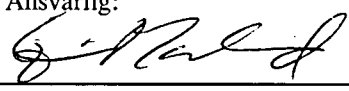


NGU Rapport 94.039

Grunnvannsundersøkelser i Verran kommune.  
Oppfølging av GiN-prosjektet i  
Nord-Trøndelag fylke

Rapport nr. 94.039		ISSN 0800-3416	Gradering: åpen	
<p>Tittel: Grunnvannsundersøkelser i Verran kommune. Oppfølging av GiN-prosjektet i Nord-Trøndelag fylke.</p>				
<p>Forfatter: Oddveig Bredesen, Gaute Storrø, Jan Fr. Tønnesen (geofysikk)</p>		<p>Oppdragsgiver: Verran kommune, Nord-Trøndelag fylke og NGU</p>		
<p>Fylke: Nord-Trøndelag</p>		<p>Kommune: Verran</p>		
<p>Kartbladnavn (M=1:250.000) Trondheim og Namsos</p>		<p>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1622 I, Verran og 1623 II, Snåsavatnet</p>		
<p>Forekomstens navn og koordinater:</p>		<p>Sidetall: 48      Pris: kr 135.-  Kartbilag: 11</p>		
<p>Feltarbeid utført: Høsten -93</p>	<p>Rapportdato:</p>	<p>Prosjektnr.: 63.2509.60</p>	<p>Ansvarlig: </p>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Som en oppfølging av GiN-prosjektet er det foretatt grunnvannsundersøkelser på 3 steder i Verran kommune. Grunnvannsmulighetene ble i første omgang vurdert ut fra geofysiske undersøkelser på elvedeltaene i Malm og i Follafoss og av løsmassene i østenden av Follavatnet.</p> <p>I Malm ble det gått videre med undersøkelsene, og det ble gjort 2 sonderboringer på sørsida av Brattreitelva. Det ble foretatt langtids prøvepumping av 2 stk 3"brønner i samme område, og det ble dokumentert et uttakspotensiale som dekker det angitte vannbehov (15 l/s).</p> <p>Vannkvaliteten er tilfredsstillende for alle parametre, med unntak av pH og jerninnhold. Det anbefales derfor å alkalisere grunnvannet samt at vannet luftes og filtreres. I tillegg bør det være muligheter for desinfeksjon. Det må foretas en grundig gjennomgang av tilstanden for avløpsnett i nærliggende boligfelt.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Geofysikk		Grunnvannsforsyning
Sonderboring		Brønnboring		Løsmasse
Grunnvannskvalitet		Prøvepumping		Fagrapport

## FORORD

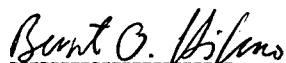
Etter initiativ fra Miljøverndepartementet (MD) gjennomførte Norges geologiske undersøkelse i perioden 1989-1992 prosjektet Grunnvann i Norge (GiN). Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for mer bruk og bedre beskyttelse av grunnvann. En viktig del av prosjektet besto i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Prosjektet ble gjennomført dels ved feltbefaring (ca 30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale.

I tilknytning til NGU's gjennomføring av "Geologisk undersøkelsesprogram for Nord-Trøndelag og Fosen" ble det fra fylkesmyndighetene satt fram ønske om en videreføring av GiN-prosjektet. Siktemålet for denne videreføringen var en detaljdokumentasjon av vannkvalitet og utnyttbar vannmengde for utvalgte "GiN-lokaliteter". Tanken var, gjennom framlegging av disse detaljdata, å legge grunnlag for etablering av grunnvannsverk som kunne fungere som "reklame" og pådriver for økt utnyttelse av grunnvannsressurser i de øvrige deler av fylket.

Ut fra GiN-resultatene, kvaliteten på eksisterende vannforsyning og anbefalinger fra fylkesgeologene, ble Flatanger, Overhalla/Grong, Snåsa og Steinkjer i Nord-Trøndelag samt Osen i Sør-Trøndelag valgt ut for undersøkelser i 1992. Røyrvik, Verran, Levanger og Leksvik i Nord-Trøndelag, samt Rissa og Bjugn i Sør-Trøndelag ble valgt ut for grunnvannsundersøkelser i 1993.

Prosjektet har en total kostnadsramme på ca. 4 mill. kr. og er finansiert av Nord-Trøndelag fylkeskommune (28 %), Sør-Trøndelag fylkeskommune (12 %), de enkelte kommuner (10 %) og NGU (50 %). I tillegg har alle kommunene bidratt med en vesentlig egeninnsats ved å tilrettelegge forholdene for undersøkelsene og ved å bistå med deler av undersøkelsene.

Trondheim, 28.oktober 1994



Bernt Olav Hilmo  
prosjektansvarlig



Helge Hugdahl  
programleder

## INNHALDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON .....	5
1 INNLEDNING.....	6
2 FELTARBEID, METODER OG ANALYSER.....	7
2.1 GEORADARMÅLINGER .....	7
2.2 BORARBEIDER .....	8
2.3 VANNANALYSER.....	8
3 RESULTATER, FORUNDERSØKELSER .....	10
3.1 GEOFYSISKE UNDERSØKELSER.....	10
3.1.1 Malm.....	11
3.1.2 Follafoss.....	12
3.1.3 Follavatnet .....	14
3.2 SONDERBORINGER, MALM .....	16
4 PRØVEPUMPING, MALM.....	17
4.1 HYDRAULISKE PARAMETRE OG KAPASITET .....	17
4.2 GRUNNVANNSKVALITET .....	18
4.3 FORURENSING OG FORSLAG TIL KLAUSULERING. ....	20
REFERANSER.....	21
TEKSTBILAG:.....	22
DATABILAG: .....	22
KARTBILAG: .....	22

## KONKLUSJON

### Follafoss

Georadarprofilene som ble målt (vel 1200 m), avgrenset et forholdsvis stort område på deltaavsetningen øst for utløpet av Follaelva hvor georadar gir reflektorer ned til nivå 2-6 m under grunnvannspeilet. Deler av denne flaten, i nordvest og nordøst, består av deltaavsetninger med markert skrålagning. Disse områdene er best egnet for grunnvannsuttak. Det er tidligere utført 4 boringer i det nordvestligste området (Hilmo, 1991). Området er sterkt utbygd, med bl.a boliger, idrettsplass og tungindustri. På grunnlag av tidligere rapporter hvor det er påpekt fare for saltvannsintrengning ved grunnvannsuttak og dagens arealbruk, ble det ikke gjort videre undersøkelser på avsetningen.

### Follavatnet

Det har blitt gjort georadarundersøkelser langs 4 profiler (ca 500 m) langs østenden av Follavatnet. Det er ut fra tolking av disse profilene blitt angitt 3 områder hvor det kan være muligheter for grunnvannsuttak. Ved det antatt beste området består massene av 12-14 m mektige løsmasser som er lagdelte og sorterte. Massene er ikke nærmere undersøkt, men innhold av finkornige masser kan redusere mulighetene for grunnvannsforekomster. Regulering av Follavatnet vanskeliggjør grunnvannsuttak fra avsetninger nær vatnet.

### Malm

Det ble i første omgang gjort undersøkelser med georadar langs 6 profiler (ca 1500 m). Ut fra tolkning av disse resultatene ble det gjort 2 nye sonderboringer på sørsida av Brattreitelva. Videre ble 2 stk 3" brønner for langtidsprøvepumping plassert ved det best egnede borhullet. Prøvepumpingen av disse 3" brønnene ble startet i september 1993 og avsluttet i april 1994. Hensikten har vært å følge med kapasiteten til grunnvannsmagasinet over tid med en pumperate tilsvarende oppgitt vannbehov (15 l/s). Like viktig har vært å følge endring av grunnvannskvalitet over tid og under ulike årstider.

Senkningsdata fra de 4 observasjonsbrønnene viser at magasinet fornyes, kapasiteten synes stabil. Senkningen ved uttakspunktet er stor, men dette kan delvis skyldes brønnutformingen (ufullstendig brønn).

Kvaliteten på grunnvannet viser at ioneinnholdet øker med tiden, og dette kan tyde på at det trekkes på grunnvann med lengre oppholdstid i grunnen, fra dypere sjikt. Innholdet av jern er for høyt i forhold til Folkehelsas normer. Vannet bør luftes og filtreres før det distribueres på nettet. pH bør ligge mellom 8 og 8,5 ved lufting, vannet bør derfor først alkaliseres, med f.eks lut.

Det stilles krav til to barrierer mot bakteriologisk forurensing av drikkevann. I tillegg til beskyttelse fra sand- og grusfilteret, bør det installeres et desinfeksjonsanlegg i beredskap. Utbredelsen av brønnenes nære tilsigsområde (jfr. sone 1 i Folkehelsas retningslinjer for arealklausulering) er beregnet til 120 m. Det må foretas en grundig gjennomgang av tilstanden for avløpsnett i det nærliggende byggefelt og andre mulige forurensingskilder.

**Verrabotn skole.** Det ble utført 2 sonderboringer ved Verrabotn skole. Disse viste 2,5-3,0 m sand og grus over leire. Massene er derfor ikke egnet for uttak av grunnvann.

## 1 INNLEDNING

Gjennom prosjektet "Grunnvann i Norge" ble det i 1990 utført en vurdering av grunnvannsmulighetene i Verran kommune (Hilmo & Storrø, 1991). Som en oppfølging av dette ble det i 1991 utført en mere detaljert forundersøkelse, med testpumping og vannprøvetaking, av grunnvannsføremster i Follafoss og Malm (Hilmo, 1991). De samme områdene er tidligere blitt undersøkt av Kummeneje A/S (1986 og 1987). Undersøkelsene i Malm gav positive indikasjoner med hensyn til muligheter for uttak av grunnvann for drikkevannsforsyning, mens mulighetene for å dekke vannbehovet til Follafoss på 5 l/s var fortsatt usikre.

Det ble etter samråd med kommunen vedtatt å foreta flere undersøkelser på elvedeltaene i Malm og Follafoss, samt en vurdering av løsmassene ved østenden av Follavatnet. Undersøkelsene omfattet i første omgang geofysiske undersøkelser.

På bakgrunn av resultatene fra de innledende undersøkelsene ble det utført nye boringer på Brattreitøra i Malm. For å fremskaffe en endelig dokumentasjon av kvantitet og kvalitet for grunnvannsressursen på Brattreitøra, ble langtidsprøvepumping gjennomført i perioden september 1993 til april 1994. Rapporten beskriver resultatene fra undersøkelsene og fra prøvepumpingen.

Gaute Storrø har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte var:

Bernt Olav Hilmo (forundersøkelser, lokalisering)

Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Jan Fr. Tønnesen (geofysikk).

Teknisk sjef Jostein Landsem har vært kommunens kontaktperson. Kommunen har for øvrig bidratt med utstyr og framlegging av strøm til prøvepumping, overvåking av prøvepumping og vannprøvetaking.

Kostnadene er dekket av Nord-Trøndelag fylke (40%), Verran kommune (15%) og NGU (45%). De påløpte kostnader er i samsvar med kostnadsoverslaget.

## 2 FELTARBEID, METODER OG ANALYSER

### 2.1 Georadarmålinger

En generell beskrivelse av georadarmålinger og teoretiske prinsipper er gitt i tekstbilag 1.

Georadaren som ble benyttet, var av typen pulse EKKO IV (Sensors & Software Inc., Canada) med 400 V sender og 50 MHz antenner. Opptakstiden var 800 ns (nanosekunder) med samplingsintervall på 1,6 ns. Målingene ble utført med 32 registreringer ("stacks") ved hvert målepunkt. Antenneavstand og flyttavstand var 1 m ved profilmålingene. Profillengden angir antall målepunkter multiplisert med flyttavstand. Dersom en ved måling har vært unøyaktig med antenneplasseringen, stemmer nødvendigvis ikke de angitte profillengder med de virkelige. I slike tilfeller kan informasjon om kryssende profiler, veier, og terrengdetaljer benyttes for mer eksakt plassering av profilene.

Det er ikke utført noen CMP-målinger for beregning av radarbølgehastighet i grunnen. Ved utplotting av utvalgte georadarprofiler fra Malm i kartbilag -08 og fra Follafoss i kartbilag -09, ble det benyttet en hastighet på 0,100 m/ns for beregning av høydeskala (m.o.h.). Avstanden mellom horisontale tidslinjer langs profilene utgjør 100 ns i toveis gangtid, eller 5 m vertikalt dyp med den anvendte høydeskala. Den valgte hastigheten kan erfaringsmessig representere naturfuktig sand/grus over grunnvannsnivå. Den er nok noe for lav dersom avsetningene er relativt tørre, og er for høy for grunnvannsmettet materiale.

Ved utplotting av utvalgte georadarprofiler ved Follavatnet i kartbilag -10, ble det benyttet en hastighet på 0,080 m/ns for beregning av høydeskala. Grunnvannsnivå ligger for det meste like under terrengoverflaten langs disse profilene. Avstanden mellom horisontale tidslinjer vil med denne hastigheten utgjøre et dyp på 4 m. Langs alle viste profiler er målingene justert for variasjon i terrengoverflaten. Terrengoverflaten er vesentlig bestemt ut fra kartgrunnlaget, men også fra opplysninger om terrengdetaljer observert under profileringen. Det anslås at usikkerheten i terrenghøyde er mindre enn  $\pm 2$  m.

## 2.2 Borarbeider

For å finne best mulig plassering mht. kvalitet og kapasitet ble det på bakgrunn av de geofysiske undersøkelser fulgt opp med sonderboringer med prøvetaking og kapasitetstesting på Brattreitøra i Malm (kartbilag -11).

På det aktuelle området ble det sonderboret med Borros borerigg og 51 mm krone. Det ble satt ned en testbrønn av 5/4" rør med en meter filterlengde. I hvert nivå hvor det ble prøvepumpet ble det så tatt prøver av oppumpede masser, målt brønnens vanngiverevne og tatt prøver av grunnvannet etter ca 15 min. pumping.

Det er utført kornfordelingsanalyser av masseprøvene og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøvene. Massenes kornfordeling kan brukes til å bestemme filteråpningen på en eventuell produksjonsbrønn. Det må bemerkes at kornfordelingen ikke er helt representativ for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvetakeren.

Videre ble det valgt ut en lokalitet for langtids prøvepumping. Til prøvepumpingen på Brattreitøra ble det satt ned 2 stk 3"-brønner med 6 m langt filter på 5,5-11,5 m dyp. Det ble benyttet elektriske sugepumper. Under prøvepumpingene ble det tatt vannprøver for kjemisk analyse som ble analysert ved kjemisk laboratorium, NGU og for bakteriologisk analyse som ble analysert ved Innherred Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll på Steinkjer (IKN).

Under pumpeperiodene ble kapasiteten registrert og grunnvannsstanden målt i nærliggende observasjonsbrønner. Disse dataene gir grunnlag for en vurdering av grunnvannskvalitet, eventuelle rensetiltak og mengder grunnvann som kan tas ut.

## 2.3 Vannanalyser

Prøver for bakteriologiske og fysikalske analyser ble tatt av lokal oppsynsmann og oversendt fortløpende til Innherred Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll, Steinkjer. Følgende analyser ble utført;

- Koliforme bakterier 37°C
- Termotolerante koliforme bakterier
- Totalantall bakterier 20°C (kimtall)
- pH
- Turbiditet
- Fargetall
- Jern
- Kalsium
- Magnesium



Uttak av vannprøver for bakteriologiske analyser var i utgangspunktet planlagt gjennomført minimum hver 14. dag. Dette programmet ble av ukjent årsak ikke fulgt. Det ble totalt utført tre bakteriologiske analyser i prøvepumpingsperioden.

Prøver for uorganiske kjemiske analyser ble samlet inn av lokal oppsynsmann og oversendt for analyser ved NGU's laboratorier, Trondheim. Det ble ikke foretatt noen form for konservering eller filtrering av prøvene. Følgende analyser ble utført;

1) Basekationer (Ca, Mg, Na, K) og tungmetaller:

Laboratorium: NGU  
Metode: Argon-plasma-spektrofotometer (ICAP)  
Instrument: Jarell-Ash modell 975 ICAP  
Elementer og  
deteksjonsgrenser: se databilag 1.

