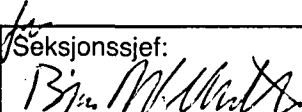


NGU Rapport 90.133

Prøvepumping av grunnvanns-
brønner ved Sundby,
Verdal kommune

Rapport nr. 90.133	ISSN 0800-3416	Åpen/Førtrolig til	
Tittel: Prøvepumping av grunnvannsbrønner ved Sundby, Verdal kommune			
Forfatter: Bernt Olav Hilmo		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Verdal	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1722-4 Stiklestad	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 31	Pris: 60
Feltarbeid utført: 1989 - 1990		Rapportdato: 03.10.1990	Prosjektnr.: 63.2509.14
		Seksjonssjef: 	
Sammendrag: Rapporten gir en oppsummering av de hydrogeologiske undersøkelser som er gjort på Sundbyavsetningen i løpet av de siste ti åra. Det er siden august 1989 utført to lengre perioder med prøvepumping av grunnvannsbrønner. Resultatet av disse viser at kommunens oppgitte behov på 120 l/s trolig kan dekkes fra et grunnvannsanlegg på avsetningen. Etter en tids pumping øker saltinnholdet, slik at grunnvannet ikke tilfredsstillers SIFF's kvalitetskrav til drikkevann. Ut fra avsetningens geologi og grunnvannets kjemiske sammensetning både i produksjonsbrønner og peilebrønner, er det gitt en vurdering av hvilke naturlige prosesser som fører til økt saltinnhold ved pumping. Tilslutt blir det foreslått tiltak for å begrense saltinnholdet og alternative bruksmåter av grunnvannet.			
Emneord	Hydrogeologi	Prøvepumping	
Grunnvann	Grunnvannskjemi	Brønner	
Verdal			

<u>Innholdsfortegnelse</u>	side
Konklusjon	1
1. Innledning	2
2. Hydrogeologiske undersøkelser i området	2
3. Geologisk beskrivelse av området	5
3.1 Sonderboringer og geofysiske undersøkelser	5
3.2 Masseprøvetaking	6
4. Pumpetestdata	6
5. Vannkvalitet	8
5.1 Bakterier og humus	8
5.2 Kjemiske data	8
5.2.1 pH-verdi	9
5.2.2 Ledningsevne	9
5.2.3 Alkalitet	10
5.2.4 Anioner	10
5.2.5 Kationer	12
5.3 Aldersdatering	14
5.4 Ionesammensetning i peilebrønner	15
5.5 Porevannssammensetning i leirprøver	15
5.6 Mulige årsaker til høyt saltinnhold	16
6. Forslag til videre arbeider	17
6.1 Flytting av brønnen	18
6.2 Kunstig infiltrasjon	18
6.3 Produksjon av mineralvann	19
7. Referanser	21

VEDLEGG

Vedlegg 1:	Kvartærgeologisk kart, M 1 : 20.000
Vedlegg 2:	Oversiktskart over alle utførte boringer
Vedlegg 3:	Oversiktskart over geofysiske undersøkelser
Vedlegg 4:	Figurer som viser snitt i avsetningen
Vedlegg 5a-5c:	Grunnvannskotekart, M 1 : 2500
Vedlegg 5d:	Senkningstrakten etter 47 d pumping, M 1 : 2500
Vedlegg 6:	Kjemiske analyser av grunnvann
Vedlegg 7:	Vannanalyser fra peilebrønner og porevannsanalyser
Vedlegg 8:	Oversiktskart over foreslått brønnplassering og plassering av infiltrasjonsanlegg.

KONKLUSJON

Det er i tidsrommet 1980-90 utført flere hydrogeologiske undersøkelser av randavsetningen ved Sundby med tanke på grunnvannsforsyning til Verdal kommune.

To lengre perioder med prøvepumping har vist:

- Den etterspurte vannmengde (120 l/s) kan trolig produseres ved et grunnvannsanlegg på Sundbyavsetningen.
- Grunnvannet får økt saltinnhold etter en tids pumping, slik at konsentrasjonene av klorid, sulfat, natrium, magnesium og kalsium blir for høye i forhold til SIFF's krav til drikkevann. Det høye saltinnholdet skyldes utluting av fossilt salt fra nærliggende marin leire og/eller inntrekking av fossilt salt grunnvann fra avstengte "gruslinser" i leira.
- Grunnvannet har god bakteriologisk kvalitet og lavt humusinnhold.

Disse grunnvannsundersøkelsene viser klart betydningen av lengre tids prøvepumping ved etablering av grunnvannsanlegg.

Det høye saltinnholdet etter en tids prøvepumping kan forsøkes redusert ved:

- Flytting av brønnen slik at tilstrømningen fra elva blir bedre.
- Kunstig infiltrasjon av elvevann.

Selv om disse metodene på langt nær gir noen garanti for akseptabel drikkevannskvalitet, bør de vurderes før avsetningen eventuelt avskrives som hovedvannkilde til kommunen.

Som et alternativ til vannforsyning, bør mulighetene for produksjon av mineralvann fra avsetningen vurderes.

Trondheim 3/10 1990

Bernt Olav Hilmo (forsker)

Bernt Olav Hilmo

1 INNLEDNING

Det er i det siste tiåret gjennomført omfattende kvartærgeologiske og hydrogeologiske undersøkelser av breelvavsetningen ved Sundby i Verdal kommune, delvis med tanke på vannforsyning til kommunen. Denne avsetningen består i følge Sveian (1981) av godt sortert lagdelt sand og grus med fall mot vest (vedlegg 1). Randåsen er dekt av marine avsetninger i vest og mot nord på andre siden av Verdalselva.

Ut fra sonderboringer og geofysiske metoder er avsetningens utbredelse, mektighet og stratigrafi nøye kartlagt (Klemetsrud, 1981, Andersen, 1982 og Tvedten, 1989).

Det kommunale vassverket tar idag vann fra Leksdalsvannet. Etter mekanisk rensing tilfredsstiller vannet bakteriologiske krav, men det har for høyt fargetall grunnet humusinnhold.

Kommunen har valget mellom å bygge et omfattende renseanlegg eller finne alternative vannkilder som f. eks. grunnvann. Det er ønskelig at en ny drikkevannskilde yter minst 120 l/s (Tvedten, 1989).

2 HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSER I OMRÅDET

NGU gjennomførte allerede i 1973, på oppdrag fra Verdal kommune, en undersøkelse av mulighetene for grunnvannsforsyning til Verdal. Undersøkelsene ble basert på enkle sonderboringer og nedsetting av 5/4" sandspiss på noen utvalgte lokaliteter. Disse undersøkelsene ga negativt resultat, og det ble noe forhastet konkludert med at vannforsyningen til Verdal ikke kan baseres på grunnvann (Kirkhusmo, 1973).

I det siste tiåret er det på bakgrunn av kvartærgeologisk kartlegging utført omfattende grunnvannsundersøkelser i randåsen ved Sundby (vedlegg 1).

I 1980 gjennomførte Grepstad (1981) en undersøkelse basert på VES-målinger, sonderboringer og vannprøvetaking. Han konkluderte med at avsetningen kan være godt egnet til grunnvannsforsyning.

Etter den kvartgeologiske kartleggingen (Sveian, 1981 A og B), ønsket kommunen oppfølgende undersøkelser av mulighetene for større grunnvannsuttak i nedre deler av Verdalen.

NGU satte derfor igang undersøkelsesboringer med prøvetaking i flere randtrinn og elvesletter i området. Disse undersøkelsene konkluderte med at det er muligheter for uttak av større grunnvannsmengder fra randåsen øst for Sundby (Klemetsrud, 1982).

Sommeren og høsten 1982 ble feltarbeidet gjenopptatt (Andersen, 1983). Det ble utført 11 sonderboringer og satt ned to 4" produksjonsbrønner og ti 5/4" peilebrønner. Rapporten gir også en modell for dannelsen av breelvavsetningen ut fra alle sonderboringene og geoelektriske målinger i 12 punkter utført av Bjørn Berger (1980). Prøvepumpingen ble ikke gjennomført da det ikke var midler til fremføring av strøm.

Våren 1989 ble det foreslått å gjøre oppfølgende undersøkelser i området i form av et diplomarbeid ved Inst. for Geologi og Bergteknikk, NTH. Sissel Tvedten utførte sin diplomoppgave "Prøvepumping av grunnvannsbrønner ved Sundby i Verdalen" i løpet av høsten 1989. Prosjektet ble finansiert over NGU's Nord-Trøndelagsprogram - et samordnet geologisk undersøkelsesprogram for Nord-Trøndelag og Fosen.

Feltarbeidet ble innledet med elektrisk motstandsmåling, refraksjonsseismikk, flere sonderboringer og nedsetting av flere peilebrønner, slik at det totalt finnes 15 peilebrønner i området (vedlegg 2 og 3). Peilebrønnene består av 5/4" rør som nederst er slisset i ca. 1 m lengde. Før pumpestart ble det tatt vannprøver fra peilebrønnene for kjemisk analyse.

Etter framføring av strøm, var feltet klargjort til prøvepumping. Prøvepumpingen startet i august 1989, og fortsatte med noen avbrekk til februar 1990.

Grunnvannstanden i peilebrønnene ble målt like før pumpen startet. Etter pumpestart ble grunnvannstanden peilet med korte intervall i begynnelsen og økende til ca. 1 gang pr. uke etter 1 mnd. pumping. Det ble tatt vannprøver fra pumpingen startet, en gang daglig i starten, og senere ca. 1 gang pr. uke. Det er utført følgende analyser av vannet:

- Temperatur
- Ledningsevne (både i felt og i laboratoriet).
- Oksygeninnhold (i felt).
- pH (i felt og i lab).
- Alkalitet (i lab). Ved pH 7-9 er alkaliteten et mål på bikarbonatinnholdet.
- Kationer (i lab).
- Anioner (i lab).
- Mikrobiologi (Utført på 4 prøver ved Sør-Innherred Kjøtt- og Næringsmiddelkontroll). Analysene omfatter:
 - Koliforme bakterier ved 37°C
 - Termotabile koliforme bakterier
 - Kimtall ved 20 °C
 - Fargetall (mgPt/l)
 - Turbiditet (FTU)

Kjemiske analyser av vannet viste en merkbar økning i saltinnhold fra under 20 mg Cl/l til over 100 mg Cl/l etter ca. 1 mnd pumping. Da saltinnholdet fortsatte å øke, ble det bestemt å flytte brønnene ca. 180 m oppover langs elva (brønn 2).

To 3" brønner ble boret og ny prøvepumping ble startet 7/2 1990. Pumpa stoppet hyppig den første måneden på grunn av strømomlegging, slik at den kontinuerlige prøvepumpingen med vannprøvetaking kom igang 7/3. Pumpingen har foregått med noen avbrudd fram til 1/8, og det er tatt 14 vannprøver til kjemisk analyse i dette tidsrommet. Det er ikke foretatt peilinger av grunnvannstanden under den siste prøvepumpingen.

For å kontrollere om brønnen trekker inn sjøvann fra fjorden, ble det tatt vannprøve for aldersdatering etter ¹⁴C-metoden (Sæther 1990).

Det ble også tatt leirprøver ca. 50 m vest for den første pumpe-stasjonen (ved peilebrønn nr. 5). Porevann ble presset ut av leirprøvene for analysering av ionesammensetning. Ombyttbare kationer ble bestemt ved ionebytting med 0.2 M BaCl₂.

Disse analysene ble gjort for å kunne vurdere om saltinnholdet i grunnvannet skyldes utvasking av marine leirer.

I tre av peilebrønnene (nr 2, 5 og 24) ble det tatt vannprøver etter at pumpeperioden var avsluttet. Dette ble gjort for å kunne vurdere hvilke områder av avsetningen som gir tilskudd av fossile salter.

3 GEOLOGISK BESKRIVELSE AV OMRÅDET

Berggrunnen ved Sundby er dominert av fyllitt og gråvakke med lag av kalkstein og grønnstein mot øst. Videre østover i dreneringsområdet er det vesentlig glimmerskifer og gneis (Wolff, 1976).

Kvartærgeologien i området er beskrevet av Sveian (1981 A og B). Sundbyavsetningen er en av flere breelvavsetninger som sees i sørlige dalside mellom Sundby og Vuku (vedlegg 1).

På nordsiden er det bare mindre spor etter disse avsetningene. Dette tyder på at hoveddreneringen har foregått langs sørsida av dalen. Randavsetningen ved Sundby som ble avsatt for ca. 10000 år siden, ble ikke bygd opp til marin grense før iskanten trakk seg tilbake østover. Bredden er anslått til ca. 400 m og mektigheten til minst 50 m ved grustakene ved Sundby. Mektigheten og utbredelsen er også i stor grad styrt av fjelltopografien.

3.1 Sonderboringer og geofysiske undersøkelser

Ut fra 36 sonderboringer, 3 seismikkprofil, 1 profil og 12 målepunkt med elektrisk motstandsmåling (vedlegg 2 og 3) har Tvedten (1989) gitt en detaljert beskrivelse av avsetningens mektighet, utbredelse og oppbygging. Dette er forsøkt sammenfattet ved hjelp av profiler i vedlegg 4.

