatur:** Bjørn Iversen.



□ Undersøkt område

NGU/ROAN KOMMUNE
 OVERSIKTSKART MED UNDERSØKT OMRÅDE

ROAN

ROAN KOMMUNE, SØR-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1:50000

MÅLT JSR/HE

TEGN HE

TRAC

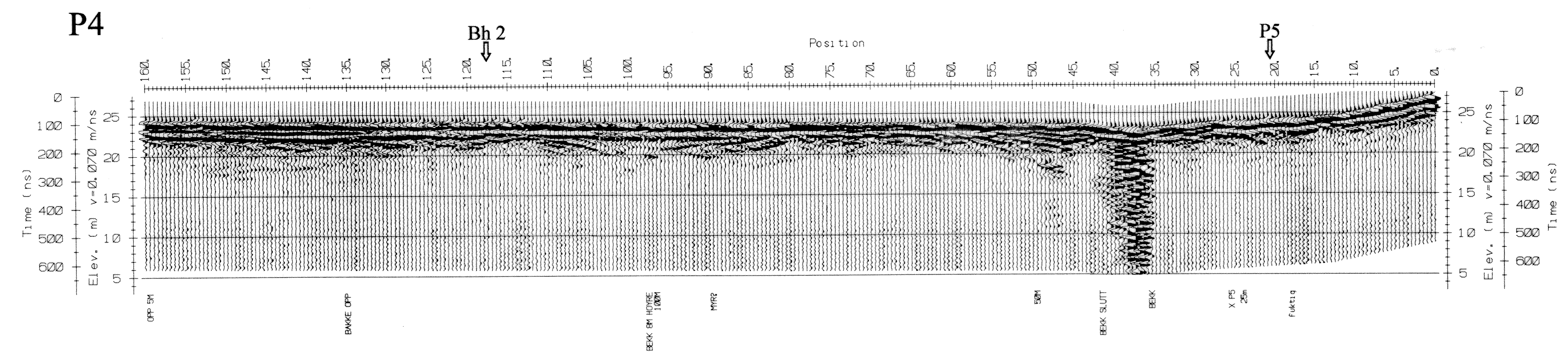
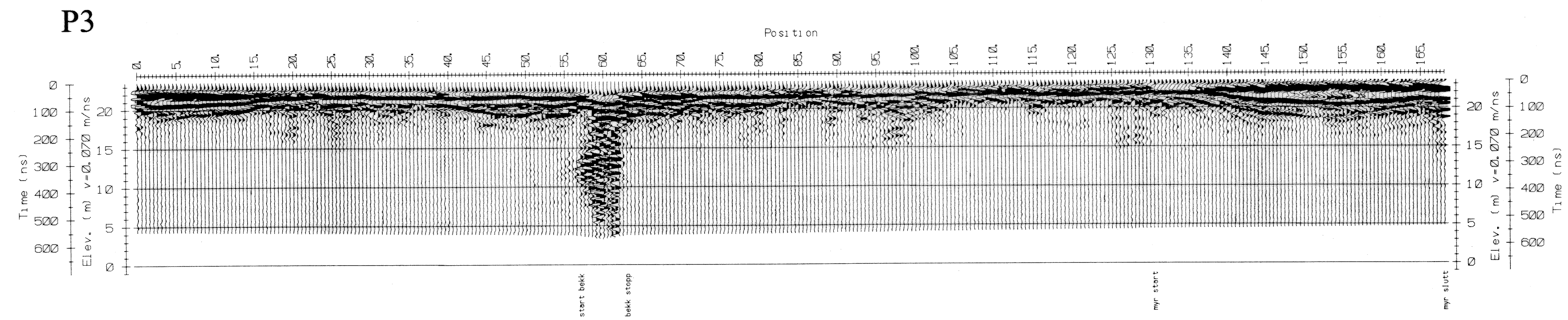
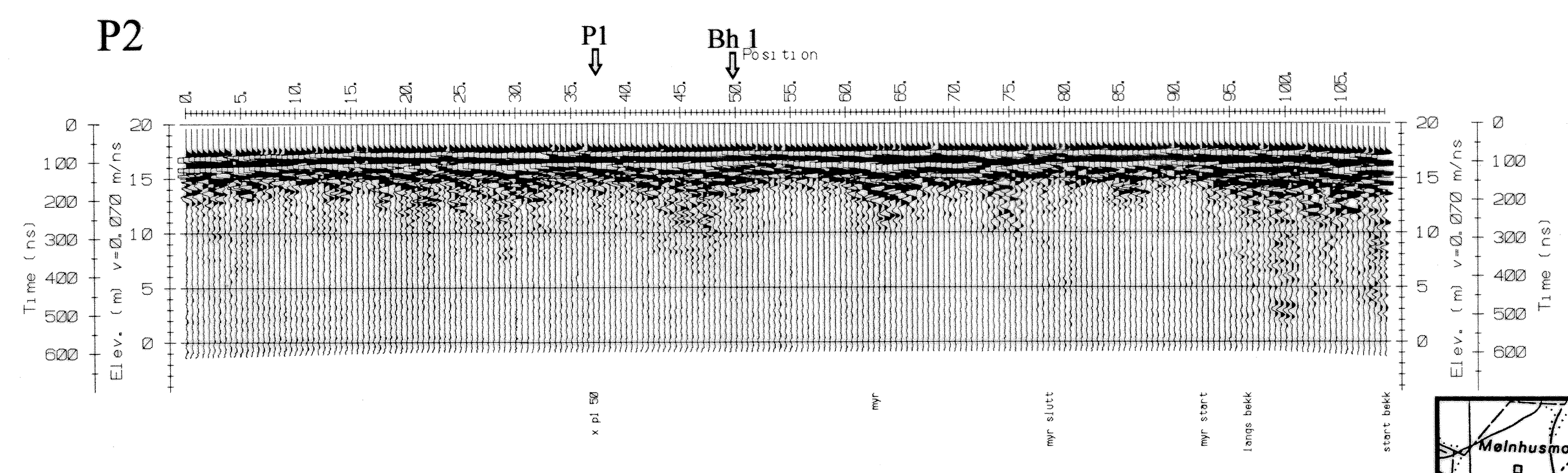
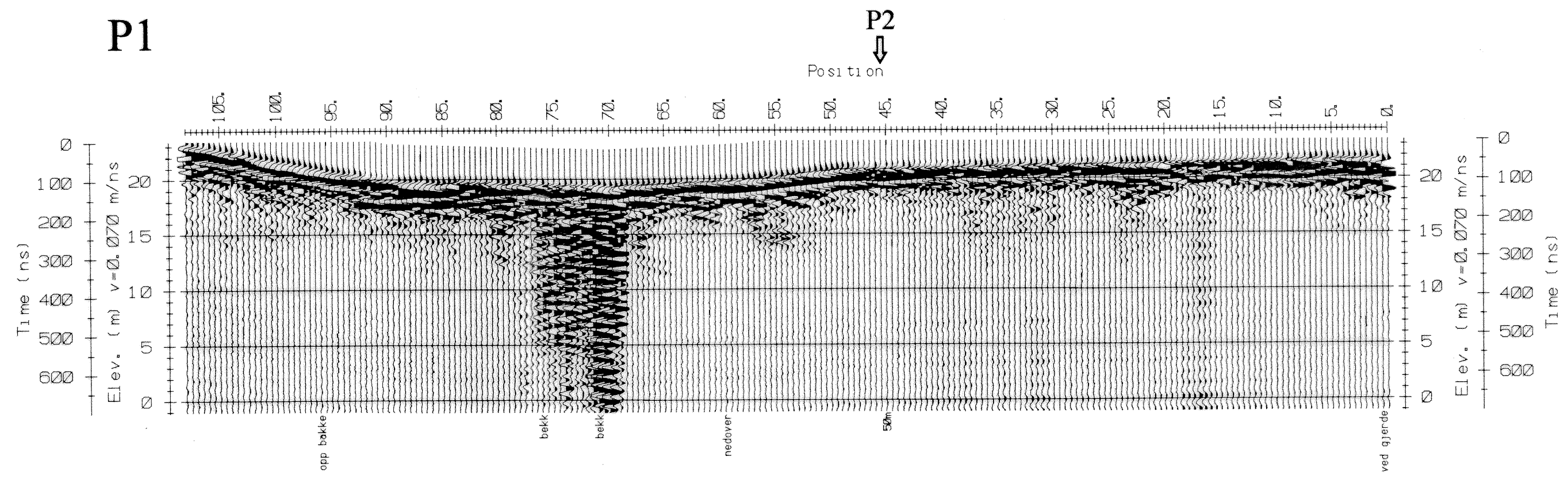
KFR