2) Anioner:

Laboratorium: NGU  
Metode: Høytrykks ione-kromatografi (HPIC)  
Instrument: Dionex 2010i m/høysensitiv kondukt.detektor  
Elementer og  
deteksjonsgrenser: se databilag 1.

3) Fargetall/turbiditet: se databilag 1.

4) Alkalitet/pH/ledningsevne: se databilag 1.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalanse ( $\Sigma Kationer = \Sigma Anioner$ ). Ionebalansefeilen ligger for alle analyser innenfor området +/- 2-3%, hvilket dokumenterer en god total kvalitet i analysene. Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også god overensstemmelse.

I tillegg til de kjemiske analysene omtalt foran er det utført enkelte analyser i felt. Dette er i første rekke analyser av løste gasser som oksygen og karbondioksid.

### 3 RESULTATER, FORUNDERSØKELSER

#### 3.1 Geofysiske undersøkelser

For å vurdere mulighetene for grunnvannsforsyning fra løsmasser i Verran er det i samråd med kommunen utført undersøkelser i tre områder (kartbilag -01). Undersøkelsene omfatter georadarmålinger i samtlige områder. Det ble målt langs 14 profiler med samlet lengde vel 3,2 km. Profilplasseringen er vist i kartbilag -02 for Malm, -04 for Follafoss og -06 for Follavatnet. Målingene ble utført 22.-23. juni 1993. Profillengdene er vist i tabell 1.

For vurdering av grunnvannsmuligheter ut fra georadarmålinger, vil penetrasjonsdyp under grunnvannsnivå være den viktigste positive indikator, men strukturer i løsmassene gir i tillegg en del informasjon om avsetningstype og løsmassesammensetning.

**Tabell 1. Oversikt over utførte georadarmålinger i Verran.**

Lokalitet	Profil	Lengde (m)	Karbilag
Malm	P 1	293	-
Malm	P 2	216	-
Malm	P 3	378	08
Malm	P 4	57	08
Malm	P 5	264	-
Malm	P 6	324	08
Follafoss	P 7	289	09
Follafoss	P 8	355	-
Follafoss	P 9	275	09
Follafoss	P 10	301	-
Follavatnet	P 11	223	-
Follavatnet	P 12	66	10
Follavatnet	P 13	45	10
Follavatnet	P 14	136	10

### 3.1.1 Malm

#### 3.1.1.1 Profilbeskrivelser (P1 - P6)

Lokaliseringen av profilene er vist i kartbilag -02. Utskrift av georadaropptak fra profil P 3, P 4 og deler av P 6 er vist i kartbilag -08. De øvrige profilene er bare beskrevet i teksten.

P 1 og P 4 er målt i kryss over stadionanleggene nord for Brattreitelva. Grusbanen i øst ligger på et lavere nivå enn gressbanen Malm stadion vestafor, og det anslås at terrengoverflaten er 2-3 m o.h. ved østenden av P 1 og ca. 9 m o.h. ved vestenden. Grunnvannsnivået ligger stort sett 2-3 m under overflaten, men er stedvis dårlig bestemt. Det er trolig noe dypere ut mot terrassekanten øst for gressbanen (nær profilkryss). Langs P 1 er det oppnådd størst penetrasjon under grunnvannsnivå (6-12 m) i området mellom posisjon 140 og 200. Vest for posisjon 105 og øst for 230 er det stort sett mindre enn 3 m penetrasjon under grunnvannsnivå.

Det sees lite strukturer i løsmassene, og de få reflektorene som finnes er enten nær horisontale eller har fall mot øst. Langs P 4 er penetrasjonen under grunnvannsnivå 10-12 m i sørlige del fram til posisjon 35, men er betydelig mindre nordafor. Løsmassene synes å være dominert av nær horisontale reflektorer i øverste del, mens det for øvrig, og spesielt langs sørlige del av profilet, indikeres skrålagning med fall mot sør.

P 2 og P 3 er målt i kryss og stort sett langs veg over det høyereliggende platået nordafor. Ved sørenden av P 2 er dyp til grunnvannsnivå fra terrengoverflaten ca. 12 m, men øker til 14-15 m omtrent midtveis i profilet, vesentlig på grunn av at terrengoverflaten blir høyere mot nord. Georadarpenetrasjonen under grunnvannsnivå avtar generelt mot nord. Den er 6-12 m de sørligste 60-70 m av profilet, mellom 6 og 3 m videre fram til vel midtveis og liten eller ikke definert langs resten av profilet.

Reflektorer i løsmassene indikerer slak skrålagning med fall mot nord de sørligste ca. 60 m av profilet, mens registreringene videre nordover synes å være dominert av nær horisontale reflektorer. I P 3 er grunnvannsnivå ca. 10 m under terrengoverflaten ved posisjon 20. Terrengstigning vestover langs profilet medvirker til at dypet til grunnvannsnivå øker noe langs profilet til ca. 12 m ved pos. 80 og er 13-14 m i området pos. 130-225. Profilutskriften indikerer deltaavsetninger bestående av markerte skrålag med fall mot øst. Fra pos. 225 ser det ut til å komme inn annen materialtype under grunnvannsnivå. Dette materialet kommer nær opp til overflaten fra pos. 340 og fram til vestenden av profilet. Georadarpenetrasjonen i deltaavsetninger under grunnvannsnivå er 6-12 m i østlige del (pos. 20-120) og 3-6 m videre vestover fram til pos. 225.

P 5 og P 6 er målt i kryss over deltaområdet sør for elva. Grunnvannsnivå regnes å ligge fra 1 til 3 m under terrengoverflaten, men er relativt dårlig bestemt. Langs P 5 er georadarpenetrasjonen under grunnvannsnivå liten de vestligste 50 m. Østafør er den stort sett 3-6 m, men er 6-10 m i området mellom pos. 60 og 140. I dette området er det indikert skrålagning med fall mot øst, mens det langs profilet for øvrig er nær horisontale, men forholdsvis diffuse reflektorer. I P 6 er penetrasjonen under grunnvannsnivå stort sett 6-10 m, men er noe mindre i sørøstligste del. Avsetningene domineres av markert skrålagning med fall mot sørøst.

### 3.1.1.2 Sammenfatning

Ut fra georadarprofilene er det i kartbilag 3 avgrenset områder på deltaavsetningen med georadarpenetrasjon under grunnvannsnivå på henholdsvis 3-6 m og 6-12 m. Områdene har lengdeutstrekning i nordsør-retning, dvs. normalt på dagens elveløp. Utenfor disse arealene er penetrasjonen under grunnvannsnivå liten. Avgrensningen av penetrasjonen mot vest og nordvest skyldes at det under deltaavsetningene kommer inn andre løsmassetyper eller fjell. Avgrensningen av penetrasjonen mot sjøsiden i øst skyldes overgang til finstoffrikt materiale og/eller saltvannsinntrengning fra fjorden. Målingene indikerer variasjon i avsetningsretning i deltaet. I nordlige del har deltaskrålagningen fall mot øst-nordøst, mens den dreier mot øst-sørøst allerede på nordsiden av elva (P 4) og videre mot sørøst på sørsiden (P 6). Ut fra den relativt dype georadarpenetrasjonen under grunnvannsnivå regnes det å være gode muligheter for grunnvannsuttak fra deltaavsetningene. En prøvebrønn bør plasseres innenfor området med best penetrasjon (6-12 m). Den best egnede plassering innenfor området må velges ut fra en samlet hydrogeologisk, miljømessig og teknisk vurdering.

### 3.1.2 Follafoss

#### 3.1.2.1 Profilbeskrivelser (P7 - P10)

Alle profilene er målt på deltaområdet øst for Follaelva, og lokaliseringen framgår av kartbilag -04. Georadaropptak fra P7 og P9 er vist i kartbilag -09. De to andre profilene er kun beskrevet i teksten.

Langs P 7 ligger grunnvannsnivå fra 10 til 12 m under terrengoverflaten og er dypest rundt midtveis i profilet. Georadarpenetrasjon under grunnvannsnivå på opptil 5-6 m opptrer i området mellom pos. 110 og 180 og fra 210 og til nordenden av profilet (pos. 289), mens den er 2-4 m de sørøstligste 70 m av profilet og for øvrig ubetydelig. Løsmassene domineres av deltamateriale med skrålagning som har fall mot sør-sørøst langs profilet. I sørøstligste del kommer det inn mer flattliggende reflektorer. Langs P 8 ligger grunnvannsnivået antydningvis fra 10 til 12-13 m under terrengoverflaten, men er ikke registrert de nordvestligste 40 m av profilet på grunn av begrenset penetrasjon i løsmassene.

Penetrasjon under grunnvannsnivå på 2-6 m opptrer i området fra posisjon 120 og fram til veikryss ved østenden (pos.345). Ved nordvestenden er det nær horisontale reflektorer. Skrålagning med relativt slakt fall mot sørøst langs profilet opptrer i området mellom pos. 20 og 160. Videre varierer det mellom skrålagning og tilnærmet horisontal lagning fram til pos. 260, mens østligste del viser horisontale reflektorer.

Langs P 9 ligger grunnvannsnivå fra 10 til 12-13 m under terrengoverflaten, men er noe dårlig definert, spesielt i nordligste del. Penetrasjonen under grunnvannsnivå er 2-5 m i området fra pos.80 til 180 og mindre enn 3 m sønnafor. Løsmassene viser skrålagning med fall mot sør, men fra pos. 160 og sørover er det liten mektighet av skråsjiktet materiale, og avsetningene domineres av nær horisontale reflektorer.

Langs P 10 kan grunnvannsnivå antydes å ligge fra 10 til 13-14 m under terrengoverflaten med grunnest dyp i sør og størst lengst nord. Georadarpenetrasjonen under grunnvannsnivå er 2-6 m langs nesten hele profilet (pos.10-250). I sørlige del (pos. 0-140) domineres avsetningene av nær horisontale reflektorer. I området pos. 140 til 250 stikker det opp en struktur som viser skrålagning med fall mot sør fra pos. 140 til 215, mens den synes å inneholde skrålagning med fall mot nord fra pos. 225 til 250. Videre mot nordenden av profilet er avsetningene dominert av skrå reflektorer med fall mot sør.

### 3.1.2.2 Sammenfatning

Ut fra georadarprofilene er det i kartbilag -05 avgrenset et forholdsvis stort område på deltaavsetningene hvor georadarpenetrasjonen under grunnvannsnivå er på 2-6 m. Utenfor dette området er det liten eller ingen penetrasjon under grunnvannsnivå. Avgrensningen mot nord skyldes trolig at det kommer inn annen materialtype, antagelig morene. Avgrensningen mot vest skyldes saltvannsinntrengning langs nedre del av elvekanalen, mens den mot sjøsiden i sør og sørøst skyldes saltvannsinntrengning fra fjorden og/eller overgang til mer finstoffrikt materiale i ytre del av deltaet. Det begrensede penetrasjonsdypet på 2-6 m under grunnvannsnivå innenfor området kan skyldes at det kommer inn mer finstoffrikt materiale mot dypet, og indikerer at mektigheten av mulig egnet materiale for grunnvannsuttak er forholdsvis beskjeden. Innenfor området er det avgrenset mindre områder som er dominert av deltaavsetninger med markert skrålagning, mens avsetningene utenfor har nær horisontal lagning.

Det regnes at førstnevnte avsetninger har grovest materiale og vil være best egnet for grunnvannsuttak. Det er usikkert om det er noen direkte sammenheng mellom avsetninger med skrålagning i nordvest (ved P 7 og P 9) og skråsjiktet struktur i nordøst (ved P 10). Uttak av større grunnvannsmengder vil være avhengig av tilstrekkelig infiltrasjon fra elva. Det regnes derfor at bære området med skråsjiktet materiale i nordvest nærmest elva vil være aktuelt for oppfølgende undersøkelser av grunnvannsmulighetene, dvs. for plassering av prøvebrønn for vurdering av vannkapasitet og vannkvalitet.

### 3.1.3 Follavatnet

For å kunne oppnå tilstrekkelig vannkapasitet fra en eventuell borebrønn i løsmasser ved østenden av Follavatnet, vil det være nødvendig at vann fra Follavatnet kan infiltrere løsmassene i tilstrekkelig grad. En kompliserende faktor her er reguleringen av Follavatnet. Ifølge opplysninger fra NTE har Follavatnet en regulerings høyde på 7,5 m, dvs. mellom 183,5 moh. og 176,0 moh. Gjennomgående er Follavatnet meget moderat nedtappet under høyeste regulerte vannstand.

#### 3.1.3.1 Profilbeskrivelser (P 11 - P 14)

Lokaliseringen av de fire profilene er vist i kartbilag -06. Resultater fra profil P 11 er bare beskrevet i teksten, mens utskrift av georadaropptak fra P 12, P 13 og P 14 er vist i kartbilag -10.

P 11, som er målt langsetter vegen, er anslått å ligge fra 4 til 8 m over høyeste regulerte vannstand i Follavatnet. I sørlige halvdel av profilet er det oppnådd fra 10 til 15 m penetrasjon under overflaten, mens den er redusert til 7-10 m nordafor. Relativt uklart og dels kaotisk refleksjonsmønster gjør tolkningene usikre, men sammen med forholdsvis dårlig penetrasjon indikerer dette at materialet sannsynligvis er dårlig egnet for grunnvannsformål.

Grunnvannsnivå er ikke indikert. Oppstikkende struktur mellom pos. 60 og 130 kan være fjelloverflaten. Løsmassene nordafor med dårlig penetrasjon domineres trolig av morenemateriale. Et område i sør, mellom pos. 10 og 50, gjenstår som det eneste hvor det kan opptre mulig egnede løsmasser til tilstrekkelig dyp under grunnvannsnivå, men avsetningene er trolig også der dominert av morenemateriale.

P 12 og P 13 er målt i kryss over myr, mens P 12 fortsetter mot sør over kolle. Myroverflaten ligger like over høyeste reguleringsnivå for Follavatnet. Meget dårlig penetrasjon i kollen indikerer at denne er morenedominert, men fjelloverflaten kan også ligge grunt. Under myra er penetrasjonen avgrenset av en kraftig bunnreflektor, som kan representere fjelloverflaten eller overflate av finstoffrikt materiale (silt/leire). Sentralt under myra ligger den 12-14 m dypt. Øverste reflektor på ca 2 meters dyp regnes å markere bunnen av myra. (På grunn av at radarbølgehastighet i myrortov trolig er en del lavere enn anvendt, vil virkelig myrtykkelse være noe mindre.)

Løsmassene under har nær horisontal lagning, og lagreflektorene er mest markert fra 5 til 9-10 meters dyp. Dette viser at materialsammensetningen varierer en del vertikalt i avsetningene. Lagstrukturene indikerer sorterte avsetninger, men på grunn av nær horisontal lagstilling kan det ikke utelukkes at det er relativt finkornig materiale (sand/finsand).

P 14 er målt langs strandsonen, og grunnvannsnivå ligger mindre enn 1 m under overflaten. Penetrasjonen varierer lokalt langs profilet fra 7 til 14 meters dyp. Forholdsvis uregelmessig refleksjonsmønster sammen med begrenset penetrasjon tyder på morenedominert materiale. Det kan imidlertid antydes innslag av skråreflektorer med fall mot nord og det kan derfor være områder med bedre sortert materiale. Fra nordenden av profilet og fram til pos. 25 skråner det ned en reflektor mot sør fra ca. 6 til 12 meters dyp. Reflektoren indikerer trolig fjelloverflaten.