Randavsetningen dykker under marin og glasimarin leire i vest og nord. Den er også delvis dekket med skredleire i sentrale deler og mot nordøst. Øst for avsetningen, på sørsiden av elva, sees fjellblotninger. Videre mot øst og sørøst er det igjen mektige leiravsetninger som på elvesletta er dekt av fluvial sand og grus.

Under sonderboringen ble det også påtruffet tynne soner med leirblandet materiale i grusavsetningen. Dette, sammen med at avsetningen delvis er dekket med marin leire, kan påvirke grunnvannets strømningsmønster og kjemiske sammensetning.

3.2 Masseprøvetaking

Det ble tatt en masseprøve fra grustaket ved Melby og en prøve fra Eklo (Tvedten, 1989). Begge prøvene er godt sortert med 55-70 % i grusfraksjonen, 30-40 % i sandfraksjonen og mindre enn 5 % i siltfraksjonen. Det ble også tatt oppspylte masseprøver fra peilerør. Mineralsammensetningen i prøvene ble bestemt ved XRD-analyser. Hovedmineralene i prøvene er kvarts, plagioklas, glimmer, amfibol, kalkspat og kloritt. Særlig kalkspatinnholdet på 5-10 % har betydning for grunnvannets kjemiske sammensetning.

Ut fra siktekurvene på oppspylt materiale fra peilebrønn 6 ble den hydrauliske konduktiviteten beregnet. I dybde 10-18 m varierer den fra 0.36-10 mm/s, og med et gjennomsnitt på 4.1 mm/s.

4 PUMPETESTDATA

Etter en prøvepumpingsperiode med peilinger av grunnvannstanden kan akviferens utbredelse og kotebildet for grunnvannet før og under pumping bestemmes. Videre gir pumpetesten grunnlag for beregning av hydrauliske parametre som er bestemmende for avsetningens kapasitet.

Under den første pumpeperioden (Tvedten, 1989) var uttaksmengden 1600 l/min. Det ble da pumpet fra to 4" brønner. I november 1989 ble det i tillegg satt ned to 3" brønner. Tilsammen ga disse brønnene jevnt over 2700 l/min og 3600 l/min på det meste. I den siste pumpeperioden har uttatt mengde ligget på ca. 2000 l/min.

Vedlegg 5a, 5b og 5c viser grunnvannsnivået før pumping, etter 2 dagers pumping og etter 47 dagers pumping (Tvedten, 1989). Kotekartet av grunnvannsnivået før pumping syner at grunnvannsnivået er styrt av elvenivået i østre og nordre del av avsetningen, mens det sydvestlige området drenerer mot nordøst. Dette skyldes at de tette leirlaga i vest hindrer fri grunnvannstransport. Etter 2 døgns pumping er grunnvannsstanden i de nærmeste peilerørene sunket med mellom 30 og 40 cm, mens den etter 47 døgns pumping er sunket mellom 50 og 55 cm.

Senkningstrakten etter 47 døgns pumping korrigert for vannstand i elva er vist i vedlegg 1d. Det synes som om senkningstrakten ikke utvider seg nevneverdig etter 25 døgns pumping. Etter den tid går det like mye vann inn i akviferen som det pumpes ut.

Grunnvannsmagasinet er meget komplekst oppbygd, slik at det er vanskelig å finne en egnet modell for beregning av hydrauliske parametre. Peilingene av grunnvannstanden må også korrigeres for vannstanden i Verdalselva, noe som lett gjør disse registreringene unøyaktige.

Beregninger utført av Tvedten (1989) viser at feltet kan deles i to områder. Området vest for brønnen kan betraktes som en lukket akvifer, mens området på østsiden ligner mer på en åpen akvifer.

Transmissiviteten (T) er et mål på hvor mye vann som kan bevege seg gjennom et vannførende lag ved en bestemt hydraulisk gradient. Den er beregnet til minst 5000 m²/døgn for feltets østlige del.

Det kan ifølge Freeze and Cherry (1979) betegnes som en god akvifer.

For en åpen akvifer er magasinkoeffisienten (S) lik den effektive porøsiteten. For feltets østlige del varierer den beregnede S-verdien fra 4-23 % og med et middel på ca. 15 %.

For peillebrønnene vest for brønnen ble gjennomsnittlig S-verdi beregnet til 2.4 %.

Disse beregningene er gjort ut fra antagelsen om at brønnen tar like store vannmengder fra vestlig som fra østlig del.

Hvis en antar større vannmengder fra øst, vil magasinkeffisienten for denne delen av akviferen fort bli over 20 %.

Den hydrauliske konduktiviteten beregnet på grunnlag av kornfordelingen viser store vertikale variasjoner, men middelverdien stemmer godt overens med verdien beregnet ut fra pumpeforsøket (0.0041 mot 0.0039 m/s).

Selv om det knytter seg stor usikkerhet til disse beregningene gir de en indikasjon på avsetningens vanngiversevne.

Ut fra prøvepumpingen og de beregnede hydrauliske parametre er det sannsynlig at kommunens behov på 120 l/s kan dekkes med grunnvann fra denne avsetningen.

Det er antatt at grunnvannsmagasinet fornyes ved infiltrasjon av ellevann, da elva står i direkte kontakt med avsetningen i en sone på ca. 200 m. Temperaturen i elva er høyere enn i grunnvannet om sommeren og lavere om vinteren.

Temperaturen av uttatt grunnvann er konstant rundt 5.5-5.6 C ved den nederste brønnen, og rundt 5.7-5.8 C ved den øverste.

Det er dermed ikke observert noen temperaturfront fra infiltrerende ellevann. Dette betyr enten at ellevannet har såpass lang oppholdstid at temperaturforskjellen utjevnes før det når brønnen, eller at grunnvannsmagasinet mates fra andre kilder enn elva.

5 VANNKVALITET

5.1 Bakterier og humus

Det er ikke registrert koliforme eller termostabile bakterier, og totalinnholdet av bakterier (kimtallet) er under 4/ml, mens SIFF's krav er < 100/ml. Fargetallet varierer fra 4 -11 mgPt/l. Det vil trolig reduseres etter lufting hvor jern- og manganforbindelser felles. SIFF's krav til godt drikkevann er < 15 mgPt/l (Tvedten, 1989).

5.2 Kjemiske data

Tabell 1, vedlegg 6 viser laboratoriemålinger av pH, ledningsevne, alkalitet, anioner og kationer for de to prøvepumpingene. Resultatene fra brønn 1 er hentet fra Tvedten (1989).

Grunnvannnets kjemiske sammensetning er avhengig av følgende:

- Infiltrasjonsvannets kjemiske sammensetning
- Forvittringsreaksjoner
- Løsmassenes og berggrunnens mineralsammensetning
- Oppholdstid
- Geologiske forhold

5.2.1 pH-VERDI

pH-verdien er definert som $-\log(H^+)$, slik at surt vann med høy H^+ har pH under 7 og basisk vann har pH over 7. SIFF's kvalitetsnormer til drikkevann krever pH 6.5 - 9.0. Det er ikke ønskelig med surt vann, p.g.a. fare for tungmetallopløsning fra metallrør og korrosjon på sementrør.

pH-verdien varierer fra 7.6 - 8.0 ved den første pumpeperioden, og fra 7.7 - 8.3 ved den siste (vedlegg 6).

5.2.2 LEDNINGSEVNE

Ledningsevnen er et mål på vannets totale ioneinnhold. Innhold av sjøsalt i grunnvann vil føre til en vesentlig økning i ledningsevnen. Derfor viser analysene samvariasjon mellom Na, Cl og ledningsevne (tab. 1, vedlegg 6). Figur 1 viser ledningsevnen som funksjon av pumpetiden for de to pumpeperiodene. Det er tydelig at ioneinnholdet er betraktelig lavere ved prøvepumping av brønn 2.

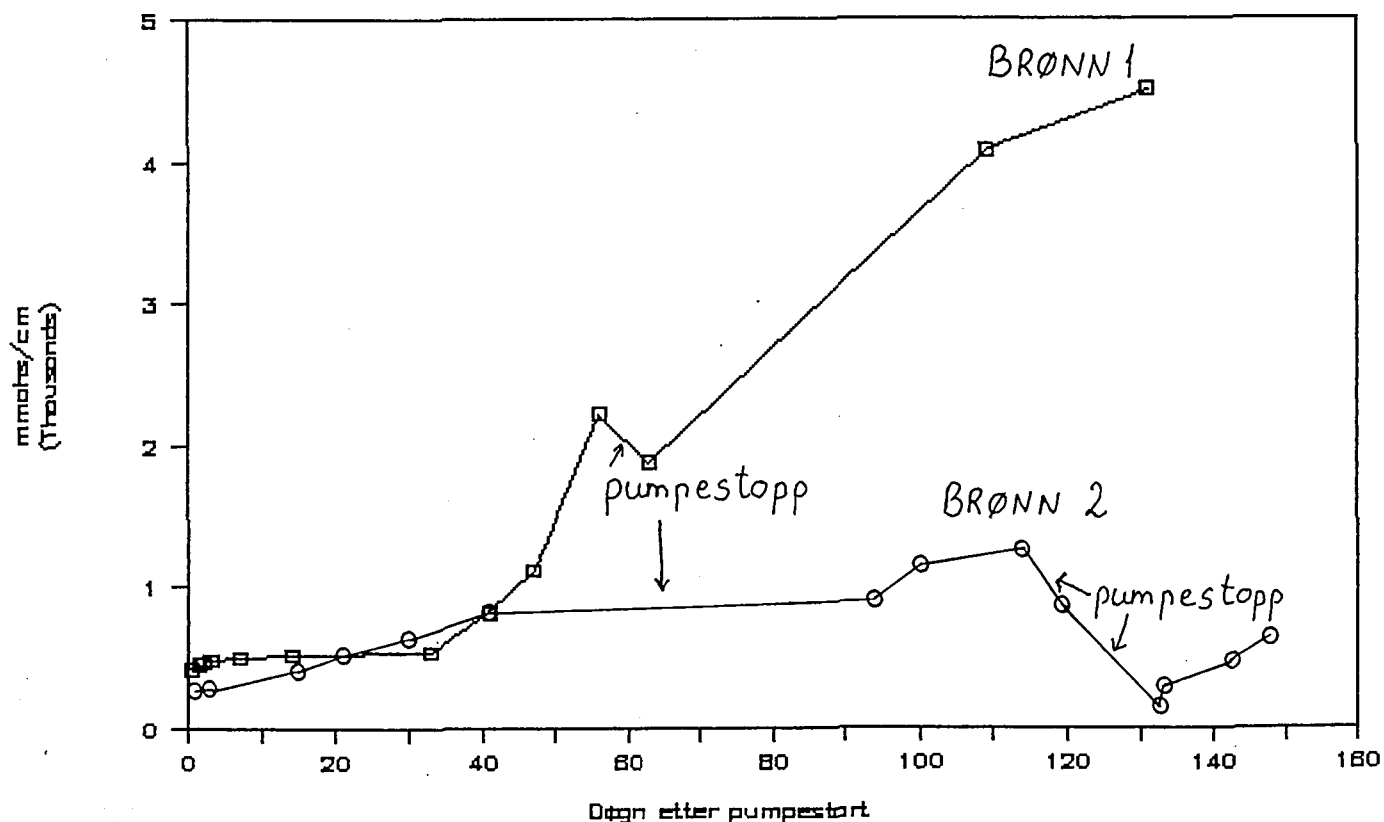


Fig. 1 Ledningsevne som funksjon av pumpetid

5.2.3 ALKALITET

Alkaliteten angir en løsnings evne til å nøytralisere sure komponenter. Ved pH 7-9.5 er bikarbonat det dominerende ionet som gir alkalitet, slik at i de analyserte vannprøvene er innholdet av HCO_3^- satt lik alkaliteten.

Alkaliteten varierer mellom 3.5 og 4.1 mmol/l under den første pumpeperioden, og mellom 1.32 og 3.05 i den siste perioden (tab. 1, vedlegg 6).

Under begge pumpeperiodene øker alkaliteten like etter pumpestart for så å legge seg på en tilnærmet konstant verdi. Pumpestopp har ført til en merkbar reduksjon i alkalitet under den siste prøvepumpingen.

5.2.4 ANIONER

Figur 2 viser konsentrasjonen av de analyserte anioner som funksjon av pumpetiden for de to pumpeperiodene. HCO_3^- er satt lik alkaliteten (se over).