Okt. -97

Des. -97

TEGNING NR
 98.051-01

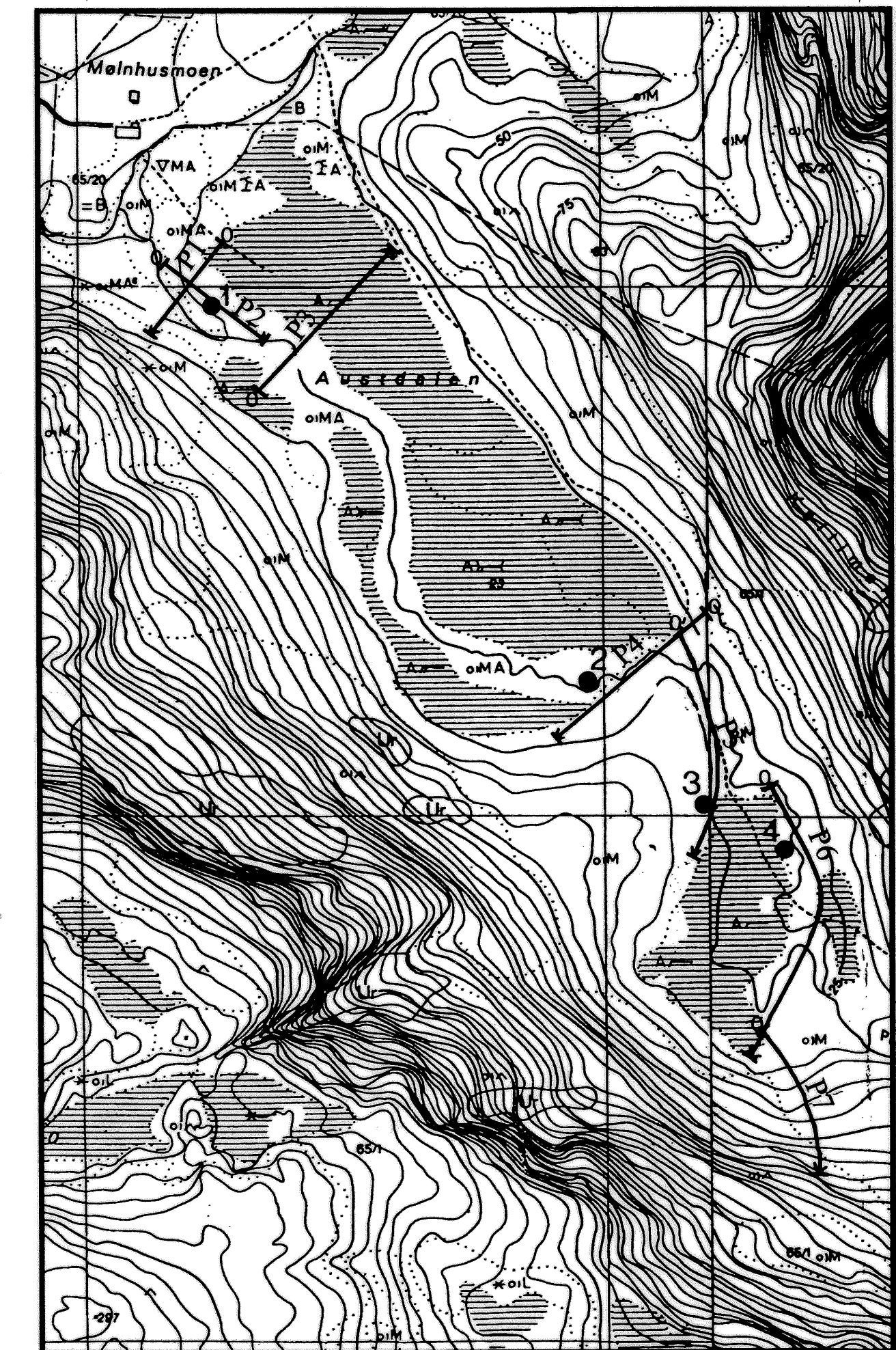
KARTBLAD NR
 1623 III



TEGNFORKLARING

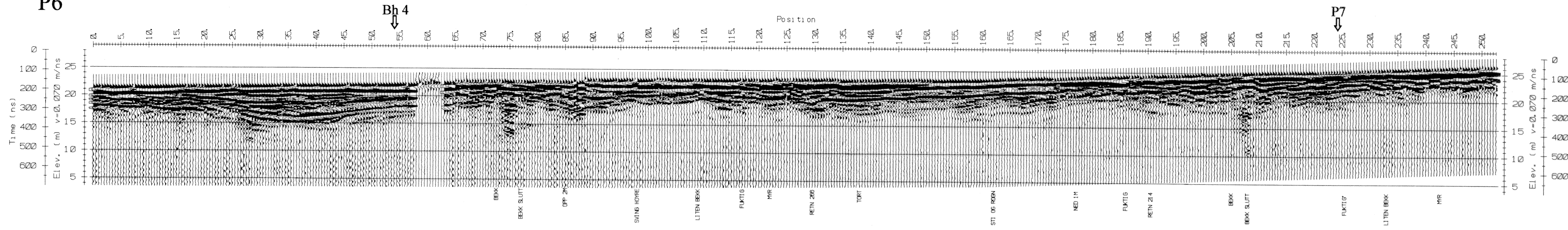
0 P1 — Georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 profilmeter

● Sonderboring