### 3.1.3.2 Sammenfatning

Ut fra georadarprofilene er det i kartbilag -07 angitt områder i prioritert rekkefølge hvor det kan være aktuelt med oppfølgende boringer for å vurdere løsmassenes sammensetning og vanngiver-evne. I utgangspunktet er område 1 ved profilet P 12 og P 13 absolutt mest interessant. Her er det lagdelte sorterte løsmasser ned til 12-14 meters dyp under myroverflaten, som ligger like over høyeste reguleringsvannstand for Follavatnet. Dersom område 1 viser seg å inneholde for finkornige masser, eller at andre forhold gjør området uegnet for grunnvannsuttak, bør løsmassene i område 2 og 3 langs profil P 14 undersøkes nærmere med boring.

Georadarmålingene langs P 14, som gir et forholdsvis kaotisk refleksjonsmønster med noe vekslende, men begrenset penetrasjonsdyp, kan indikere morenedominert materiale. I de to utvalgte områdene er det antydningvis skråreflektorer, som kan skyldes bedre sorterte avsetninger, samtidig med at penetrasjonsdypet er størst der. Løsmassene i sør langs P 11 synes å være dårlig egnet for grunnvannsformål. Det er imidlertid ikke undersøkt om det kan finnes bedre egnet materiale nærmere strandsonen ved sørlige del av profilet.

### 3.2 Sonderboringer, Malm

Ut fra tolkningene av georadarprofilene og de tidligere boringene (Hilmo, 1991), ble det kun valgt å gå videre med undersøkelsene i Malm.

Malm sentrum er anlagt på deltasletten ved Brattreitelva's utløp i Beitstadsundet. Området er i meget stor grad disponert for byggeformål (boligfelt, idrettsplass, industri og kommunale bygg). Kun en smal sone langs elva kan betegnes som tilnærmet uforstyrret naturterreng. Fra et forurensingssynspunkt var det derfor i utgangspunktet en viss faglig skepsis til overhodet å foreta en nærmere vurdering av mulighetene for å ta ut grunnvann for drikkevannsforsyning i dette området. Utfra mangelen på alternative vannforsyningskilder, ble det likevel besluttet å gjennomføre en grunnvannsundersøkelse.

Det ble ut fra georadarundersøkelsene gjort anbefalinger om videre undersøkelser i det området med størst mektighet med mettet sand- og grusmasser (kartbilag -03). Innenfor det aktuelle området har det tidligere blitt utført en sonderboring P3, (nr. 1, fra 1991). Kapasiteten på denne testbrønnen (5/4") var god, men kvaliteten var ikke tilfredsstillende. Grunnvannet hadde et høyt kalsiuminnhold og mangan-innholdet var for høyt i deler av profilet. Det ble derfor foretatt 2 sonderboringer på sørsida av Brattreitelva (se kartbilag -11 og borlogg, databilag 2).

Kapasiteten ved testpumping av begge brønnene var god. Konsentrasjonen av mangan var lavest ved P1, selv om konsentrasjonen også her økte mot dypet. Konsentrasjonen av jern var også for høy, men verdiene varierte kraftig i profilet (databilag 3).

Boringer viser at den sentrale del av deltaet består av ca 10 m med sand/grus-masser over relativt tette, finkornige finsand/silt-masser. Mektigheten av sand/grus-massene avtar raskt mot vest og fjellblotninger observeres ved R720's kryssing med Brattreitelva. Vest for R720 dominerer morenemasser som trolig bidrar med en betydelig grunnvannstilførsel til deltaområdet.



## 4 PRØVEPUMPING, MALM

### 4.1 Hydrauliske parametre og kapasitet

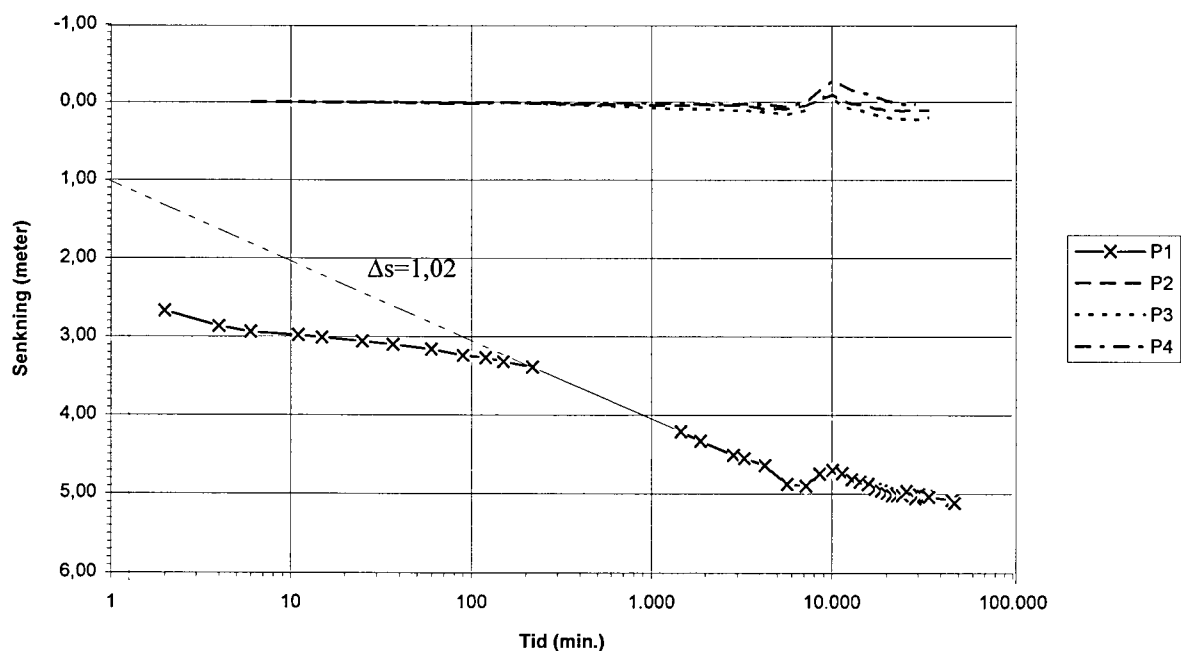
På grunnlag av resultatene fra de innledende undersøkelsene ble det satt ned 2 stk 3" brønner for langtidsprøvepumping ved P1, se kartbilag -11. Det ble benyttet jernrør med slisser fra 5,5-11,5 m.

Under prøvepumpingen ble grunnvannsnivået registrert i de 4 observasjonsbrønnene: P1, P2, P3 og P4. Databilag 4 viser grunnvannsnivået i observasjonsbrønnene under prøvepumpingen. I figur 1 er senkningen av grunnvannsstanden plottet mot tiden i et halvlogaritmisk diagram.

Den største senkningen er blitt registrert i P1. Ved pumping av 16,7 l/s senkes grunnvannspeilet 2,7 m etter 2 min pumping. Etter vel én ukes pumping stabiliseres grunnvannsnivået, den totale senkningen er da rundt 5 meter.

I de 3 andre observasjonsbrønnene er det kún registrert små endringer i grunnvannsstanden. Senkningen etter en uke ligger mellom 5 og 20 cm.

Ut i fra figur 1 ses en grunnvannøkning etter 10.000 min (1 uke), i alle observasjonsbrønnene. Økningen er på 20-30 cm og skyldes mest sannsynlig påvirkning fra nedbør.



Figur 1. Endring av grunnvannsnivå i observasjonsbrønner, Cooper-Jacobs senkningsdiagram. (0-nivået refereres til GV-nivå rett før pumpestart.)

Massens hydrauliske ledningsevne  $K$  kan beregnes vha. Coopers-Jacobs ekstrapolasjonsmetode der Transmissivitet  $T$  (total vannlederevne i vannmettet sone), kan finnes ut fra følgende formel:

$$T = 0,183 \cdot \frac{Q}{\Delta s} = 0,183 \cdot \frac{0,0167 \text{ m}^3 / \text{s}}{1,02 \text{ m}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{s} \quad \text{der } \Delta s \text{ finnes ut fra figur 1.}$$

$$T = K \cdot m, \quad \text{der } m \text{ er den vannmettede delen av magasinet, her 18 m} \\ \Rightarrow K = 1,7 \cdot 10^{-4}$$

En annen metode for beregning av hydraulisk ledningsevne tar utgangspunkt i masseprøvene og dertil kornfordelingskurver (vedlegg 6.1 i Hilmo & Storrø, 1991):

$$K = 0,01157 \cdot d_{10}^2 \quad (\text{Hazen, 1893}) \\ \Rightarrow K = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s og } T = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

For videre analyser benyttes en  **$K$ -verdi på  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s.**

Vannets strømningshastighet kan beregnes etter følgende formel:

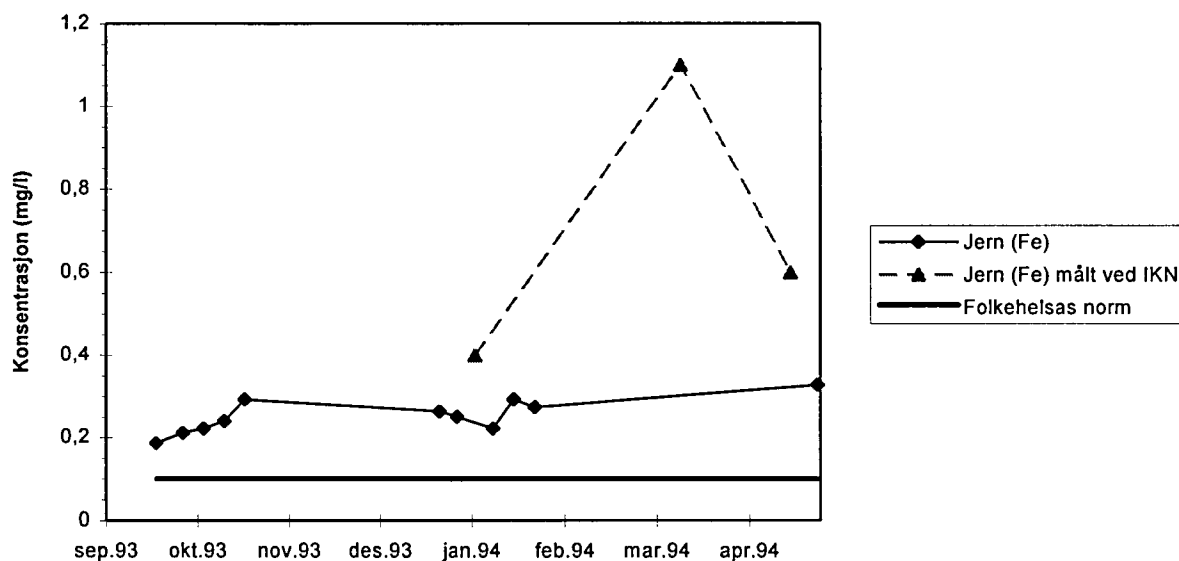
$$v_n = \frac{v}{n_e} = K \cdot \frac{i}{n_e}$$

hvor  $v_n$  er netto hastighet,  $n_e$  er effektiv porøsitet, her anslått til 9%,  $i$  er hydraulisk gradient,  $i = H/L = 0,01$  (anslått).  $\Rightarrow v_n = 1,9 \text{ m/døgn}$

## 4.2 Grunnvannskvalitet

Grunnvannets kjemiske sammensetning under prøvepumpingen er vist i databilag 5. Vannet er noe surt, og det kommer inn under Folkehelsas kategori for mindre god vannkvalitet. pH-verdiene lå rundt 6,5 på høsten. Fra desember steg verdien og vannet holdt en stabil surhetsgrad rundt 7,7 (som er *god* kvalitet) fram til april da pH-verdien igjen falt ned på 6,5. Alkaliteten ligger rundt 0,6 mmol/l. Under sonderboringen ble oksygeninnholdet i grunnvannet fra P1 målt. Innholdet på 11,5 m dyp var 0,8 mg/l, og dette er svært lavt. Innholdet av karbondioksid ble målt ved avslutningen av langtidsprøvepumpingen, og viste en konsentrasjon på 22 mg CO<sub>2</sub>/l. Disse verdiene indikerer at vannet kan virke korrosivt på ledningsnett og installasjoner.

Konsentrasjonen av jern er for høy i forhold til Folkehelsas norm, se figur 2. Normen for god vannkvalitet ligger på 0,1 mg Fe/l. NGUs analyser viser et jerninnhold som varierer fra 0,19 mg/l ved pumpestart til 0,33 mg/l ved pumpe slutt. Analyser foretatt ved Innherred Kjøtt- & Næringsmiddelkontroll viser en høyere konsentrasjon av jern i grunnvannet (0,4-1,1 mg/l). Analysene ved IKN har blitt utført på et tidligere tidspunkt etter prøvetakingstidspunktet, og forskjellen i analyseverdier kan skyldes ulik utfelling av jernpartikler i vannet.



Figur 2. Konsentrasjonen av jern i grunnvannet under langtidsprøvepumpingen.

Innholdet av mangan i grunnvannet ved ulike nivå ved P1 viste en økning av konsentrasjonen mot dypet. Under prøvepumpingen økte konsentrasjonen fra 0,019 til 0,05 mg/l i januar. Folkehelsas norm for god vannkvalitet ligger på 0,05 mg/l.

Vannets hardhet eller kalsiumkonsentrasjonen, ligger i store deler av prøvepumpingsperioden innenfor Folkehelsas norm til god kvalitet. Konsentrasjonen av kalsium øker med tiden fra 13 til 19 mg Ca/l. Dette kan kanskje skyldes nedbørsforholdene; påvirkningen av ionefattig overflateinfiltrert vann er mindre i vinterhalvåret enn på høst/vår. En annen forklaring er at det etterhvert trekkes på vann fra dypere sjikt, vann som har hatt lengre oppholdstid i grunnen. Påvirkningen av direkte-infiltrert elvevann kan på bakgrunn av disse antagelsene synes liten.

Innholdet av natrium og klorid har vært stabilt i hele pumpeperioden. Natrium-innholdet har gått noe opp, men ikke så mye at dette kan skyldes påvirkning av saltholdig vann fra fjorden.

Innherred Kjøtt- & Næringsmiddelkontroll har foretatt 3 analyser på mikrobiologiske parametre (jan, mars, april). Ingen av prøvene viste spor av koliforme bakterier. Sulfatinnholdet har variert noe (20-34 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ ), men ligger godt under aksjonsgrensen (100 mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ ).

På grunn av høyt jerninnhold, lavt oksygeninnhold og høyt karbondioksidinnhold, bør vannet luftes før det distribueres på nettet. Oksydasjon av toverdig jern til treverdig jern som da reagerer med vannet og felles ut, går raskest ved  $\text{pH} = 8-8,5$ . Det anbefales derfor at vannet først alkaliseres, så luftes og filtreres. Videre bør det legges opp til en beredskap for desinfeksjon av vannet som en ekstra sikring mot bakteriologisk forurensing.

3"-brønnene som ble benyttet under langtidsprøvepumpingen er kun beregnet til midlertidige testpumpingsbrønner, og det anbefales at det ved en permanent utnytting av grunnvannsmagasinet blir satt ned brønner av rustfritt materiale.

### 4.3 Forurensing og forslag til klausulering.

Vannets oppholdstid i umettet sone har stor betydning for både grunnvannets kjemiske og hygieniske kvalitet. Folkehelse anbefaler at grunnvann som skal benyttes til drikkevann bør ha en oppholdstid i grunnen på minst 60 døgn for å oppnå tilfredsstillende bakteriologisk rensing.

For å beskytte grunnvannskilden brukes en soneinndeling, basert på grunnvannets oppholdstid. For sonene er det satt opp restriksjoner som avtar i styrke med økende avstand fra uttaksstedet (jfr GiN-veileder nr. 7).

- Sone 0: Brønnområdet
- Sone 1: Det nære tilsigsområdet. Grense for 60 d. oppholdstid ved full pumpebelastning.
- Sone 2: Det fjerne tilsigsområdet. Hele infiltrasjonsområdet.
- Sone 3: Det ytre verneområdet. Omfatter arealer som vil kunne influere på grunnvannets kvalitet.

For å beregne 60 døgns grensen bruker vi den effektive hastigheten som ble beregnet til 1,9 m/døgn. Dette gir en 60 døgns grense på 115 m. Denne verdien er usikker pga. usikker K-verdi, og at oppholdstiden i umettet sone ikke er medregnet.