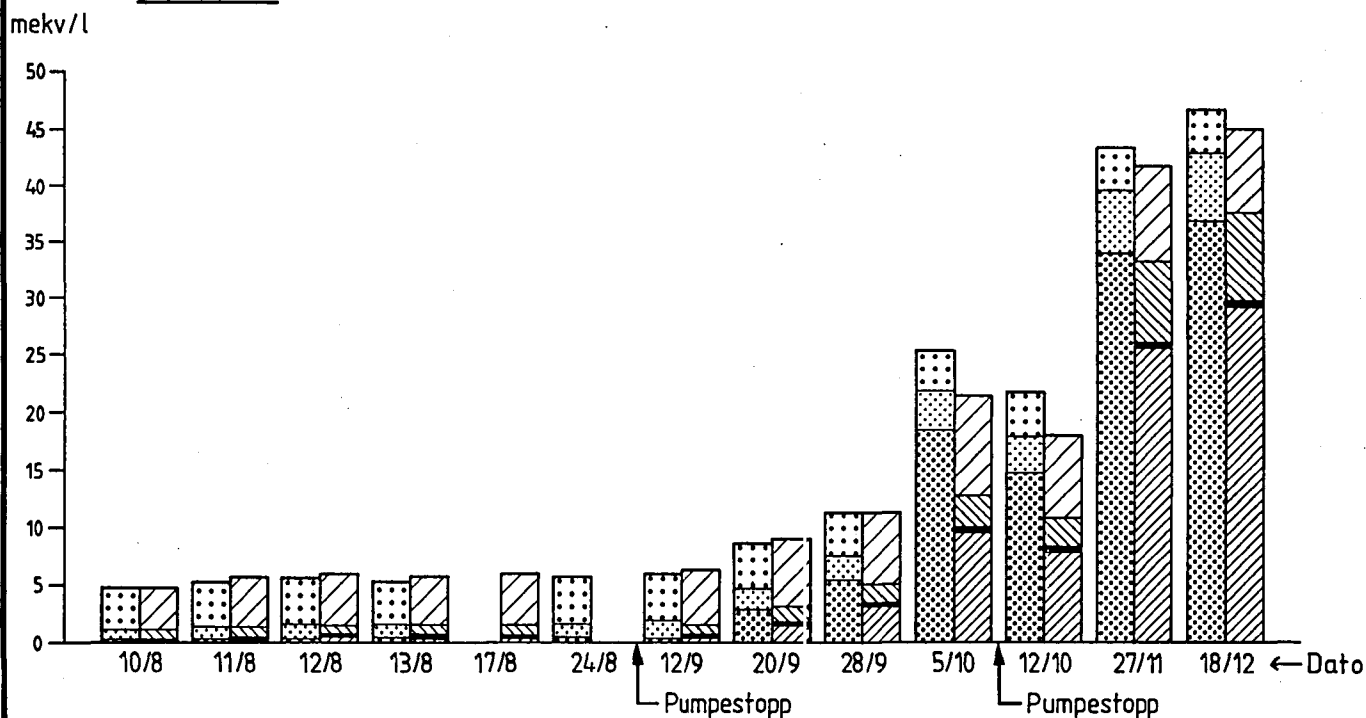
Cl i grunnvann stammer fra nedbøren, utluting av nærliggende marine leiravsetninger eller direkte infiltrasjon av sjøvann. SIFF's krav er mindre enn 100 mg Cl/l.

Ved den første pumpeperioden (brønn 1) er det ingen vesentlig økning i Cl-innholdet de første 19 dagene, men siden øker konsentrasjonen jevnt og kommer opp i 1300 mg/l etter ca 4 mnd pumping.

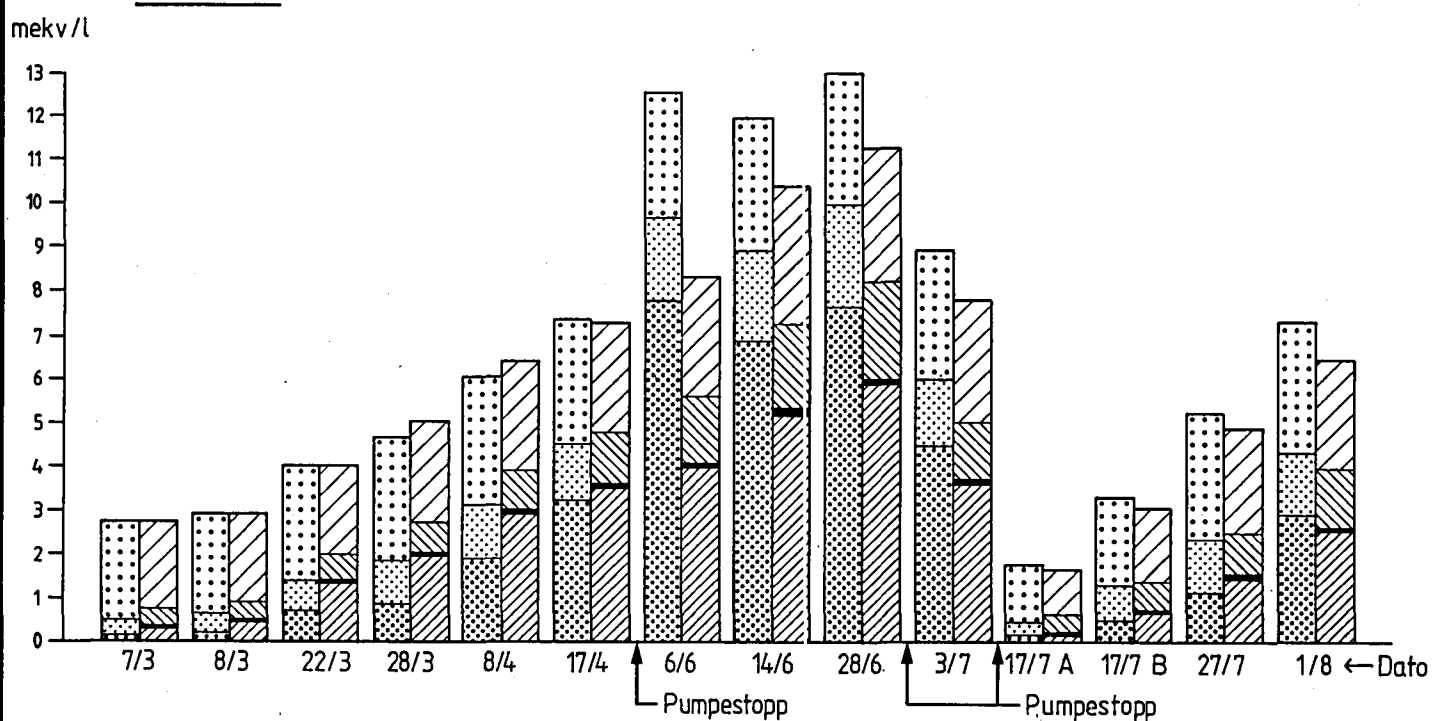
Ved den andre brønnen øker Cl-konsentrasjonen merkbart etter 15 dagers pumping (fra 5-27 mg/l), men økningen er ikke så stor som ved den første pumpingen. Den høyeste registrerte Cl-konsentrasjon ble målt til 276 mg/l etter ca. 3 mnd pumping. Etter den tid har pumpa stoppet flere ganger noe som har ført til reduksjon i konsentrasjon av oppløste salter og da særlig Na og Cl.

SO_4 stammer hovedsaklig fra oppløsning av sulfider (svovelkis) og sulfater, fra utluting av marine avsetninger eller direkte fra infiltrert sjøvann. SIFF krever at SO_4 -konsentrasjonen er mindre enn 100 mg/l i godt drikkevann.

BRØNN 1



BRØNN 2



TEGNFORKLARING

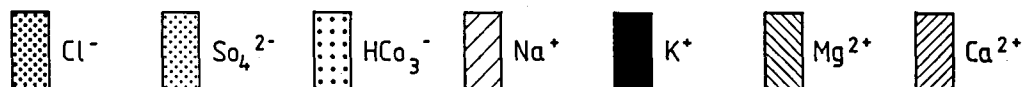


Fig. 2 Ionekonsentrasjoner i vannprøver som funksjon av pumpetid

Ved brønn 1 er sulfatkonsentrasjonen 300 mg/l etter 4 mnds. pumping, mens den høyest registrerte SO_4 -konsentrasjon ved brønn 2 er 111 mg/l.

Den forholdsvis høye SO_4 -konsentrasjonen som er observert i grunnvannet før pumpestart, og det forhold at konsentrasjonen øker parallelt med Cl-innholdet under prøvepumpingen, tyder på at SO_4 stammer både fra forvitring og fra utvasking av marine avsetninger.

Høye NO_3 -konsentrasjoner i grunnvann tyder på forurensning, enten fra avløpsvann eller fra avrenning fra jordbruksområder. Kravet fra SIFF er mindre enn 2.5 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$. Alle de målte nitratkonsentrasjonene ligger klart under denne grensen. Det er ellers vanskelig å korrelere NO_3 -innholdet med andre kjemiske parametre.

Fluorid forekommer normalt i små konsentrasjoner i grunnvann fra løsmasser. Mulige kilder for F er marine avsetninger og oppløsning av fluorholdige mineraler.

SIFF's krav er mindre enn 1.5 mg F/l. En av de analyserte prøvene har høyere F-konsentrasjon enn dette.

5.2.5 KATIONER

Na-konsentrasjonen i de analyserte vannprøvene viser omtrent samme variasjoner som Cl-konsentrasjonen, noe som tyder på marin påvirkning (se fig. 2). Andre kilder til Na-innhold i grunnvann er nedbøren og oppløsning av Na-holdige mineraler, f.eks Na-plagioklas. SIFF's krav til godt drikkevann er mindre enn 20 mg Na/l, noe som blir overskredet etter en tids prøvepumping i begge pumpeperiodene.

Konsentrasjonen av K viser bare en mindre økning med pumpetiden, noe som er rimelig i og med at marint influert vann har relativt lave K-konsentrasjoner. K i grunnvann stammer også fra forvitring av K-holdige mineraler som glimmer og kalifeltspat.

Det registrerte innholdet av kalium i vannprøvene vil bare ha begrenset innvirkning på vannets kvalitet.

Mange grunnvannsforekomster har for hardt vann, det vil si for høyt innhold av Mg og Ca. Hardt vann har bruksmessig0e ulemper som dårlig effekt av vaskemidler og utfelling av Ca i kjeler (kjelstein).

Etter SIFF's kvalitetsnormer for godt drikkevann bør Ca-konsentrasjonen være 15 - 25 mg/l og Mg-konsentrasjonen < 10 mg/l.

Kalsium og magnesium kan tilføres grunnvannet på følgende måter:

- Fra nedbøren (kun små konsentrasjoner)
- Fra oppløsning og forvitring av mineraler.
F.eks. gir oppløsning av kalkspat tilskudd av Ca (og noe Mg).
- Fra utluting av marine sedimenter eller direkte infiltrasjon av sjøvann.

Vannanalysene viser at allerede ved pumpestart er innholdet av Ca over 25 mg/l, og det øker med pumpetiden, bortsett fra etter perioder med pumpestopp hvor Ca-konsentrasjonen er vesentlig redusert (tab. 1, vedlegg 6). Ca-konsentrasjonen er høyest ved den første pumpeperioden.

Mg-konsentrasjonen øker fra 5-10 mg/l til opp mot 30 mg/l ved begge prøvepumpingene. Dette tyder på at Mg-innholdet stammer både fra oppløsning av mineraler og fra fossilt salt i marine sedimenter.

Jern og mangan er normalt lite løselige i nøytralt og basisk oksygenrikt vann. Ved reduserende forhold (underskudd på oksygen) som en ofte har i grunnvannsmagasinet er løseligheten større. Jern og mangan felles derfor lett ved lufting.

For høyt jern- og manganinnhold gir farge og dårlig smak på vannet, samtidig som det øker faren for slamdannelse og igjentetting av rør. SIFF's norm for drikkevann er mindre enn 0.1 mg Fe/l og mindre enn 0.05 mg Mn/l.

Jern og mangan i grunnvann stammer hovedsakelig fra oppløsning av Fe- og Mn-oksyder og hydroksyder som er utfelt under blekjordlaget. Dette kan skje ved at grunnvannsstanden stiger opp i dette nivået. Derfor vil fluktuasjoner i grunnvannstanden gi variasjoner i Fe- og Mn-innhold.

De målte konsentrasjoner av Fe og Mn øker med pumpetiden i den første perioden (fra 0.13 - 1.45 mg Fe/l og fra 0.06 - 0.25 mg Mn/l), mens under prøvepumpingen fra den øverste brønnen er Fe-

innholdet mer variabelt, men gjennomgående lavere. Det antas derfor at innhold av Fe og Mn i grunnvann ved Sundby kan medføre bruksmessige ulemper.

De andre registrerte kationene opptrer i små konsentrasjoner, og har liten innflytelse på vannets kvalitet.

Oksygeninnholdet i grunnvannet i den første pumpeperioden ble målt av Tvedten (1989) til 2.6 ppm noe som tilsvarer 21 % oksygenmetning. Dette er trolig for høy verdi i og med at vannet blir blandet med oksygen fra lufta før registreringen.

5.3 Aldersdatering

Ved prøvepumping i den øverste brønnen ble det også tatt vannprøve for aldersdatering med C-14. Ut fra forholdet mellom ^{13}C og ^{12}C ble alderen bestemt til 4290 +/- 55 år (Sæther 1990)

C-innholdet i grunnvann med pH ca. 8 forefinnes som HCO_3^- . Dette ionet stammer fra infiltrasjon av CO_2 -holdig overflatevann, fra nedbryting av organisk materiale i jordsmonnet eller fra oppløsning av karbonat. Analysene av mineralsammensetningen viste at grusprøvene bestod av mellom 5 og 10 % kalkspat. Det er også funnet et høyt Ca-innhold i vannprøvene (55 mg/l i den prøven som ble aldersdatert). Det er dermed klart at endel av det løste karbonatet stammer fra oppløsning av karbonatmineraler. Aldersdateringen med ^{14}C er derfor i dette tilfellet en usikker metode, men alderen på vannet kan ikke være over den angitte verdi.