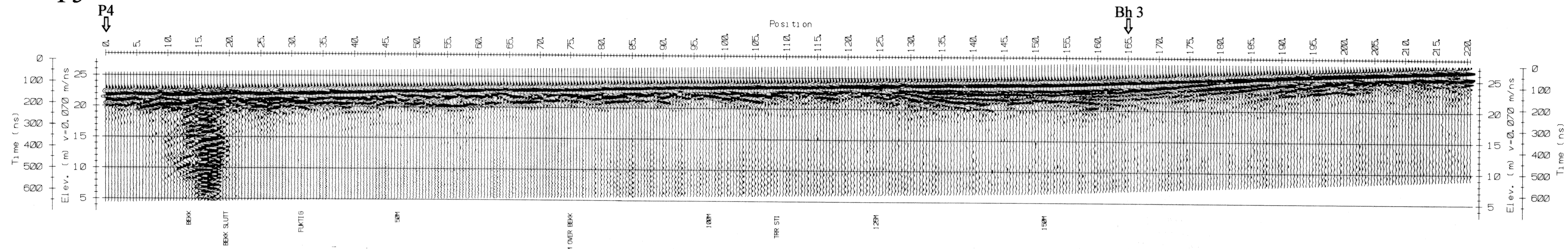


NGU/ROAN KOMMUNE GEORADAROPPTAK ROAN ROAN, SØR-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1 : 5000 (kart)	MÅLT JSR/HE TEGN HE TRAC KFR KONF	Okt. -97 Des. -97
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.051-02	KARTBLAD NR 1623 III