Beregning av 60-døgns grense kan også gjøres ved hjelp av en såkalt "sylinder-metode":

$$Q = 15,0l / s$$

$$V_{60\text{døgn}} = 15l / s \cdot 60\text{døgn} = 77.760m^3$$

Ved  $n_e = 9\%$  trengs et magasinivolum  $V$  for å dekke 60-døgns-forbruket;

$$V = \frac{77.760m^3}{0,09} = 864.000m^3 \quad \text{Vannmettet mektighet} = 18\text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{Nødvendig areal } A; \quad A = \frac{864.000m^3}{18m} = 48.000m^2$$

$$\Rightarrow \text{60-døgns-radius } R; \quad R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \underline{123m}$$

En kan utfra de to ulike beregningsmetodene som ga en 60-døgns radius på hhv 115 og 123 m konkludere med at sone 1 er avgrenset av en sirkel med radius på ca 120 m.

Det nære brønnområdet, dvs sone 0 (ca  $15 \times 15\text{ m}^2$ ), bør inngjerdes og området forbeholdes kun aktiviteter som er nødvendige for vannverkets drift.

Innenfor sone 1 bør det ikke foregå aktiviteter som kan virke forurensende på grunnvannsmagasinet. Uttak av masser, bakkeplanering, infiltrasjonsanlegg for kloakk samt deponering av avfall, slam og lignende må ikke forekomme. Det må derfor foretas en grundig gjennomgang av tilstanden for avløpsnett i det nærliggende byggefeltet.

## REFERANSER

- GiN veileder nr. 7, Eckholdt, E. og Snilsberg, P. 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse*.
- Hazen, A. 1893: Some physical properties of sands and gravels with special reference to their use in filtration. *Ann. Rep. Mass. State Bd. Health*.
- Hilmo, B.O. og Storrø, G. 1991: Grunnvann i Verran kommune. *NGU Rapport 91.130*.
- Hilmo, B.O. 1991: Grunnvannsundersøkelser i Verran, Nærøy, Vikna, Fosnes og Namsos. *NGU Rapport 91.231*.
- Kummeneje A/S 1986: Verran kommune, grunnvannsundersøkelser. Befaring, foreløpig vurdering, *0.6020 rapport nr. 1*.
- Kummeneje A/S 1987: Verran kommune, grunnvannsundersøkelser, Follafoss. Grunnundersøkelse, vurdering, *0.6020 rapport nr 2*.
- Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) 1987: Kvalitetsnormer for drikkevann, *Veiledningshefte G2, Oslo*.

## **TEKSTBILAG:**

Tekstbilag 1: Beskrivelse av georadar som målemetode.

## **DATABILAG:**

Databilag 1: Deteksjonsgrenser og analysemetoder.  
Databilag 2: Borprofiler sonderboringer, Malm.  
Databilag 3: Kjemiske analyser fra undersøkelsesbrønner, Malm.  
Databilag 4: Senkningsdata fra observasjonsbrønner under prøvepumping.  
Databilag 5: Bakteriologiske, fysiske og kjemiske vannanalyser fra prøvepumping.

## **KARTBILAG:**

Kartbilag 94.039 -01: Oversiktskart, Verran kommune, M: 1.50.000.  
Kartbilag -02: Oversiktskart, georadarprofiler, Malm.  
Kartbilag -03: Tolkningskart, Malm.  
Kartbilag -04: Oversiktskart, georadarprofiler, Follafoss.  
Kartbilag -05: Tolkningskart, Follafoss.  
Kartbilag -06: Oversiktskart, georadarprofiler, Follavatnet.  
Kartbilag -07: Tolkningskart, Follavatnet.  
Kartbilag -08: Georadarprofiler, P3, P4 og P6, Malm.  
Kartbilag -09: Georadarprofiler, P7 og P9, Follafoss.  
Kartbilag -10: Georadarprofiler, P12, P13 og P14, Follavatnet.  
Kartbilag -11: Detaljkart, sonderboringer og prøvebrønn, Malm.

## 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  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -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  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE forts.

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.

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

<i>Medium</i>	$\epsilon_r$	<i>v (m/ns)</i>	<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



## DETEKSJONGRENSER OG ANALYSEMETODER

### LABORATORIUM: UORGANISKE ANALYSER GEOKJEMISK LAB - NGU

KOMPONENT	INSTRUMENT	DETEKSJONGRENSE ( $\mu\text{g/l}$ )
Si	ICAP	20
Al	"	20
Fe	"	10
Ti	"	10
Mg	"	50
Ca	"	20
Na	"	10
K	"	200
Mn	"	2
P	"	100
Cu	"	2
Zn	"	5
Pb	AA	1
Ni	ICAP	40
Co	"	10
V	"	5
Mo	"	10
Cd	AA	0.1
Cr	ICAP	10
Ba	"	2
Sr	"	2
Zr	"	5
Ag	"	10
B	"	20
3e	"	2

DETEKSJONGRENSER OG ANALYSEMETODER (forts.)

KOMPONENT	INSTRUMENT	DETEKSJONGRENSE (µg/l)
Li	ICAP	2
Sc	"	2
Ce	"	50
La	"	10
Y	"	2
Hg	AA	0.01
F <sup>-</sup>	IC	1
Cl <sup>-</sup>	"	2
N som NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	"	4
Br <sup>-</sup>	"	20
N som NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	"	19
P som PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	"	15
S som SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	"	13

ICAP = Induktivt koblet argon-plasma-spektrofotometer  
Jordprøver forbehandles ved ekstraksjon med 7N salpetersyre i autoklav etter S4770

AA = Atom-absorbsjon  
Samme forbehandling for jordprøver som for ICAP-analysen

IC = Ione-kromatograf

Parameter	Metode i hht	Måleområde	Måleusikkerhet
Fargetall	NS 4787, Spektrofotometer	1-100	±7,5% rel.
Turbiditet	NS 4723, Turbidimeter	0,05-1 FTU 1-10 FTU 10-100 FTU 100-1000 FTU	±0,04 FTU ±0,4 FTU ±4 FTU ±40 FTU
Ledningsevne	NS 4721, Konduktivitet meter	0,004-0,2 mS/m >0,2 mS/m	± 0,004 mS/m ±2% rel.
pH	NS 4720, pH meter	-	±0,05 pH
Alkalitet	NS 4754	0,03-0,2 mmol/l 0,2-2 mmol/l >2 mmol/l	±0,03 mmol/l ±0,04 mmol/l ±2,5% rel.

**GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER**
**STED:** Brattreitøra, Malm

**UTFØRT DATO:** 10.08.93

**BORPUNKT NR:** P1

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** ja

**UNDERSØKELSESRØNN:** ja

**UTM-KOORDINATER:**
**KARTBLAD (M711):**
**SONE:**
**Ø-V:**
**N-S:**
**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:**
**BRØNN-/FILTERTYPE:** 5/4"-rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:**
**MERKNAD:** 12 m 5/4"-rør står igjen som observasjonsbrønn

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann - trykk [kg]	Bore- slam	Temp [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann - føring [l/s]	Prøve -nr.	Merknad
1,5	stein, grus	-	S	-	borte					
	grus, sand	0,30	-	0-2	"					
3,5	"	0,37	-	3	"					
	"	0,40	-	2	"					
5,5	"	0,45	-	2	"	3,8	15	2,0		VP
	"	0,43	-	0-2	"					
7,5	"	0,45	-	0-2	"					
	sand	0,53	DS	5	"					
9,5	sand, grus	1,00	-	3-5	"	3,4		1,2		
	sand, grusig	1,12	DS	3-5	"					
11,5	sand, grus	1,03	DS	0-3	G	3,7	15	2,7		MP, VP
	"	1,17	DS	2-3	G					
13,5	sand	1,08	DS	5	G			0,25		metall smak og lukt
	"	1,10	DS	3	G					
15,5	sand, noe tettere	1,02	DS	3	G					
	sand, gruslag	1,10	DS	0-2	G					
17,5	sand	1,20	-	3	G		15	0,8		VP
	sand	1,20	-	3	G					
19,5	sand, gruslag	1,20	DS	3	G					
21,5										
23,5										
25,5										
27,5										
29,5										

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

 L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]

## GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

**STED:** Brattreitøra, Malm

**UTFØRT DATO:** 10.08.93

**BORPUNKT NR:** P2

**BORUTSTYR:** Borros borerigg

**SONDERBORING:** ja

**UNDERSØKELSESRØNN:** Ja

**UTM-KOORDINATER:**
**KARTBLAD (M711):**
**SONE:**
**Ø-V:**
**N-S:**
**OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:**
**BRØNN-/FILTERTYPE:** 5/4"-rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

**GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:**
**MERKNAD:** 8 m 5/4"-rør med 1 m filter står igjen som observasjonsrør.

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann - trykk [kg]	Bore- slam	Temp [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann - føring [l/s]	Prøve -nr.	Merknad
1,5	stein, grus, sand	-	S	-	G					
	"	1,17	DS	-	borte					
3,5	sand	0,32	-	2-3	"					
	sand	0,27	-	2	"					
5,5	sand, grusig	0,31	-	0-2	"					Spyling, dårlig vanngj.gang
	"	0,40	-	1	G					
7,5	"	0,50	DS	0-2	delv.b	5,8	15	2,9		VP, MP
	sand	0,41	-	3-5	G					
9,5	sand/finsand	0,24	-	3	G	5,9		2,0		MP
	"	0,35	-	2	G					
11,5	sand m/små gruslag	0,43	-	2	G	6,0	15	2,7		VP
	"	0,55	DS	1-3	G					
13,5	"	1,05	DS	1-3	delv.b					
	sand/finsand	1,05	-	2	G					
15,5	"	1,13	-	2	G	6,5	15	2,5		VP, MP
	"	1,15	-	2	G					
17,5	" noe grovt	1,20	DS	2	G					
	siltig finsand	1,45	DS	4-6	G					
19,5	" noe grusig	1,22	DS	4-6	G					
	"	1,20	DS	3	G					
21,5	grusig sand	1,15	-	2	G		15	0,5		VP
	lettere masser	1,25	DS	3	G					
23,5	siltig, hardt	1,15	DS	2	delv.					
	"	1,20	S	8	G					
25,5	"	1,10	S	8	G					
27,5										
29,5										

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

 L: Ledningsevne [ $\mu$ S/cm]

LOKALITET: BRATTREITØRA I MALM, FORUNDERS. 1993				BORHULL NR: P1	
PRØVE NR: NGU-oppdrag nr:	5 135/93	6 135/93	7 135/93		SIFF KVALITETS- NORMER
PRØVEDATO: Dyp (m):	10/08/93 4.5-5.5	10/08/93 10.5-11.5	10/08/93 16.5-17.5		GOD MINDRE GOD
<b>KATIONER</b>					
Kalsium mg/l	8.3	17.0	10.3		15-25
Magnesium mg/l	1.1	3.4	2.3		< 10 10 - 20
Natrium mg/l	5.9	9.0	13.3		<20
Kalium mg/l	<0.2	<0.2	<0.2		
Silisium mg/l	1.4	3.0	3.8		
Jern µg/l	202	53	992		< 100 100 - 200
Mangan µg/l	4	59	66		<50 50 - 100
Aluminium µg/l	245	35	91		<100 for fullrenset vann
Sum kationer meq/l*	0.77	1.52	1.29		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K				
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	11.7	36.1	31.9		< 100
Klorid mg/l	7.0	11.3	8.1		< 100 100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.6	0.2	<0.05		<11 11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	20.7	26.2	22.6		
Fluorid µg/l	<50	56	75		<1500
Sum anioner meq/l	0.79	1.67	1.27		
<b>FYS.KJEMISK</b>					
Ledn.evne µS/cm	84	168	142		
pH	6.6	6.0	6.4		7.5 - 8.5 6.5 - 9.0
Oksygen (mg/l)	2.9	0.8	-		>7
Fe målt i felt (µg/l)	<20	200	1150		< 100 100-200
Mn målt i felt(µg/l)	-	-	-		<50 50-100
Vannmengde (l/s)	2.0	2.7	0.8		
Temperatur (°C)	3.8	3.7	-		<10

LOKALITET: BRATTREITØRA I MALM, FORUNDERS. 1993					BORHULL NR: P2	
PRØVE NR: NGU-oppdrag nr:	1 135/93	2 135/93	3 135/93	4 135/93	SIFF KVALITETS- NORMER	
PRØVEDATO: Dyp (m):	10/08/93 6.5-7.5	10/08/93 10.5-11.5	10/08/93 14.5-15.5	10/08/93 20.5-21.5	GOD	MINDRE GOD
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	16.1	26.1	21.6	45.6	15-25	
Magnesium mg/l	1.1	5.8	5.4	12.2	<10	10 - 20
Natrium mg/l	12.5	11.6	10.8	10.1	<20	
Kalium mg/l	1.2	3.5	3.2	2.0		
Silisium mg/l	3.1	4.7	5.7	6.5		
Jern µg/l	108	58	90	18	<100	100 - 200
Mangan µg/l	3	230	174	97	<50	50 - 100
Aluminium µg/l	98	26	<20	41	<100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	1.47	2.37	2.07	3.77		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	22.2	36.6	33.8	1.2	<100	
Klorid mg/l	15.2	12.5	12.8	11.4	<100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.8	1.1	0.7	5.3	<11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	33.6	76.3	62.9	209.9		
Fluorid µg/l	75	96	64	162	<1500	
Sum anioner meq/l	1.46	2.39	2.11	3.88		
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	163	247	221	356		
pH	6.8	6.8	6.7	8.1	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Oksygen (mg/l)	0.8	0.5	0.5	-	>7	
Fe målt i felt (µg/l)	<20	6000	3000	450	<100	100-200
Mn målt i felt(µg/l)	-	-	-	-	<50	50-100
Vannmengde (l/s)	2.9	2.7	2.3	0.5		
Temperatur (°C)	5,8	6.0	6.5	-	<10	

LOKALITET: BRATTREITØRA I MALM, FORUNDERS. 1991					BORHULL NR: P3	
PRØVE NR: NGU-oppdrag nr:	- -	- -	- -	- -	SIFF KVALITETS- NORMER	
PRØVEDATO: Dyp (m):	juni 1991 6.5-7.5	juni 1991 8.5-9.5	juni 1991 10.5-11.5	juni 1991 12.5-13.5	GOD	MINDRE GOD
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	52.8	58.3	50.7	32.3	15-25	
Magnesium mg/l	3.9	3.6	3.3	6.1	<10	10 - 20
Natrium mg/l	7.1	7.4	7.1	8.0	<20	
Kalium mg/l	3.3	4.8	5.0	3.2		
Silisium mg/l	2.3	3.5	3.2	4.8		
Jern µg/l	44	48	33	145	<100	100 - 200
Mangan µg/l	10	<2	5	152	<50	50 - 100
Aluminium µg/l	40	30	50	<20	<100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	3.35	3.27	3.24	2.54		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	69.9	72.9	67.5	70.4	<100	
Klorid mg/l	15.0	14.6	16.0	16.8	<100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	6.4	6.1	3.8	<0.05	<11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	78.7	92.8	78.7	63.8		
Fluorid µg/l	<50	<50	<50	<50	<1500	
Sum anioner meq/l	3.27	3.54	3.21	2.98		
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	329	354	321	269		
pH	6.5	6.6	6.5	5.9	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Oksygen (mg/l)	-	-	-	-	>7	
Fe målt i felt (µg/l)	-	-	-	-	<100	100-200
Mn målt i felt(µg/l)	-	-	-	-	<50	50-100
Vannmengde (l/s)	1.3	1.1	2.0	0.8		
Temperatur (°C)	5.5	6.2	6.5	7.0	<10	

**SENKNINGSDATA FRA OBSERVASJONSBRØNNER UNDER PRØVEPUMPING**

Data refererer til grunnvannstand i observasjonsbrønner i forhold til terrengnivået.