5.4 Ionesammensetning i peilebrønner

Ionesammensetningen i peilebrønnene viser store variasjoner, og er vanskelig å korrelere med ionesammensetningen i vannprøvene (vedlegg 7). Følgende momenter kan likevel bemerkes:

- Alle peilebrønnene med høyt Cl og Na-innhold har marin leire over.
- Grunnvannet fra peilebrønn 8 har desidert høyest saltinnhold. Denne peilebrønnen står trolig i et mer eller mindre avstengt gruslag som kan inneholde fossilt saltvann (se vedlegg 4).
- I de 3 peilebrønnene hvor det ble tatt vannprøver både før og etter pumping er det bare små endringer i ionesammensetning, men K- og SO₄-konsentrasjonen er redusert og Mg- og Ca-konsentrasjonen økt.

Dette tyder på at grunnvannets kjemiske sammensetning i peilebrønnene er influert av de marine leiravsetningene og særlig av gjennomstrømningen i de mer eller mindre avstengte permeable sand- og gruslagene i leira. Det er overaskende at det ikke ble registrert særlige forandringer i Na- og Cl-konsentrasjonen etter pumpeperioden i peilebrønnene 2 og 24. Disse peilebrønnene ligger på hver side av elva i nærheten av brønn 2.

5.5 Porevannssammensetningen i leirprøver

Porevannssammensetningen i leirprøven viser at den bare delvis er utvasket for fossilt salt (vedlegg 7). Dette betyr at utlutingen foregår fortsatt. Ved uttak av grunnvann som skaper større sirkulasjon i magasinet vil det lutes ut større mengder fossilt salt, særlig ved diffusjon fra tynne leirlag.

Ved vurdering av leirprøvenes innhold av adsorberte kationer finner en mye høyere konsentrasjon av K og flervalente kationer (Mg og Ca) enn Na sammenlignet med ioneinnholdet i porevannet. Dette betyr at Na vaskes ut lettere fra leiren noe som skyldes at dette ionet er

svakere bundet til mineralfasen enn K og flervalente kationer. Cl-ionene frastøtes fra mineralflatene, og vil derfor også vaskes ut lettere enn Na-ionene fra leire.

Dette stemmer godt med ionesammensetningen i grunnvannet der vannprøvene med de høyeste saltinnhold har et Mg/Cl og Na/Cl-forhold som er lavere enn sjøvann.

5.6 Mulige årsaker til høyt saltinnhold

Høyt saltinnhold i grunnvannsbrønner kan skyldes følgende:

- 1) Direkte infiltrasjon av sjøvann.
- 2) Lukkede akvifere med meget lav gjennomstrømning og avsatt under marin grense kan inneholde gammelt havvann.
- 3) Utluting av fossilt salt fra marine sedimenter.

Sundbyavsetningen er som tidligere nevnt avsatt like foran en bre som stod i havet. Den er senere delvis begravd av marin silt og leire. I følge Sveian (1981) dukket de øverste deler av avsetningen opp over havnivået for ca. 8000 år siden, mens havet nådde opp til dagens elvenivå for under 1500 år siden. Selv om bunnen av brønnfiltrene ligger under dagens havnivå er det utelukket at sjøvann kan trekkes inn ved pumping. Ferskt grunnvann vil flyte oppå salt sjøvann og i tillegg er det mektige leiravsetninger som hindrer sjøvannet å bevege seg de 8 km. fra fjorden til brønnene.

Betingelsen for at det kan finnes rester av gammelt havvann i en akvifer er at gjennomstrømningen har vært såpass lav at vannet ikke er byttet ut med ferskt grunnvann. Ut fra aldersdateringen av grunnvannet med ^{14}C som ga en maksimal alder på ca. 4300 år, er det sannsynlig at fossilt sjøvann bidrar til det høye saltinnholdet.

Pumpetesten og kartleggingen av avsetningen viste at den østlige del av akviferen kan betraktes som åpen, mens den vestre delen som ligger neddykket i leire ligner mer på en lukket akvifer. Det er derfor mulig at saltholdig grunnvann fra delvis avstengte permeable

lag trekkes mot brønnene ved lengre tids pumping.

Årsaken til at saltinnholdet er lavt i starten av pumpeperiodene og etter lengre tids pumpestans, er trolig at akviferen i utgangspunktet var fylt med ferskt grunnvann med lavt saltinnhold. Etter en tids prøvepumping dras fossilt saltholdig vann fra deler av avsetningen med lav gjennomstrømning mot brønnen.

Den mest sannsynlige forklaringen på det høye ioneinnholdet etter en tids pumping er følgende:

Ved kontinuerlig pumping fornyes ikke grunnvannsmagasinet tilstrekkelig med ferskt grunnvann. Dette fører til en sterkere inntrekking av vann utlutet fra marin leire og/eller saltholdig fossilt grunnvann fra delvis avstengte gruslag. Slike gruslag vil fungere som "drensveier" for utlutet porevann. Derfor vil saltinnholdet i vannet øke med pumpetiden og uttatt mengde. En lengre pumpestopp vil føre til at magasinet igjen erstattes med ferskt grunnvann med lavere saltinnhold. Dette vises tydelig ved den andre pumpeperioden der en 10-14 dagers pumpestopp førte til at ionekonsentrasjonene ble mindre enn i den første vannprøven tatt like etter pumpestart (vedlegg 6).

Utlutet porevann fra en marin leire i dette området vil ha en alder på opptil ca. 10.000 år avhengig av når og i hvilken grad utlutingen har foregått. En aldersdatering av grunnvannet på ca. 4300 år er derfor ikke i strid med den nevnte teorien.

6 FORSLAG TIL VIDERE ARBEIDER

Selv om prøvepumpingen avslørte kvalitetsproblemer med for høyt saltinnhold på grunnvannet, bør det arbeides videre med utnyttelse av de påviste grunnvannsressurser.

6.1 Flytting av brønnen

Saltinnholdet etter en tids pumping er for høyt i begge brønnene, men er betydelig lavere ved brønn 2. Det kan derfor ikke utelukkes at en annen lokalisering av brønnen vil gi grunnvann med akseptabel kjemisk kvalitet. Brønnen bør plasseres slik at gjennomgangen til elva er såpass god at reservoaret fornyes med infiltrert ellevann uten at utlutet salt fra marine sedimenter og fossilt grunnvann fører til for høyt saltinnhold. Et forslag til en slik plassering er på andre siden av elven ved Eklo (se vedlegg 8).

Det må understrekes at også dette vil være et prøveprosjekt med uforutsigbart resultat. Ved uttak av såpass store vannmengder (120 l/s), kan det være vanskelig å unngå inntrekking av grunnvann påvirket av fossile salter.

6.2 Kunstig infiltrasjon

Kunstig infiltrasjon i grunnen kan brukes både der det er problemer med kapasitet og kvalitet. I dette tilfellet er formålet med en kunstig infiltrasjon å hindre transport av vann med fossilt salt til brønnen ved uttak av større mengder grunnvann. Dette kan gjøres ved å pumpe ellevann opp i en infiltrasjonsgrøft eller flere infiltrasjonsbasseng lengre oppe i avsetningen i god høyde over grunnvannsspeilet (se vedlegg 8 og fig. 3). Forenklet kan man si at avsetningen brukes til å rense ellevannet. Det er derfor nødvendig med en mektig ummettet sone over grunnvannsspeilet og en viss oppholdstid på det infiltrerte vannet. Hauge (1978) foreslår en nødvendig oppholdstid på min. 60 døgn.

Kunstig infiltrasjon vil forandre strømningslinjene, slik at fossilt saltholdig vann hindres i å nå brønnen. Infiltrasjonsanlegget dimensjoneres ut fra massenes hydrauliske konduktivitet, ønsket uttatte vannmengder og høydedifferansen mellom bassengets/grøftas bunn og grunnvannsspeilet. I fig. 3 er oppbyggingen av et slikt anlegg skissert.

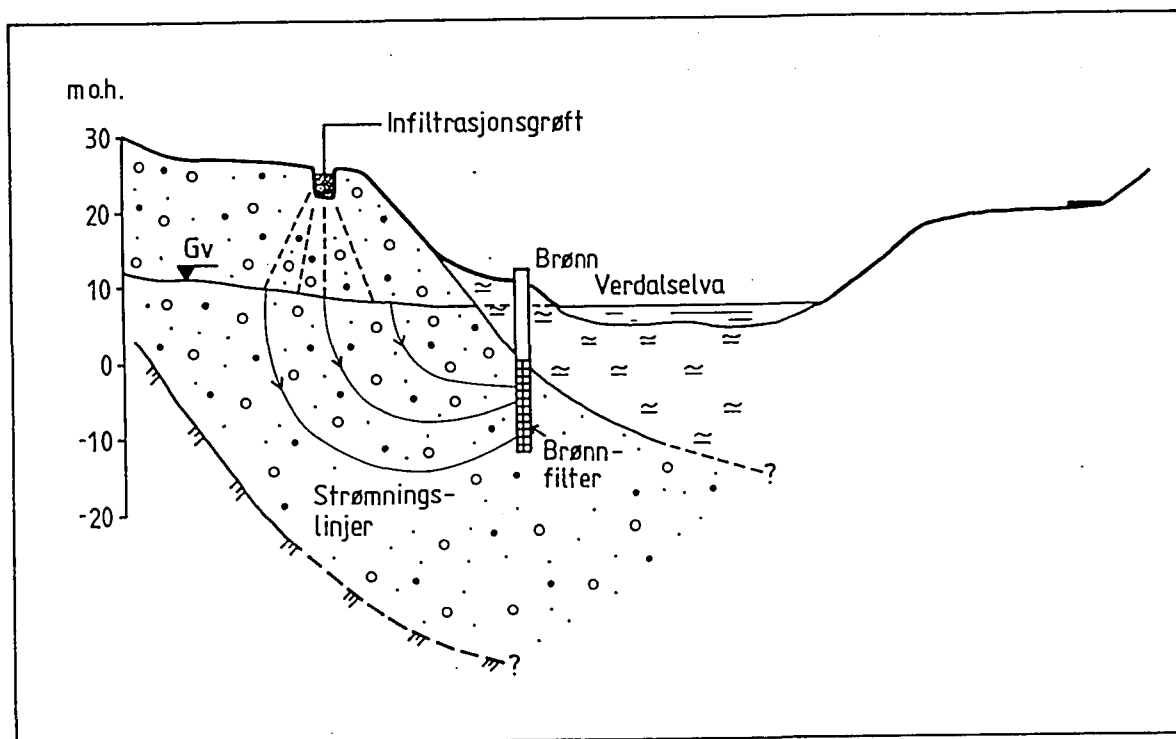


Fig. Skisse av anlegg for kunstig infiltrasjon.

6.3 Produksjon av mineralvann

Med de store usikkerheter knyttet til framtidens drikkevannskvalitet, vil det trolig bli et voksende marked for mineralvann tappet på flaske. Grunnvannet fra Sundbyavsetningen burde egne seg yppelig til slik produksjon.

Tabellen nedenfor viser kjemisk sammensetning av vann fra Farris og fra noen utvalgte vannprøver fra Sundby.

SAMMENLIGNING AV GRUNNVANNSKJEMI VED SUNDBY OG FARRIS (i mekv/l)

Prøvedato	pH	alkal	F	Cl	Br	SO ₄	Na	K	Mg	Ca
Farris	8.30	5.4		7.04		0.65	10.4	0.32	1.32	1.44
Brønn 1										
20/9	8.0	4.00	0.01	3.13	0.01	1.77	1.59	0.21	1.14	5.24
26/9	7.7	3.90		5.49	0.01	2.02	2.83	0.24	1.38	5.74
12/10	7.6	3.80		14.82	0.02	3.10	7.26	0.29	2.26	6.44
Brønn 2										
17/4	7.84	2.85	0.04	3.27	0.01	1.28	3.55	0.11	1.14	2.52
8/6	8.29	2.86	0.03	7.77	0.01	1.87	3.95	0.10	1.52	2.75
14/6	7.97	3.05	0.30	6.87	0.01	2.01	5.20	0.12	1.96	3.15
28/6	7.82	2.97		7.63	0.01	2.31	5.95	0.11	2.20	3.15
3/7	7.74	2.95	0.01	4.45	0.01	1.56	3.66	0.10	1.32	2.77

Tab. 4 Sammenligning av grunnvannskjemi ved Sundby og Farris.

Det virker som om grunnvannskjemien kan varieres ved mengden på uttaket og brønnplasseringen. Ioneinnholdet øker jo mer vann som tas ut, og brønn 1 gir vann med høyere saltinnhold enn brønn 2. Det skulle dermed være mulig å tilpasse mineralvannets kjemiske sammensetning etter hva markedet ønsker.

7 REFERANSER

Andersen, A.-B.: "Grunnvannsundersøkelser ved Sundby, Verdal kommune, Nord-Trøndelag". NGU-rapp. 1806/26, Trondheim 1983.

Berger, B.: "Rapport om vertikale elektriske sonderinger i Verdal". NTH, Trondheim 1980.

Freeze, R. and Cherry, J.A.: "Groundwater", Vancouver, 1979.

Grepstad, G.K.: "Hydrogeologiske undersøkelser i Verdalen". Hovedoppgave i ingeniørgeologi, geologisk institutt, NTH, 1981 (upublisert).