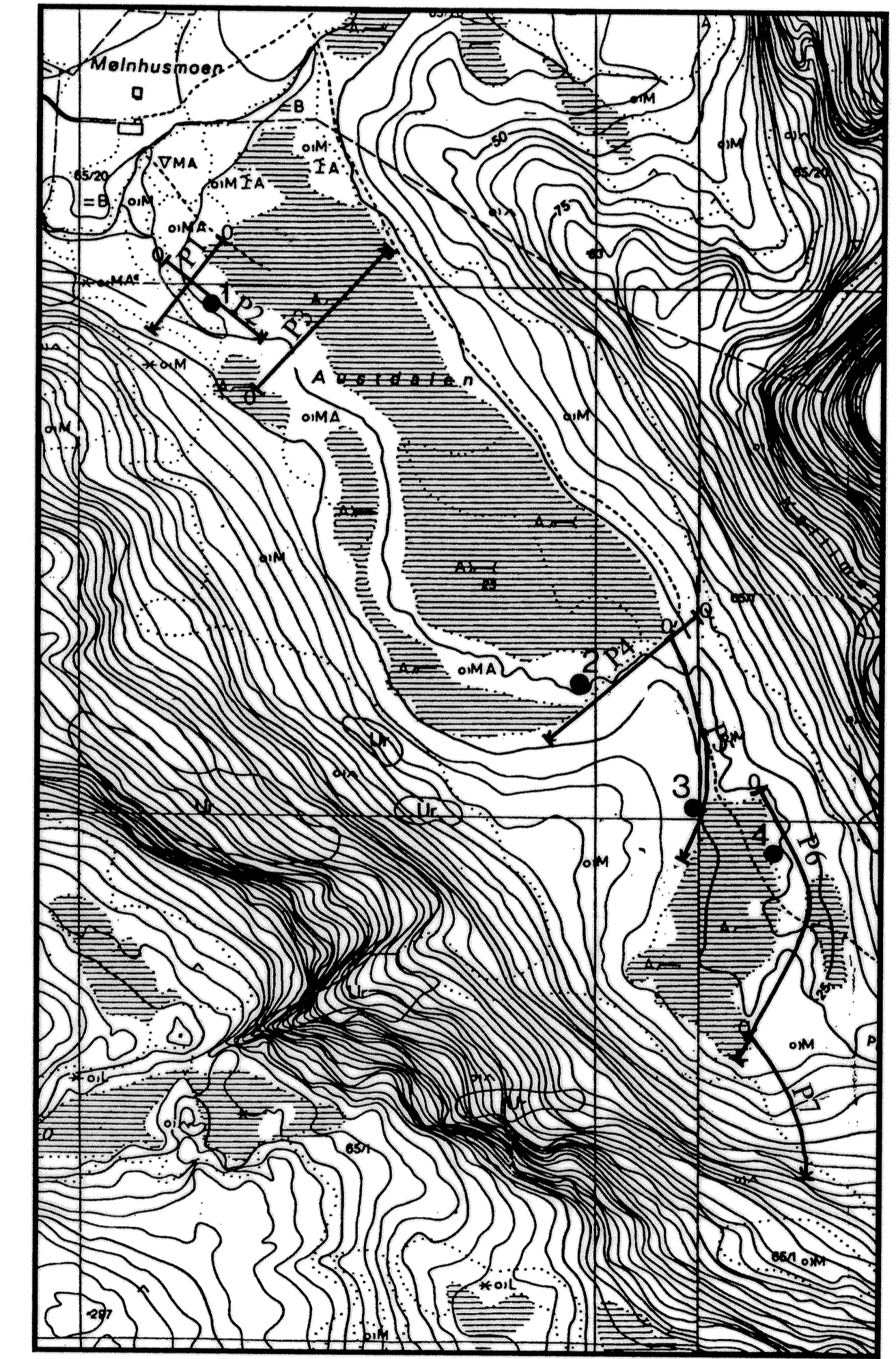
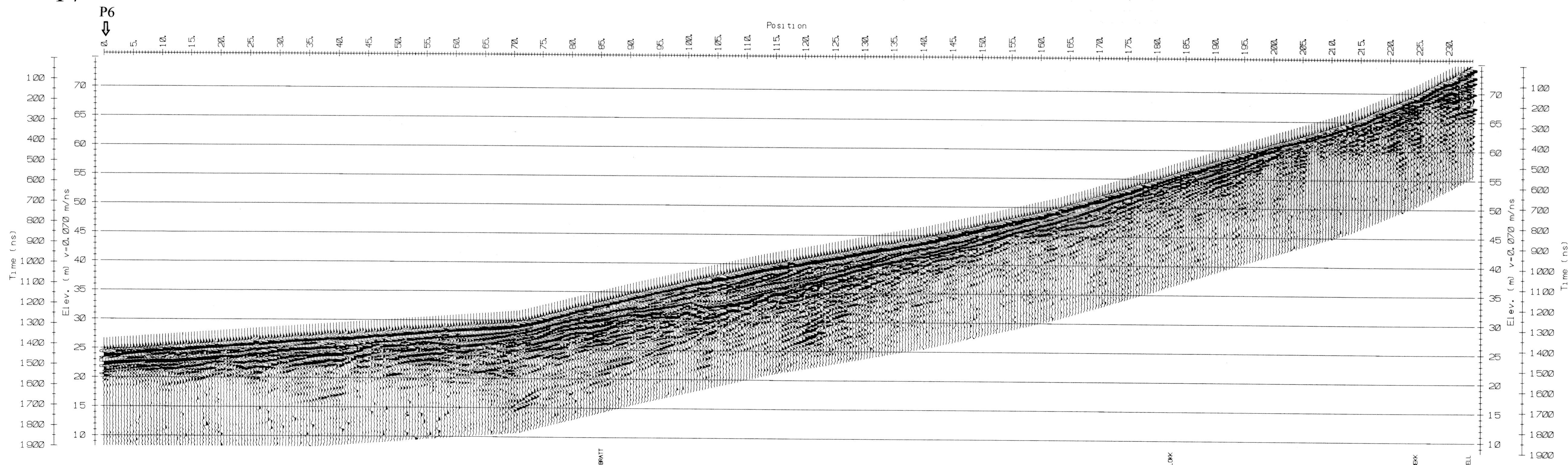
P6



P5



P7



TEGNFORKLARING

0 P1 Georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 profilmeter

● Sonderboring

NGU/ROAN KOMMUNE GEORADAROPPTAK ROAN ROAN, SØR-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT JSR/HE	Okt. -97
	1:5000 (kart)	TEGN HE	Des. -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR 98.051-03	KARTBLAD NR 1623 III	