Tid		P1 [m]	P2 [m]	P3 [m]	P4 [m]	Kapazität [l/s]	Vannprøve	
Dato	Klokkeslett						NGU	IKN*
17.09.93	09.32	1,78	2,53	2,50	2,70	16,7		
"	09.34	4,45				"		
"	09.36	4,65				"		
"	09.38	4,72	2,53			"		
"	09.43	4,76		2,51		"		
"	09.47	4,79		2,50	2,70	"		
"	09.57	4,84	2,54	2,50		"		
"	10.09	4,88				"		
"	10.32	4,94	2,54	2,51	2,72	"		
"	11.02	5,02				"		
"	11.32	5,05	2,54	2,51	2,72	"		
"	12.02	5,10	2,54	2,51	2,71	"		
"	13.10	5,17				"		
18.09.93	09.55	5,99	2,58	2,59	2,72	-	X	
"	16.55	6,11	2,57	2,59	2,73	-		
19.09.93	09.15	6,29	2,58	2,61	2,73	-		
"	16.25	6,33	2,58	2,61	2,73	-		
20.09.93	09.00	6,42	2,62	2,63	2,74	-		
21.09.93	08.00	6,66	2,62	2,66	2,74	13,9		
22.09.93	09.30	6,68	2,58	2,61	2,70	15,0		
23.09.93	08.35	6,53	2,50	2,43	2,55	-		
24.09.93	10.00	6,48	2,44	2,45	2,43	-		
25.09.93	08.30	6,52	2,51	2,55	2,49	-		
26.09.93	09.15	6,60	2,56	2,60	2,55	-		
27.09.93	08.45	6,63	2,56	2,61	2,58	-	X	
28.09.93	10.15	6,66	2,58	2,64	2,60	-		
29.09.93	11.45	6,72	2,62	2,67	2,64	-		
30.09.93	10.30	6,74	2,62	2,68	2,66	-		
01.10.93	10.15	6,77	2,65	2,70	2,69	-		
02.10.93	09.00	6,80	2,64	2,71	2,70	-		
03.10.93	10.00	6,80				-		
04.10.93	0810	6,80	2,65	2,72	2,73	-	X	
05.10.93	08.15	6,75	2,64			-		
07.10.93	13.30	6,84	2,64	2,73	2,73	-		
08.10.93	13.30	6,79				13,3		
09.10.93	17.00	6,81				-		
10.10.93	15.00	6,81				-		
11.10.93	09.40	6,82	2,64	2,70	2,67	13,6	X	
15.10.93	14.00	6,86				-		
16.10.93	15.00	6,90				-		
17.10.93	13.00	6,97				-		
18.10.93	10.00	7,02	2,62	2,77	2,72	14,1	X	
19.10.93	14.00	6,20				-		
22.10.93	13.00	6,75				-		
01.11.93	13.00	6,65	2,48	2,50	2,36	-		
08.11.93	08.30	6,91	2,61	2,67	2,53	14,5		
15.11.93	12.00	7,03	2,61	2,75	2,72	-		
22.11.93	13.30	7,16	2,72	2,83	2,76	-		



Senkningsdata forts.

Tid		P1 [m]	P2 [m]	P3 [m]	P4 [m]	Kapasitet [l/s]	Vannprøve	
dato	klokkeslett						NGU	IKN
29.11.93	12.30	7,12	2,70	2,85	2,83	-		
07.12.93	12.45	6,82	2,68	2,82	2,82	11,3		
13.12.93	13.00	6,86	2,70	2,87	2,83	-		
20.12.93	09.30	6,69	2,69	2,87	2,84	-		
23.12.93	-	-	-	-	-	-	X	
29.12.93	10.00	6,83	2,69	2,86	2,87	-	X	
04.01.94	-	-	-	-	-	-		X
10.01.94	10.30	6,83	2,70	2,86	2,88	-	X	
17.01.94	10.00	6,70	2,70	2,87	2,88	-	X	
24.01.94	14.00	6,40	2,57	2,60	2,20	-	X	
09.03.94	-	4,60				-		
10.03.94	-	4,88				-		
11.03.94	-	4,93				-		
14.03.94	-	5,06				-		X
16.03.94	-	5,05				-		
17.03.94	-	6,70				-		
18.03.94	-	6,93				-		
19.03.94	-	6,76				-		
20.03.94.	-	6,70				-		
21.03.94	-	6,88				-		
23.03.94	-	6,88				-		
24.03.94	-	6,83				-		
30.03.94	-	6,29				-		
20.04.94	-	-	-	-	-	-		X
26.04.94	-	5,33				-		
29.04.94	-	2,87				-	X	
29.04.94	-	2,85	2,01		1,73	-		

\*IKN = Innherred Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll

<b>LOKALITET: BRATTREITØRA, MALM I VERRAN KOMM.</b>	<b>BORHULL NR:</b> P1,P3 og 3"-brønner-
---	--

PRØVE NR: NGU-oppdrag nr:	TEST- PUMP.	TEST- PUMP.	1 292/93	2 292/93	SIFF KVALITETS- NORMER	
PRØVEDATO	JUNI 1991	AUG. 1993	18/09/93	27/09/93	GOD	MINDRE GOD
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	31-58	8-17	12.8	13.2	15-25	
Magnesium mg/l	4-6	1-3	2.0	2.1	<10	10 - 20
Natrium mg/l	7-8	6-13	7.3	7.3	<20	
Kalium mg/l	3-5	<0.2	0.8	0.8		
Silisium mg/l	2-5	1-4	2.0	2.1		
Jern µg/l	30-150	50-1000	186	211	<100	100 - 200
Mangan µg/l	10-150	4-66	19	19	<50	50 - 100
Aluminium µg/l	20-45	35-245	<20	<20	<100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	2.3-3.9	0.7-1.7	1.14	1.17		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	60-73	12-36	27.0	20.0	<100	
Klorid mg/l	15-17	7-11	10.1	9.0	<100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.05-6.4	0.2-0.6	0.7	0.8	<11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	30-90	18-24	26.2	31.1		
Fluorid µg/l	<50	50-75	<50	<50	<1500	
Sum anioner meq/l	2.2-3.6	0.7-1.5	1.29	1.19		
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	247-352	84-168	127	128		
pH	5.9-6.6	6.0-6.6	6.6	6.6	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Kimtall /ml	-	-	-	-	<100	
Turbiditet FTU	-	-	0.21	0.23	<0.5	0.5-1.0
Farge	-	-	5.3	8.4	<15	15-25
Alkalitet mmol/l	0.5-1.5	0.3-0.4	0.43	0.51	0.6 - 1.0	

<b>LOKALITET: BRATTREITØRA, MALM I VERRAN KOMM.</b>	<b>BORHULL NR:</b> 3"-brønner
---	----------------------------------

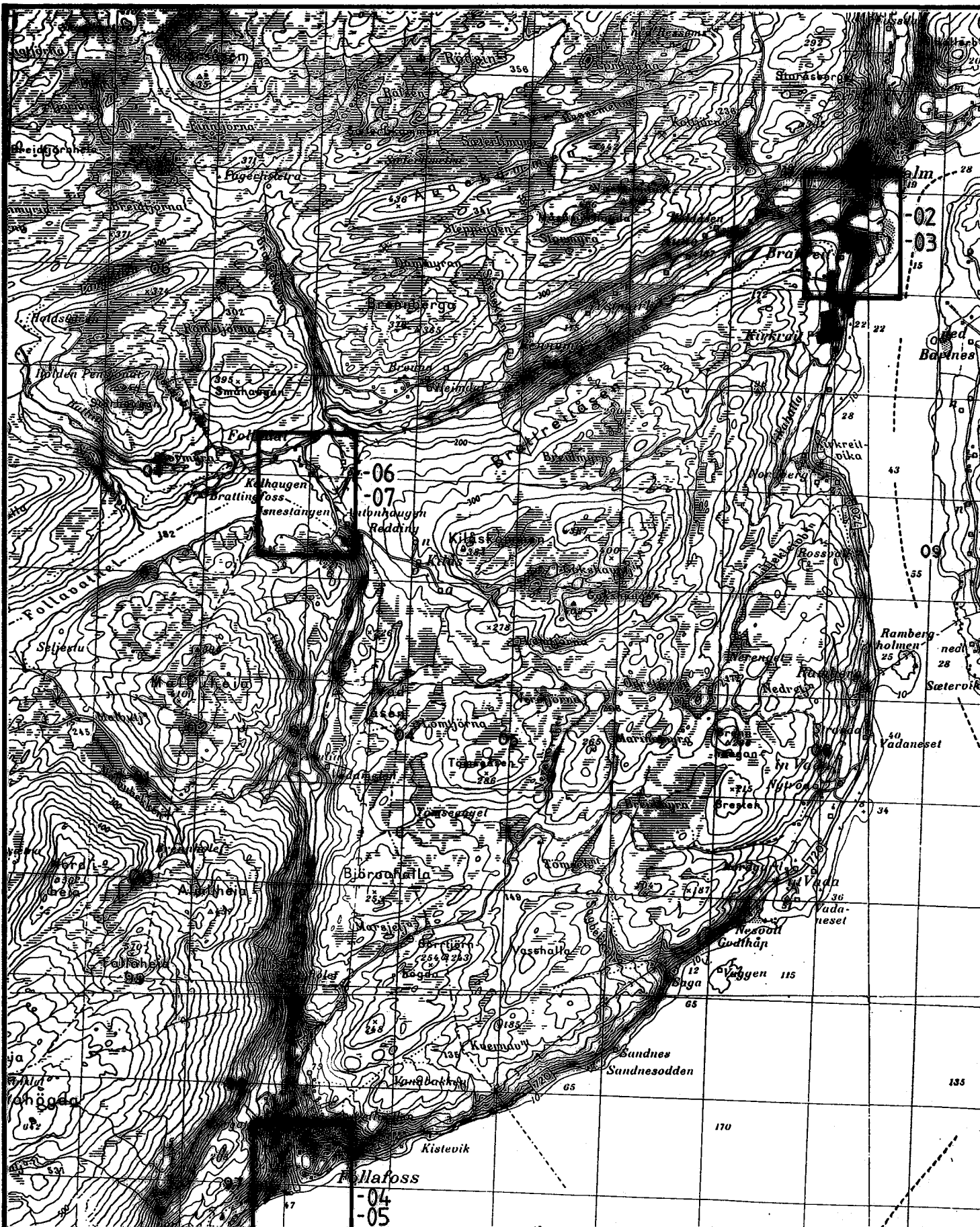
<b>PRØVE NR:</b> NGU-oppdrag nr:	1 223/93	2 223/93	3 223/93	1 19/94	<b>SIFF KVALITETS- NORMER</b>	
<b>PRØVEDATO</b>	04/10/93	11/10/93	18/10/93	23/12/93	<b>GOD</b>	<b>MINDRE GOD</b>
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	14.4	15.3	15.3	16.6	15-25	
Magnesium mg/l	2.4	2.6	2.6	2.9	< 10	10 - 20
Natrium mg/l	7.3	7.5	7.6	8.1	< 20	
Kalium mg/l	0.6	0.6	0.9	0.8		
Silisium mg/l	2.2	2.2	2.2	2.2		
Jern µg/l	222	240	293	264	< 100	100 - 200
Mangan µg/l	21	24	25	44	< 50	50 - 100
Aluminium µg/l	< 20	< 20	< 20	< 20	< 100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	1.25	1.32	1.33	1.44		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	31.5	33.6	32.8	23.6	< 100	
Klorid mg/l	11.4	11.5	11.5	11.7	< 100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	1.1	0.9	0.6	0.5	< 11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	30.5	33	34.8	39.7		
Fluorid µg/l	89	83	95	< 50	< 1500	
Sum anioner meq/l	1.50	1.58	1.59	1.48		
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	137	143	144	154		
pH	6.5	6.5	6.5	7.8	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Kimtall /m <sup>l</sup>	-	-	-	27	< 100	
Turbiditet FTU	0.24	0.22	0.28	0.27	< 0.5	0.5-1.0
Farge	8.4	7.4	10.7	9.4	< 15	15-25
Alkalitet mmol/l	0.50	0.54	0.57	0.65	0.6 - 1.0	

<b>LOKALITET: BRATTREITØRA, MALM I VERRAN KOMM.</b>	<b>BORHULL NR: -</b> 3"-brønner
---	------------------------------------

<b>PRØVE NR:</b> NGU-oppdrag nr:	2 19/94	INNHER. K & N	3 19/94	4 19/94	<b>SIFF KVALITETS- NORMER</b>	
<b>PRØVEDATO</b>	29/12/93	04/01/94	10/01/94	17/01/94	<b>GOD</b>	<b>MINDRE GOD</b>
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	16.5	15.4	16.6	16.6	15-25	
Magnesium mg/l	2.9	2.7	2.9	2.9	<10	10 - 20
Natrium mg/l	8.1	-	8.1	8.0	<20	
Kalium mg/l	0.9	-	0.7	1.0		
Silisium mg/l	2.2	-	2.2	2.2		
Jern µg/l	251	400	222	293	<100	100 - 200
Mangan µg/l	46	40	48	50	<50	50 - 100
Aluminium µg/l	<20	-	<20	<20	<100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	1.44	-	1.44	1.44		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	23.1	-	23.4	23.8	<100	
Klorid mg/l	11.6	-	11.9	11.3	<100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.5	0.5	0.6	0.5	<11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	39.1	-	40.3	40.3		
Fluorid µg/l	72	-	<50	69	<1500	
Sum anioner meq/l	1.46	-	1.49	1.49		
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	153	143	154	154		
pH	7.5	6.4	7.7	7.7	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Kimtall /ml	-	10	-	-	<100	
Turbiditet FTU	0.17	0.25	0.56	0.34	<0.5	0.5-1.0
Farge	9.3	10	8.4	10.0	<15	15-25
Alkalitet mmol/l	0.64	-	0.66	0.66	0.6 - 1.0	

<b>LOKALITET: BRATTREITØRA, MALM I VERRAN KOMM.</b>	<b>BORHULL NR:</b> 3"-brønner
---	----------------------------------

PRØVE NR: NGU-oppdrag nr:	5 19/94	INNHER. K & N	INNHER. K & N	2 67/94	SIF KVALITETS- NORMER	
PRØVEDATO	24/01/94	14/03/94	20/04/94	29/04/94	GOD	MINDRE GOD
<b>KATIONER</b>						
Kalsium mg/l	16.7	14.7	-	19.1	15-25	
Magnesium mg/l	2.9	2.0	-	2.9	<10	10 - 20
Natrium mg/l	8.2	-	-	7.9	<20	
Kalium mg/l	0.7	-	-	0.8		
Silisium mg/l	2.2	-	-	2.3		
Jern µg/l	274	1100	600	328	<100	100 - 200
Mangan µg/l	50	<40	-	40	<50	50 - 100
Aluminium µg/l	<20	-	-	<20	<100 for fullrenset vann	
Sum kationer meq/l*	1.46	-	-	1.56		
<b>ANIONER</b>	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l	23.7	-	-		<100	
Klorid mg/l	11.6	-	-		<100	100 - 200
Nitrat mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	0.6	-	-		<11	11 - 44
Bikarb. mgHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l	40.3	-	-	33.6		
Fluorid µg/l	60	-	-		<1500	
Sum anioner meq/l	1.49	-	-			
<b>FYS.KJEMISK</b>						
Ledn.evne µS/cm	154	-	-	171		
pH	7.7	6.4	-	6.5	7.5 - 8.5	6.5 - 9.0
Kimtall /ml	-	35	-	-	<100	
Turbiditet FTU	0.36	-	-	0.43	<0.5	0.5-1.0
Farge	8.9	27	-	10.5	<15	15-25
Alkalitet mmol/l	0.66	-	-	0.55	0.6 - 1.0	



NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 LOKALISERINGSKART FOR KARTBILAG 94.039 -02 TIL -07  
 VERRAN  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 50 000