Hauge, T.: "Grunnvann som forsyningskilde". Oslo, 1978.

Kirkhusmo, L.: "Rapport fra Norges geologiske undersøkelse vedrørende grunnvannsforsyning til Verdal", Oslo, 1973.

Klemetsrud, T.: "Oppfølgende undersøkelser av sand/grus og grunnvann i Verdal. Status og forslag til framdriftsplan." NGU-internrapport, Oslo, 1982.

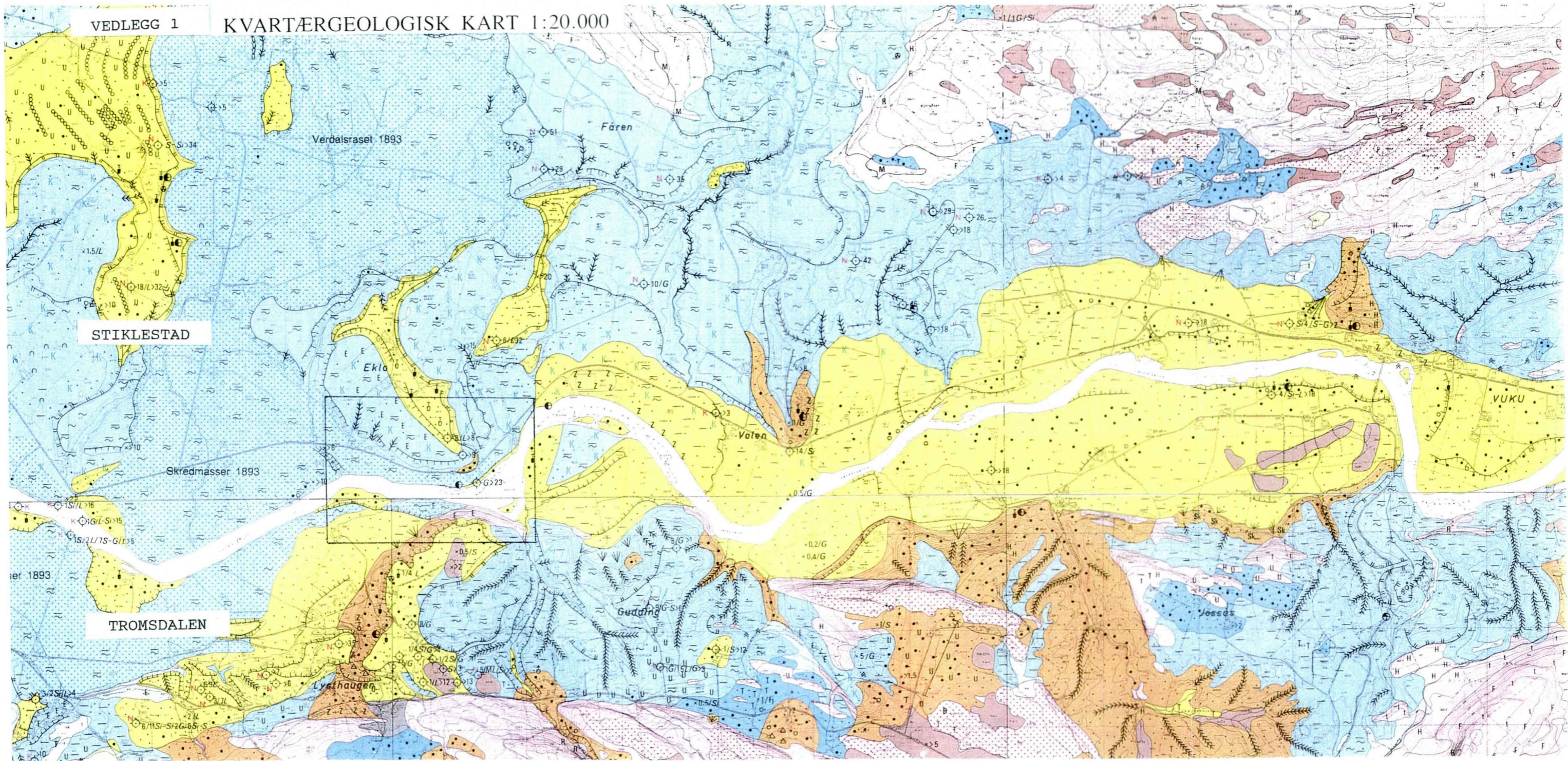
SIFF: "Kvalitetsnormer for drikkevann". Veiledningshefte G2, Oslo, 1987.

Sveian, H.: "Stiklestad, kvartærgeologisk kart CUV 135136-20, Norges geologiske undersøkelse". 1981a.

Sveian, H.: "Tromsdalen, kvartærgeologisk kart CUV 133134-20, Norges geologiske undersøkelse". 1981b.

Sæther, O. M.: "Aldersdatering og kjemisk analyse av grunnvann fra Sundby, Verdal kommune". NGU Intern rapport nr. 90.015.

Tvedten, S.: "Prøvepumping av grunnvannsbrønner ved Sundby i Verdal". Hovedoppgave i ingeniørgeologi, institutt for geologi og bergteknikk, NTH, 1989 (upublisert).



Tegnforklaring

Løsmasser

- Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- Randmorenerogg/randmorenebelte
- Breelavsetninger (Glasifluviale avsetninger)
- Ryggformet breelavsetning (Esker)
- Innsjøavsetninger (Lakustrine avsetninger)
- Hav- og fjordavsetninger (Marine avsetninger), sammenhengende dekke, ofte med stor mektighet/skredmasser fra kvikkleireskred
- Skredmasser fra Verdalsraset 19. mai 1893
- Strandavsetninger (Marine strandavsetninger), sammenhengende dekke
- Hav- og fjordavsetninger og strandavsetninger, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- Elve- og bekkeavsetninger (Fluviale avsetninger)
- Forvittringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke
- Ur
- Torv- og myrdannelser
- Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen
- Fyllmasser (Løsmasser tilført eller sterkt påvirket av mennesker)

Bart fjell

- Bart fjell
- Liten fjellblotning

Små eller vanskelig avgrensbare avsetninger i områder dominert av andre løsmasser/bart fjell

- M Morenemateriale
- B Breelavsetninger
- H Hav- og fjordavsetninger
- U Strandavsetninger
- E Elve- og bekkeavsetninger
- V Vindavsetninger
- F Forvittringsmateriale
- R Ur
- T Torv- og myrdannelser
- t Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen
- Z Fyllmasser

Kornstørrelse

- Blokk Større enn 256 mm
- Stein 256 mm—64 mm
- Grus 64 mm—2 mm
- Sand 2 mm—0,063 mm
- Silt 0,063 mm—0,002 mm
- Leir Mindre enn 0,002 mm

Eksempler på to dominerende fraksjoner:

- Grus og sand i omtrent lik mengde
- Silt og leir, leirinnhold > 15%

Kartet fremstiller den (de) dominerende kornstørrelsesfraksjon(er). Dersom leirinnholdet er større enn 15% betraktes leir som en av de dominerende fraksjoner.

Løsmassenes mektighet og lagfølge

- (Bl = Blokk, St = Stein, G = Grus, S = Sand, Si = Silt, L = Leir, Fj = Fjell, M = Morenemateriale, B = Breelavsetning, E = Elve- og bekkeavsetning)
- 3 Den kartlagte avsetning er 3 m mektig
- >2 Den kartlagte avsetning er mektigere enn 2 m
- >1/3 G/Fj Den kartlagte avsetning er 1 m mektig, under er det 3 m grus over fjell
- >5 Mektigheten er bedømt til mer enn 5 m

Særtrekk i løsmassenes overflate

- △ Høyt blokkinnhold i overflaten
- Stor enkeltblokk

Isbevegelsesretning

- Isskuringsstripe, bevegelse mot observasjonspunktet
- Kryssende isskuringsstriper, antall haker øker med økende relativ alder (○ → ubestemt relativ alder)

Overflateformer

- Iskontaktskrånning
- Elve- eller bekkenedskjæring
- Tidligere elve- eller bekkeløp
- Terrassekant
- Vifteform
- Strandvoll
- Ravine med aktiv erosjon
- Skredkant
- Markert haug- eller ryggform
- Haug- og ryggformet overflate
- Rygg i løsmasser

Andre symboler

- Kilde (grunnvannsutslag)
- Kildehorisont (sone med grunnvannsutslag)
- Skjellforekomst
- Massetak i drift
- Massetak, nedlagt

Referanse til dette kartet: SVEIAN, H. -1981 STIKLESTAD, kvartærgeologisk kart CUV 135136-20 Norges geologiske undersøkelse

Referanse til dette kartet: SVEIAN, H. - 1981 TROMSDALEN, kvartærgeologisk kart CUV 133134-20 Norges geologiske undersøkelse.

OVERSIKTSKART OVER UTFØRTE BORINGER
M 1 : 5000

● Peilebrønner
A.B. Andersen, 1982 og
S. Tvedten, 1989

⊙ Sonderboringer

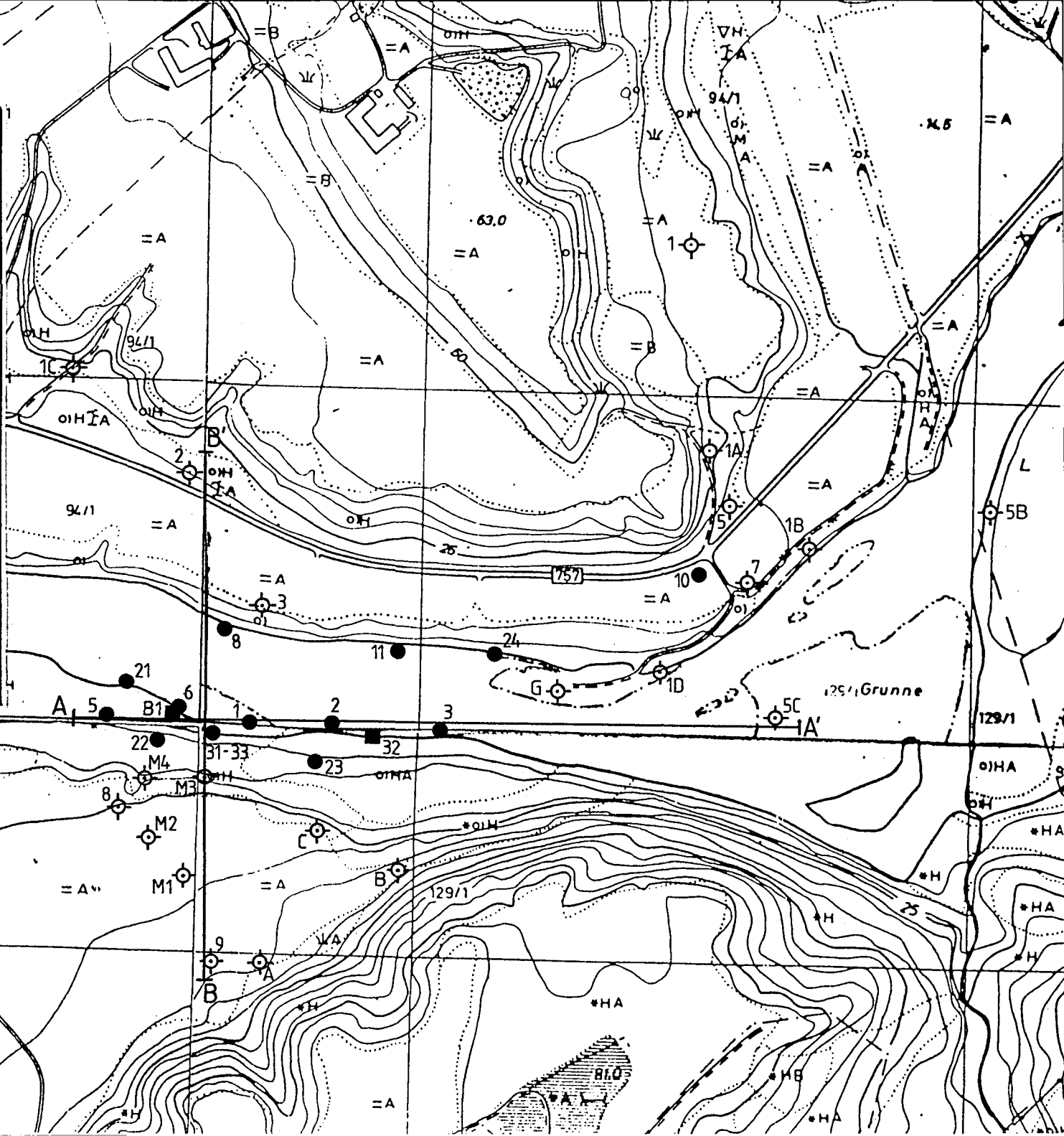
G G. Grepstad, 1981

1a-1d
5b-5c T. Klemetsrud, 1981

1-9 A.B. Andersen, 1982

A, B, C
M1-M4 S. Tvedten, 1989

■ Brønner

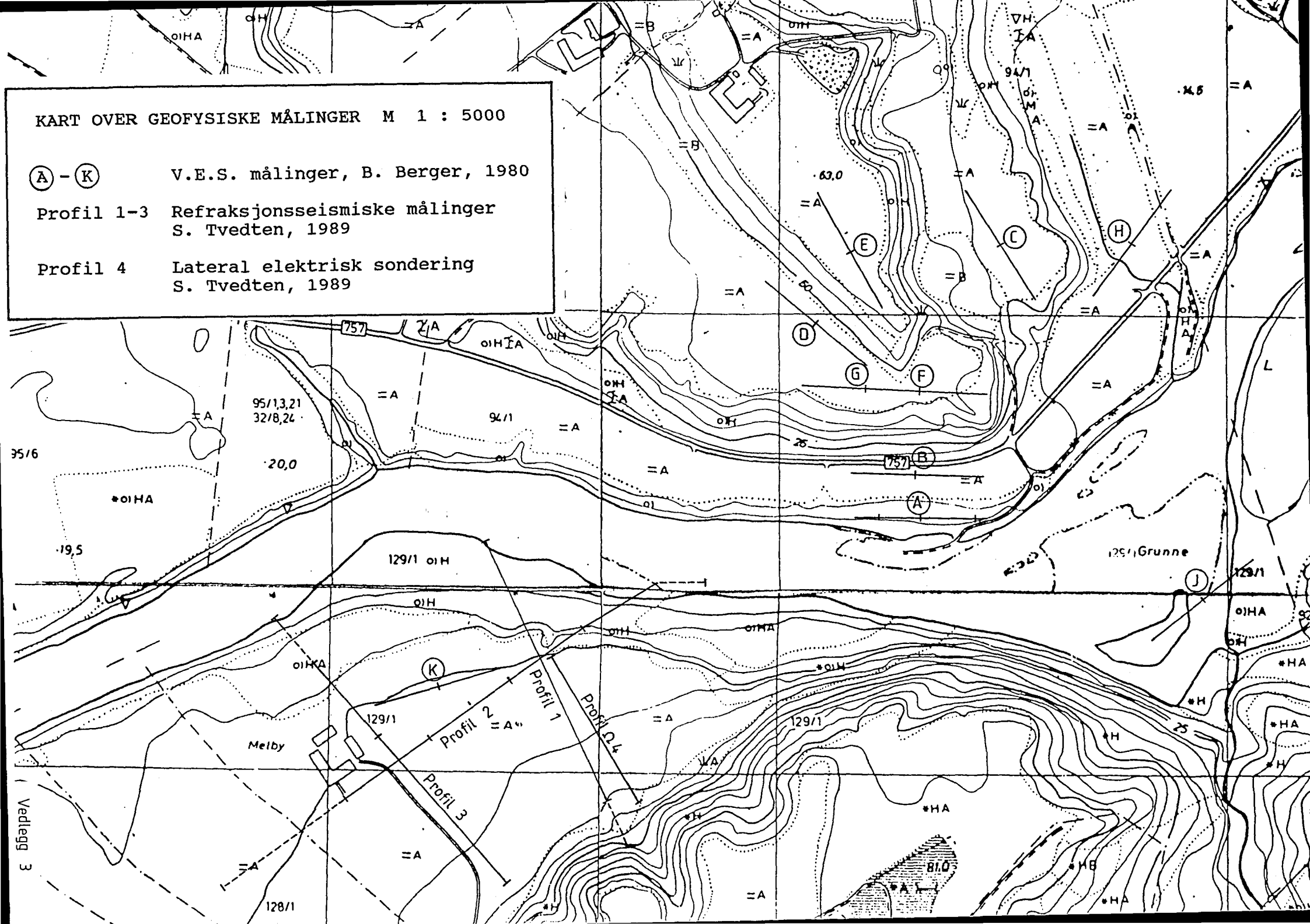


KART OVER GEOFYSISKE MÅLINGER M 1 : 5000

Ⓐ - Ⓚ V.E.S. målinger, B. Berger, 1980

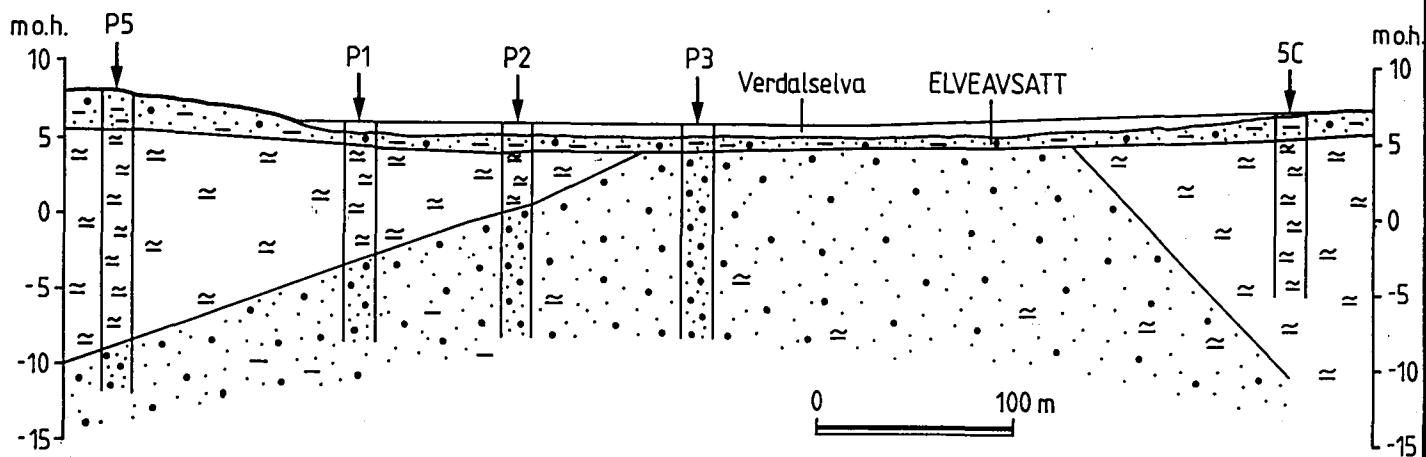
Profil 1-3 Refraksjonsseismiske målinger
S. Tvedten, 1989

Profil 4 Lateral elektrisk sondering
S. Tvedten, 1989

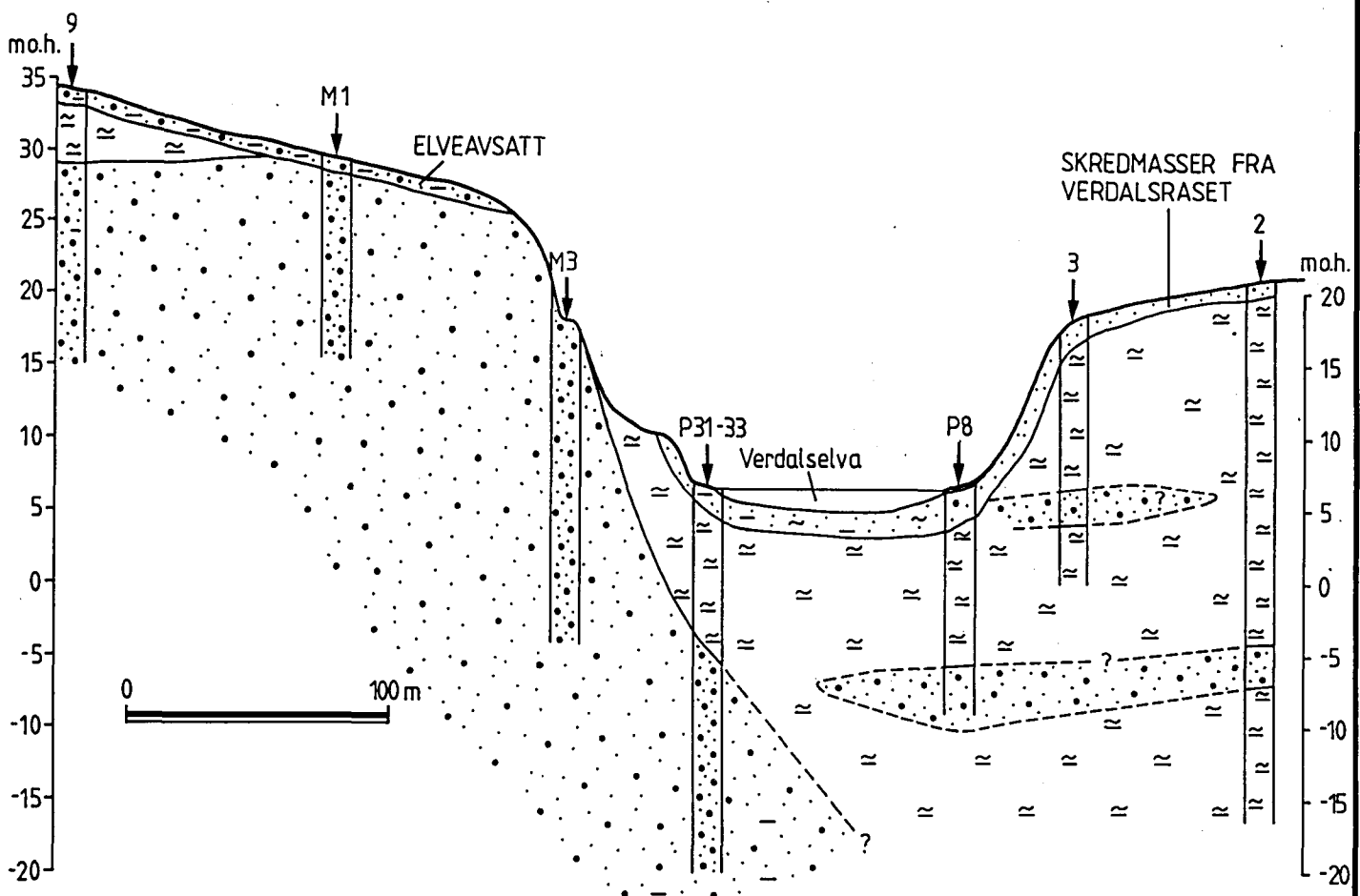


Vedlegg 3




PROFIL A-A'

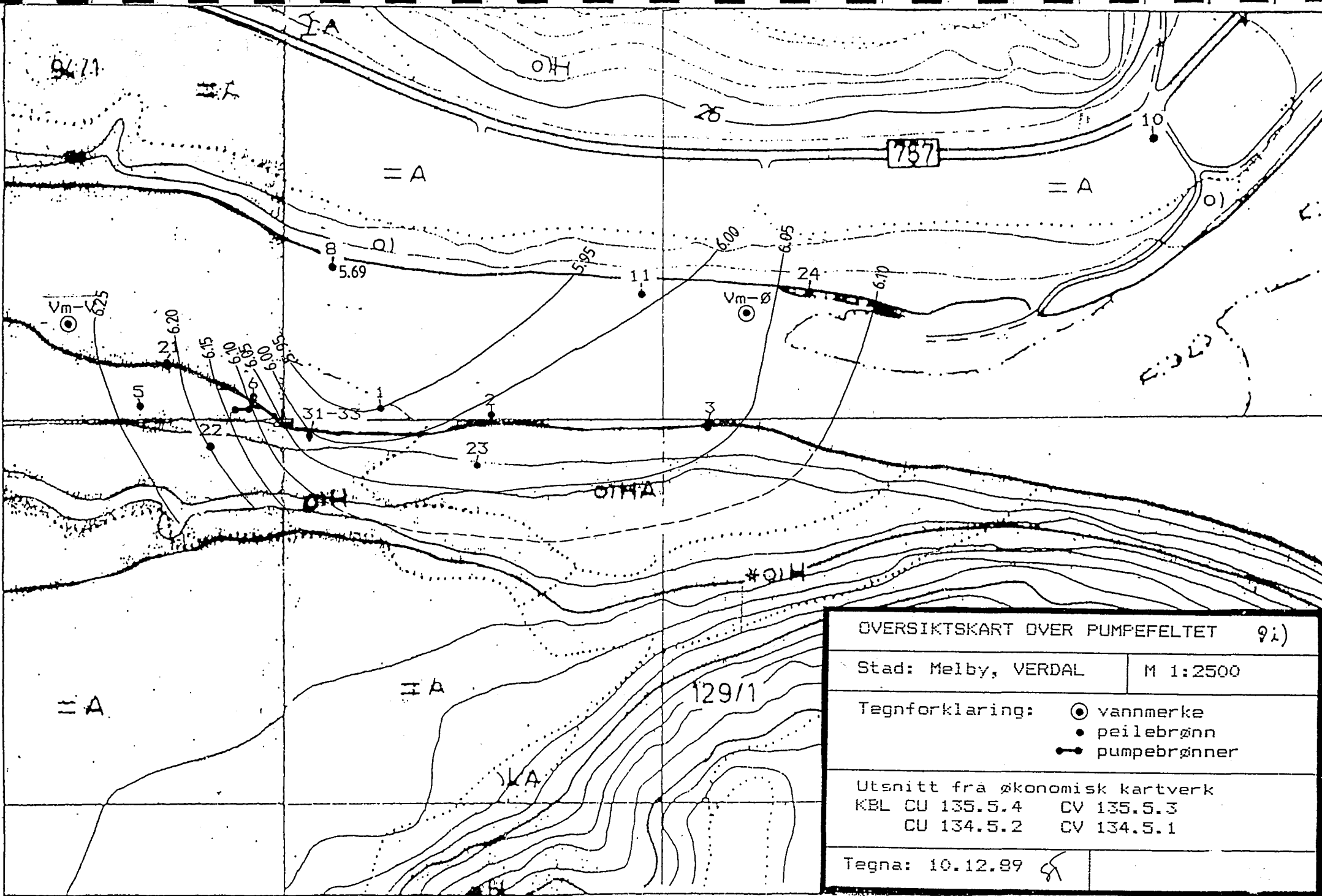


PROFIL B-B'