MÅLT JFT/GS

TEGN

TRAC

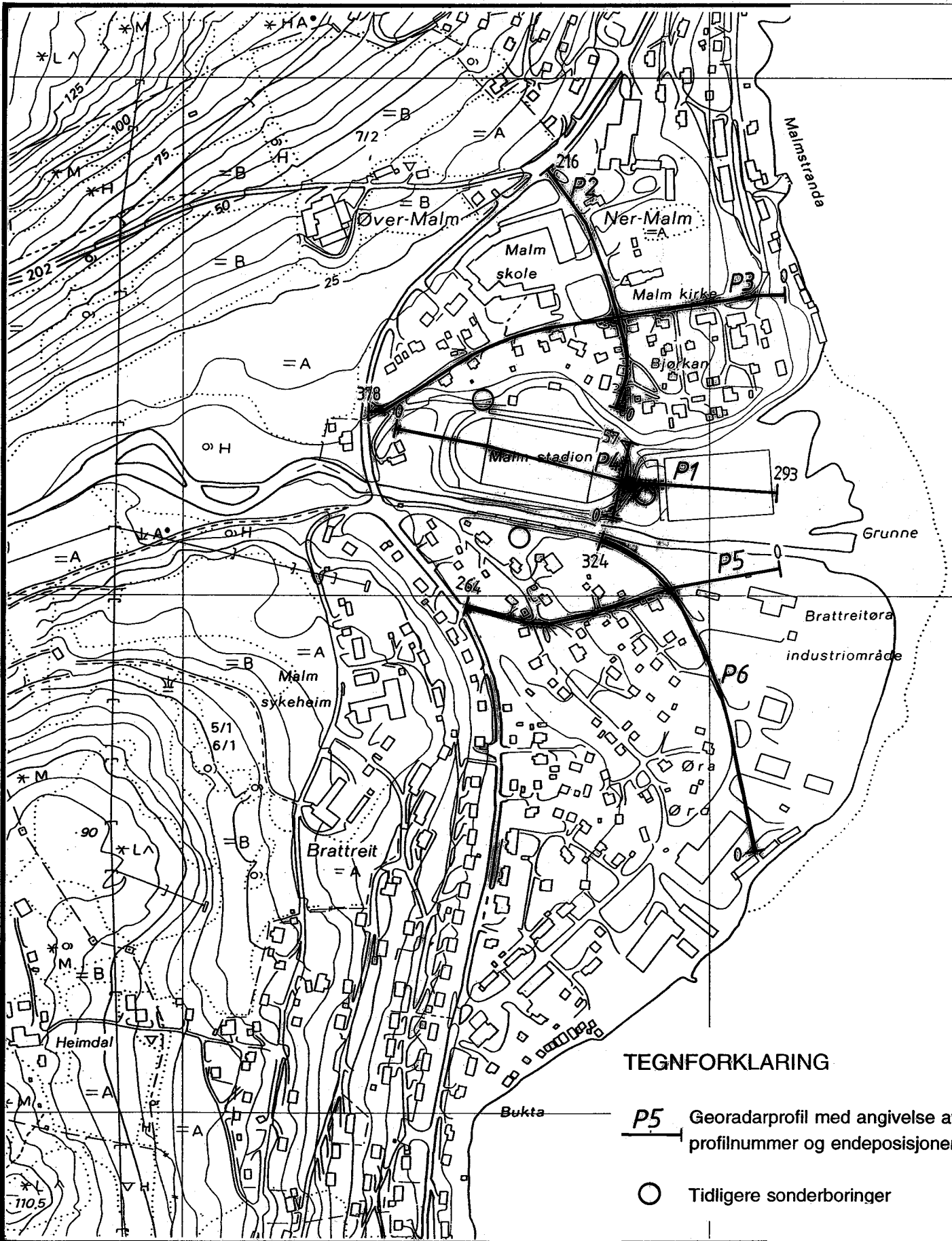
KFR.

JUNI - 93

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 94.039-01

KARTBLAD NR.  
 1622 I  
 1623 II



**TEGNFORKLARING**

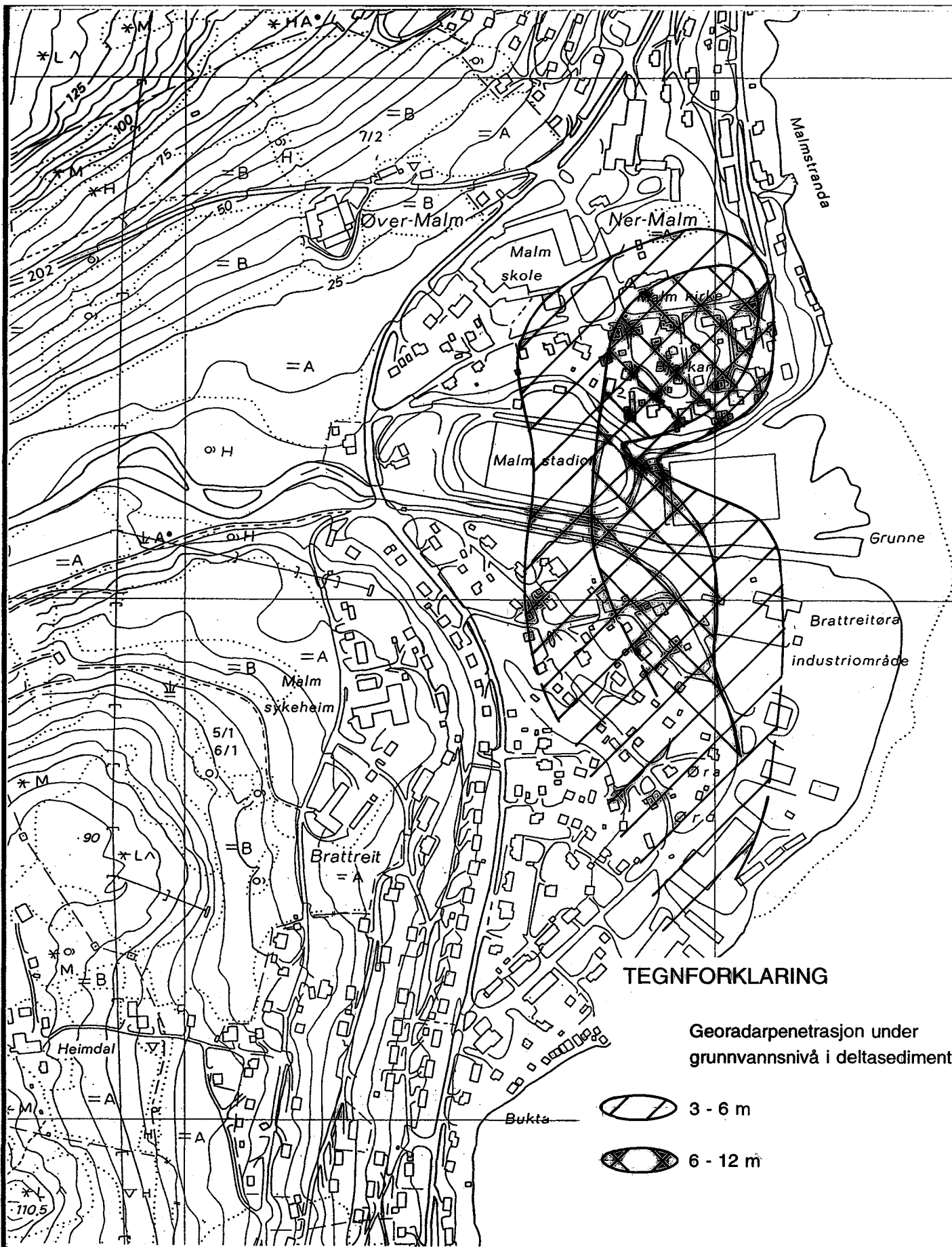
- P5** Georadarprofil med angivelse av profilnummer og endeposisjoner
- Tidligere sonderboringer

NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 OVERSIKTSKART - GEORADARPROFILER  
**MALM**  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK <b>1: 5000</b>	MÅLT JFT	JUNI - 93
	TEGN	
	TRAC	
	KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR. <b>94.039 -02</b>	KARTBLAD NR. 1623 II 1723 III
----------------------------------	-------------------------------------



**TEGNFORKLARING**

Georadarpenetrasjon under grunnvannsnivå i deltasedimenter:

 3 - 6 m

 6 - 12 m

NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 TOLKNINGSKART GEORADAR OG UTFØRT BORING  
**MALM**  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 5000

MÅLT

TEGN JFT

TRAC

KFR.

MARS-94

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.

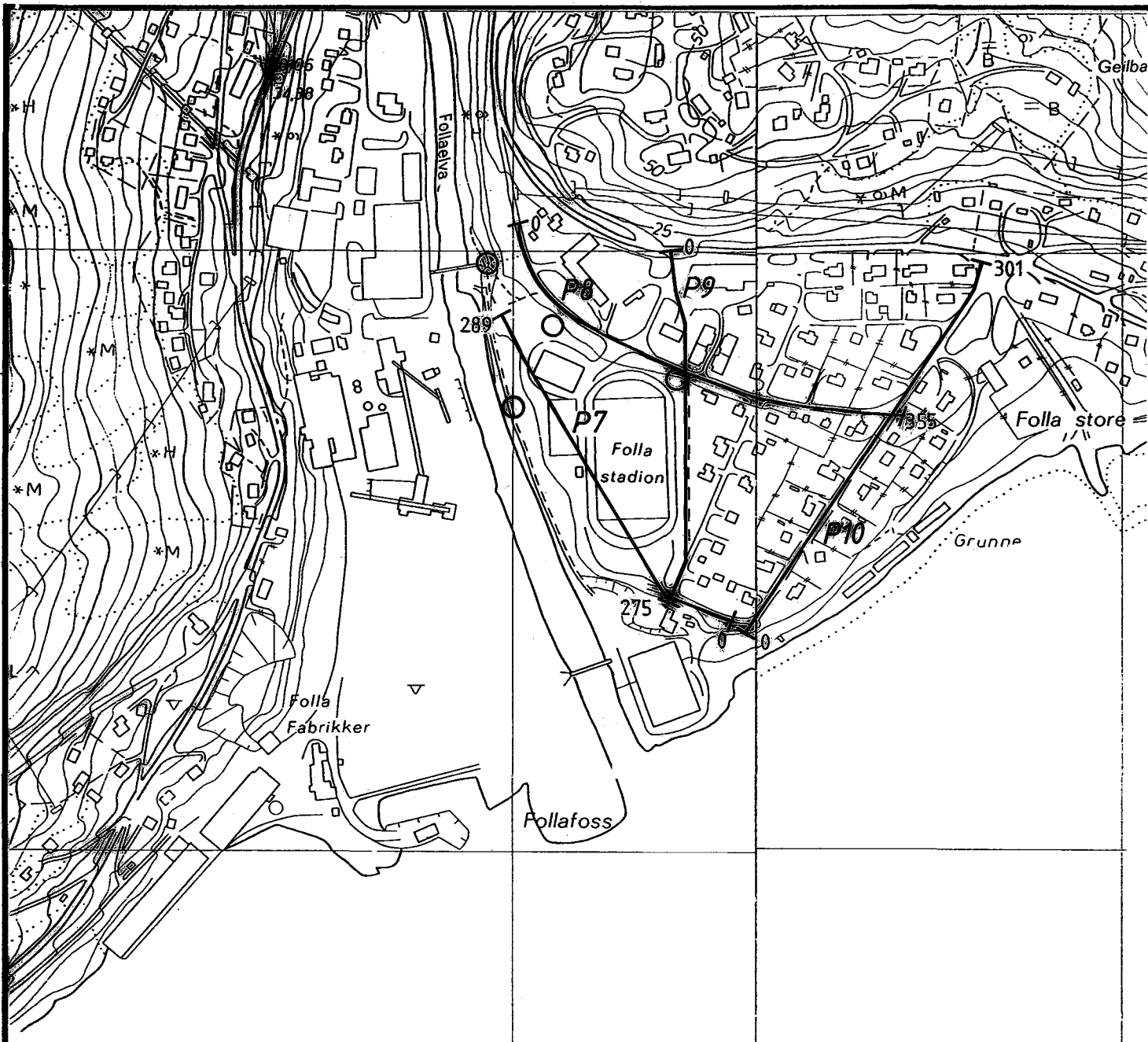
94.039 - 03

KARTBLAD NR.

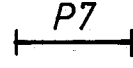

1623 II

1723 III





TEGNFORKLARING

-  **P7** Georadarprofil med angivelse av profilnummer og endeposisjoner
-  Tidligere sonderboringer

NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 OVERSIKTSKART - GEORADARPROFILER  
 FOLLAFOSS  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

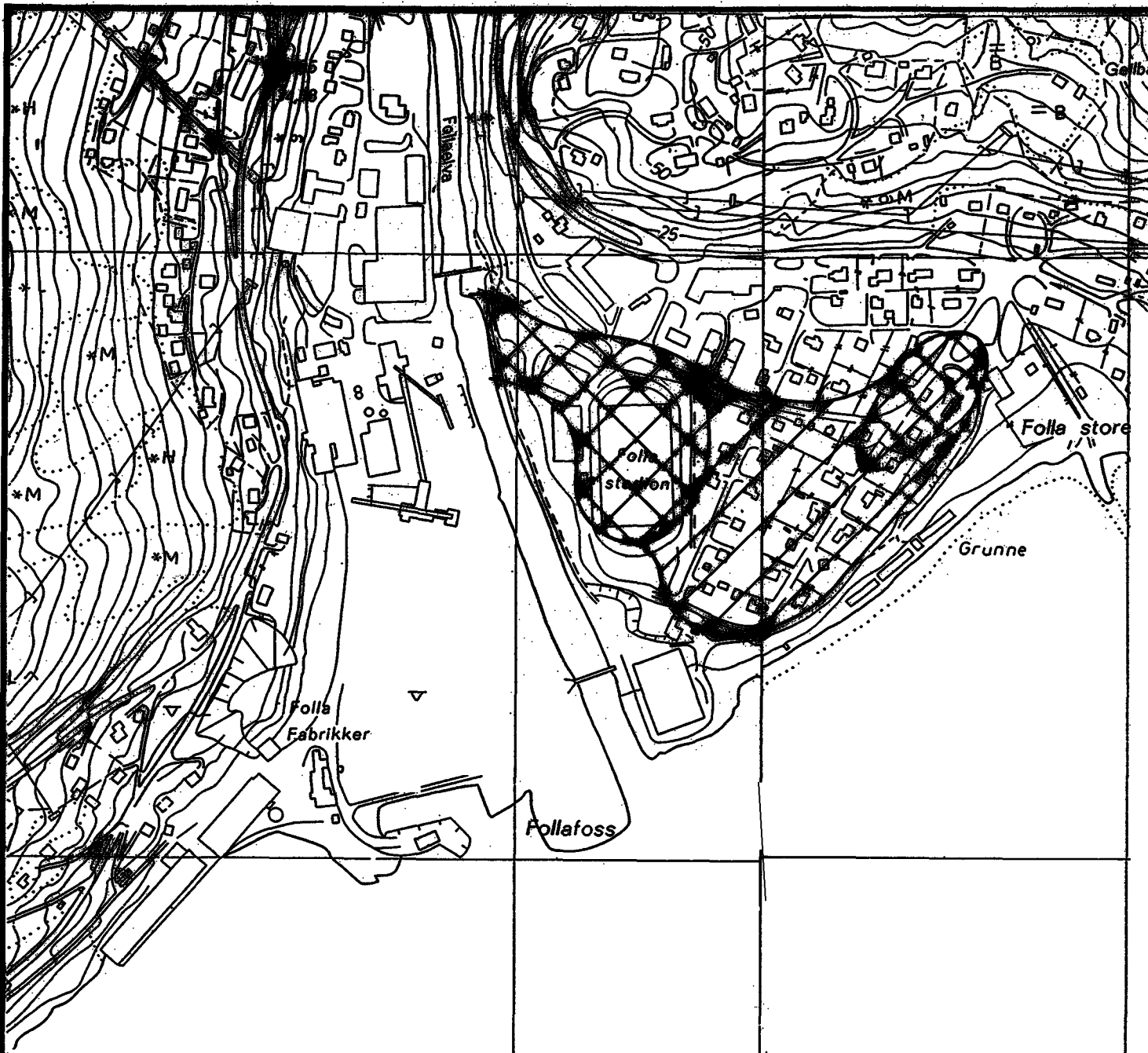
MÅLESTOKK  
 1: 5000

MÅLT JFT	JUNI-93
TEGN	
TRAC	
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 94.039-04