TEGNFORKLARING

-  BREELAVSETNING (Sand og grus)
-  ELVEAVSETNING (Grus, sand og silt)
-  MARINE AVSETNINGER (Vesentlig silt og leire)



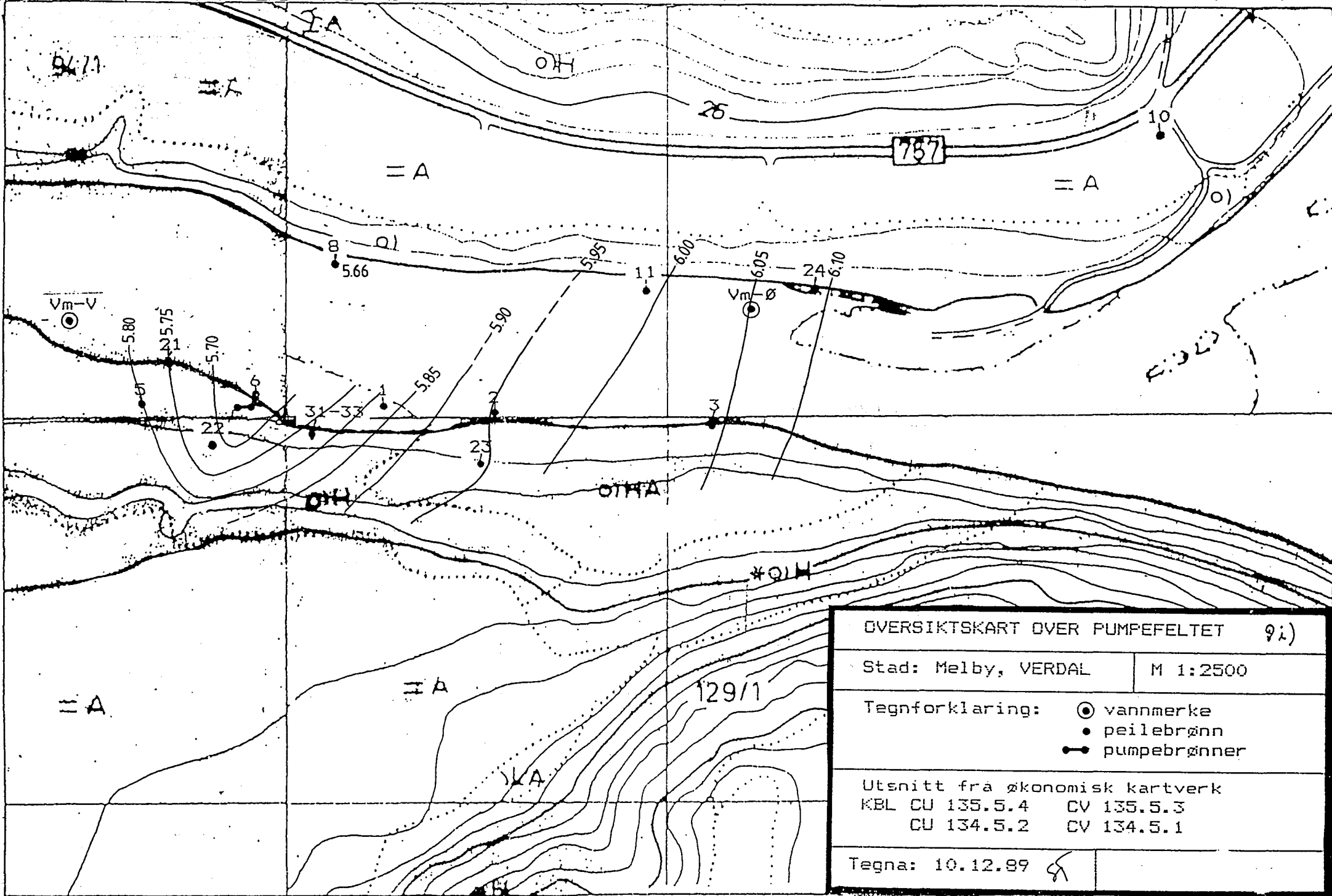
OVERSIKTSKART OVER PUMPEFELTET 92)

Stad: Melby, VERDAL M 1:2500

- Tegnforklaring:
- vannmerke
 - peilebrønn
 - pumpebrønner

Utsnitt fra økonomisk kartverk
 KBL CU 135.5.4 CV 135.5.3
 CU 134.5.2 CV 134.5.1

Tegna: 10.12.89 *sf*



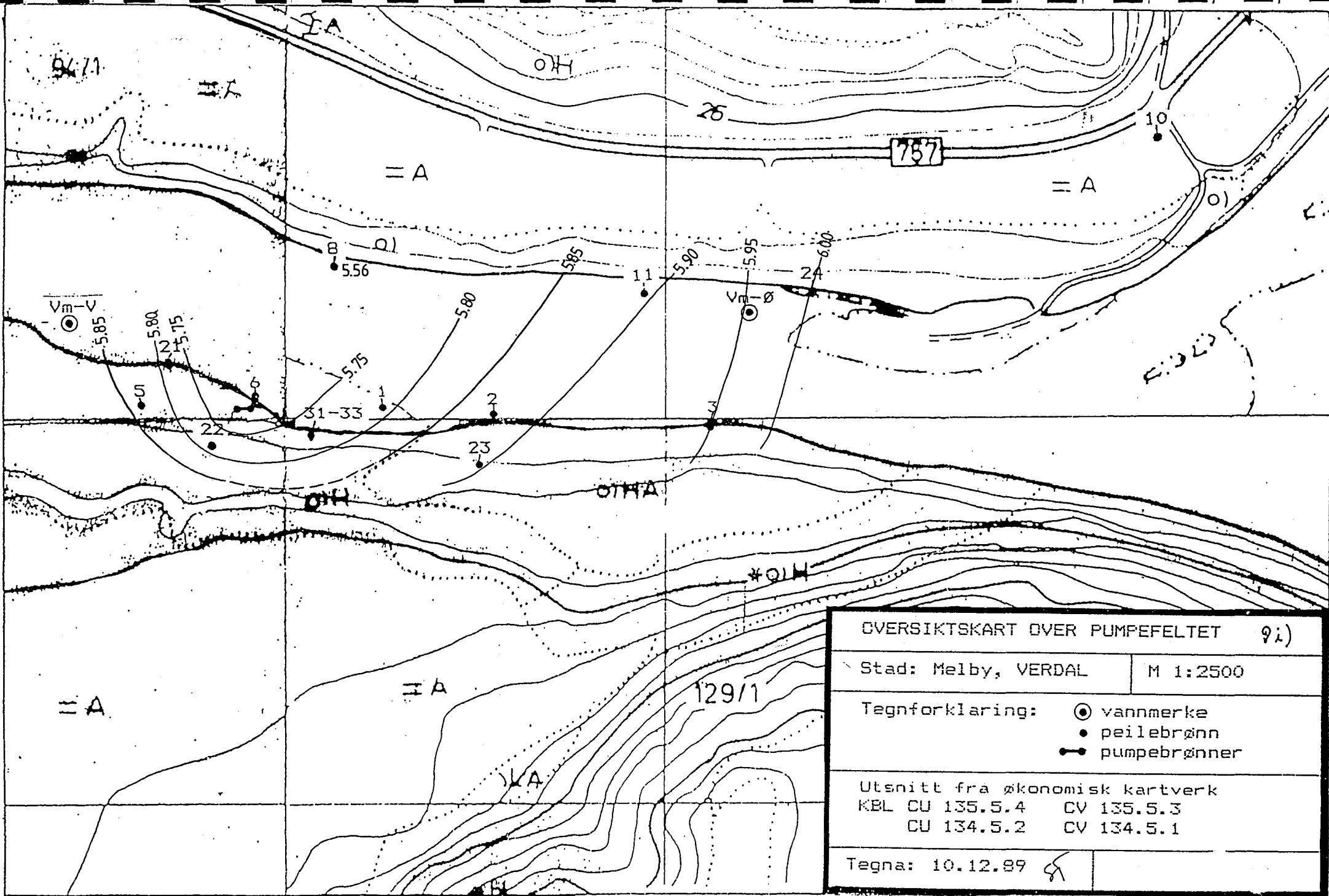
OVERSIKTSKART OVER PUMPEFELTET 92)

Stad: Melby, VERDAL M 1:2500

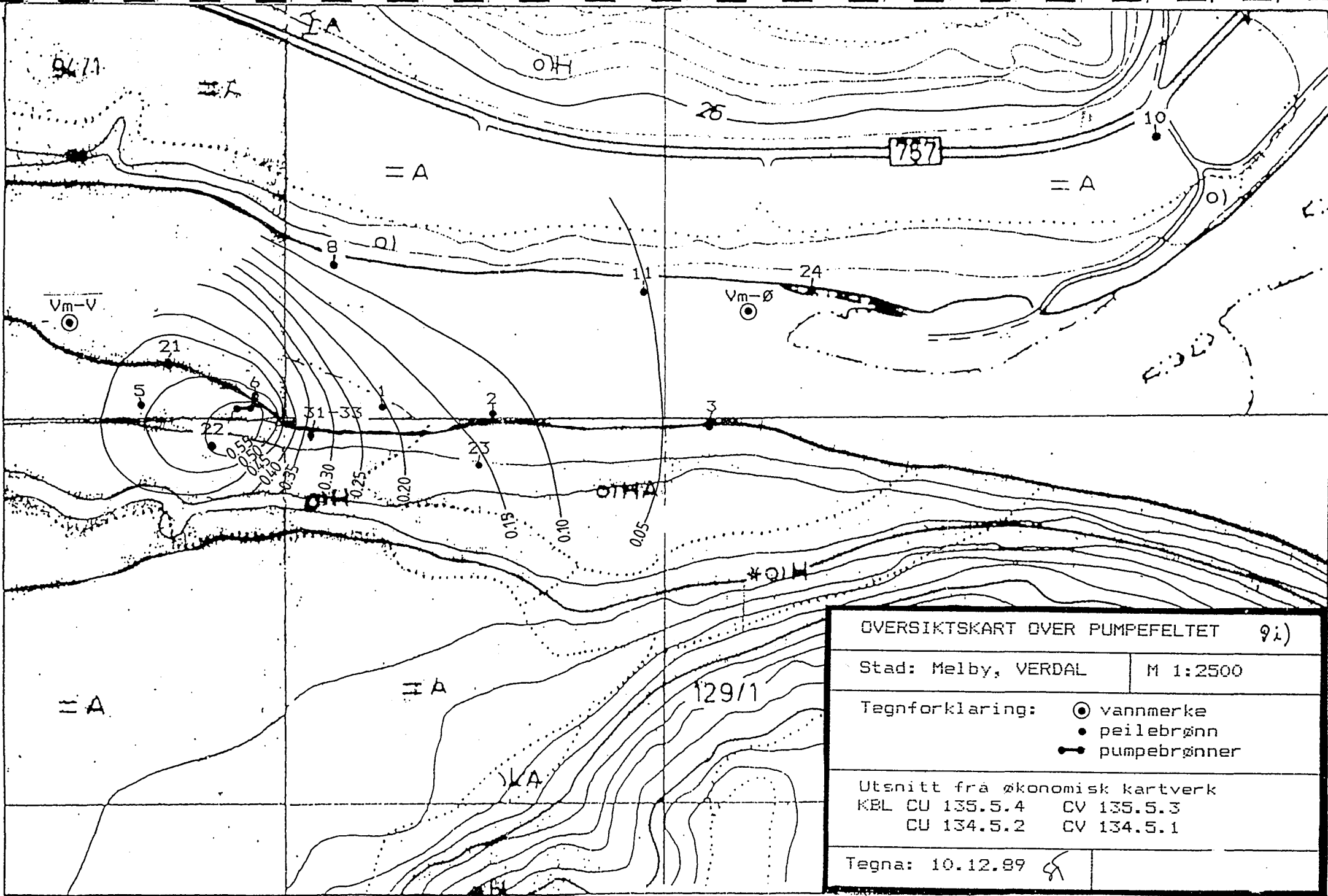
- Tegnforklaring:
- ⊙ vannmerke
 - peilebrønn
 - pumpebrønner

Utsnitt fra økonomisk kartverk
 KBL CU 135.5.4 CV 135.5.3
 CU 134.5.2 CV 134.5.1

Tegna: 10.12.89



OVERSIKTSKART OVER PUMPEFELTET 92)	
Stad: Melby, VERDAL	M 1:2500
Tegnforklaring: ○ vannmerke ● peilebrønn pumpebrønner	
Utsnitt fra økonomisk kartverk KBL CU 135.5.4 CV 135.5.3 CU 134.5.2 CV 134.5.1	
Tegna: 10.12.89	✍



OVERSIKTSKART OVER PUMPEFELTET 9i)

Stad: Melby, VERDAL M 1:2500

- Tegnforklaring:
- ⊙ vannmerke
 - peilebrønn
 - pumpebrønner

Utsnitt fra økonomisk kartverk
 KBL CU 135.5.4 CV 135.5.3
 CU 134.5.2 CV 134.5.1

Tegna: 10.12.89

VEDLEGG 6 TABELL 1

VANNANALYSER, SUNDBY

Brønn 1

Dato	ledn.ev umhos/cm	pH	alkal. mmol/l	F mg/l	mekv/l	Cl mg/l	mekv/l	Br mg/l	mekv/l	SO4 mg/l	mekv/l	NO3 mg/l	mekv/l	Na mg/l	mekv/l	K mg/l	mekv/l	Mg mg/l	mekv/l	Ca mg/l	mekv/l	Sr mg/l	mekv/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Si mg/l	
10/8	426	7.8	3.5	0.32	0.017	12.7	0.36	0.03	0.000	45	0.94			8.4	0.37	7.2	0.18	8.3	0.68	69	3.44	0.22	0.0050	0.13	0.08	2.57	
11/8	459	7.8	3.7	0.26	0.014	14.0	0.39	0.06	0.001	53	1.10	0.32	0.0052	9.0	0.39	7.8	0.20	9.0	0.74	75	3.74	0.24	0.0055	0.22	0.10	2.76	
12/8	472	7.8	3.8	0.19	0.010	15.4	0.43	0.04	0.001	56	1.17	0.37	0.0060	9.3	0.40	8.0	0.20	9.3	0.77	78	3.89	0.25	0.0057	0.25	0.10	2.82	
13/8	487	7.8	3.8	0.63	0.033	16.8	0.47	0.37	0.005	57	1.19	0.38	0.0061	10.2	0.44	8.4	0.21	9.5	0.78	79	3.94	0.25	0.0057	0.26	0.11	2.89	
17/8	502	7.8	4.1											11.0	0.48	7.9	0.20	9.7	0.80	80	3.99	0.26	0.0059	0.42	0.12	3.02	
24/8	525	8.0	4.1	0.39	0.021	15.5	0.44	0.01	0.000	60	1.25	0.47	0.0076														
stopp																											
12/9	543	7.9	4.1	0.36	0.019	21.5	0.61	0.07	0.001	69	1.44	0.15	0.0024	12.2	0.53	8.3	0.21	10.1	0.83	83	4.14	0.27	0.0062	0.04	0.13	3.03	
20/9	819	8.0	4.0	0.25	0.013	111.0	3.13	0.48	0.006	85	1.77			36.5	1.59	8.3	0.21	13.8	1.14	105	5.24	0.37	0.0084	0.60	0.17	3.18	
26/9	1114	7.7	3.9			195.0	5.49	0.53	0.007	97	2.02			65.2	2.83	9.2	0.24	16.8	1.38	115	5.74	0.42	0.0096	0.70	0.19	3.17	
5/10	2220	8.0	3.7			657.0	18.51	1.82	0.023	158	3.29			197.0	8.57	12.9	0.33	31.5	2.59	151	7.53	0.65	0.0148	1.11	0.25	3.25	
stopp																											
12/10	1880	7.6	3.8			526.0	14.82	1.31	0.016	149	3.10			167.0	7.26	11.4	0.29	27.4	2.26	129	6.44	0.54	0.0123	0.93	0.21	3.16	
27/11	4080	8.0	3.8			1200.0	33.80			268	5.58	0.31	0.0050	529.0	23.01	15.0	0.38	78.1	6.43	153	7.64			1.45	0.31	3.37	
19/12	4500	7.6	3.7			1300.0	36.62			300	6.25	0.14	0.0023	603.0	26.22	16.6	0.42	84.6	6.96	136	6.78			0.02	0.25	3.42	

Brønn 2

Dato	ledn.ev umhos/l	pH	alkal. mmol/l	F mg/l	mekv/l	Cl mg/l	mekv/l	Br mg/l	mekv/l	SO4 mg/l	mekv/l	Na mg/l	mekv/l	K mg/l	mekv/l	Mg mg/l	mekv/l	Ca mg/l	mekv/l	Sr mg/l	mekv/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Si mg/l			
7/3	255	8.0	2.3	0.26	0.014	4.2	0.12	<0.05		19.0	0.40	7.8	0.34	2.1	0.05	5.1	0.42	39.5	1.97	0.16	0.0036	0.19	0.06	3.35			
9/3	270	8.0	2.4	0.37	0.020	5.2	0.15	"		22.6	0.47	10.1	0.44	2.1	0.05	5.3	0.43	40.1	2.00	0.16	0.0036	0.12	0.06	3.52			
22/3	394	8.0	2.6	0.55	0.029	26.5	0.75	0.10	0.001	34.1	0.71	30.9	1.34	2.8	0.07	6.9	0.57	42.0	2.10	0.17	0.0039	0.27	0.07	3.66			
28/3	518	7.9	2.8	0.61	0.032	30.1	0.85	0.17	0.002	46.1	0.96	44.3	1.93	3.0	0.08	8.6	0.71	46.0	2.30	0.20	0.0045	0.21	0.07	3.50			
6/4	619	7.9	3.0	0.73	0.039	68.1	1.92	0.33	0.004	56.7	1.18	66.9	2.91	3.7	0.09	11.0	0.90	50.3	2.51	0.23	0.0053	0.37	0.08	3.67			
17/4	801	7.8	2.9	0.85	0.045	116.0	3.27	0.43	0.005	61.5	1.28	81.6	3.55	4.1	0.11	13.9	1.14	50.5	2.52	0.26	0.0058	0.46	0.09	3.62			
stopp																											
8/6	896	8.3	2.9	0.57	0.030	276.0	7.77	0.74	0.009	89.7	1.87	90.8	3.95	4.1	0.10	18.5	1.52	55.2	2.75	0.29	0.0066	0.04	0.09	3.45			
14/6	1149	8.0	3.1	5.68	0.301	244.0	6.87	0.86	0.011	96.6	2.01	119.5	5.20	4.7	0.12	23.8	1.96	63.1	3.15	0.35	0.0080	0.02	0.11	3.55			
28/6	1260	7.8	3.0			271.0	7.63	1.05	0.013	111.0	2.31	136.8	5.95	4.3	0.11	26.7	2.20	63.1	3.15	0.37	0.0085	0.29	0.12	3.52			
stopp																											
3/7	871	7.7	3.0	0.25	0.013	158.0	4.45	0.55	0.007	75.1	1.56	84.1	3.66	3.9	0.10	18.5	1.32	55.3	2.77	0.28	0.0064	0.08	0.09	3.34			
stopp																											
17/7 A	160	8.1	1.3	0.14	0.007	5.1	0.14	0.01	0.000	13.5	0.28	3.8	0.17	1.0	0.03	4.8	0.40	21.5	1.08	0.08	0.0018	0.03	0.05	2.60			
17/7 B	300	8.0	2.0	0.20	0.011	17.0	0.48	0.07	0.001	38.7	0.81	16.0	0.70	1.9	0.05	7.7	0.63	33.5	1.68	0.13	0.0030	0.03	0.05	2.95			
27/7	488	7.9	2.8	0.23	0.012	39.5	1.11	0.16	0.002	61.2	1.28	33.2	1.44	2.9	0.07	12.0	0.99	47.6	2.38	0.20	0.0046	0.09	0.08	3.26			
1/8	667	7.8	2.9	0.24	0.013	102.0	2.87	0.34	0.004	67.9	1.41	57.8	2.51	3.4	0.09	16.0	1.32	49.7	2.49	0.24	0.0055	0.09	0.09	3.37			

VEDLEGG 7, TABELL 2

VANNANALYSER FRA PEILERØR (Juli 1989)

Peilerønr	Nivå	ledn.ev umhos/l	pH	alkal mmol/l	F mg/l	mekv/l	Cl mg/l	mekv/l	Br mg/l	mekv/l	SO4 mg/l	mekv/l	Na mg/l	mekv/l	K mg/l	mekv/l	Mg mg/l	mekv/l	Ca mg/l	mekv/l	Fe mg/l	Si mg/l	
1	-8	622	7.5	4.7			14.6	0.41			136.0	2.83	7.3	0.32	7.3	0.19	15.8	1.30	105.7	5.27	0.14	3.9	
2	-8.3	553	7.7	3.8			10.1	0.28			146.0	3.04	8.1	0.35	5.5	0.14	17.2	1.42	85.9	4.29	0.17	4.9	
2	-8.3	tatt 1/8 1990	577	8.0	3.8	0.01	9.3	0.27			117.0	2.44	7.9	0.34	3.5	0.09	20.1	1.65	88.1	4.40	< 0.01	4.6	
3	-8.5	249	7.9	2.2	0.23	0.01	5.5	0.15			24.9	0.52	3.5	0.15	3.2	0.08	3.9	0.32	41.6	2.08	0.05	2.9	
5	-11.7	853	8.0	5.0	0.58	0.03	138.0	3.89	0.40	0.005	81.9	1.71	86.2	3.75	17.2	0.44	15.2	1.25	61.3	3.06	1.02	7.5	
5	-11.7	tatt 1/8 1990	915	8.0	12 ?	0.18	0.01	152.0	4.28	0.46	0.006	70.4	1.47	83.4	3.63	11.8	0.30	17.4	1.43	67.2	3.36	< 0.01	3.4
6	-13.3	414	8.1	3.4	0.17	0.01	16.8	0.47	0.05	0.001	57.6	1.20	8.4	0.37	7.3	0.19	8.1	0.67	67.4	3.36	0.13	2.5	
8	-9	9680	7.9	4.2	5.84	0.31	3200.0	90.14	11.90	0.149	429.0	8.94	665.3	28.93	51.5	1.32	189.9	15.63	103.8	5.18	0.15	6.2	
11	-7.4	690	7.8	5.4	0.58	0.03	29.9	0.84	0.08	0.001	102.0	2.13	22.6	0.98	5.1	0.13	28.4	2.34	87.7	4.38	0.17	9.2	
21	-12.8	1740	7.9	4.4	1.52	0.08	400.0	11.27	1.59	0.020	109.0	2.27	236.5	10.28	25.5	0.65	30.9	2.54	62.3	3.11	0.09	4.0	
22	-2	426	7.8	3.5	0.34	0.02	7.4	0.21			34.8	0.73	9.8	0.43	8.0	0.20	8.5	0.70	69.0	3.44	0.01	2.5	
23	-0.3	663	7.4	4.1	0.17	0.01	6.5	0.18			31.2	0.65	6.7	0.29	8.7	0.22	21.5	1.77	107.7	5.37	0.06	4.2	
24	2.3	675	7.5	4.6	0.43	0.02	7.4	0.21			59.3	1.24	8.7	0.38	7.8	0.20	20.6	1.70	111.3	5.55	0.14	3.9	
24	0.3	341	7.7	2.5	0.27	0.01	14.3	0.40	0.03	0.000	44.1	0.92	5.7	0.25	5.0	0.13	9.7	0.80	51.7	2.58	0.03	3.4	
24	-5.7	267	7.9	2.1	0.45	0.02	8.4	0.24			193.0	4.02	6.1	0.27	5.6	0.14	5.5	0.45	40.5	2.02	0.04	2.6	
24	-7.7	233	7.9	1.8	0.31	0.02	8.7	0.25	0.04	0.001	74.2	1.55	5.7	0.25	5.3	0.14	4.3	0.35	35.2	1.76	0.19	2.7	
24	-7.7	tatt 1/8 1990	333	8.1	3.0	0.1	0.01	7.0	0.20	0.003	27.9	0.47	5.4		2.9	0.07	7.1	0.58	55.0	2.75	< 0.01	2.4	
33	-5.4	660	7.5	5.4	0.21	0.01	15.4	0.43	0.05	0.001	56.1	1.17	7.4	0.32	11.1	0.28	15.6	1.28	116	5.79	0.03	3.5	
32	-8.1	536	7.5	4.3	0.18	0.01	14.0	0.39	0.07	0.001	53.1	1.11	6.5	0.28	7.8	0.20	11.5	0.95	92.8	4.63	0.03	3.1	
31	-11.7	498	7.7	4.0	0.16	0.01	12.7	0.36	0.07	0.001	44.7	0.93	6.4	0.28	4.7	0.12	19.3	1.59	96.9	4.84	0.08	2.6	
elva		27	6.9	0.2			2.3	0.06			2.0	0.04	1.4	0.06			0.4	0.03	2.8	0.14	0.04		

TABELL 3

POREVANNSPRØVER

Peilerønr	Dybde	F mg/l	mekv/l	Cl mg/l	mekv/l	SO4 mg/l	mekv/l	NO3 mg/l	mekv/l	Na mg/l	mekv/l	K mg/l	mekv/l	Mg mg/l	mekv/l	Ca mg/l	mekv/l	Fe mg/l	Si mg/l
ved P 5	5.0 m	7.7	0.41	900	25.4	448	9.3	19.4	0.31	743	32.3	29.1	0.74	42.5	3.50	36	1.8	0.13	3.32

ADSORBERTE KATIONER (i mekv/100 g leire)

Peilerønr	Dybde	Na	K	Mg	Ca
ved P 5	5.0 m	1.15	0.92	1.78	6.9
	10.0 m	0.45	0.68	1.74	9.9