KARTBLAD NR.  
 1622 I



**TEGNFORKLARING**



Område med 2 - 6 m georadarpenetrasjon under grunnvannsnivå



Område med markert skrånjkket materiale

NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 FOLKNINGSKART GEORADAR  
 FOLLAFOSS  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 5000

MÅLT

TEGN JFT

TRAC

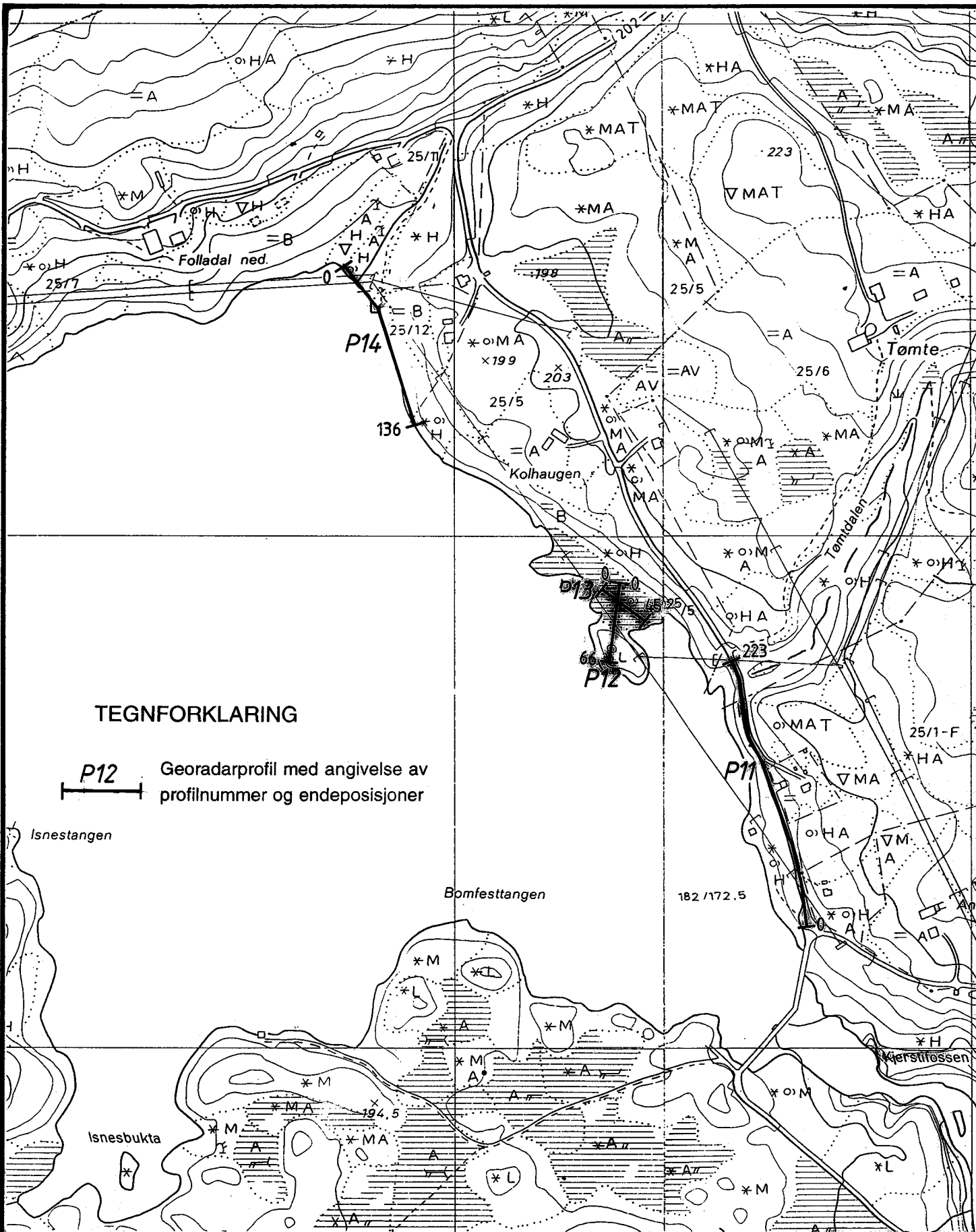
KFR.

MARS-94

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELS  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 94.039 - 05

KARTBLAD NR.  
 1622 I



**TEGNFORKLARING**

**P12** Georadarprofil med angivelse av profilnummer og endeposisjoner

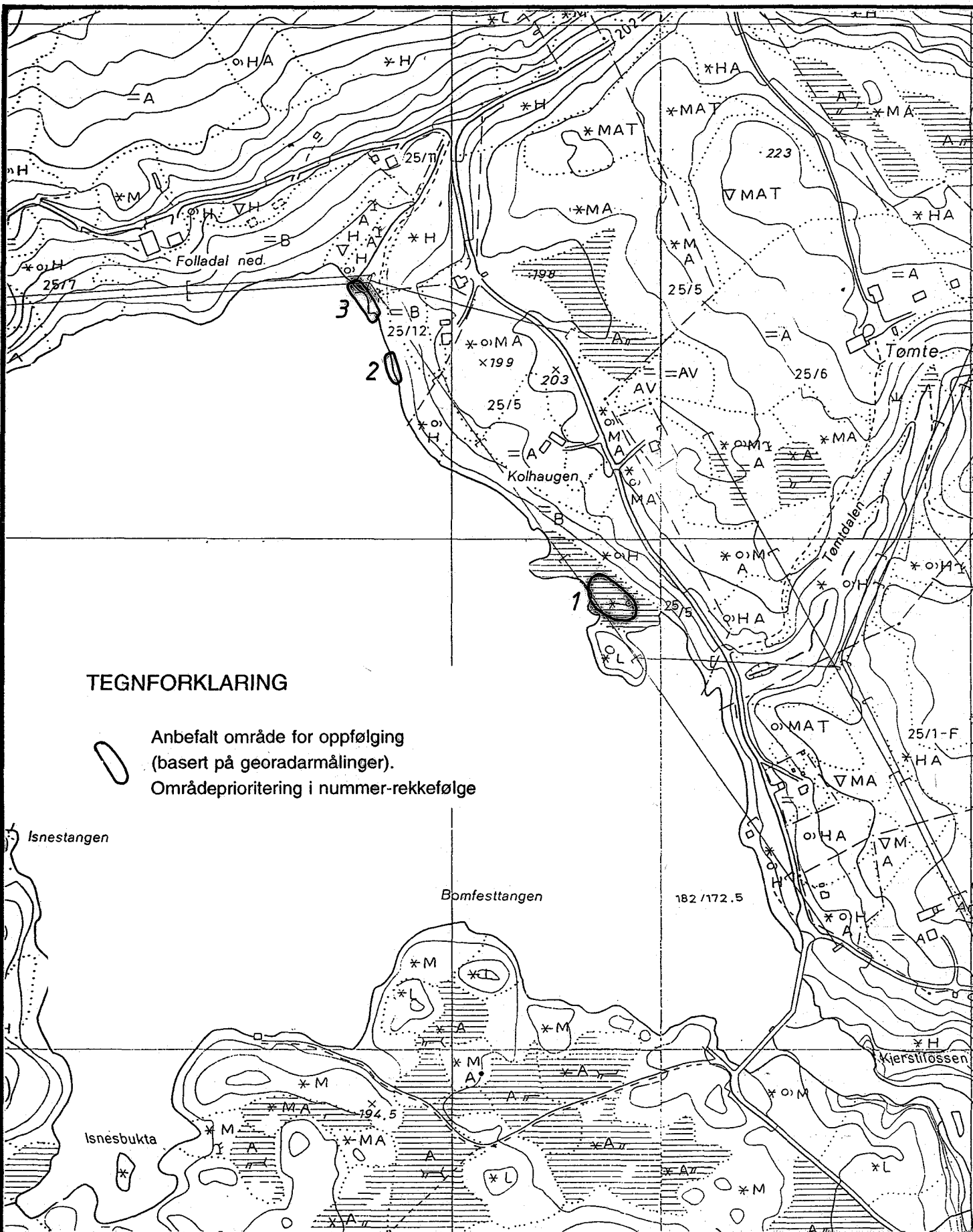
NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 OVERSIKTSKART - GEORADARPROFILER  
 FOLLAVATNET  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT JFT	JUNI -93
	TEGN	
	TRAC	
	KFR.	


NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 94.039 -06

KARTBLAD NR.  
 1623 II



**TEGNFORKLARING**

-  Anbefalt område for oppfølging (basert på georadarmålinger).
- Områdeprioritering i nummer-rekkefølge

NGU / VERRAN KOMMUNE  
 GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
 TOLKNINGSKART GEORADAR  
 FOLLAVATNET  
 VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

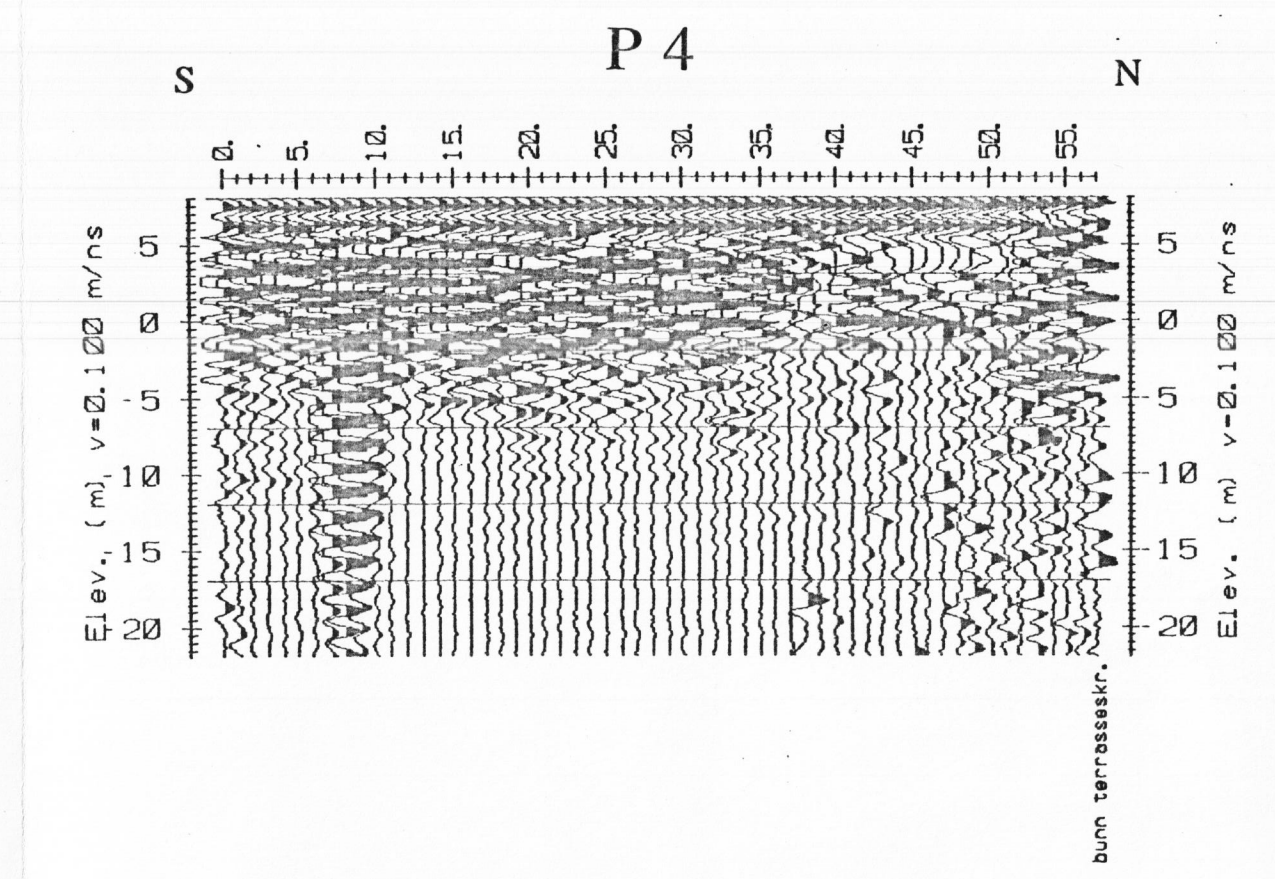
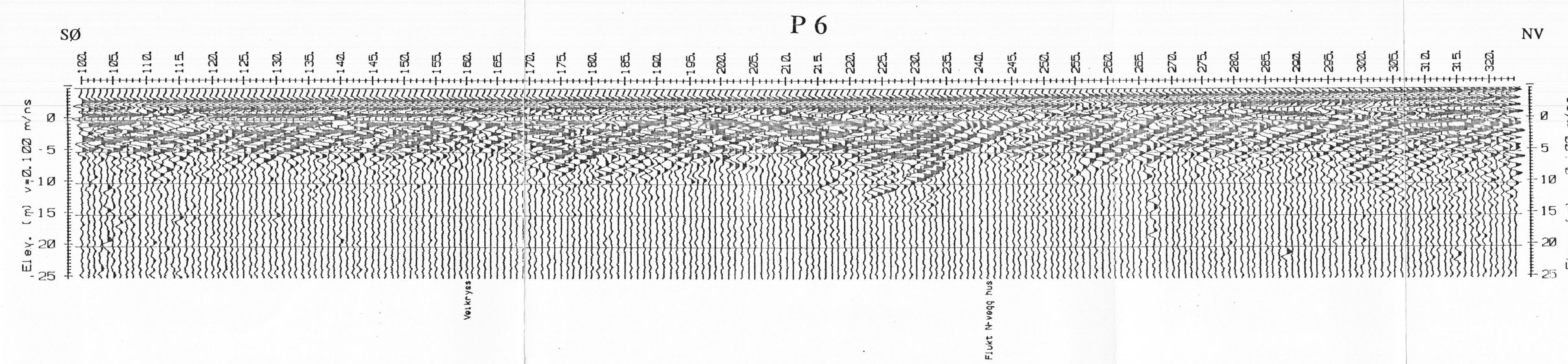
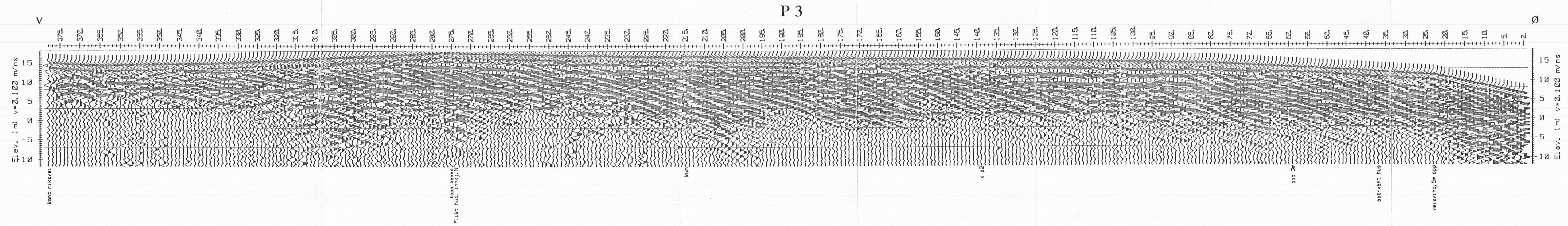
MÅLESTOKK  
 1 : 5000

MÅLT	
TEGN JFT	MARS-93
TRAC	
KFR.	

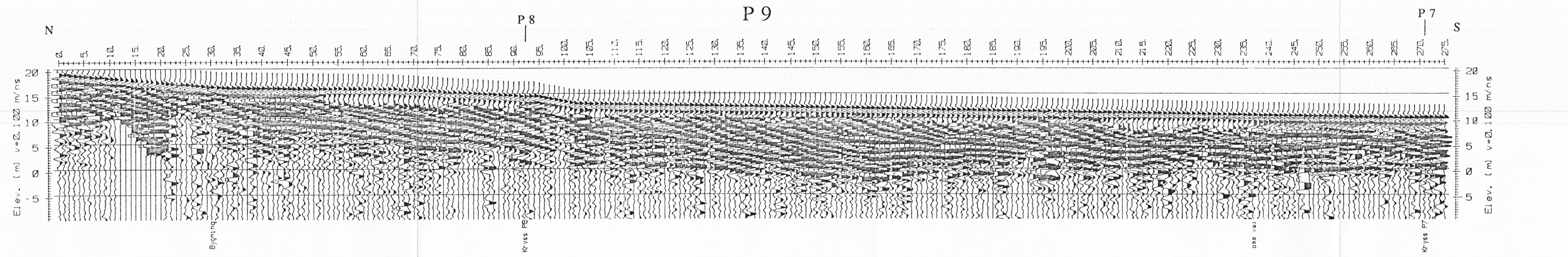
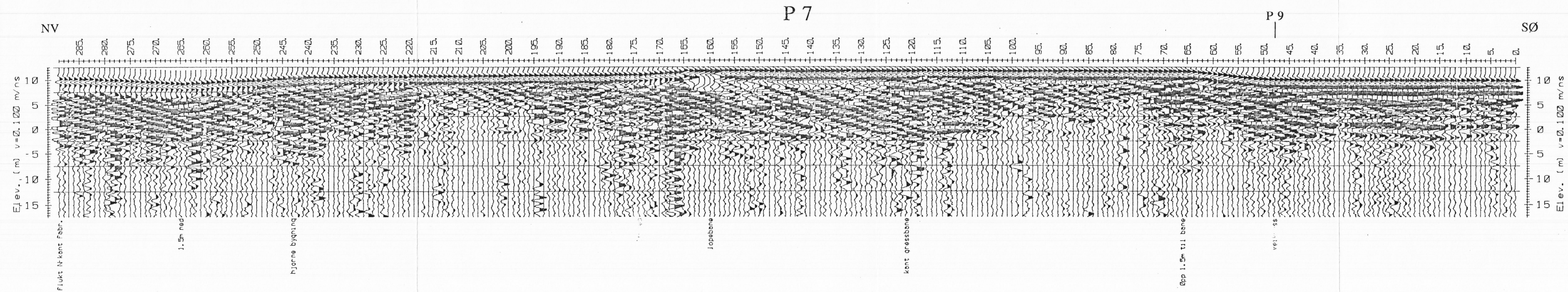
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
 TRONDHEIM

TEGNING NR.  
 94.039 - 07

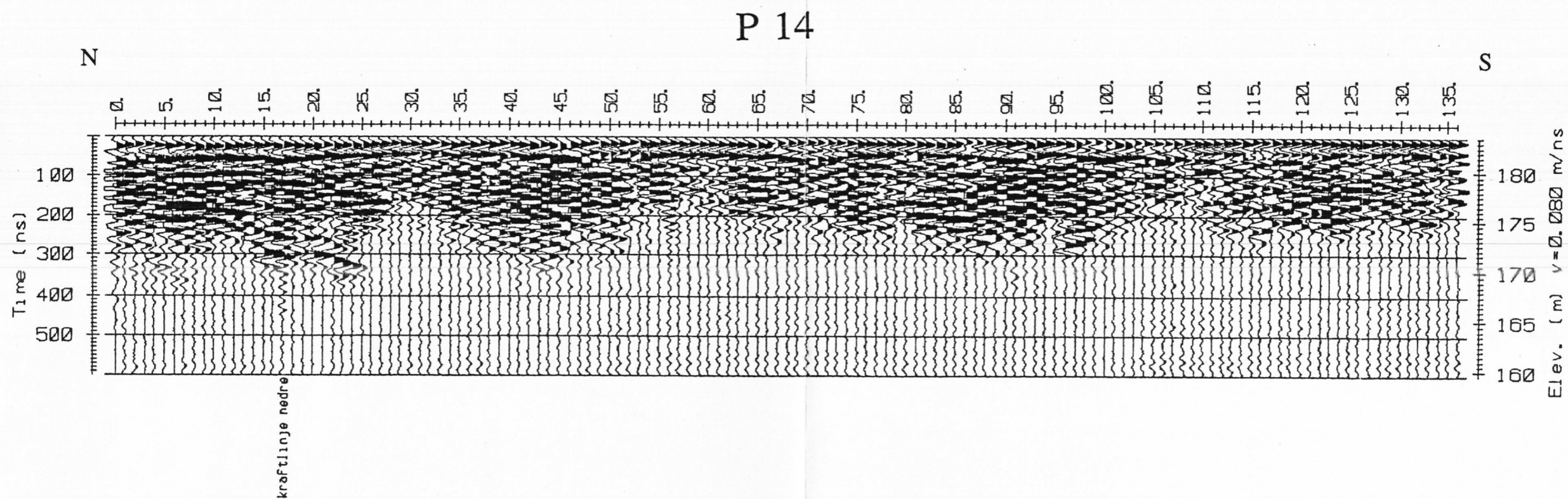
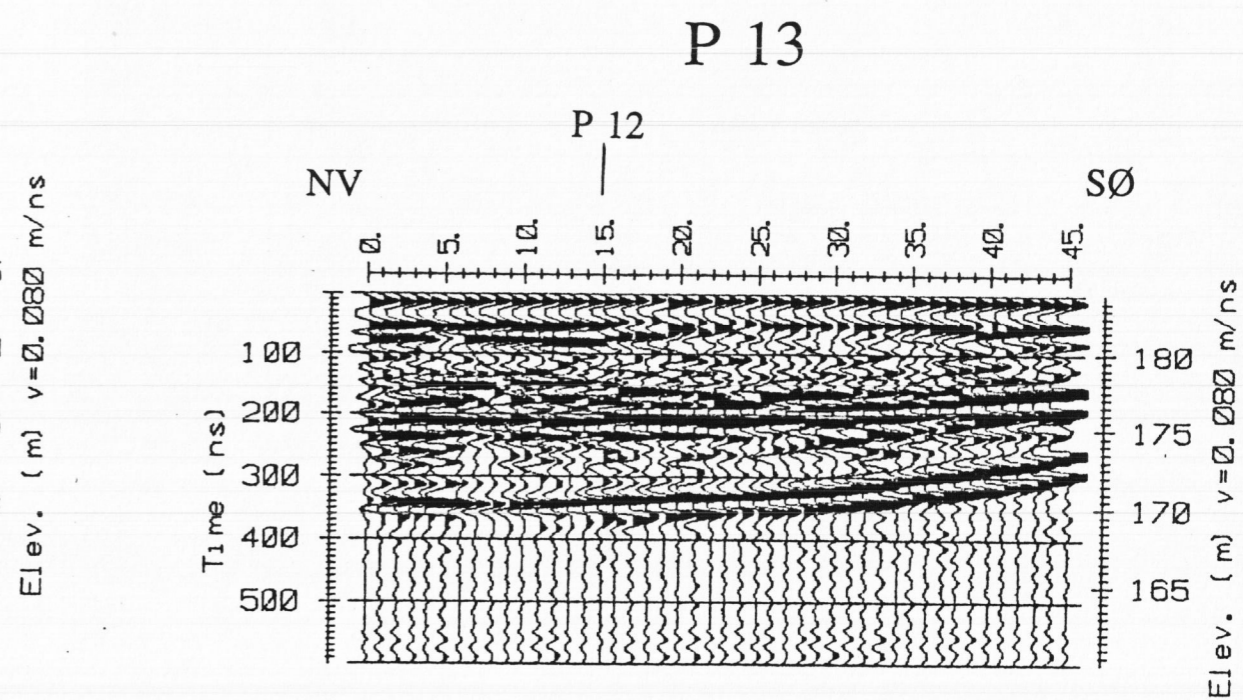
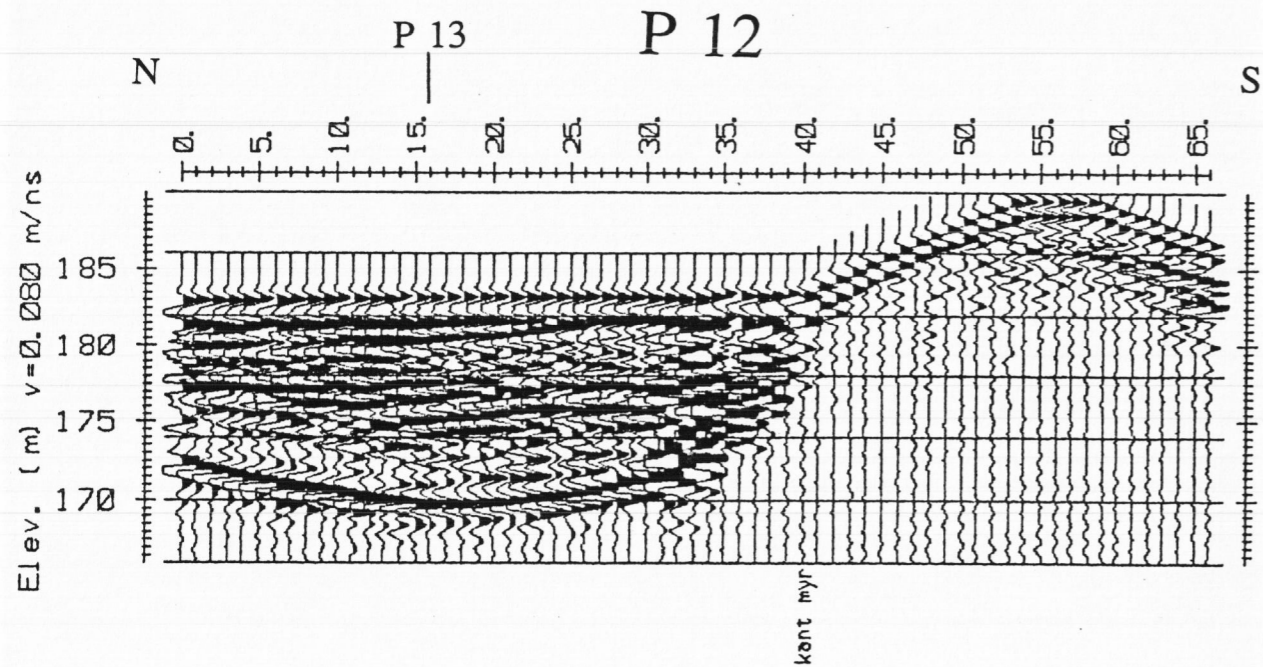
KARTBLAD NR.  
 1623 II



NGU / VERRAN KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADARPROFILER (P 3, P 4 OG P 6) MALM VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JUNI-93
	1:500	TEGN.	
		TRAC.	
	KFR.		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR. 94.039-08	KARTBLAD NR. 1623 II 1723 III	



NGU / VERRAN KOMMUNE GRUNNVANNSUNDERSØKELSE GEORADARPROFILER (P 7 OG P 9) FOLLAFOSS VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK	MÅLT JFT	JUNI-93
	1 : 500	TEGN	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	TEGNING NR.	KARTBLAD NR.	
	94.039-09	1622 I	



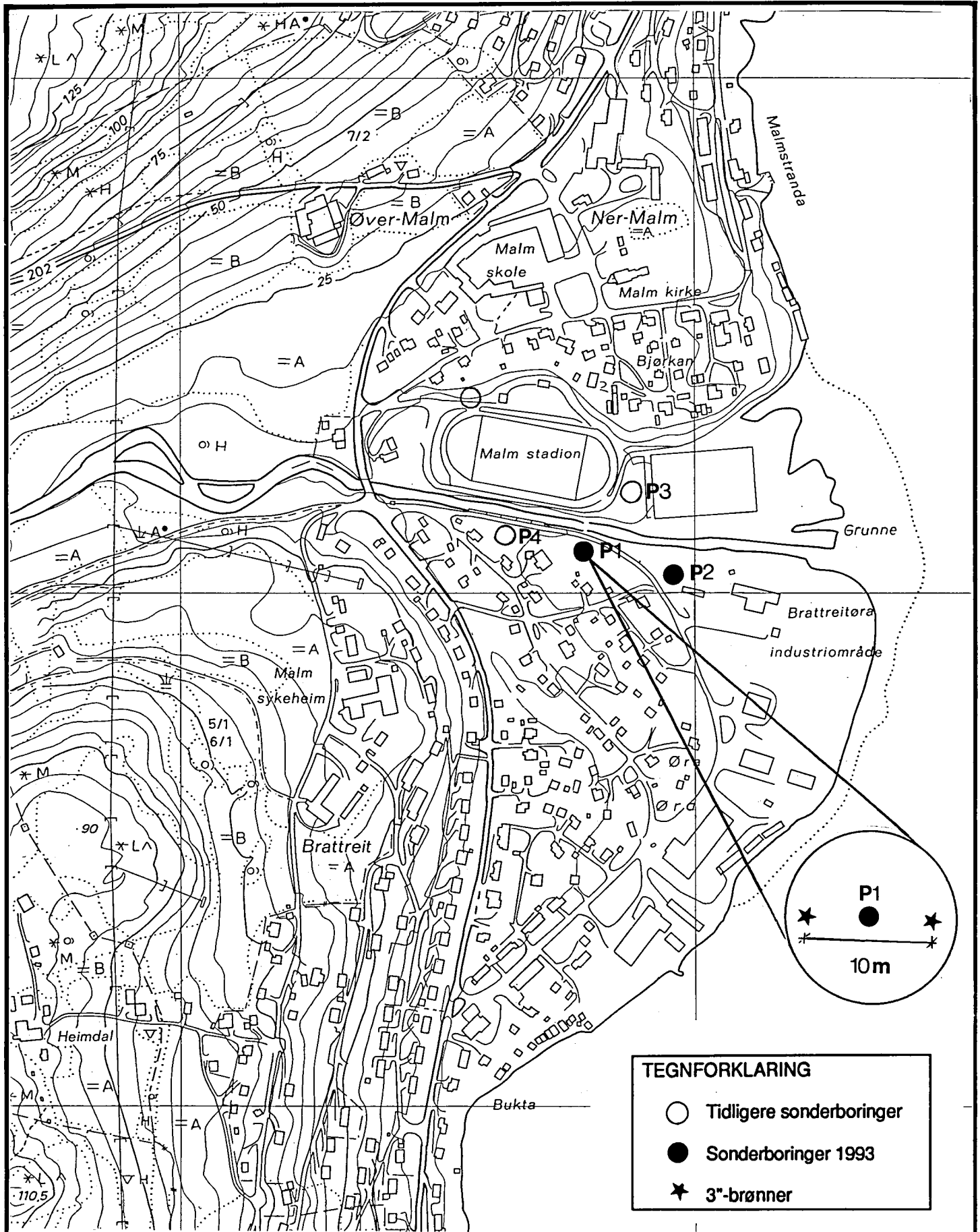
NGU / VERRAN KOMMUNE  
GRUNNVANNSUNDERSØKELSE  
GEORADARPROFILER (P 12, P 13 OG P 14)  
FOLLAVATNET  
VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK 1:500	MÅLT JFT	JUNI-93
	TEGN	
	TRAC	
	KFR	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

TEGNING NR.  
94.039-10

KARTBLAD NR.  
1623 II



TEGNFORKLARING	
○	Tidligere sonderboringer
●	Sonderboringer 1993
★	3"-brønner

<b>NGU/VERRAN KOMMUNE</b> <b>GRUNNVANNSUNDERSØKELSE</b> <b>SONDERBORINGER/PRØVEPUMPINGSBRØNN</b> <b>MALM</b> <b>VERRAN KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG</b>	MÅLESTOKK <b>1:5000</b>	MÅLT TEGN TRAC KFR.
	TEGNING NR <b>94.039 -11</b>	KARTBLAD NR.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM