


Rapport nr. 91.215		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Hvaler-prosjekt - Grunnvann i fast fjell. Boring og kapasitetstesting av fire hull, ved Pulservik, Kirkeøy				
Forfatter: David Banks, Torleif Lauritsen, Helge Skarphagen, Erik Rohr-Torp		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke: Østfold		Kommune: Hvaler		
Kartbladnavn (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1913 III		
Forekomstens navn og koordinater: Pulservikfjellet, Kirkeøy UTM 6149 65509		Sidetall: 108		Pris: 130,-
Feltarbeid utført: Nov.90 - Sep.91		Rapportdato: 1.12.91	Prosjektnr.: 63.2462.00	Ansvarlig: 
Sammendrag: En 4-km lang, undersjøisk veitunnel er nylig drevet i Hvaler kommune. Under driften ble det oppdaget at de geofysiske og topografiske mest fremstående sprekkesoner som ble krysset av tunnelen var av veldig lav transmissivitet. Dette på grunn av deres svært høye innhold av smekttitt med ekstreme svellegenskaper i kontakt med vann. De få større vanninnslag til tunnelen kom gjennom enkelte sprekker eller sprekkegrupper i forholdsvis massivt fjell. Dette betyr at den vanlige metoden til å lokalisere grunnvannsressurser i fast fjell (dvs. topografi, flybilder og geofysikk for å identifisere større, og antakelig transmissive sprekkesoner) i mange tilfeller ikke er tilfredsstillende. Verken flybilder eller nåværende geofysiske metoder kan tilfredsstillende skille mellom leirefylte og transmissive sprekkesoner. Blant annet for å vurdere denne teorien har fire testhull blitt boret på øya Kirkeøy, Hvaler. To, 73 m dype, hull (1 & 2) ble boret inn i tydelige sprekkesoner. To like dype hull (3 & 4) ble boret inn i massivt fjell utenom sonene. Til tross for at den beste kort-tidsytelsen (360 l/t med ca. 46 m senkning) ble oppnådd i hull 1 (dvs. i sprekkesonen), ga alle fire hull ytelser mindre enn gjennomsnittet (745 l/t) og median (400 l/t) for Iddefjord-granitten i Hvaler. Spesifikk-kapasiteten til hull 1 gir en tilsynelatende hydraulisk konduktivitet på ca. 4×10^{-8} m/s. I hull 2 (65 l/t), 3 (40 l/t) og 4 (22 l/t, alle med 47 - 50 m senkning), kom mesteparten av vannet fra ganske grunne sprekker. Bakgrunns-hydraulisk konduktiviteten på dyppet i disse hullene beregnes til ca. 10^{-9} m/s. Geofysisk borhullslogging av de fire borehull ble utført og resultatene bekrefter at hovedvanninnslaget kom på omkring 62 m dyp i hull 1, og at hull 1 krysser en betydelig sprekkesone ved 54-62 m. Temperatur loggen ga en vertikal gradient på 0,022°C/m i hull 1. I de andre hullene varierte gradienten fra 0,010 til 0,028°C/m.				
Emneord: Hydrogeologi		Grunnvannsbrønn	Sprekkesone	
Grunnvann		Berggrunn	Grunnvannskvalitet	
Borhullslogging		Geofysikk	Fagrapport	

Innholdsfortegnelse

<i>English summary</i>	3
1. BAKGRUNN TIL UNDERSØKELSEN	4
1.1 Målet med undersøkelsene	4
1.2 Hvaler-områdets geologi	5
1.3 Permeabiliteten i oppsprukkede akviferer	5
1.4 Tilfeller av lav-transmissivitets sprekkesoner	6
2. UNDERSØKELSER PÅ HVALER	7
2.1 Undersøkelser hittil på Hvaler	7
2.2 Geofysiske undersøkelser - en oppsummering	8
3. TESTBORING PÅ TESTOMRÅDE 1, VED PULSERVIK, KIRKEØY	8
3.1 Testområdet	8
3.2 Testhull 1	9
3.3 Testhull 2	9
3.4 Testhull 3 & 4	10
3.5 Gjenvinning av vannnivå etter boring	11
4. KAPASITETSTESTING	12
4.1 Metoder for kapasitetstesting i fast fjell	12
4.2 Teorien bak kapasitetstesting i fast fjell	12
4.3 Resultatene	14
4.4 Effekt av pumping på akviferen	15
5. TEMPERATUR-MÅLINGER UNDER PRØVEPUMPING	16
6. GEOFYSISK BORHULLSLOGGING	16
6.1 Metode	16
6.2 Resultater	17
6.3 Konklusjon fra geofysisk borhullslogging	19
7. GRUNNVANNSKJEMI	19
8. KONKLUSJONER	21
9. LITTERATURHENVISNINGER	23
FIGURER	28
TABELLER	46
VEDLEGG	50

English Summary

Hvaler project - Groundwater in bedrock. Drilling and capacity testing of four boreholes at Pulservik, Kirkeøy.

Banks, David; Lauritsen, Torleif; Skarphagen, Helge & Rohr-Torp, Erik 1991. Hvaler project - Groundwater in bedrock. Drilling and capacity testing of four boreholes at Pulservik, Kirkeøy. Norges geologiske undersøkelse report 91.215, 108 pp.

A 4-km long subsea road tunnel has recently been driven in Hvaler municipality. During excavation, it was discovered that the geophysically and topographically most prominent fracture zones crossed by the tunnel were of very low transmissivity. This was due to their very high content of smectites with extreme swelling properties in contact with water. The few larger water leakages into the tunnel were from single fractures or fracture groups in relatively massive fjell. This implies that the common methods of locating groundwater resources in bedrock (topography, aerial photos, geophysics) are not wholly satisfactory. Neither aerial photos nor geophysics can distinguish between clay-filled and transmissive fracture zones.

In order to test this theory, four testholes have been drilled on the island of Kirkeøy, Hvaler. Two 73 m deep boreholes (nos. 1 & 2) were drilled into obvious fracture zones. Two similarly deep holes were drilled into massive bedrock outside the zones. Despite the best short-term yield (360 l/hr with c.46 m drawdown) coming from borehole 1 (i.e. in the fracture zone), all four holes gave less than both the average (745 l/hr) and median (400 l/hr) yields for the Iddefjord granite of Hvaler. The specific capacity of borehole 1 implies an apparent hydraulic conductivity of c. 4×10^8 m/s. In boreholes 2 (65 l/hr), 3 (40 l/hr) and 4 (22 l/t, all with 47 - 50 m drawdown), most of the yield came from fairly shallow fractures. The background hydraulic conductivity at depth is calculated to c. 10^{-9} m/s in these holes.

Geophysical borehole logging in the four boreholes confirms that the major water yielding fracture in borehole 1 was at 62 m depth, and that hole 1 crossed a significant fracture zone at 54 - 62 m depth. Temperature logs give a vertical gradient of 0.022°C/m in borehole 1. In the other boreholes the gradient varied between 0.010 and 0.028°C/m.

1. Bakgrunn til undersøkelsen

1.1 Målet med undersøkelsene

Norges geologiske undersøkelse (NGU) utfører et integrert studium av grunnvannsressursene i den prekambriske Iddefjordgranitten i Hvaler kommune, sør-øst Norge.

Tilstedeværelsen og strømmingen av grunnvann i fast fjell er dårlig forstått. De fleste detaljerte undersøkelser har fokusert på enkelte lokaliteter, ofte i lav-permeabilitets terreng, og vanligvis i forbindelse med forslag for deponering av radioaktivt- / spesialavfall eller for kjernekraft- eller vannkraftverk. Forholdsvis få studier har forsøkt å rationalisere tilstedeværelsen og strømmingen av grunnvann i oppsprukkede akvifere på et grovere, mer regionalt, målestokk, fra et vannressurs-synespunkt. Ingen pålitelige veiledninger for lokalisering av borehull i fast fjell finnes.

Den vanligste metoden for å bore etter vann i fast fjell er å anta at de topografisk og geofysisk mest fremstående sprekkesoner er de mest transmissive, og så bore i disse. I mange tilfeller, kan slike sprekkesoner ha en høy transmissivitet, men det er ikke alltid riktig. Fremstående sprekkesoner kan bli redusert i transmissivitet på grunn av tilstedeværelsen av sekundær omvandlingsprodukter og leireminerale.

NGUs Hvalerprosjekt har som mål å utføre et integrert studium av grunnvannsressursene i en fast fjell-akvifer, og omfatter:

- i) vurdering av metoder for å lokalisere transmissive sprekker og sprekkesoner - flyfotografier, topografiske kart, feltmålinger og geofysikk.
- ii) vurdering av de geologiske prosessene som kan være av betydning for en sprekks vanngiverevne; f.eks: tidligere og nåværende stress-felt, sekundær mineralisering, neotektoniske (post-glasiale) bevegelser og stresser samt overliggende løsmasse-avsetninger.
- iii) identifisering av hydrokjemiske vanntyper, og deres kjemiske utvikling.
- iv) vurdering av teknikker som f.eks. hydraulisk trykking, sprengstoff, syrer eller dispergeringsmidler, som metoder for å øke et borehulls kapasitet.
- v) utvikling av standard rutiner for prøvepumping av borehull i fast fjell, samt et standard program for kjemisk analysing.

1.2 Hvaler-området geologi

Hvaler kommune består av en gruppe øyer i munningen av Oslofjord i Skaggerak (fig.1, 2). Berggrunnen består av prekambrisk Iddefjord-granitt, som er detaljert beskrevet av Oxaal (1916). Pedersen & Maaløe (1990) oppgir at granitten består av 13 separate plutoner, hvorav de yngste gir en Rb/Sr alder på 918 ± 7 millioner år. Granitten består hovedsaklig av plagioklas, mikroklin og kvarts. I tillegg finnes visse mengder biotitt, hornblende, muskovitt, jern-oksyd, kloritt, apatitt, titanitt, zirkon (Pedersen & Maaløe, 1990), og leilighetsvis granat. Granitten inkluderer basiske kropper, pegmatittganger og xenolitter av den omkringliggende gneisbergarten. I noen områder kan xenolitt-innholdet være svært høyt. I den nylig avsluttede Hvaler tunnel når gneis-innholdet omkring 55 % (Larsen, 1990; Banks et al 1992a). Pegmatittene i granitten synes å bestå av to generasjoner; en generasjon er betydelig deformert, mens den andre er lineær og inneholder ofte en innvendig parallell sprekkeflate. Ramberg & Smithson (1971) mener at geofysikk tyder på at granitten er en tabulær intrusjon.

Til felles med de fleste høylatitidsområder, har Hvaler ingen regional utvikling av en betydelig nedbrutt lag av forvitret granitt. Forholdsvis ferskt bergart forekommer over store deler av øyene, og viser ofte tegn på glasial skraping. Granitten er delt opp av et mønster av lineære daler, i stor grad som følge av fortrinnsberetiget glasial erosjon langs sprekke- og knusningssoner. Disse dalene er delvis innfylt av kvartære løsmasseavsetninger, som gjør detaljene av selve sprekkesonene umulig å se. De lineære sundene mellom øyene i Hvalergruppen (f.eks. de to sundene mellom Vesterøy og Asmaløy, og "Løperen" mellom Asmaløy og Kirkeøy) antas også å ha blitt dannet på denne måten. Øyene har blitt utsatt for betydelig landshevning i de siste 10.000 år. Øverst maringrense er ca. 170 m.o.h. (Selmer-Olsen, 1964). Øyene har derfor kun dukket opp fra sjøen innen de siste få tusen år. Det hydrogeologiske miljøet for bergartene på land var derfor ikke vesentlig forskjellig fra det i tunnelen i løpet av denne perioden.

Hvalerøyenes kvartærgeologi er hovedsaklig begrenset til sprekkesone-kontrollerte daler, og består av grunt-marine (eller littorale) sand og silt (Olsen og Sørensen, 1990). Begrensede avsetninger av torv, vindblåst sand og grovere grus/steinaktige strandavsetninger finnes på sørsiden av Kirkeøy. Den "massive" granitten mellom de lineære dalene består av bart fjell, eller fjell med en tynn dekning av humus.

1.3 Permeabiliteten i oppsprukkede akviferer

Det er en alminnelig antakelse at de mest fremstående sprekkesoner som kan identifiseres i en fast-fjells akvifer er de som vil gi mest vann. Slike sprekkesoner er typisk lokalisert ved hjelp av deres topografiske uttrykk, fjern-måling (Ronge, 1988; Ericsson, 1988), og ved diverse geofysiske metoder, slik som elektromagnetisk induksjon, VLF (Very Low Frequency)

profilering, refraksjonsseismik, magnetiske anomalier, elektrisk motstandsprofilering og georadar (Mullern, 1980; Henkel og Eriksson, 1980; Davis og Annan, 1989). Noen hydrogeologer har likevel prøvd å komme seg videre enn den "størst er best" antakelsen når det gjelder sprekkesoner, og har undersøkt innvirkningen av tektonisk stress. Noen forskere (Larsson, 1972; Huntoon, 1986; Rohr-Torp, 1987) har identifisert en regional korrelasjon mellom det gamle spenningsfeltet som dannet eller reaktiverte et sprekkemønster og permeabiliteten til de ulike sprekkene. Andre forskere har funnet en korrelasjon mellom permeabilitet og det nåværende stressfeltet i bergarten (Olsson, 1979; Selmer-Olsen, 1981; Carlsson & Christiansson, 1987).

I tropiske områder, hvor et tykt lag av forvitret fjell (saprolitt) ligger over det faste fjellet, er det oppdaget at forvittringslaget kan deles inn i flere forvittringssoner (Clark, 1985; Acworth, 1987; Idowu Olayinka, 1990). Studier av disse sonene indikerer at en lav grad av forvitring kan bryte ned "sementen" mellom enkelte mineralkorn uten stor omdanning til leireminerale. Dette fører til en grusaktig tekstur, med økt permeabilitet. En høyere grad av forvitring vil likevel føre til omfattende omdanning til leireminerale og dermed en betydelig reduksjon i permeabilitet. Til tross for de noe annerledes prosessene som er involvert (sammenlignet med tropisk forvitring) kan resultater fra den nylig avsluttede Hvaler tunnelen tyde på at grad av omvandling til leireminerale også kan ha betydning for vanngiverevnen i sprekkesoner ganske dypt i en fast-fjellsakvifer (Banks et al, 1992a). Imidlertid kan leiren som ble funnet på sprekkene i tunnelen også ha en lav-temperatur hydrotermal opprinnelse.

1.4 Tilfeller av lav-transmissivitets sprekkesoner

Mens det er uten tvil mange sprekkesoner som har en betydelig vanngiverevne, har mange nyere studier vist at dette ikke er en regel som generelt kan anvendes. Nye borebrønner i topografisk fremstående sprekkesoner i diverse prekambriske og paleozoiske bergartstyper på Hitra (L.A.Kirkhusmo & H.Skarphagen, N.G.U. personlig meddelelse), samt borehull i geofysisk fremstående soner i paleozoiske grønnskifre på Leksvik (Rueslåtten et al, 1984a,b) har gitt veldig lite vann. Mangelfull korrelasjon mellom tilstedeværelsen av sprekkesoner og vanngiverevne har også blitt lagt merke til i Ringebu (Rohr-Torp, 1989; Rønning, 1990) og Vik (Rohr-Torp, 1986; Rønning, 1986) kommuner.

I tillegg har det blitt notert under tunneldrift i Norge (spesielt undersjøiske tunneler), at de største sprekk- og knusningssoner sjeldent fører til vannlekkasjeproblemer. De fleste store lekkasjer pleier å oppstå fra mindre sprekkesoner eller enkelte sprekker/sprekkegrupper i forholdsvis massivt fjell. Eksempler kan finnes fra Ålesund (Olsen & Blindheim, 1987); Ulla-Førre (Bertelsen, 1981); Lysaker-Slemmestad, nær Oslo (Løset, 1981); Flekkerøy (Gulbrandsen, 1989) og Karmsund (Kluver, 1983). Disse er oppsummert av Nilsen (1988, 1990) og Banks et al (1992a) - se fig.1. Dette skal, i mange tilfeller, skyldes at de største sprekkesoner er

tettet med sekundære leireminerale som resultat av forvitring eller hydrotermal aktivitet. Det bemerkes at tunnelene som har opplevd de største vannlekkasjeproblemer, inkluderer Godøy-tunnelen (Storås, 1988) og Frierfjord-tunnelen (Kluver, 1983). I disse var det veldig lite leireomvandlingsprodukter; og i Godøy-tunnelen ble ingen stor forkastningssone krysset.

I Hvaler er det nylig avsluttet en 4 km-lang, undersjøisk vegtunnel. Den ble drevet i 1988-89 for å gi en forbindelse mellom Asmaløy og Kirkeøy (fig.2). Før tunnelen ble drevet, ble store sprekkesoner lokalisert ved hjelp av flyfotografier, akustisk profilering og seismisk refraksjon (Taugbøl & Øverland, 1987; Larsen, 1990). Når disse sprekkesonene ble truffet i tunnelen, var de fleste av lav transmissivitet og fylt med leireminerale. Disse leireminerale inneholdt ofte 50 - 100 % smektitt med ekstreme svellegenskaper (opp til 400 % frisvelling i kontakt med vann). Smektitt-sprekkefyllinger er også funnet i mange andre norske bergartstyper og områder (Brekke, 1963; Selmer-Olsen, 1964) og de resulterer sannsynligvis fra forholdsvis lavtemperatur hydrotermal omdannelse ved Mg & Ca-rike væsker (Storey & Lintern, 1981). Slike svelleleirer kan forventes å være ganske effektive til å tette sprekker. Store vanninnslag i Hvalertunnelen pleide å komme gjennom andre mindre sprekker og sprekkegrupper, som i hovedsak ikke ble påvist ved forundersøkelsene (fig. 3). Beregninger fra Lugeon-testing og den totale lekkasjen til tunnelen indikerer en bakgrunns-hydraulisk konduktivitet omkring 10^{-9} - 10^{-8} m/s. Hydraulisk konduktiviteten i nærheten av de største lekkasjene vurderes å være ca. 100-1000 ganger høyere, ca. 10^{-7} - 10^{-5} m/s. Undersøkelsen er detaljert i Larsen (1990) og Banks et al (1992a).

Det synes derfor at identifiseringen av store sprekkesoner ved hjelp av geofysiske og visuelle teknikker ikke alltid er en tilfredsstillende måte å lokalisere grunnvannsressurser i fast fjell på. Ingen nåværende geofysisk teknikk kan tilfredsstillende skille mellom transmissive og leirefylte sprekkesoner (men veldig lav elektrisk motstand over en sprekkesone kan indikere innfylling med leire - J.S.Rønning, N.G.U., personlig meddelelse). Til tross for at den ikke er omfattende utprøvd, har Selmer-Olsens (1983) metode for å skille mellom slike soner ved kombinert bruk av IP- (indusert polarisasjon) og elektrisk motstandsmålinger gitt skuffende resultater i Vik kommune (Rønning, 1986).

2. Undersøkelser på Hvaler

2.1 Undersøkelser hittil på Hvaler

Hittil har undersøkelser blitt utført på Hvaler i de følgende områder.

- i) Et studium av sprekkesoner i Hvaler-tunnelen og deres betydning for vannlekkasjer. Studiet skal publiseres i Banks, Solbjørg & Rohr-Torp, 1992.

- ii) En omfattende kartlegging av sprekker/sprekkesoner fra topografiske kart, flyfotografier og feltmålinger. Dette rapporteres i Banks & Rohr-Torp, 1991.
- iii) Undersøkelser av grunnvannskjemien, og identifisering av 4 hovedgrunnvannstyper. Dette presenteres i Banks & Rohr-Torp, 1990 samt Banks, Rohr-Torp & Skarphagen, 1992.
- iv) En undersøkelse av borehullstatistikk fra Iddefjordsgranitten. Dette presenteres, sammen med resultatene fra prøvepumpingen som beskrives i denne rapporten, i Banks, Rohr-Torp & Skarphagen, 1992.
- v) Geofysiske målinger har blitt utført i flere utvalgte "testområder" som kan være aktuelle for testboring. Disse rapporteres i NGU rapport 92.173 (Lauritsen & Rønning 1992).

2.2 Geofysiske undersøkelser - en oppsummering

Flere potensielle "testområder" har blitt identifisert på Kirkeøys nordvestlige halvøy. Alle har blitt undersøkt ved geofysiske metoder som inkluderte elektrisk motstandsprofilering, totalt magnetisk felt, georadar og VLF. Alle metoder, bortsett fra georadar, påviste oftest betydelige anomalier ved topografiske lineamenter. Likevel, ble VLF ofte påvirket av kraftlinjer osv. som uheldigvis er lokalisert ved veier langs lineament-dalene. Totalt magnetisk felt målinger viste seg å være den mest pålitelige geofysiske metoden for å påvise sprekkesoner. Denne metoden bygger på anomalien som skapes ved oksidasjon langs en sprekkesone av granittens magnetittinnhold til haematitt. VLF og magnetiske profiler langs profil 2D (se fig.5) vises i fig.4.

3. Testboring på testområde 1, ved Pulservik, Kirkeøy

3.1 Testområdet

Boring er planlagt på flere utvalgte testområder på Kirkeøys nordvestlige halvøy, og den har blitt utført på testområde 1, SØ for Pulservik. Testområde 1 ble valgt ut på grunn av at den ligger på to, veldig tydelige, kryssende sprekkesoner. Disse gir betydelige topografiske og geofysiske anomalier (fig.5). Området gir muligheten til å bore i to sprekkesoner nær sprekkekrysset, samt boring i "massivt" fjell innenfor et lite areal. Området er langt fra andre brukte borehull som kunne påvirkes av pumping fra testområdet, og området er uforstyrret av kraftledninger osv. I tillegg finnes det en 1,7 m dyp, gravd brønn i løsmasse-innfyllingen i den ene sprekkesonen. Dette gir muligheten til å overvåke løsmasse-grunnvannets respons til pumping fra fast fjell.

På området har fire, 73m dype, borehull blitt boret. To hull (nr.1 og 2) er boret med 73° fall inn i hver av de to kryssende sprekkesoner (som antakelig er opprinnelig skjærsprekkesoner) . Det ble forventet at de skulle krysse sprekkesonene på ca. 50-60 m dyp (antatt at sprekkesonene er tilnærmet vertikale. Denne antakelsen er rimelig siden sprekkesonene krysser topografien på en lineær måte). De to siste hullene (nr. 3 og 4) ble boret med fall 60° inn i "massiv" granitt (dvs. bort fra sprekkesonene).

Hullene ble boret, med 5½" diameter, av NGUs Nemek borerigg i Nov. 1990. Boremetoden var hammer-rotasjon med luft som borevæske. Borekaks, vanninnslag, borerate og andre anomalier i boring ble notert under boring. Hullene ble også gjenstand for geofysisk borehullslogging i Sept. 1990. En kompilasjon av informasjon fra boring og logging gis i fig.7. Boreloggene finnes i Vedlegg 1, og de geofysiske loggene finnes i Vedlegg 2.

3.2 Testhull 1

Testhull 1 ble boret med fall på 73° inn mot den tydeligst sprekkesonen. Det ble forventet at hullet ville krysse sonen på 55-60 m. I virkeligheten traff hullet flere mindre vannførende sprekker og noen "tørre" sprekker før den traff hovedsonen mellom 54 - 62 m. Sonen var preget av rødaktig borekaks og fort boring, og tolkes som en betydelig knusningssone. Mesteparten av sonen syntes å være av lav hydraulisk konduktivitet. Et stort vanninnslag ble kun truffet på 62 m (dvs. ved bunnen av sonen), og et mindre på 55 m. Lokaliseringen av hovedvanninnslaget ved grensen mot forholdsvis fast fjell er også lagt merke til i Finnsjön sprekkese nr. 2 (Ahlbom & Smellie, 1989).

Under boring forsøkte man å vurdere kapasiteten fra vannet som ble blåst opp ut av hullet med trykklufta. Fra vanninnslaget ved 11½-12 m ble det anslått opp til 50-60 l/t. Ved 15 m ble kakset tørt igjen, som tyder på at sprekken hadde en begrenset kapasitet (indikert også ved prøvepumping). Etter vanninnslaget ved 62 m ble mengder vann som ble blåst ut av hullet vurdert til 360 l/t; ved 69 m til 400 l/t. Borerne bruker en tommeregul som sier at vannet som blåses opp fra slike dype sprekker er ofte kanskje en tredjedel av sprekkesens virkelige ytelse (dvs. at det kunne forventes at hullets faktiske kapasitet var tilnærmet 1100 l/t). Ved senere kort-tids prøvepumping ble det påvist en kapasitet på 360 l/t ved senkning til 50 m. Det viser at man trenger ikke et "tommeregul", og at de oppblåste vannmengdene ofte kan gi en rimelig bra direkte vurdering av hullets korttidskapasitet. Dette har også blitt indikert i undersøkelser ved testhull i Trondheim (Banks, 1991).

3.3 Testhull 2

Testhull 2 ble boret med fall på 73° inn mot den andre tydelige sprekkesonen. Det ble forventet at hullet ville krysse sonen på 46-63 m. De eneste tegn på en mulig sprekkese på det forventede sted var en litt fortere boresenk ved 47 og 58½ m, små minima i den elektriske

motstandsloggen ved disse dypene samt minima i SP-loggen omkring 46 og 53 m. Det var ingen tegn på en betydelig sprekkeseone som den i hull 1, heller ikke var det noe vanninnslag på denne dybden. Derfor, enten hadde sprekkeseonen en betydelig avvik fra vertikalen slik at den ikke ble truffet av borehullet (usannsynlig hvis man betrakter de nær-vertikale sonene truffet i Hvaler-tunnelen [Larsen, 1990; Banks et al, 1992a] og i hull 1), eller at sprekkeseonen minket kraftig med dyp, eventuelt at boringen har krysset et kontaktpunkt mellom sidebergartene i sprekkeseonen. De eneste betydelige vanninnslagene til hullet var fra forholdsvis grunne sprekker; ingen kom fra dypet der man forventet sprekkeseonen.

Det ble oppblåst anslagsvis 300 l/t vann (fra sprekken på 4½-5 m) da boringen var på 6 m. Ved 9 m dyp ble det blåst opp nesten dobbelt så mye (ca. 480 - 600 l/t). Under 21 m ble vannmengdene stadig mindre igjen; noe som tyder på at sprekke på 4½-5 m og 8½ m har en begrenset magasinkapasitet. Dette var bekreftet ved prøvepumping, da hullets kapasitet ble beregnet til kun 65 l/t.

3.4 Testhull 3 & 4

Testhull 3 og 4 ble boret med 60° fall inn mot forholdsvis "massiv" granitt. Iflg. den forenklede tektoniske modellen for den nord-vestlige delen av Kirkeøy (Banks & Rohr-Torp, 1992) var hovedkompresjonsretning (σ_{maks}) ved dannelse av sprekkesystemet ca. NNØ-SSV. Hull 3 ble altså skrådd på rett vinkel mot opprinnelige tensjonssprekker, og hull 4 ble boret parallelt med slike. (Hvis modellen er riktig ville man altså forvente en viss vannnivå i hull 3, men neppe i hull 4).

Hull 3 og 4 traff, som forventet, ingen betydelige sprekkeseoner. Hull 3 syntes å treffe et betydelig vanninnslag på ca. 24 m, men dette kunne ikke påvises av den følgende prøvepumpingen (se nedenfor). Det antas derfor at innslaget skyldtes en usammenhengt (blind) sprekk med begrenset magasinkapasitet (f.eks. en kort tensjonssprekk). Forøvrig, var de vanninnslagene truffet i hull 3 og 4 hovedsaklig begrenset til forholdsvis grunne sprekker, og dette ble bekreftet gjennom prøvepumping.

I hull 4 under boring, ble vanninnslaget på 5 m vurdert til 300 l/t. Prøvepumping viste hullets faktiske kapasitet å være adskillig mindre (22 l/t), og dette tyder enten på begrenset magasinkapasitet i sprekken, eller kraftig påvirkning av årstid.

3.5 Gjenvinning av vannnivå etter boring

Etter boring av hull 1,2 og 3 ble hullene blåst tomt for vann med trykkluft fra bunnen av hullet. Gjenvinning av vannstanden ble målt, med følgende resultatene:

Dato	Tid	Tid	Vannivå	QA	Vannivå	QA	Vannivå	QA
		(timer)	Hull 1	l/t	Hull 2	l/t	Hull 3	l/t
			(m)		(m)		(m)	
07-nov-90	03:15:00 pm	0	73,5					
08-nov-90	11:45:00 am	20,5	6,4	50,38651				
08-nov-90	03:30:00 pm	24,25	5,7	2,873508				
09-nov-90	10:00:00* am	42,75			73,5			
09-nov-90	08:50:00 am	41,58333	4,88	0,728245				
10-nov-90	11:00:00 am	67,75			28,7	27,58567		
10-nov-90	12:40:00 pm	69,41667					73	
10-nov-90	03:00:00 pm	71,75			22,3	24,63007		
12-nov-90	09:00:00 am	113,75			2,8	7,216027	0,6	26,90196
12-nov-90	04:00:00 pm	120,75			2,7	0,426639	0,3	1,279917

* antatt tid for utblåsing av hullet

Beregning av ytelsen kan foretas ved ligningen

$$Q_A = \frac{\delta h * \pi * r^2}{\delta t}$$

Q_A = vanninnsiget fra akviferen

δh = stigning i vannstand i en interval δt

og resultatene vises også i tabellen. Fordi de vannførende sprekkene i hull 2 og 3 ligger nær overflaten, gir denne metoden en brukbar (men litt undervurdert) vurdering av ytelsen, sammenlignet med kapasitetstesting, hvis man tar det første par målinger. I hull 1 ligger den vannførende sprekkene imidlertid på 62 m dyp. Derfor minker Q_A (vanninnstrømning fra akviferen) kraftig med økende vannstand. Det første par målinger gir en gjennomsnittlig verdi av Q_A over hele intervallet (73½ m til ca. 6 m), og så blir ytelsen betydelig undervurdert. Man kan derfor si at, for å beregne et hulls kapasitet fra gjenvinning av vannivået, er det ikke tilfredsstillende med kun et par målinger på en lang intervall. Man trenger hyppige/-kontinuerlige målinger over gjenvinningsperioden, og dette er forsøkt ved prøvepumpingsprogrammet (Kap.4)

4. Kapasitetstesting

4.1 Metoder for kapasitetstesting i fast fjell

De fire hullene ble prøvepumpet i slutten av mai 1991 ved bruk av fire metoder:

- i) lav-rate, trinnvis prøvepumping ved bruk av en Grundfos MP1, 1½" diameter, senkepumpe, samt følgende gjenvinning av vannstand. Ytelse og vannnivå ble målt. På grunn av fort vannstandssenkning, var pumpefrekvensen, men ikke ytelsen, konstant for hvert trinn. Metoden er kun brukt i hull 1. Resultater merkes • (pumping) o (gjenvinnelse) på fig.8a.
- ii) hurtig tømning av hullet ned til ca. 50 m ved bruk av en stor-kapasitet, 4", senkepumpe (bruker ca. 10 min), og deretter pumping med et konstant vannnivå under pumping på 50 m. Ytelsen måles. Tilpasser høykapasitetshull. Merkert + på fig.8.
- iii) hurtig tømning av hullet ned til ca. 50 m ved bruk av en stor-kapasitet, 4", senkepumpe (bruker ca. 10 min), og deretter ble pumpen slått av/på (for å tømme slangen) og så slått av i en gitt periode (ca. 10-40 min). Deretter, blir den oppumpede vannmengden som har akkumulert i hullet i den perioden. Tilpasser lavkapasitetshull. Merkert + på fig.8.
- iv) Overvåking av vannstandens gjenvinnelse etter metoder 2 eller 3. Merkert x på fig.8.

4.2 Teorien bak kapasitetstesting i fast fjell

Tradisjonelle metoder slik som Jacob, Theis etc (Kruseman & De Ridder, 1989) kan ikke anvendes til prøvepumping i slike hull i fjell på flere grunn:

- a) hullet er skrått
- b) akviferen er langt fra homogen
- c) hullets volum er ikke ubetydelig i forhold til de pumpede mengder
- d) pumperaten var langt fra konstant

Det ble derfor valgt å prøve å skille de oppumpede mengder (Q) i to deler, dvs. vannet som pumpes ut fra hullets magasin-volum (Q_B), og vannet som kommer fra selve akviferen (Q_A). Det kan skrives på følgende måte:

$$Q = Q_A + Q_B$$

$$Q_A = Q + \frac{\delta h * \pi * r^2}{\delta t}$$

Hvor δh = forandring i vannstand i en liten tidsintervall δt (positiv for en stigning i vannstand, negativ for en senkning)

r = hullets radius = 0.07 m (0,0975 m i føringsrør)

Dette er kalkulert for hele prøvepumpingen, med varierende verdier av Q . Resultatene ser ut til å være trobare, og Q_A er vist i Vedlegg 3.

Man har også plottet Q_A mot vannstanden i et forsøk til å derivere en ytelse/senkning kurve. Dette vises i fig.8 og Vedlegg 4.

Med hull i fjell kan det tenkes mulig å modellere prøvepumping på den følgende måten (se Banks, 1991, for en full beskrivelse). Ytelsen fra et borehull kommer vanligvis i hovedsak fra et fåtall sprekker (overføringssprekker) som har sammenheng med det bredere sprekkesystemet. Hullets kapasitet kan, i den forenklete modellen, tenkes å bestemmes av to faktorer:

- i) transmissiviteten til de overføringsprekkene (T_f)
- ii) magasinkapasiteten (S) (og transmissiviteten) til den bredere akviferen

For forholdsvis lav-kapasitets hull, som har sammenheng med et bredere sprekkesystem, er den bestemmende faktor T_f , og korttidsresponsen til kapasitetstesten er altså dominert av T_f . Det bredere sprekkesystemet på en viss avstand fra brønnen kan ansees nesten som et konstant-nivås reservoar. Fra Fig.9 følger det derfor at Q_A for en gitt vannstand i hullet (h) er forholdsvis konstant, og er i pseudo-likevekt. Q_A er direkte proporsjonalt til trykk-forskjellen langs overføringsprekken (hvis man ikke tar hensyn til "skin-effekter" [brønn-tap]). Senknings, og gjenvinnings kurver på " Q_A mot senkning" er sammenfallende.

For høyere kapasitetshull der T_f blir større i forhold til S , og hvor de hydrogeologiske egenskapene til det bredere sprekkesystemet også blir begrensende faktorer, gjelder ikke antakelsene ovenfor. I så fall vil Q_A minke med tid, og senknings- og gjenvinningskurvene vil være verken sammenfallende eller lineære. De vil vise hysteresis (Banks, 1991).

Til tross for de forenklete antakelsene, er metoden ikke i essens forskjellig fra:

- Logan-approksimasjonen (Kruseman & De Ridder, 1989)
- Moye (1967) og Banks (1972) metodene
- Krasny (1975) metoden
- og Carlsen og Carlstedt (1977) metoden

Alle disse metoder relaterer "steady-state" spesifik-kapasitet (F) til transmissivitet (T) ved et formula:

$$F = c * T$$

hvor c = en konstant

Metoden i Banks (1991) er ikke mer enn en utviding av disse metodene slik at de anvendes til enkelte sprekker, og slik at hullets tilsynelatende transmissivitet kan deles mellom forskjellige vannførende sprekke-transmissiviteter. Gradienten (G) av " Q_A mot h " plottet (fig.8) for et gitt vannnivå, har sammenheng med den totale spesifikke kapasiteten (F) av alle sprekker under vannnivået ifølge ligningen:

$$F = G/\sin \alpha$$

hvor α = hullets fall.

Konstanten c er vurdert av Moye (1967) som ca. 1,4 (se Banks, 1991) for Lugeon testing av korte (2 m) borehullsseksjoner i 46-74 mm diameter borehull; av Logan (se Kruseman & deRidder, 1989) som 0,82 (for porøse akvifere); av Krasny (1975) som 0,91. Carlsson & Carlstedt (1977) utviklet metoden videre for ikke-likevektsforhold. De mener at c -verdien, for vanlige svenske 110 mm borehull og mindre enn 1 dags prøvepumping, ligger mellom 0,9 og 1,1. De deretter benytter en verdi på ca. 0,84 for å beregne T i fire svenske fast-fjellområder.

Det anvendes en c -verdi på 0,9 her for å kalkulere resultatene i fig.8 og tabell 1.

Det understrekes at de transmissivitets- og hydraulisk-konduktivitetsverdier som kalkuleres ved denne metoden ikke er representative for akviferen, men representere kun en liten bergartsvolum omkring borehullet samt de vannførende sprekkene som borehullet krysser. Derfor heter de kalkulerede verdiene tilsynelatende transmissivitet og hydraulisk konduktivitet. Med mange borehull kan tilsynelatende verdier fra flere enkelte hull behandles ved statistikk for å gi et mer helhetlig bilde.

4.3 Resultatene

Det bemerkes at senkningskurven i testhull 1 (fig.8a) viser tilstedeværelsen av en grunn sprekk på ca. 9-11 m (antakelig dette som ble truffet på 11½ m under boring) som ser ut til å ha tørket ut under pumping. Gjenvinningskurven er en rett linje som kun skyldes det dype innslaget på 62 m. Den tilsynelatende hydrauliske konduktiviteten kan kalkuleres ved å dele tilsynelatende transmissivitet ved hullets vannfylte lengde. Testhull 1 gir dermed en tilsynelatende transmissivitet på 3×10^{-6} m²/s og tilsynelatende hydraulisk konduktivitet på 4×10^{-8} m/s. Dette ansees som lavt for et borehull som har truffet en såpass tydelig sprekkese.

Borehull 2, 3 og 4 har lave kapasiteter. De små vannmengder som fåes kommer i hovedsak fra grunne, forholdsvis transmissive, sprekker på ca. 5 og 8 m henholdsvis i hull 2 og 3. Dette svarer bra til observerte vanninnslag under boring. I hull 4 ble gjenvinnelsen ikke observert lenge nok til å stedfeste innslaget, men det antas å samsvare til sprekken på ca. 4,5-5 m. Tar man borehullsseksjonene under de grunne transmissive sprekken (dvs. under ca. 12 m) får man tilsynelatende hydrauliske konduktiviteter omkring 10^{-9} m/s. Slike verdier svarer til verdiene som er kalkulert fra Lugeon testing i de lavere permeabilitetsdeler av Hvaler-tunnelen, og verdiene som er kalkulert fra den totale lekkasjen inn til tunnelen (Banks et al, 1992a). Typiske hydrauliske konduktiviteter for Prekambriske gneis- og granitt-bergartstyper skal være i området 10^{-6} - 10^{-8} m/s, mens mange vannførende soner ligger i området 10^{-6} m/s eller høyere, og mer massivt fjell 10^{-9} m/s eller mindre (Hult et al, 1978; Olsson, 1985). Granitten på testområdet finner seg derfor ved den lavere end av spektret. Dette kan forklare de gjennomgående mindre median-ytelser fra Iddefjord-granitten (fig.10) sammenlignet med andre nordiske granitter hvor median-ytelsen ofte oppgis som omlag 1000 l/t (Persson et al, 1979, 1985a,b).

Resultatene ser ut til å forsvare "tydelig sprekkese = økt vanngiverevne" ligningen, i at det ene hullet som krysset en tydelig sprekkese hadde en betydelig høyere kapasitet enn de øvrige hull (360 l/t fra hull 1, i motsetning til 65, 40 og 22 l/t fra henholdsvis hull 2, 3 og 4; alle med senkning til ca. 50 m). Det må likevel bemerkes at en ytelse på 360 l/t er mindre enn både den gjennomsnittlige (745 l/t) og den median (400 l/t) ytelsen fra Iddefjordsgranitten i Hvaler. Dette kan skyldes:

a) at sprekkesonen til en viss grad har blitt tettet med leiremineraler (eller andre sprekke-mineraler). Vanngiverevnen var derfor ikke så høy som man ville forvente fra en så tydelig sone (denne teorien støttes av elektrisk motstandslogging - se Kap.6)

b) at statistikkene fra NGUs borehullarkiv (som ble brukt til fig.10) er for kunstig forhøyede pga.

i) at kapasitetstestingsmetodene benyttet hos brønnborere er for unøyaktige og pleier å overvurdere kapasiteten.

ii) at noen av hull i arkivet har økte kapasiteter pga. sprengning eller hydraulisk trykking;

Noen av borekaksprøvene fra hullene (inkl. sprekkesonen i hull 1) ble analysert ved røntgenpulverdiffraksjon på vanlige og glykolerte prøver. Smektitter ble ikke påvist i prøvene, bortsett fra på 10½ m i hull 3 hvor maksimalet på ca.6° ble flyttet ned til ca.5° ved glykolering, en indikasjon på smektitt (Vedlegg 6). Prøven fra 10½ m i hull 3 besto av klumper av rød/grønn leire som kunne separeres ut fra kakset. De andre prøvene besto av useparert kaks. Dette tyder på at svelleleirer kan være tilstede i sprekke-ene, men at det er nødvendig å separere den alle fineste fraksjonen ut før man kan påvise slike leirer i andre prøver. Dette ansees som gjenstand for videre arbeid.

Kapasitetstesting har gitt et bilde av en "to-lags" akvifer. Det øverste lag, ned til ca. 12 m inneholder forholdsvis transmissive sprekker ($10^5 - 10^6$ m²/s). Disse fører likevel ikke betydelige mengder vann pga de lave hydrauliske gradienter som kan oppnås langs slike grunne sprekker. Disse sprekke-ene kan være forholdsvis flatliggende avlastningssprekker som sannsynligvis er vanlig i granitten ned til 10-15 m dyp. Det dypere laget har typisk en veldig lav "bakgrunns"hydraulisk konduktivitet på ca. 10^{-9} m/s, bortsett fra hvor en tydelig sprekkesone er truffet av hull 1. Sonen har en forhøyet (men ikke særlig høy) tilsynelatende transmissivitet på 3×10^{-6} m²/s (dette svarer til en tilsynelatende hydraulisk konduktivitet på 4×10^{-8} m/s).

4.4 Effekt av pumping på akviferen

Mens de 4 borehull ble pumpet ifølge det følgende programmet, ble vannstanden i de øvrige hullene, og den gravde brønnen, regelmessig målt.

Dag 1	Trinnsvis prøvepumping av hull 1 med liten pumpe (metode 1)
Dag 2	Kapasitetstesting av hull 1 ned stor pumpe (metoder 2 og 4)
Dag 3	Kapasitetstesting av hull 2 ned stor pumpe (metoder 3 og 4)
Dag 4	Kapasitetstesting av hull 3 ned stor pumpe (metoder 3 og 4)
Dag 5	Kapasitetstesting av hull 4 ned stor pumpe (metoder 3 og 4)

Under hele prøvepumpingsprogrammet var det fint vær. Det ble observert en nedgang i vannnivå i alle hull under prøvepumping. Dette kan muligens skyldes pumping, men kan like godt skyldes naturlig nedgang pga. ingen tilførsel av vann til akviferen. Forøvrig ble det ikke observert noen trinnsvis effekter av pumping på hullene (fig.11a,b,c). Dette ansees som merkelig dersom lignende prøvepumping i testhull i Trondheim (Banks, 1991) har gitt betydelig senkning av vannstand i et observasjonshull på lignende avstand som hullene på Hvaler.

5. Temperatur-målinger under prøvepumping

Under prøvepumpingsperioden ble det foretatt målinger av temperatur, ved termistor-elektrod på det oppumpede vann, og ved temperatur-termistor på målebånd for de in-situ målingene.

Dato	Tid	Testhull	Dyp	Temperatur
25/5/91	14:25	Hull 1	Oppumpet vann (trinn 2)	9,5°C
27/5/91	15:50	Hull 2	På 43 m dyp under gjenvinnelse	7,8-7,9°C
27/5/91	16:15	Hull 1	På 20 m dyp under gjenvinnelse	7,5°C
27/5/91		Hull 3	På 10 m dyp før prøvepumping	6,9°C
27/5/91		Hull 3	På 20 m dyp før prøvepumping	7,6°C
27/5/91		Hull 3	På 30 m dyp før prøvepumping	7,7°C
27/5/91		Hull 3	På 40 m dyp før prøvepumping	7,9°C
27/5/91		Hull 3	På 50 m dyp før prøvepumping	8,1°C
27/5/91		Hull 3	På 60 m dyp før prøvepumping	8,2°C
27/5/91		Hull 3	På 70 m dyp før prøvepumping	8,4°C
29/5/91	16:23	Hull 3	På 15 m dyp under gjenvinnelse	7,2°C
29/5/91	16:54	Hull 3	På 25 m dyp under gjenvinnelse	7,7°C

At det oppumpet vann fra hull 1 har en forholdsvis høy temperatur skyldes sannsynligvis oppvarming i slangen på bakken, men kan også delvis skyldes at vannet er derivert fra forholdsvis dypt under bakken.

6. Geofysisk borhullslogging

6.1 Metode

Den geofysiske borhullsloggingen ble foretatt i slutten av september 1991, fire måneder etter at brønnene ble prøvepumpet. Loggingen ble utført med ABEM's Terrameter og SAS Log 200. Utstyret måler tre forskjellige motstandslogger (SN, LN og LL), motstand i væske (FLuid-res-log), SP (selvpotensial) og temperatur. En kort beskrivelse av måleutstyret og utregningsformler er gitt i en NGU Intern rapport (Claesson 1988).

Av de 3 RP-loggene gir LL (Long Lateral) mest informasjon om motstanden i berggrunnen, fordi den har større inntregning, mens SN (Short Normal) gir flest detaljer om oppsprekking. SN-loggen kan påvirkes av ledningsevnen i borhullsvæsken.

SP-målingene gir informasjon om mulige porøse partier i bergarten; såkalt membranpotensiale eller Liquid-junction potential (Telford et al. 1984).

Ved å kombinere borhullsvæskens elektriske ledningsevne og temperatur i en empirisk formel kan en regne ut saltinnholdet (TDS; Total Dissolved Solids) i ppm (ABEM 1978). Dette er gjort i de tilfeller hvor en har registrert lav motstand i borhullsvæsken.

Under måleprosedyren benyttet en dataloggeren GEOMAC II, hvor data lagres på fil. Dataloggeren knyttes til HP Think Jet skriver for utlistering av data, eller til PD for plotting av målekurver. Kurvene er tegnet ut med plottprogrammet GRAPHER (vedlegg 2).

Målepunkttettheten var konsekvent 0.5 m. Registreringene ble startet et stykke nedenfor toppen av hullene for å unngå forstyrrelser fra metall-"casingen"

Under måling av temperatur og SP i borhull nr.4 fikk en fuktproblemer i Terrameteret p.g.a. vedvarende kraftig nedbør, slik at resultatene herfra må forkastes.

6.2 Resultater

Resultatene fra borhullsmålingene er vist som kurveplott i vedlegg 2.

6.2.1 Testhull nr.1

Motstandsloggene viser en jevnt over lav tilsynelatende motstand på ca. 1000 ohmm, noe som indikerer en generelt oppsprukket bergart. SN-log viser tette variasjoner i tilsynelatende motstand, noe som bekrefter flere enkeltstående sprekker. RP-loggens anomalier (spesielt SN-log) korresponderer meget bra med de sprekker som er rapportert under boring (vedlegg 1, fig.7). Den mest markante anomalien (54m-62m) svarer nøyaktig til hovedsprekkesonen som det ble boret mot. Tilsynelatende motstand i sprekkesonen er målt til 150 ohmm og motstanden i borhullsvæsken er 30 ohmm. Dette gir en porøsitet på 0.38. Kombinasjonen av uforholdsmessig høy porøsitet og lav tilsynelatende motstand, indikerer leirminerale i sprekkesystemet.

Fluid-res-log har et markert sprang ved 62 m. Her observerte man betydelig vanninnslag ved boring. Over dette punktet har borhullsvæsken en motstand på ca. 30 ohmm ($330 \mu\text{S}/\text{cm}$), med flere små anomalier som korresponderer med RP-anomaliene. Under 62 m ligger motstanden på ca. 7 ohmm ($1400 \mu\text{S}/\text{cm}$). Ved prøvepumping ble det tatt en vannprøve som hadde en laboratoriebestemt ledningsevne på $584 \mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C), som tilsvarer 17 ohmm (tar man hensyn til temperatur-forskjellen, svarer dette rimelig bra med felt-loggens verdi på 30 ohm-m). Dette tyder på at vi har det nedre, forholdsvid ferskt, vanninnslaget i hullet ved 62 m, og at dette vannet nå fyller hullet. Under dette nivået har vi "stagnant" (ubevegelig), forholdsvis salt vann. Vannets saltinnhold, TDS, er beregnet til ca. 1400 ppm.

Den mest markante SP-anomalien har en mellom 34 m og 35 m. Denne samsvarer med RP-log-anomalien ved 34.5 m.

Temperatur-loggen viser et minimum på 7.0°C ved 15-19 m og et maksimum på 8.2°C ved 71 m. Dette svarer til en temperatur- gradient på $0.023^\circ \text{C}/\text{m}$, som tilsvarer en vertikal gradient på $0.022^\circ \text{C}/\text{m}$. Temperatur-loggen viser ellers et lite trinn ved 62 m. Dette kan skyldes gjennomstrømning av vann i den vannførende sprekken.

6.2.2 Testhull nr. 2

Motstandsloggene viser her et gjennomsnittlig tilsynelatende motstandsnivå på ca. 10.000 ohmm. Dette er forholdsvis høyt og indikerer en lite oppsprukket berggrunn. SN-loggen er da også tydelig jevn med lite variasjoner. De mest markerte RP-log-anomaliene er påvist ved 11 m og 13.5 m. Disse korresponderer med seksjoner av løst fjell påvist under boring. Ellers ser en svake RP-log-anomalier ved 49 m og 58 m. Forøvrig har en ikke indikasjoner på at hullet har truffet knusningssoner av betydning. Dette at SN-log, LN-log og LL-log ikke ligger på samme nivå i nedre halvdel av hullet, skyldes påvirkning fra borhullsvæskens ledningsevne.

Fluid-res-log har et sprang ved 15 m. Over 15 m ligger motstanden på ca. 50 ohmm ($200 \mu\text{S/cm}$), mens den under ligger på ca. 35 ohmm ($286 \mu\text{S/cm}$). Dette kan være en indikasjon på at det ikke kommer vann inn i hullet nedenfor 15m. Forøvrig sees små anomalier i Fluid-res som tilsvarende RP-anomaliene ved 11 m og 13.5 m. Laboratoriemålinger på det opppumpede vannet (under prøvepumping) viste en elektrisk ledningsevne på $362 \mu\text{S/cm}$ (25°C).

Indikasjoner på SP-anomalier har en ved 9.5 m, 46 m, og 53 m. De to siste korresponderer med et svakt trinn i temperaturverdiene.

Temperaturloggen indikerer to gradienter. En fra 17.5 m til 54 m på 0.014°C/m . Dette tilsvarende en vertikal gradient på 0.013°C/m . Nedenfor 54 m er temperaturgradienten 0.029°C/m , dvs. vertikal gradient lik 0.028°C/m . Det før omtalte trinn i temperatur ligger mellom 45.5 m og 54 m. Dette indikerer at en her har en noe større porøsitet med mulig inntregning av vann.

6.2.3 Testhull nr.3

Foringsrøret av stål går her ned til 6 m.

Motstandsloggene viser et gjennomsnittlig tilsynelatende motstandsnivå på ca. 10.000 ohmm, som er en indikasjon på lite oppsprekking. Den mest markerte RP-anomaliene (SN og LN) har vi ved 10.5 m. Denne er under boring beskrevet som sleppe. På den tredje loggen (LL) har anomaliene en annen posisjon nemlig 8.5 m, noe som kan skyldes at sleppen skjæres i en spiss vinkel. Men LL-anomaliens plassering kan også skyldes et samspill mellom sleppen ved 10.5 m og foringsrøret av stål. Forøvrig har en indikasjoner på oppknust fjell ved 41 m, noe som også er observert under boring.

Fluid-res-log viser et jevnt nivå på 35 ohmm ($286 \mu\text{S/cm}$) med små minima ved 10.5 m og 40.5 m. Disse korresponderer med RP-anomaliene, og skyldes trolig mindre vanninnslag. Laboratoriemålinger på det opppumpede vannet (under prøvepumping) viste en elektrisk ledningsevne på $389 \mu\text{S/cm}$ (25°C).

På SP-loggen har en de mest markante anomaliene ved 10.5 m, 23.5 m, 39 m og 43 m.

Temperaturmålingene viser at en i dette hullet har tre gradienter: én fra 15 m til 23 m på 0.024°C/m (vertikalt 0.023°C/m), en annen fra 23.5 m til 34 m på 0.010°C/m (0.010°C/m) og en tredje nedenfor 34 m på 0.017°C/m (0.016°C/m)

6.2.4 Testhull nr. 4

Metall-"casingen" går her ned til 3 m.

Motstandsloggene avdekker ledende soner ved 9 m, 22 m, 29 m, 31.5 m, 41.5 m. Alle, bortsett fra anomalien ved 31.5 m, svarer til slepper/løst fjell rapportert under boring.

Fluid-res-loggen viser et gjennomsnittlig nivå på 35 ohmm ($286 \mu\text{S}/\text{cm}$) over 36 m. Under 36 m faller den elektriske motstanden i væsken gradvis til 10 ohmm ($1000 \mu\text{S}/\text{cm}$), noe som kan tyde på at vannets ioneinnhold øker mot bunnen av hullet. Kurven for fluid-res indikerer forøvrig noe øket ionekonsentrasjon ved 22 m, 29 m, 31.5 m og 41.5 m, som er i samsvar med RP-log. Laboratoriemålinger på det opppumpe vannet (under prøvepumping) viste en elektrisk ledningsevne på $603 \mu\text{S}/\text{cm}$ (25°C).

En elektrisk motstand på 10 ohmm ved 10°C gir TDS (Total Dissolved Solids) lik 928 ppm.

6.3 Konklusjon fra geofysisk borhullslogging

Anomaliene fra de elektriske motstandsloggene svarer veldig bra til rapporterte sprekker/løst fjell under boring. BH 1 skjærer gjennom en betydelig sprekkesone ved 54-62 m. BH 2 treffer ikke den forventede hovedsprekkesone. BH 3 og BH 4 krysser bare enkelte små oppsprukkede partier.

Temperaturgradientene varierer fra $0.010^\circ\text{C}/\text{m}$ til $0.028^\circ\text{C}/\text{m}$.

7. Grunnvannskjemi

Under trinn 2 av prøvepumping fra hull 1 (Kl.14:42 den 25.mai 1991) ble pH målt på det opppumpe vannet ved bruk av en felt pH meter. Målingen var $\text{pH} = 8,57$ som svarer veldig bra til laboratoriebestemmelser (se Vedlegg 5)

De følgende vannprøvene ble tatt under prøvepumping:

8/11/90		Gravd brønn	A,B,C
25/5/91	ca.15:00	Hull 1	HV 91/1
25/5/91	ca.16:15	Hull 1	HV 91/2
27/5/91	ca.17:25	Hull 2	HV 91/5
28/5/91	ca.17:12	Hull 3	HV 91/7
29/5/91	ca.16:30	Hull 4	HV 91/11

Prøvene fra den gravde brønnen ble tatt direkte fra brønnen. Prøvene fra Hull 1 ble tatt under prøvepumping med den lille Grundfos pumpen. Fra hull 2 ble prøvene tatt med Grundfos pumpen etter "hovedprøvepumpingen". I hull 3 & 4 ble prøvene tatt med bruk av den store pumpen mot slutten av prøvepumpingen. I alle hull var pumpen satt på 50 m dyp.

Både ufiltrerte og filtrerte (med 0,45 μm Millipore filter) prøver ble tatt i alle tilfeller.

- | | |
|----------|---|
| A,B,C | Brunfarget vann. Noen brun utfelling på micropore-filteet. |
| HV 91/1 | Trinn 2 av prøvepumpingen. Litt gul farge på vannet, litt gul utfelling på filteret. |
| HV 91/2 | Trinn 3 av prøvepumpingen. Litt gul farge på vannet. Filtrene ble tette veldig fort, men lite farge på filtrene. Vannet smaker godt. (Litt jernaktig smak mot slutten av pumpingen 26/5/91). |
| HV 91/5 | Ganske turbid, gult/orange vann. Etter filtrering ble vannet klarere. Fort tetting av filteret, men tettingen synes å skyldes "sediment" og ikke jernutfelling |
| HV 91/7 | Ganske turbid, gult/grått vann. Vannet ble klart (med litt gul farge) under filtrering. Fort tetting av filteret, men tettingen synes å skyldes "sediment" og ikke jernutfelling. |
| HV 91/11 | Som HV 91/7. Noen olje i vannet. Kan skyldes lekkasje av smørolje under boring. |

Det hadde ikke blitt foretatt noen prøvepumping av hullene siden de hadde blitt boret i nov.1990. Derfor ved prøvepumping i mai 1991, var vannet som kom ut av hullene ganske turbid med finstoff og borekaks, spesielt i hull nr. 2, 3, 4. Vannet fra hull nr. 1 ble rimelig klart under pumping. Vannet fra alle hullene var også noe gult (selv etter filtrering) og dette antas å skyldes et visst humus innhold (med adsorbent jern) i vannet. Dette er ikke overraskende siden mye av vannet (spesielt fra hull 2, 3 og 4) kommer fra grunne sprekker. Brunt humusholdig vann er også prøvetatt fra eksisterende fjellborehull i nærheten (f.eks. Knausen).

Hydrokjemien til grunnvannet på Hvaler skal rapporteres i en annen rapport, men hovedtrekkene oppsummeres i Banks og Rohr-Torp, 1990 og Banks et al (1992b). Kort sagt kan prøvene deles opp i 4 vanntyper:

- | | |
|-----------|--|
| Type 1: | Forholdsvis umodifisert nedbør. Finnes i kun et fjellborehull, og skyldes antakelig fort gjennomstrømning i en åpent sprekk, eller innrenning av overflatevann. |
| Type II: | Nedbør som er oppkonsentrert på vegetasjon og i jorda ved evapotranspirasjon, men hvor det har vært forholdsvis lite påvirkning fra forvitring av selve bergartene. Na/Cl ratio svarer til nedbør, og Si-innholdet er lite. Brønner i løsmasser finnes i denne gruppen samt noen få vannprøver fra fast fjell. |
| Type III: | Vannprøver som bærer preg av påvirkning fra forvitring av fjellet, men lite innblanding av saltvann. Cl-innholdet ligner på type II, mens Na og Si viser økte nivåer. |

Type IV: Vannprøver som viser en viss grad av blanding med saltvann. Cl-innholdet er høyere enn ved type III. Gruppen pleier å vise reduserte Si innhold i forhold til gruppe III på grunn av sjøvannets lille Si-innhold.

Vanntypene er selvfølgelig en "kunstig" måte å systematisere vannkjemien på. Det finnes ikke skarpe grenser mellom typene. Forskjellene mellom typer I, II og III (og muligens også type IV) gjenspeiler sannsynligvis forskjeller i oppholdstiden i akviferen.

Vannprøven fra den gravde brønnen ligger i gruppe II, mens prøvene fra testhull 1, 2, 3 & 4 ligger i grupper III og IV. Likevel er prøvene fra testhullene ikke typisk for gruppe III og IV - de viser veldig høye verdier av Si, Ti, Al, Fe; samt forholdsvis høye innhold av andre kationer. Anion-spesier er forholdsvis upåvirket, bortsett muligens fra anionene som har opprinnelse i bergarten (f.eks. fluorid) som har forholdsvis høye konsentrasjoner. Testhullene danner derfor en bitype som betegnes "*" (dvs. type III* eller IV*). Den eneste annen medlem av bigruppen er et nytt borehull på Granlie, som ble prøvetatt i mai 1991, dagen etter den ble boret. Alle hull har fellestrekket at prøvetakingen foregikk direkte etter boring, og at prøvene var til en viss grad turbid pga. borekaks. De menes derfor at vannprøvene er påvirket av stor interaksjon med kakset, pga. dets store spesifikke overflaten, og mellom vannkolonnen og nylig fremstilt fjell. Dette har ført til "utluting" av "berg" elementer som Si, Al, Fe til vannet. Analyseresultatene presenteres i Fig.12a-d, og i Vedlegg 5. I vedlegget er det også presentert analyseresultater fra typiske medlemmer i type III og type IV, samt analysen fra Granlie sitt hull for sammenligning. Videre prøvetaking under langtidsprøvepumping er nødvendig for å få et representativt bilde av vannets hydrokjemie.

Alle kation-prøvene ble surgjort med en liten mengde saltpetersyre i laboratoriet før analyse-ring.

Prøven som ble tatt fra hull 1 i løpet av prøvepumpings 2.trinn har gjennomgående lavere innhold av de fleste elementene sammenlignet med prøven fra 3.trinn. 2.trinns prøven ligger i området for type III vann, mens prøven fra 3.trinn ligger i type IV. Dette kan tyde på inntregning av mindre, men økende mengder saltvann under prøvepumping. Saltvannet derives muligens fra gjennliggende sjøvann som finnes igjen i "blinde" eller lav-permeabilitets sprekker etter landhevningen.

Vannprøvene fra testhullene inneholder mye fluor, en fellestrekk for alle fjellbrønner på Hvaler. Innholdet er opp til 4,7 ppm, som dermed overstiger SIFF's (1987) grense på 1,5 ppm. Det finnes vesentlige forskjeller blant de fire testhullene når det gjelder hydrokjemien. Klorid-innholdet, for eksempel, varierer mellom 17 og 103 mg/l. Dette illustrerer at store forskjeller kan finnes i hydrokjemien blant lignende hull som er boret i samme område.

8. KONKLUSJONER

En 4-km lang, undersjøisk veitunnel er nylig drevet i Hvaler kommune. Under driften ble det oppdaget at de geofysiske og topografiske mest fremstående sprekkesoner som ble krysset av tunnelen var av veldig lav transmissivitet. Dette på grunn av deres svært høye innhold av

smektitt med ekstreme svellegenskaper i kontakt med vann. De få større vanninnslag til tunnelen kom gjennom enkelte sprekker eller sprekkegrupper i forholdsvis massivt fjell. Den bakgrunns-hydrauliske konduktiviteten av granitten er vurdert til 10^{-8} - 10^{-9} m/s ved Lugeon-testing og total vannlekkasje til tunnelen. Hydraulisk-konduktiviteten i nærheten av de større lekkasjene synes derfor å være omlag 10^{-7} - 10^{-5} m/s. Dette betyr at den vanlige metoden til å lokalisere grunnvannsressurser i fast fjell (dvs. topografi, flybilder og geofysikk for å identifisere større, og antakelig transmissive sprekkesoner) i mange tilfeller ikke er tilfredsstillende. Verken flybilder eller nåværende geofysiske metoder kan tilfredsstillende skille mellom leirefylte og transmissive sprekkesoner.

Blant annet for å vurdere denne teorien har fire testhull blitt boret på øya Kirkeøy, Hvaler. To, 73 m dype hull (1 & 2) ble boret inn i tydelige sprekkesoner (sannsynligvis dannet som skjærsprekkesoner). To like dype hull (3 & 4) ble boret inn i massivt fjell utenom sonene. Hull 3 ble skrådd med rettinkel på den antatte tensjonssprekkeretning, hull 4 ble skrådd parallelt med den. Til tross for at den beste kort-tidsytelsen (360 l/t med ca. 46 m senkning) ble oppnådd i hull 1 (dvs. i sprekkesonen), ga alle fire hull ytelser mindre enn gjennomsnittet (745 l/t) og median (400 l/t) for Iddefjord-granitten i Hvaler. Spesifikk-kapasiteten til hull 1 gir en tilsynelatende transmissivitet på 3×10^{-6} m²/d og en tilsynelatende hydraulisk konduktivitet på ca. 4×10^{-8} m/s. I hull 2 (65 l/t), 3 (40 l/t) og 4 (22 l/t, alle med 47 - 50 m senkning), kom vannet i hovedsak fra ganske grunne sprekker. Bakgrunns-hydraulisk-konduktiviteten på dypet i disse hullene beregnes til ca. 10^{-9} m/s.

Geofysisk borhullslogging av de fire borehull ble utført og resultatene bekrefter at hovedvanninnslaget kom på omkring 62 m dyp i hull 1, og at hull 1 krysser en betydelig sprekkesone ved 54-62 m. Temperatur loggen ga en vertikal gradient på $0.022^{\circ}\text{C}/\text{m}$ i hull 1.

Undersøkelser av vannkjemien viser at vannet fra testhullene danne en hydrokjemisk bigruppe sammen med et annet nylig boret borehull (ved Granlie). Slike hull har veldig høye verdier av Si, Ti, Al, Fe; samt forholdsvis høye innhold av andre kationer. Vannprøvene er sannsynligvis påvirket av stor interaksjon med kakset, pga. dets store spesifikke overflaten, og mellom vannkolonnen og nylig fremstilt fjell. Dette har ført til "utlutning" av "berg" elementer som Si, Al, Fe til vannet. Videre prøvetaking under langtidspåpumping er nødvendig for å få et representativt bilde av vannets hydrokjemie.

9. LITTERATURHENVISNINGER

ABEM, 1978. ABEM Terrameter SAS System, Instruction Manual. ABEM Bromma, Sweden

ACWORTH, R.I. 1987. The development of crystalline basement aquifers in a tropical environment. Quarterly Journal of Engineering Geology, 20, 265-272.

AHLBOM, K. & SMELLIE, J.A.T. 1989. Overview of the fracture zone project at Finnsjön, Sweden. In "Characterisation of fracture zone 2, Finnsjön study-site", Eds. Ahlbom, K. & Smellie, J.A.T., SKB Technical Report 89-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

BANKS, D.C. 1972: In-situ measurements of permeability in granite. Proc. symp. on percolation through fissured rock. Section TI-A ISRM. Stuttgart, 1972.

BANKS, D. & ROHR-TORP, E. 1990. Hvaler-prosjektet - et integrert studium av grunnvann i fast fjell. Geonytt, 17, Nr.4, ss 25-26 & 59, Des. 1990.

BANKS, D., 1991. Boring og prøvepumping av hydrogeologiske testhull i grønnstein - Østmarknesset, Trondheim. Norges geol.unders. rapport 91.213.

BANKS, D. & ROHR-TORP, E., 1991. Hvaler-prosjekt - grunnvann i fast fjell. Sprekkekartlegging: Iddefjordgranitten. Norges geol.unders. rapport 91.214.

BANKS, D., SOLBJØRG, M.L. & ROHR-TORP, E. 1992a. Permeability of fracture zones in a Precambrian granite. Quarterly Journal of Engineering Geology (skal publiseres). 1992

BANKS, D., ROHR-TORP, E. & SKARPHAGEN, H. 1992b. An integrated study of a Precambrian granite aquifer, Hvaler, Southeastern Norway. Norges.geol.unders.Bulletin (skal publiseres). 1992.

BERTELSEN, G. 1981. Vannlekkasjer ved Ulla-Førre. Section 25 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1981", ed. Heltzen A.M.; Nilsen, B. & Mowinckel A. Tapir forlag, Trondheim.

BREKKE, T.L. 1963. Om montmorillonittførende leirslepper og ras i fjellanlegg. Licentiatgradsavhandling. Norges tekniske høgskole, Trondheim, 1963.

CARLSSON, L. & CARLSTEDT, A. 1977. Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. Nordic Hydrology, 8, 1977, ss.103-116.

CARLSSON, A. & CHRISTIANSSON, R. 1987. Geology and tectonics at Forsmark, Sweden. Vattenfall, FUD-Rapport No. U(B) 1987/42, Statens Vattenfallsverk, Älvkarleby, Sweden, 91 pp.

CLARK, L. 1985. Groundwater abstraction from Basement Complex areas of Africa. Quarterly Journal of Engineering Geology, 18, 25-34.

CLAESSON, J.O. 1988. Programsystem for prosessering av data fra SAS LOG 200. NGU Intern Rapport nr. 88.030.

DAVIS, J.L. & ANNAN A.P. 1989. Ground-penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting, 37, 531-551.

ERICSSON, L.O. 1988. Grunnvattenprospektering i kristallin berggrund med hjelp av satellitdata. In "Grunnvattenførsøring - Geohydrologi i praktiken", proceedings of symposium 4/5/88. VIAK AB and Svenska Hydrologiska Rådet, 121-130

GULBRANDSEN, A. 1989. Utbytte av forundersøkelse kontra undersøkelser fra stoff for undersjøiske tunneler. Hovedoppgave, Geologisk Institutt, Norges tekniske høyskole, Trondheim. 82 pp.

HENKEL, H. & ERIKSSON, L. 1980. Interpretation of low-altitude airborne magnetic and VLF measurements for identification of fracture zones. In "Subsurface Space", ed. Bergman M., Pergamon Press, Oxford & N.Y., 913-918.

HORNE, R.A. 1969. Marine Chemistry. Wiley Interscience

HULT, A., GIDLUND, G. & THOREGREN, U. 1978. Permeabilitetsbestämningar. KBS Teknisk Rapport No.61, Kärnbränslesäkerhet, Stockholm, Jan.1978.

HUNTOON, P.W. 1986. Incredible tale of Texasgulf well 7 and fracture permeability, Paradox Basin, Utah. Groundwater, Vol.24, No. 5, 643-653.

IDOWU OLAYINKA, A. 1990. Electromagnetic profiling for groundwater in precambrian Basement Complex areas of Nigeria. Nordic Hydrology, 21, 1990, 205-216.

JACKS, G. 1973. Chemistry of some groundwaters in igneous rocks. Nordic Hydrology, 4, 207-236.

KLUVER, B.H. 1983. Undersjøiske tunneler - Ingeniørgeologiske erfaringer. Section 30 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1983", ed. Heltzen A.M.; Fredriksen U.; Nowacki F. & Berg K.R. Tapir forlag, Trondheim.

KRASNY, J. 1975. Variation in transmissivity of crystalline rocks in southern Bohemia. Vestník Ustredniho ustavu geologickeho, (Prague), 50, 1975. ss. 207-216.

KRAUSKOPF, K.B. 1979. Introduction to geochemistry. 2nd edn. McGraw-Hill.

KRUSEMAN, G.P. & DE RIDDER, N.A 1989. Analysis and evaluation of pumping test data. 2nd utg. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI Publication 47. Wageningen, Netherlands. 1989. 377 ss.

LARSEN, M.L. 1990. Riksvei 108 Hvalertunnelen, geologisk sluttrapport. Statens Vegvesen Østfold, Vegkontoret, rapport nr. 88/3744, 31 ss.

- LARSSON, I. 1972. Groundwater in granite rocks and tectonic models. Nordic Hydrology, Vol.3, 111-129.
- LAURITSEN, T. & RØNNING, J.S. 1992. Geofysiske målinger over mulige vannførende sprekkesoner på Kjerkøy, Hvaler, Østfold. NGU rapport 92.173. 28 ss.
- LLOYD, J.W. & HEATHCOTE, J.A., 1985. Natural inorganic chemistry in relation to groundwater, an introduction. Clarendon Press, Oxford, 1985.
- LØSET, F. 1981. Ingeniørgeologiske erfaringer fra kloakktunnelen Lysaker-Slemmestad. Section 31 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1981", ed. Heltzen A.M.; Nilsen, B. & Mowinckel A. Tapir forlag, Trondheim.
- MOYE, D.G. 1967. Diamond drilling for foundation exploration. Civil Engineering Transaction. Inst. of Engineers, Australia, April 1967, 95-100.
- MULLERN, C.F. 1980. Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. 6th Nordiska Hydrogeologiska Konferansen i Vemdalen, Ur UNGI Rapport No. 53, 135-142.
- NILSEN, B. 1988. Norwegian sub-sea tunnels - A review with emphasis on water leakages. In "Tunnels and Water", proceedings of the international congress on tunnels and water, Madrid, 12-15 June 1988, ed. Serrano J.M., Balkema, Rotterdam, 913-918.
- NILSEN, B. 1990. Tunneler under fjorder og sund. Geonytt, vol.3, 1990, 3-5.
- NORDSTROM, D.K. & JENNE, E.A., 1977. Fluorite solubility equilibria in selected geothermal waters. Geochim. et cosmochim. acta 41, 175-188.
- OLSEN A.B. & BLINDHEIM O.T. 1987. Erfaringer med stabilitetssikring og tetting av vannlekkasjer for Ålesund-Giske-tunnelene. Section 36 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1987", Tapir forlag, Trondheim.
- OLSEN, L. & SØRENSEN, E. 1990. Fredrikstad. 1913 III. 1:50000 kvartærgeologisk kart. Norges geol. unders. Upublisert manuskart. Skal publiseres 1992.
- OLSSON, T. 1979. Hydraulic properties and groundwater balance in a soil-rock aquifer system in the Juktan area, northern Sweden. Striae, Vol 12, Uppsala, 72 ss.
- OLSSON, T. 1985. The Baltic Shield. Region of Precambrian crystalline basement covered by Quaternary deposits in Scandinavia. Section 4.1.1 In Persson et al, 1985b.
- OXAAL, J. 1916. Norsk granitt. Nor.geol.unders. 76.
- PEDERSEN S. & MAALØE S., 1990. The Iddefjord Granite: geology and age. Norges geologiske undersøkelse bulletin, Vol.417, 55-64.
- PERSSON, G., KARRENBERG, H., DUBERTRET, L., ANDERSEN, L.J., BRYN, K.Ø., DE GEER, J., KELSTRUP, N. & KIRKHUSMO, L.A., 1979. Explanatory notes for the

hydrogeological map of Europe. Sheet C3, Oslo. International Association of Hydrogeologists. Unesco, Paris.

PERSSON, G., KIRKHUSMO, L.A., OLSSON, T. & WIKNER, T., 1985. Explanatory notes for the hydrogeological map of Europe. Part 1: Sheet C2, Trondheim. International Association of Hydrogeologists. Unesco, Paris.

PERSSON, G., DE GEER, J., EGOROV, S.V., KIRKHUSMO, L.A., OLSSON, T., PANOVA, Z.P., TAKA, M. & WIKNER, T., 1985. Explanatory notes for the hydrogeological map of Europe. Part 2: Sheet D2, Haparanda. International Association of Hydrogeologists. Unesco, Paris.

RAMBERG, I.B. & SMITHSON S.B. 1971. Gravity interpretation of the southern Oslo graben and adjacent precambrian rocks, Norway. Tectonophysics, 11, 419-431.

ROHR-TORP, E., 1986. Mulig grunnvannsforsyning til Vangsnes, Vik kommune. Nor.geol.-unders. rapport 86.166.

ROHR-TORP, E., 1987. Beskrivelse til hydrogeologisk kart Drøbak 1814 II. Norges geologiske undersøkelse skrifter, 78, 19pp. with map.

ROHR-TORP, E., 1989. Venabygdsfjellet, mulig grunnvannsforsyning. Nor.geol.unders. rapport 91.006.

RONGE, B. 1988. Lokalisering av bergborede brunnar med avseende på sprøttektoniska element i bergrunden och deras permeabilitet. In "Grunnvattenførsørjning - Geohydrologi i praktiken", proceedings of symposium 4/5/88. VIAK AB and Svenska Hydrologiska Rådet, 107-115.

RUESLÅTTEN, H.R., LILE, O.B., VESLEGARD, G. & FJELD, O.C., 1984a. Vann i fjell prosjektet. Undersøkelserapport. Norges tekniske høgskole, Trondheim, 1984.

RUESLÅTTEN, H.R., LILE, O.B., VESLEGARD, G. & FJELD, O.C., 1984b. Vann i fjell prosjektet, sluttrapport. Norges tekniske høgskole, Trondheim, 1984.

RØNNING, J.S. 1986. Geofysiske målinger over vannførende sprekkesoner ved Vangsnes. Nor.geol.unders. rapport 86.183.

RØNNING, J.S. 1990. Geofysiske målinger over mulig vannførende sprekker i fjell på Venabygdsfjellet, Ringebu. Nor.geol.unders. rapport 90.094.

SELMER-OLSEN, R. 1964. Alminnelig geologi og ingeniørgeologi. Tapir forlag, Trondheim, 409 pp.

SELMER-OLSEN, R. 1981. Betragtninger over store vannlekkasjer i dyptliggende tunneller. Section 21 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1981", ed. Heltzen A.M.; Nilsen, B. & Mowinckel A. Tapir forlag, Trondheim.

SELMER-OLSEN, R. 1983. Geoelektriske målinger på svakhetsoner i fjell. Section 14 In "Fjellsprengningsteknikk, bergmekanikk, geoteknikk, 1983", ed. Heltzen A.M.; Fredriksen U.; Nowacki A. & Berg K.R. Tapir forlag, Trondheim.

SIFF, 1987. Kvalitetsnormer for drikkevann. Statens institutt for folkehelse (SIFF), report "Drikkevann G2".

STOREY, B.C. & LINTERN, B.C. 1981. Alteration, fracture infills and weathering of the Strath Halladale granite. Environmental protection unit, Institute of Geological Sciences, Harwell, U.K., Report ENPU 81-13.

STORÅS, I. 1988. Ingeniørgeologisk analyse av vannlekkasjer og injeksjon i Hvalertunnelen. Hovedoppgave, Geologisk Institutt, Norges tekniske høyskole, Trondheim. 80 pp.

TAUGBØL & ØVERLAND A/S, 1987. Ingeniørgeologisk rapport; Hvalertunnelen. Report No. 2479.9, Taugbøl & Øverland A/S, Oslo, 8 pp. plus diagrams.

TELFORD, W.M. et al., 1974. Applied Geophysics. Cambridge, Univesity Press. Cambridge.

Figurene

Fig.1 - Lokasjonskart med steder som er nevnte i teksten

Fig.2 - Kart over Iddefjordsgranitt-området, SØ-Norge

Fig.3. Samsvar mellom antatte (fra forundersøkelser) og aktuelle sprekkesoner, og vannlekkasjer i Hvalertunnelen (etter Larsen, 1990, og Banks et al, 1992). Vannlekkasjer vises som totale vanninnstrømning gjennom alle sonderhull på et spesifikt peilenummer (legg merke til logaritmisk målestokk)

Fig.4. Geofysisk profil nr.2D (se fig. 5). Profilen viser anomalier i VLF og magnetiske målinger.

Fig.5. Kart over testområde 1, SØ for Pulservik. σ_{max} og σ_{min} viser til de antatte maksimale og minimale horisontale trykk som dannet sprekkemønsteret på Hvaler (iflg. en forenklet modell - Banks & Rohr-Torp, 1991))

Fig.6. Den nordlige delen av Kirkeøy. Kartet viser lineamenter som er identifisert fra flyfotografier. Rosediagrammene representerer også lineamenter fra fotografiene. Høyre siden viser antall lineamenter, venstre siden viser antall lengde-enheter.

Fig.7. Observasjoner registrert under boring av testhull 1-4. Geofysiske logger.

Fig.8. Resultater fra kapasitetstesting i testhull 1-4. Innsig fra akvoiferen (Q_A) mot vannstand under rørtopp. Se tekst for forklaring av symbolene.

Fig.9. Diagram som illustrerer teorien bak analysis av kapasitetstestene.

Fig.10 Statistisk distribusjon av ytelse og dyp av registrerte borehull i NGUs fjellboringsarkiv. Blokkene representerer den minste intervalen som omfatter 67 % av alle brønner.

Fig.11a,b,c. Responsen av de forskjellige borehull under kapasitetstesting

Fig.12a. Forskjellige hydrokjemiske komponenter plottet mot klorid-innholdet. Tall viser til brønnnummer oppgitt i Tabell 3 & Fig.13.

Fig.12b. Forskjellige hydrokjemiske komponenter plottet mot klorid-innholdet. Tall viser til brønnnummer oppgitt i Tabell 3 & Fig.13.

Fig.12c. Fluorid og alkalitet plottet mot pH.

Fig.12d. Kalsitt og fluoritt metningsindiser, plottet mot klorid. Kalsitt indeksen ble kalkulert fra det forenklete ekvilibriet : $K = (Ca^{++})(HCO_3^-)/(H^+)$; $\log K = 2.17$ på $7^\circ C$ (Lloyd & Heathcote, 1985). Med fluoritt metnings-indeksen, viser K_1 metningsgrad i forhold til $\log K_s = -10.4$ (Krauskopf, 1977); K_2 viser metningsgrad i forhold til Nordstrom & Jenne's (1977) verdi av $\log K_s = -10.96$ (begge er på $25^\circ C$). K -verdiene er temperatur-justert til $7^\circ C$ ved bruk av Van't Hoff-isotermen, og aktivitetene er kalkulert ved det Debye-Huckel formulet.

Fig.13. Kart over Asmaløy & Kirkeøy som viser prøvetakingspunkt. Liten skrift gir prøvenummer, stor skrift gir klorid-innhold i mg/l.

Fig.1

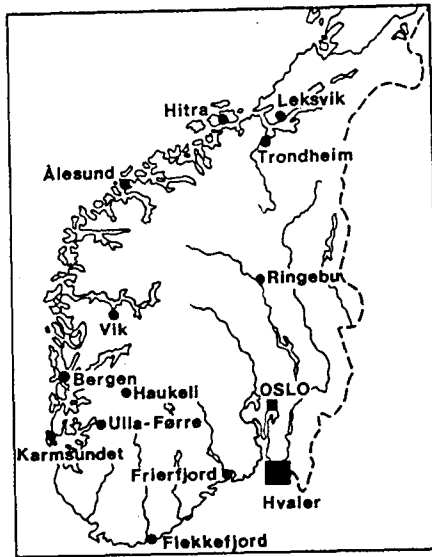
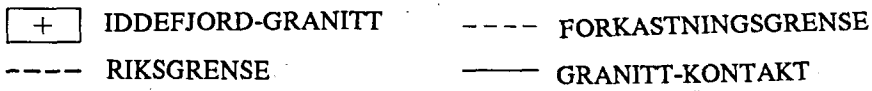
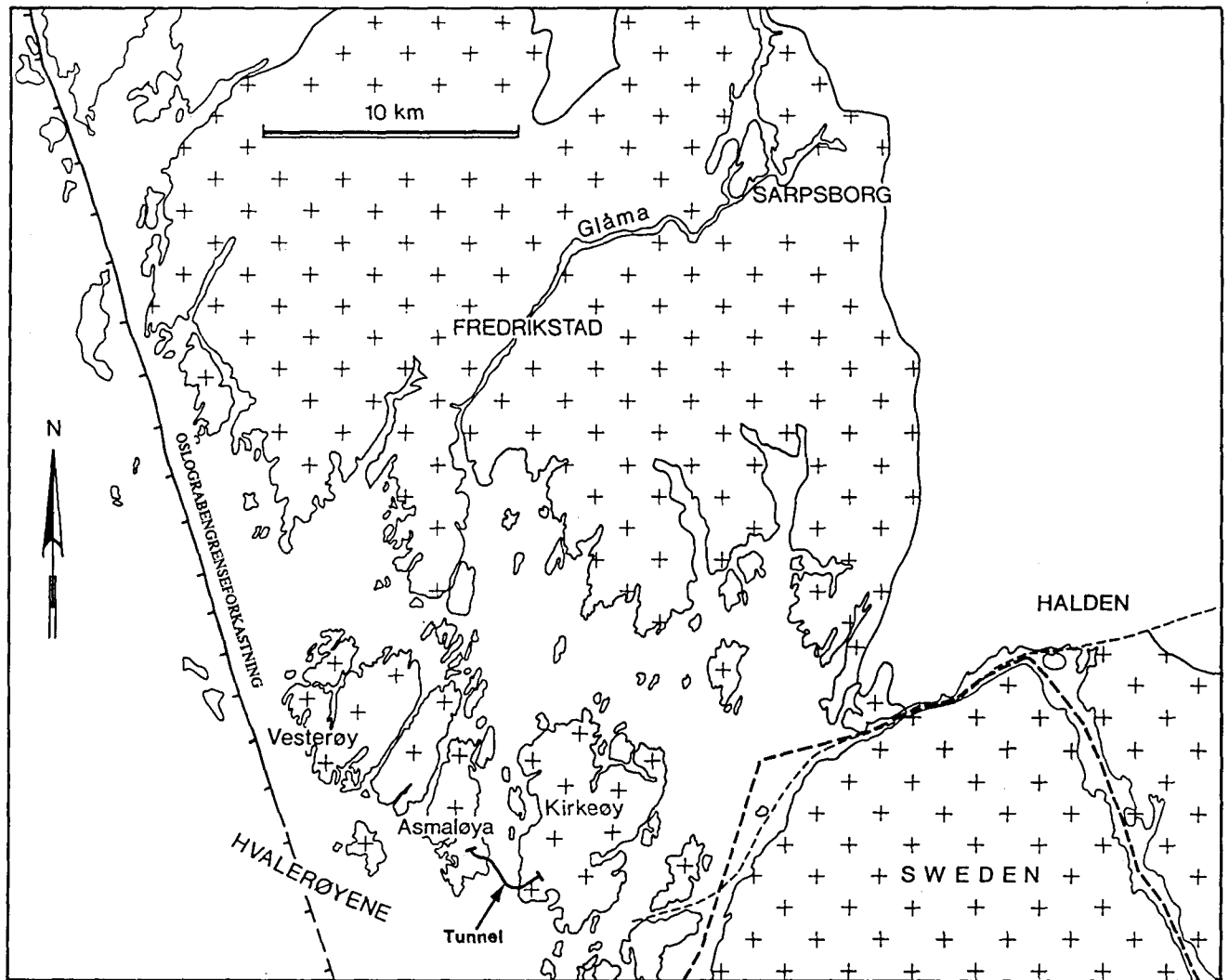


Fig.2



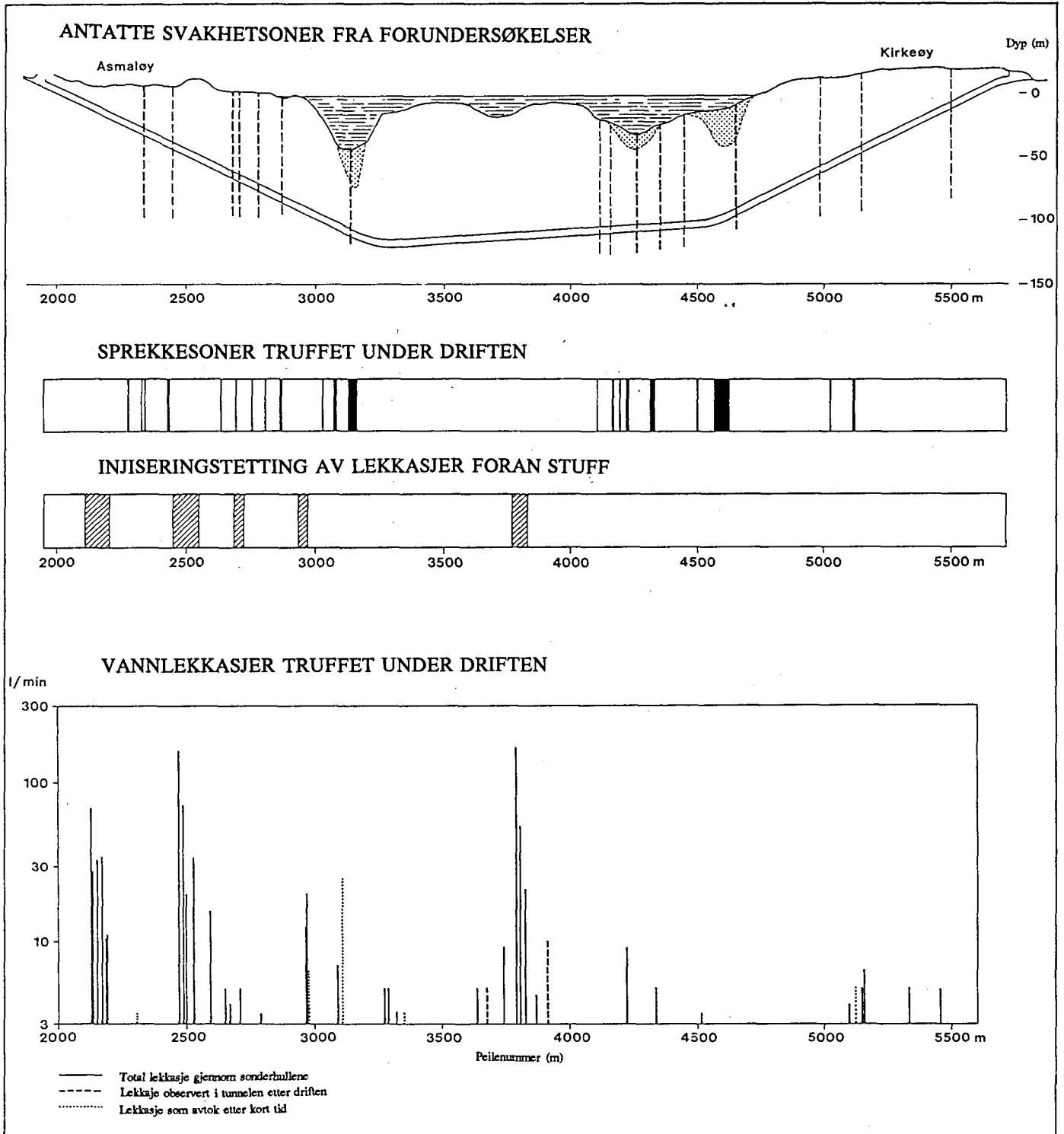


Fig.3

Fig.4

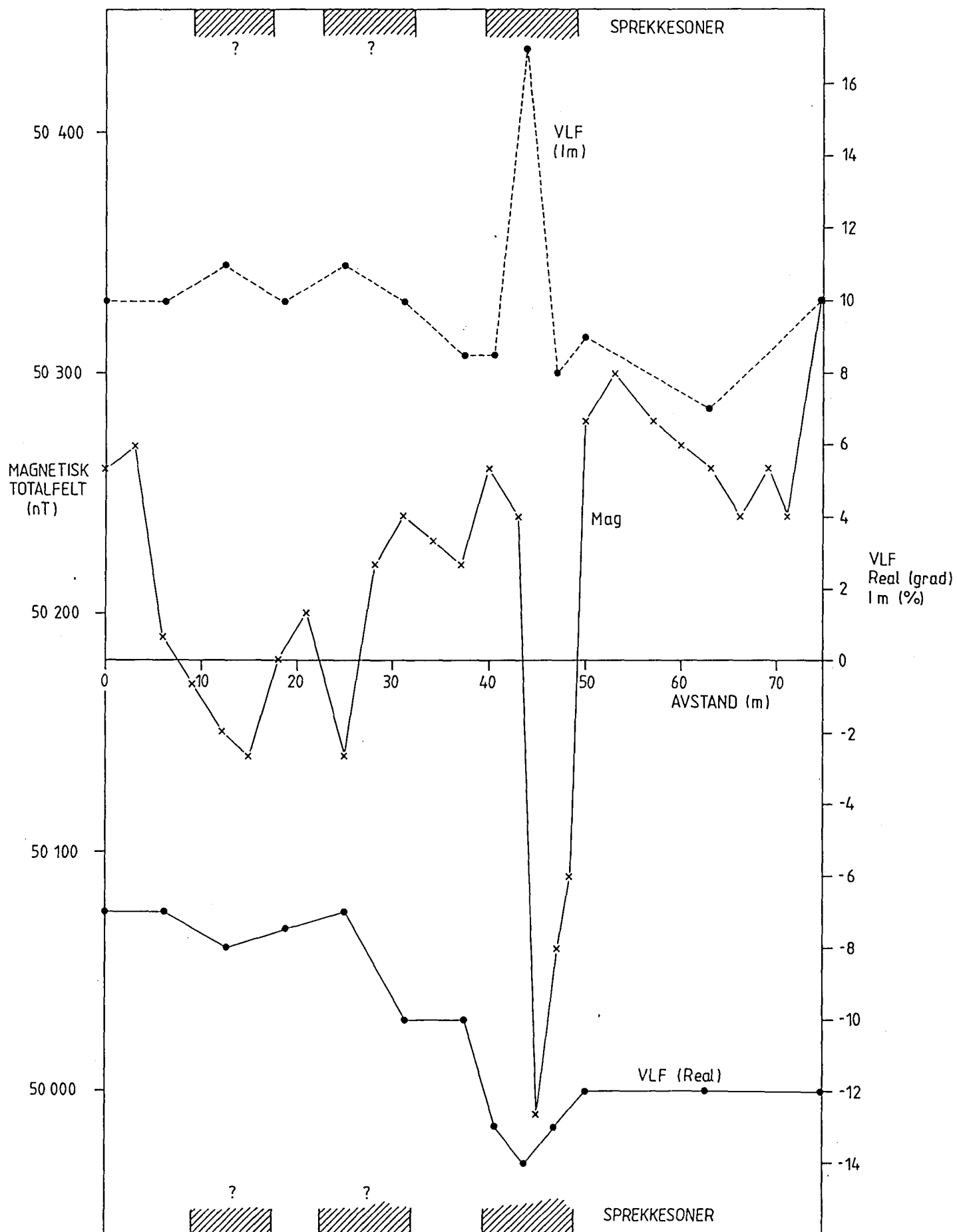
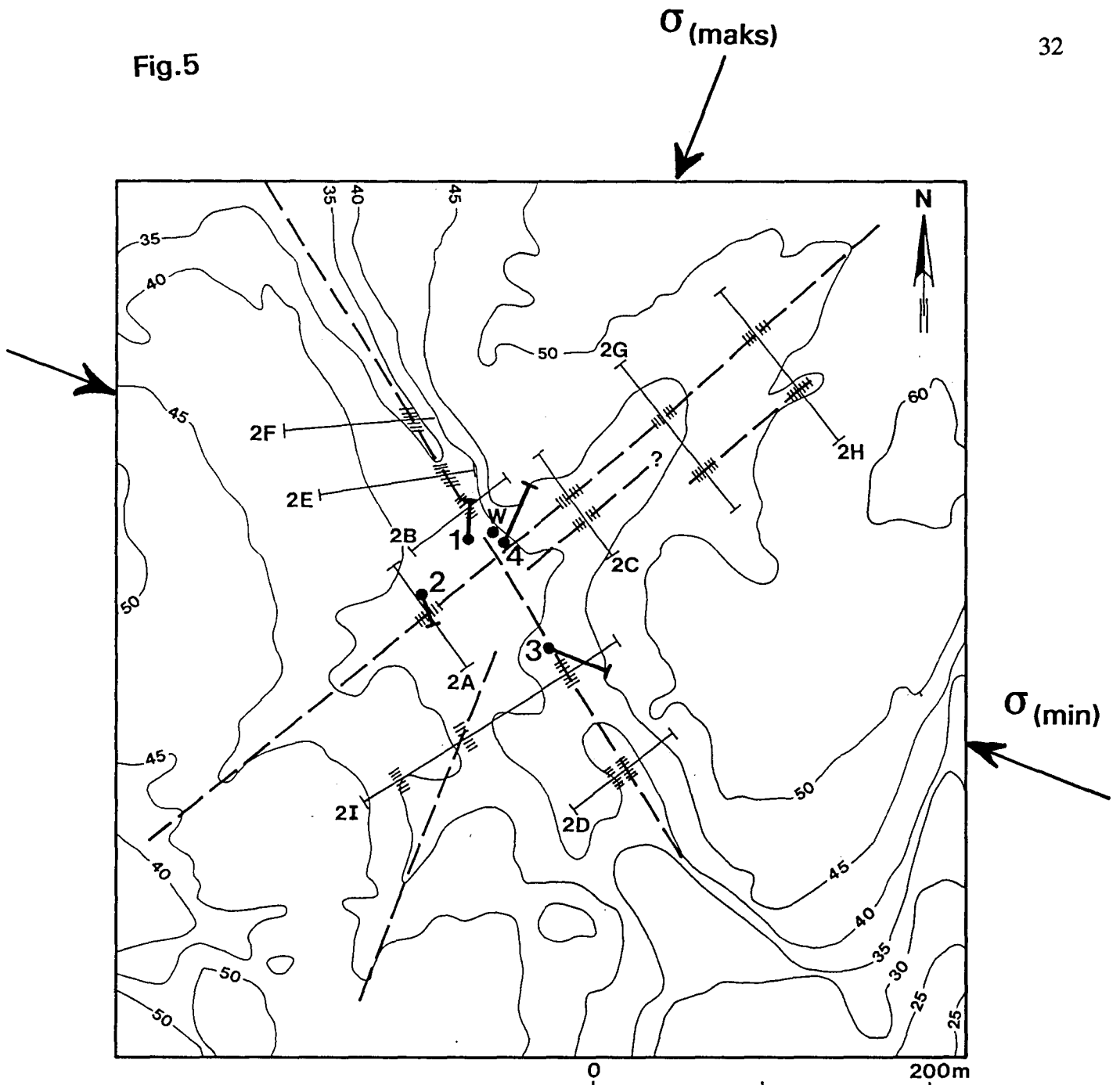


Fig.5



KEY



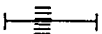
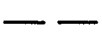
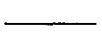
-  Borehull
-  Gravd brønn
-  Geofysisk profil med VLF/magnetisk anomali
-  Sprekkesone
-  Topgrafisk kotur



Fig.6

Fig.7

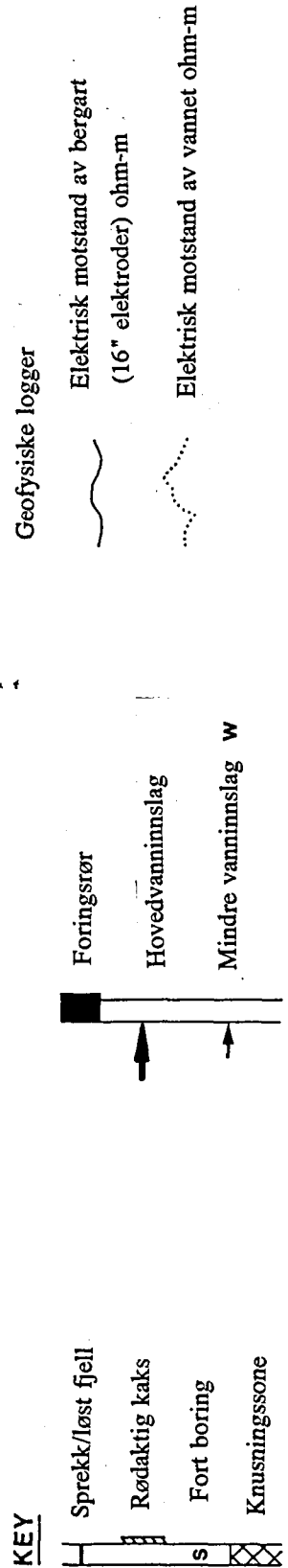
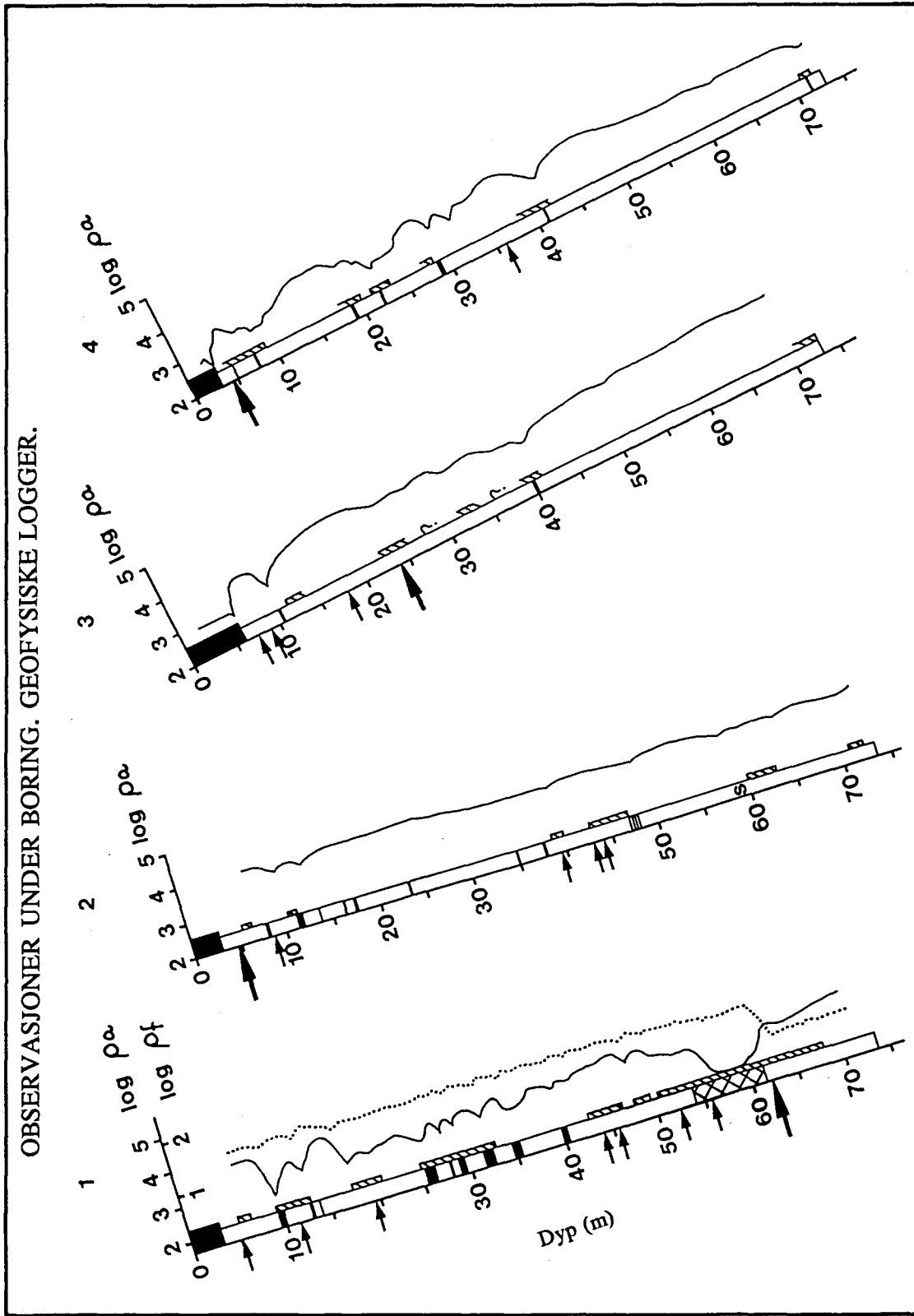


Fig.8

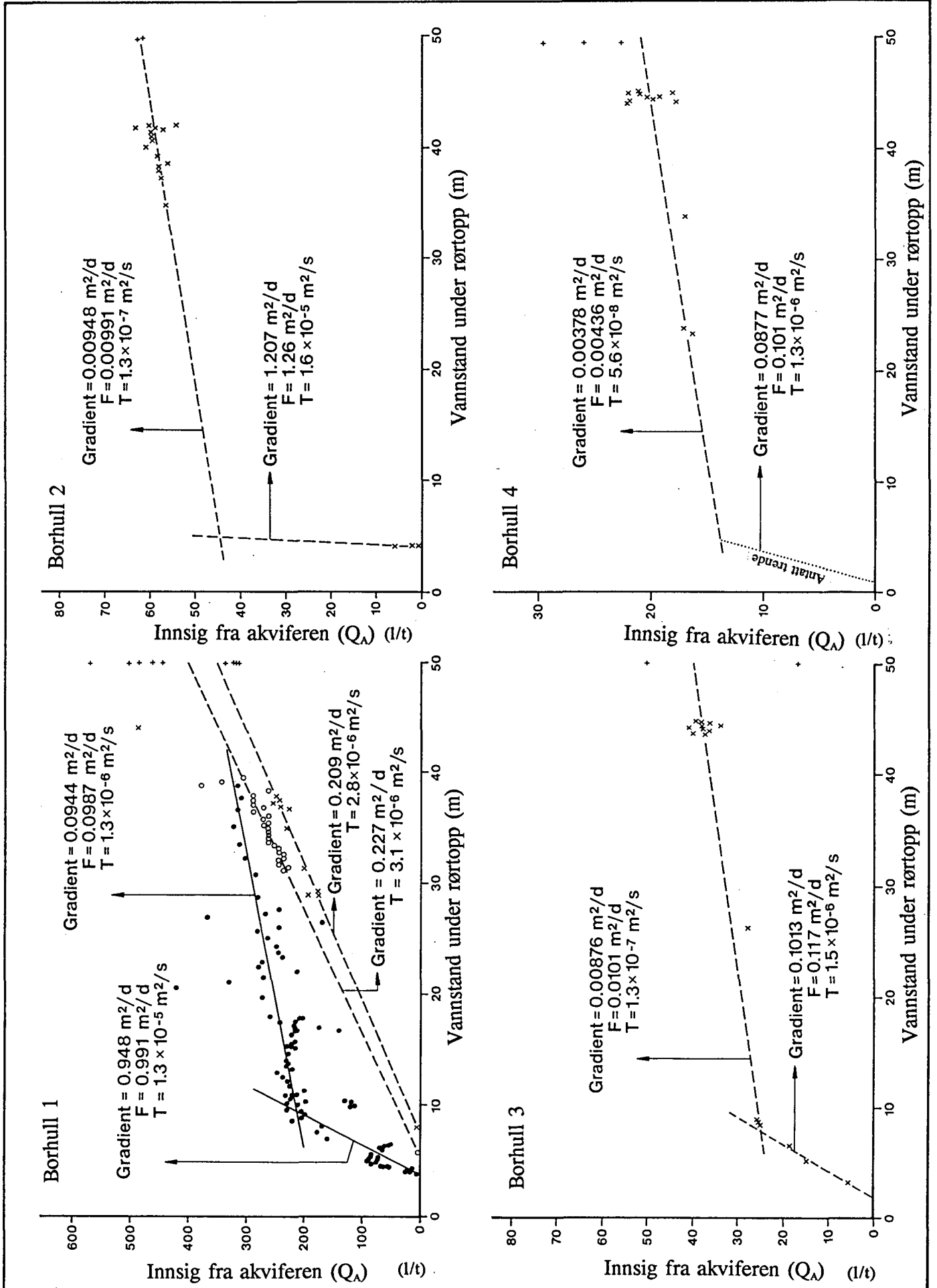


Fig.9

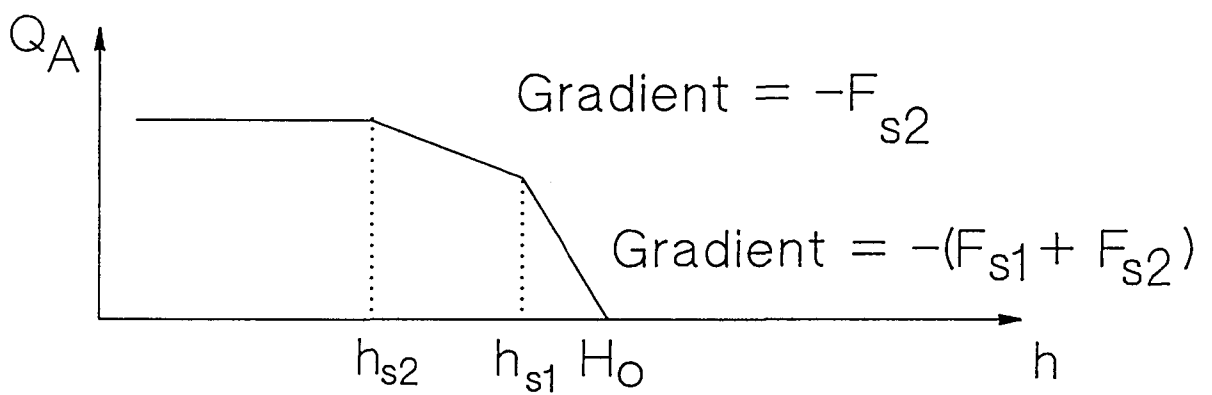
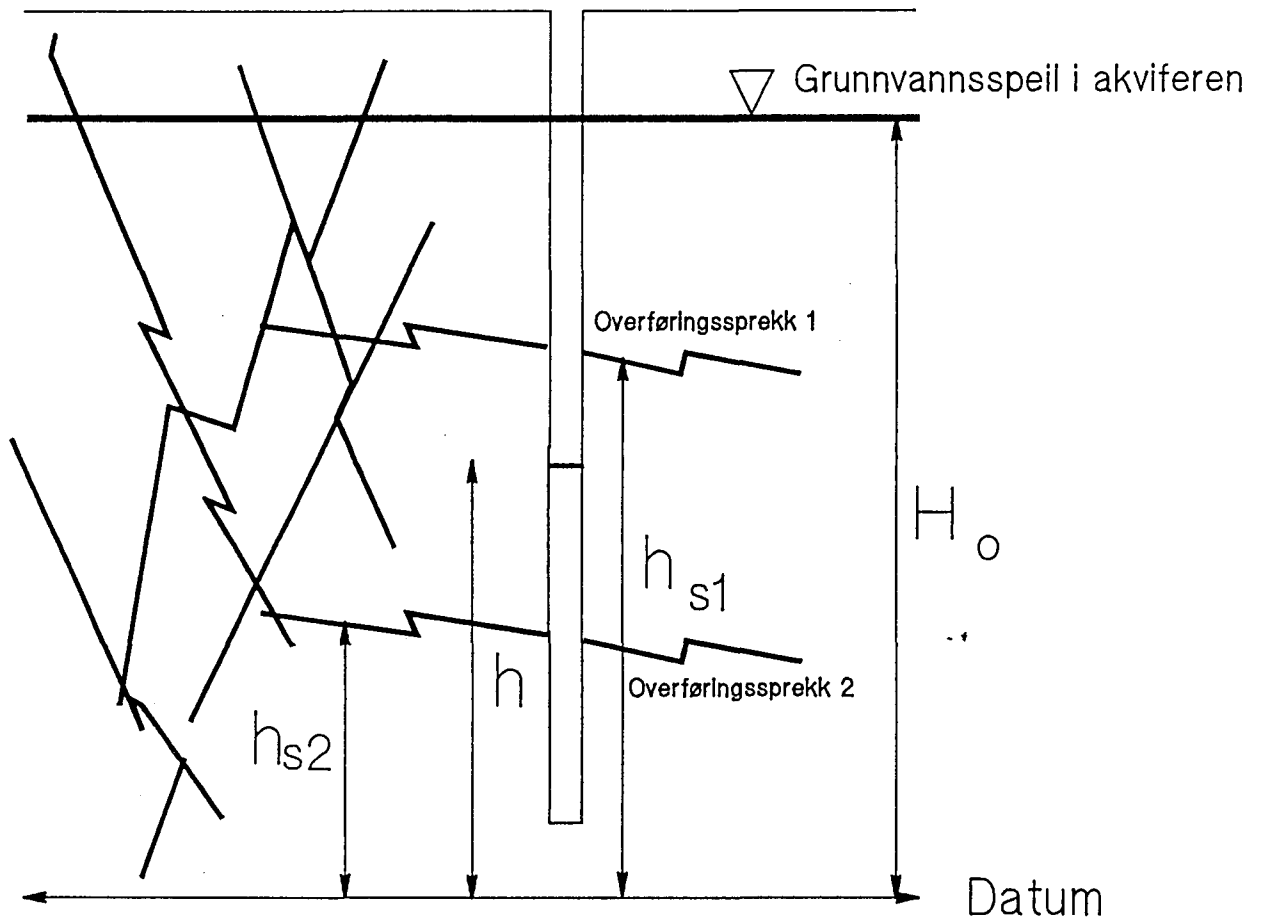
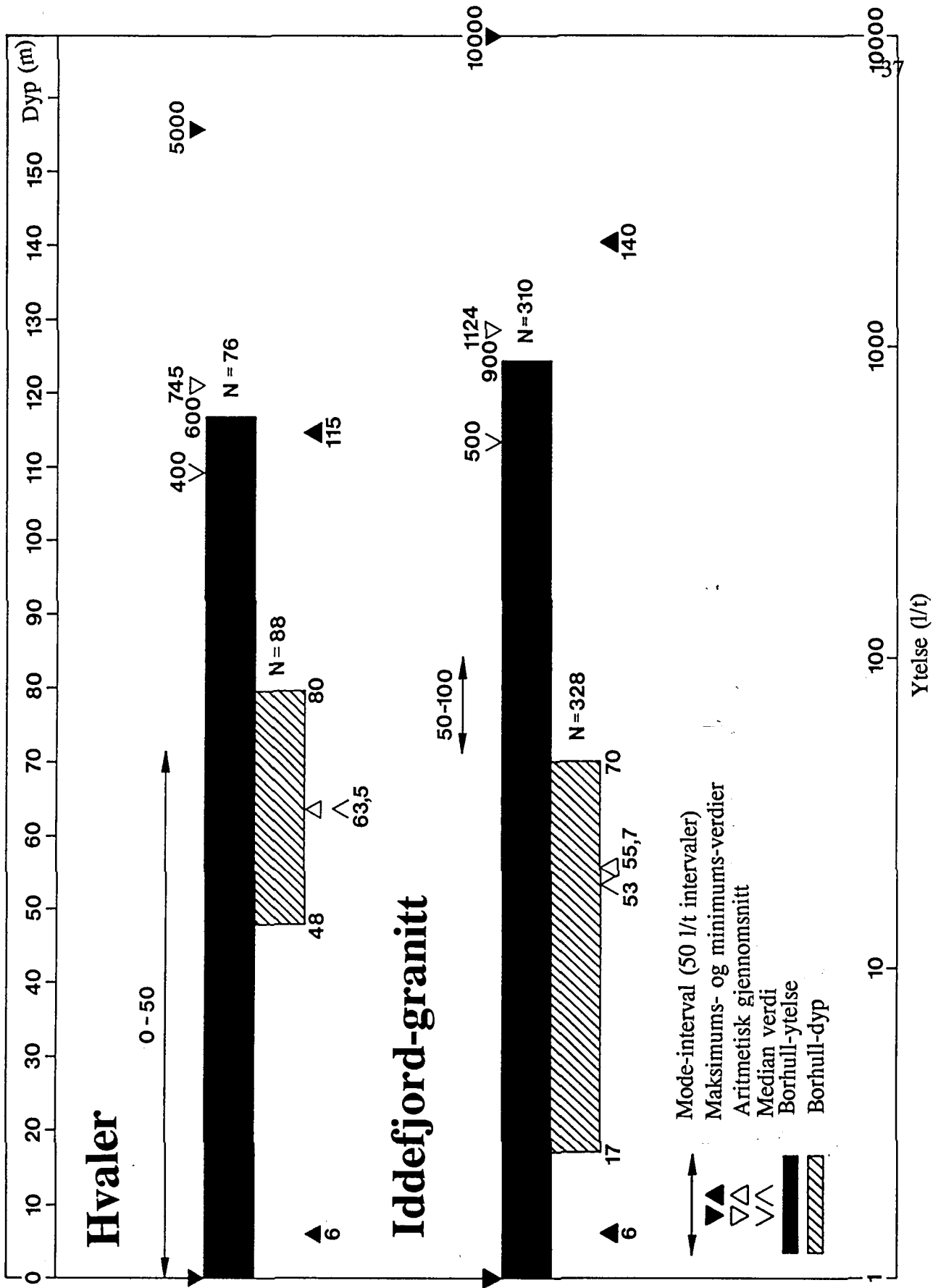
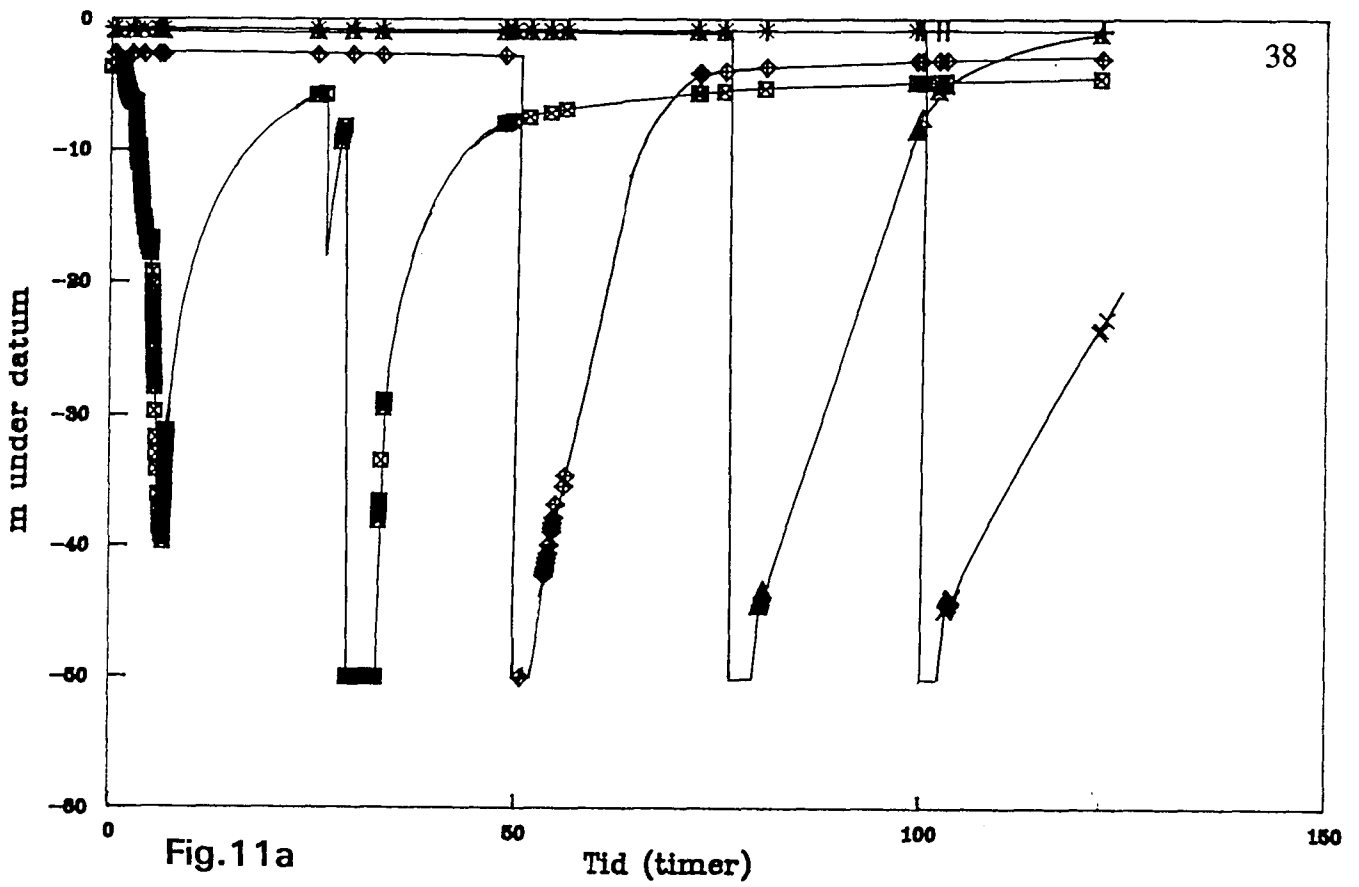
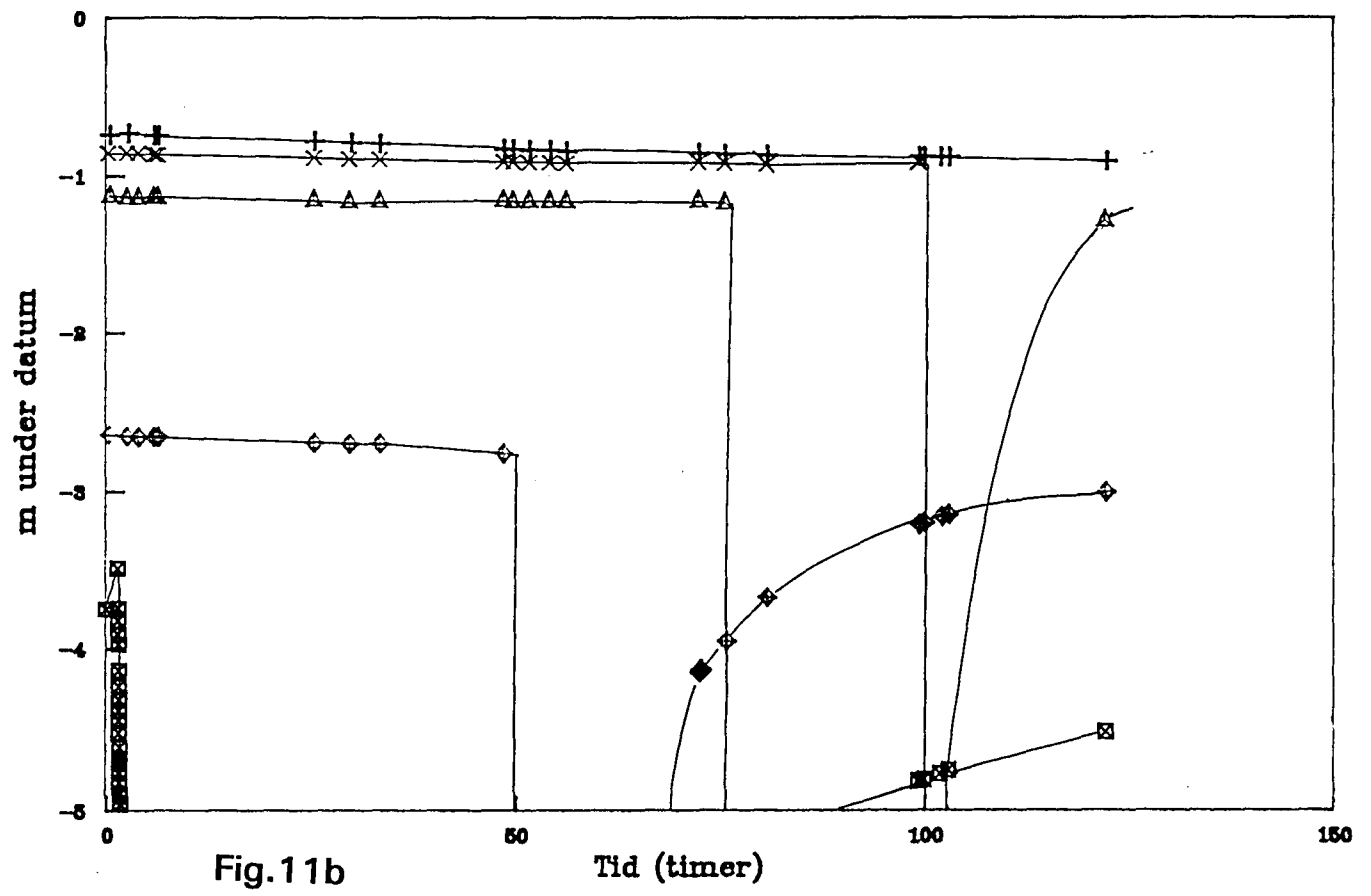


Fig.10

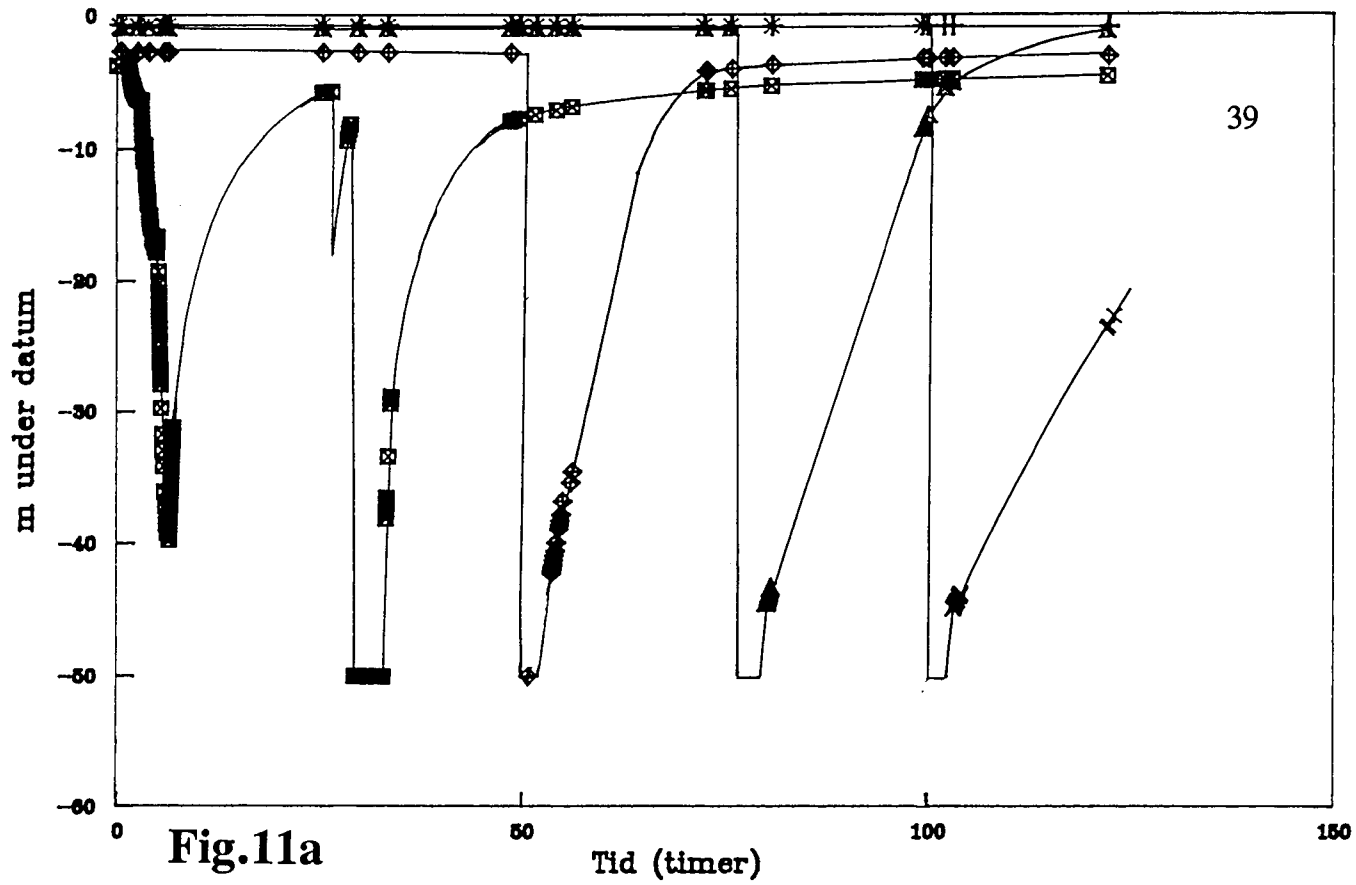




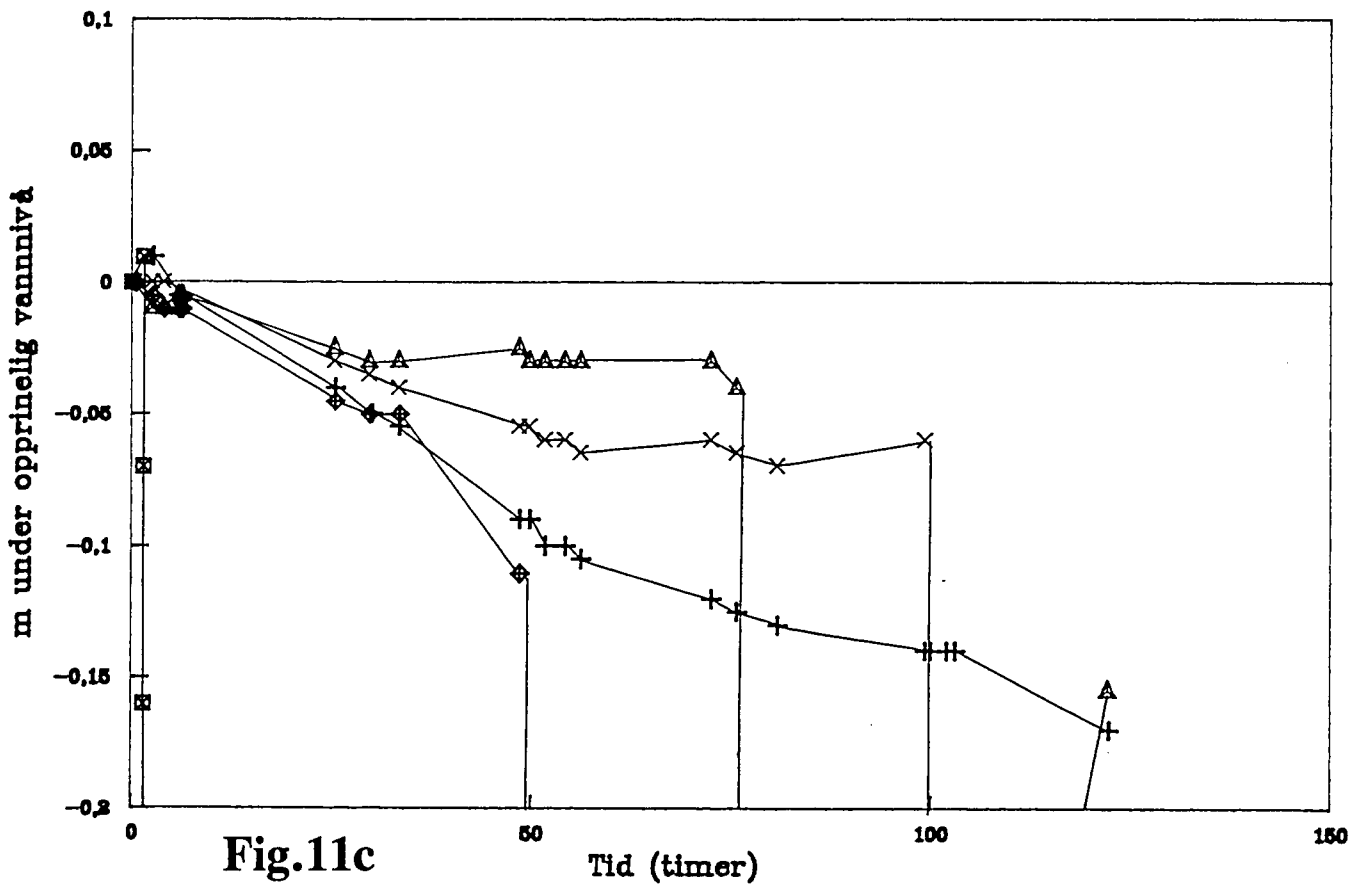
- ▣ Hull 1
- ◆ Hull 2
- △ Hull 3
- × Hull 4
- + Gravid Brønn



- ▣ Hull 1
- ◆ Hull 2
- △ Hull 3
- × Hull 4
- + Gravid Brønn



- Hull 1
- ◆ Hull 2
- ▲ Hull 3
- × Hull 4
- + Gravd Brønn



- Hull 1
- ◆ Hull 2
- ▲ Hull 3
- × Hull 4
- + Gravd Brønn

Tegneforklaring - Fig.12 a-d

- = Testhull (prøver 21a, 21b, 24, 26, 28)

- ◆ = Sjøvann
- ◇ = Saltvannslekkasjer i Hvalertunnelen
- = Borehull/brønn i granitten
- = Lekkasje fra sprekk - Urdal (nr.11)
- = Ferskvannslekkasje fra tunnelen (nr.9)
- × = Gravde brønner i løsmasser
- R + = nedbør (nr.35)
- = stormoverflateavrenning (nr.34)
- G + = nedbør ved Gøteborg (Jacks, 1973)
- S ◆ = gjennomsnittlig sjøvann (Horne, 1969; Lloyd & Heathcote, 1985)
- [○] = alkalitet kalkulert fra ionebalanse (ikke helt pålitelig)
- SDL = sjøvannsfortynningslinje

Fig.12a

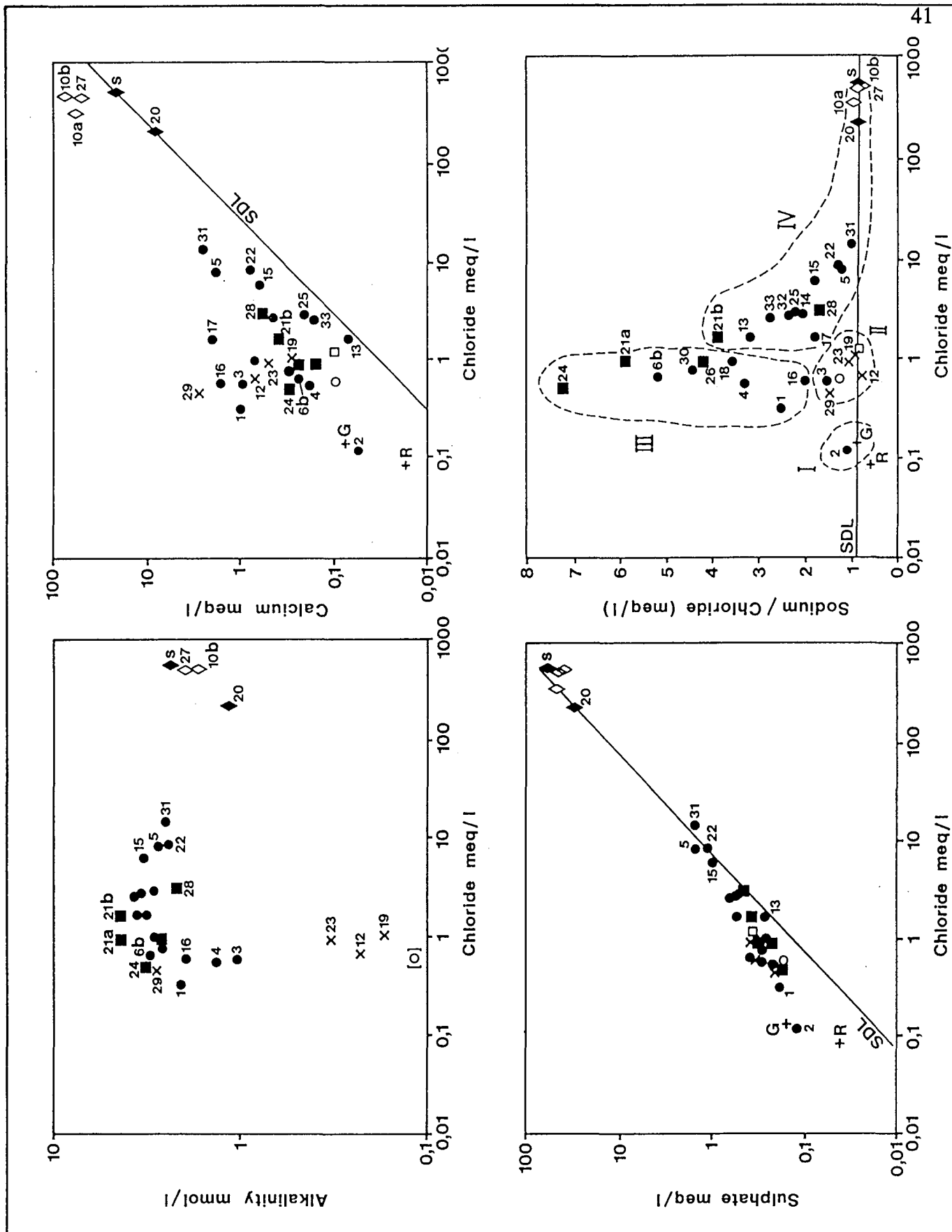


Fig.12b

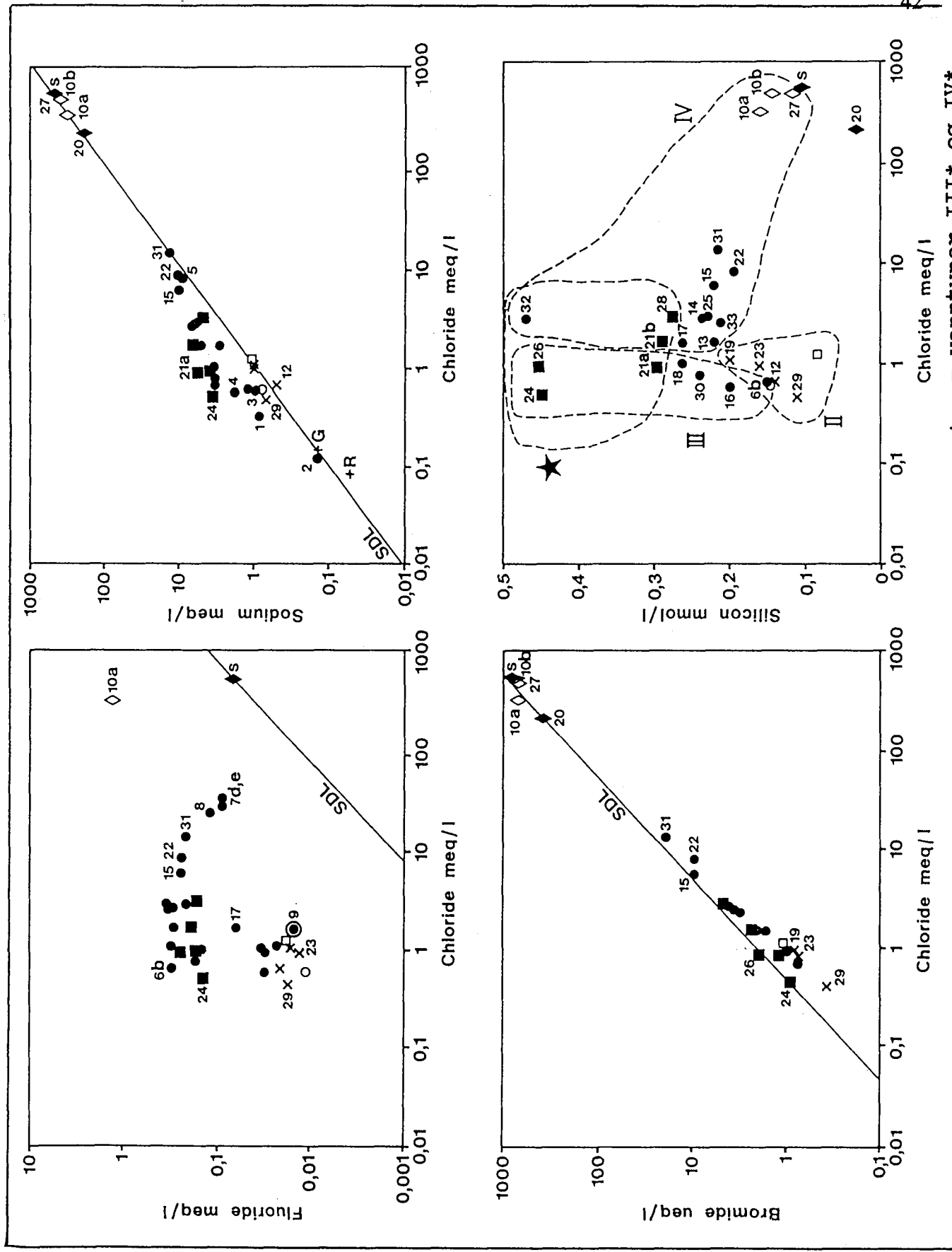


Fig.12c

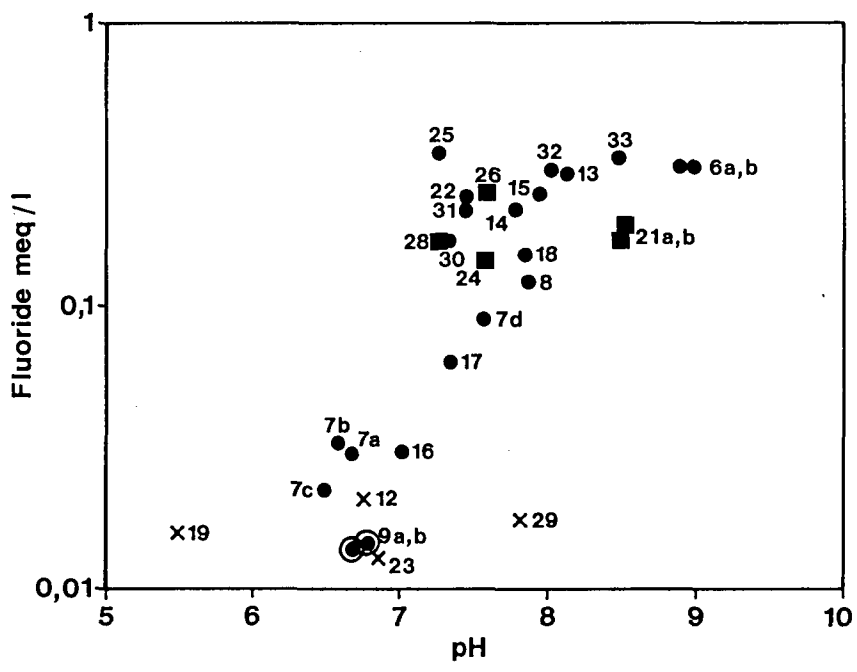
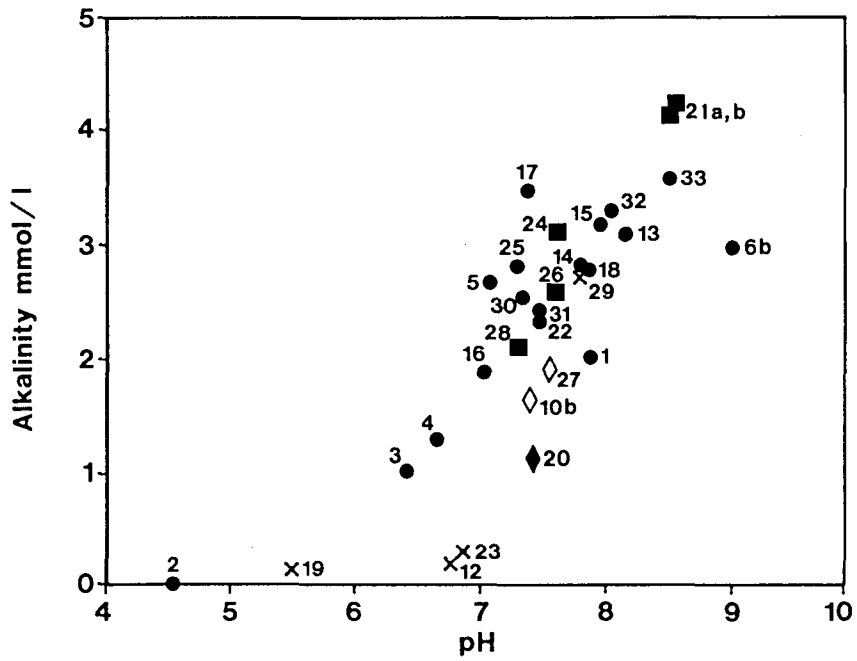


Fig.12d

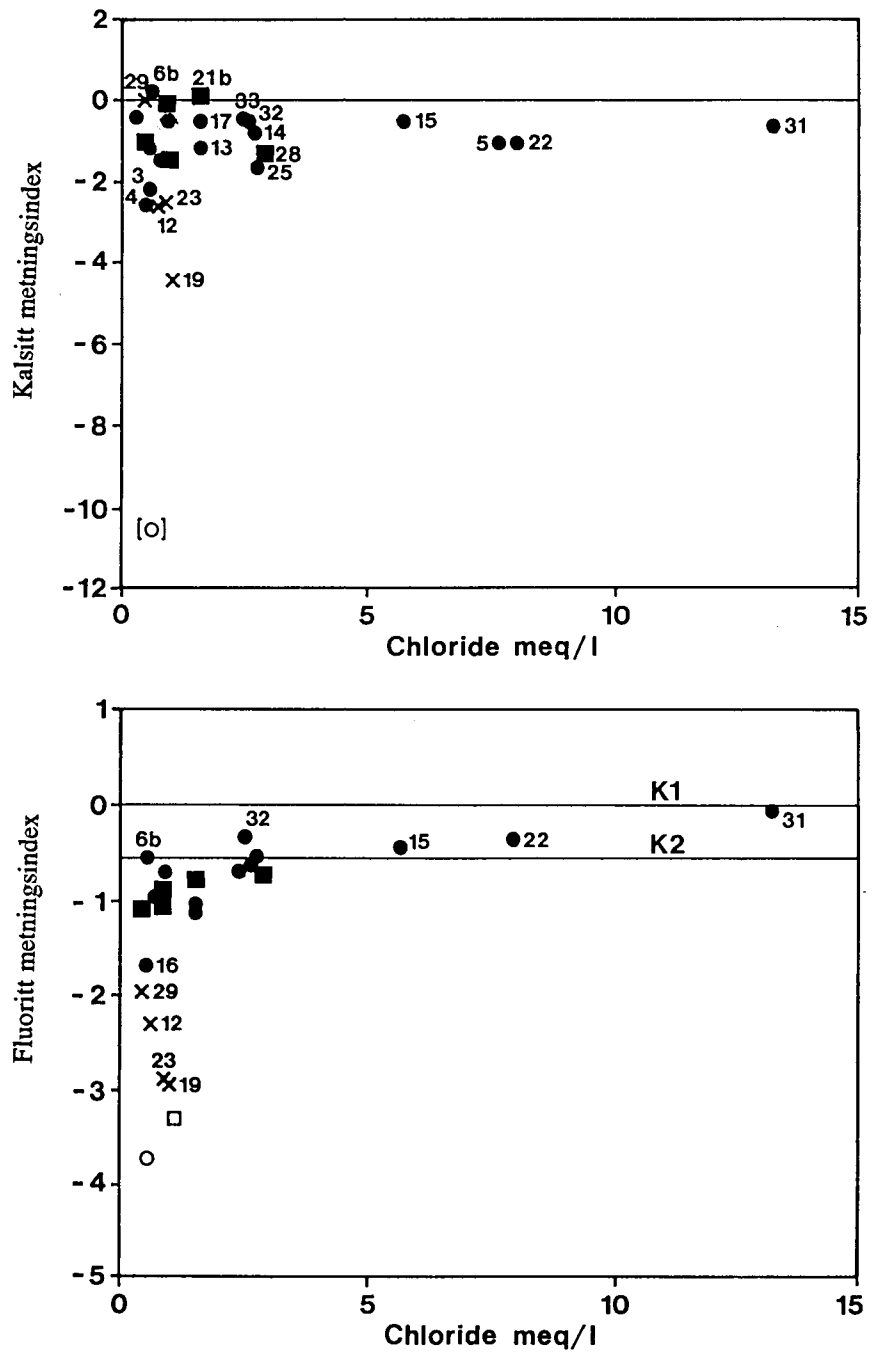
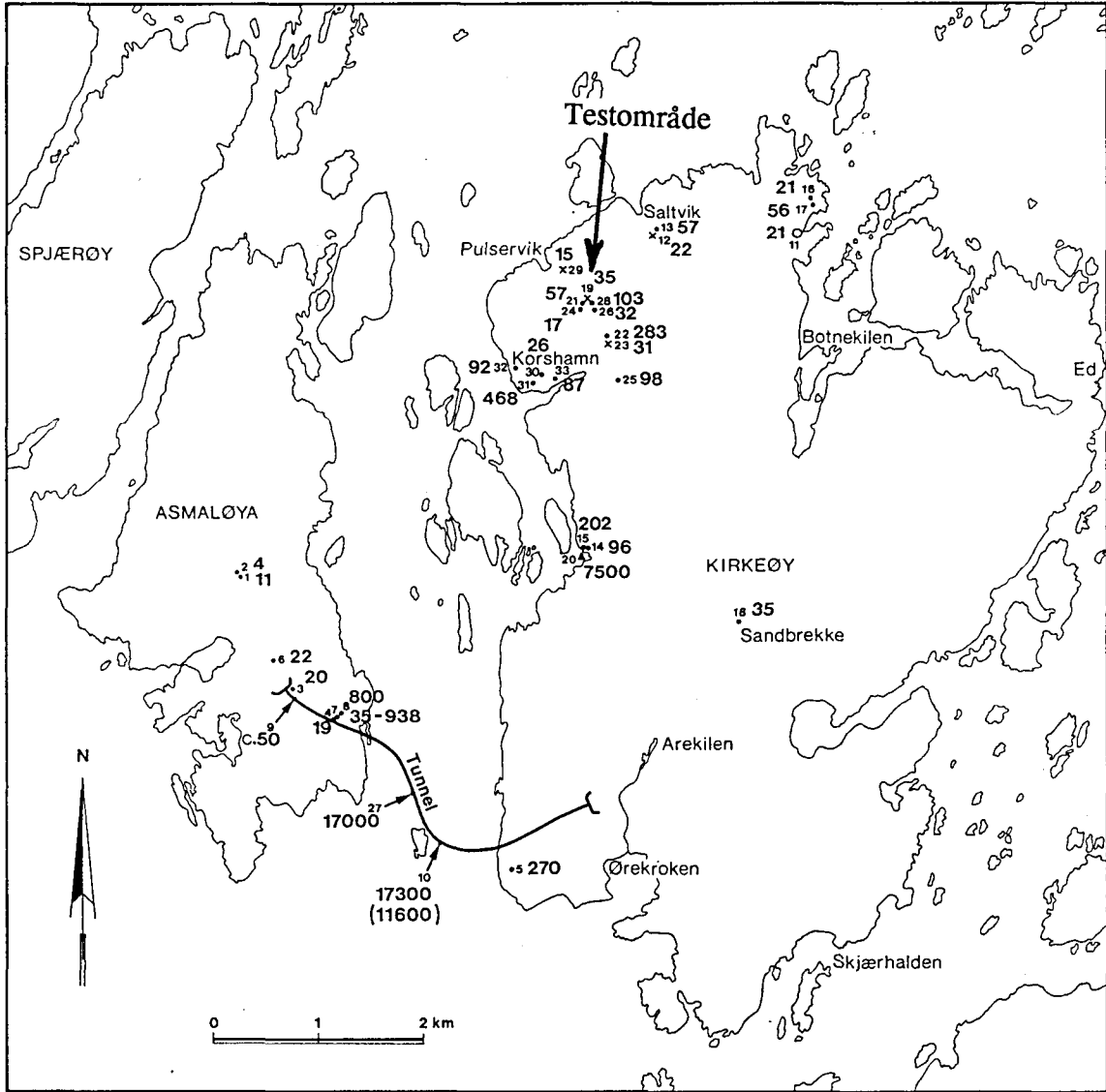


Fig.13



LEGEND

- Borehull/brønn i granitt
- × Brønn i løsmasse

- ← Lekkasje i Hvalertunnelen
- ▲ Sjøvannsprøve
- Lekkasje fra sprekk i granitten, Urdal

Tabeller

Tabell 1: Borehulldetaljer, testområde 1

Tabell 2: Hydrogeologiske parametre kalkulert fra kapasitetstestene

Tabell 3: Vannprøver fra Hvaler

Tabell 1 : Borehull-detalljer, testområde 1

Borehull no.	Dyp(m)	Retning (/360°)	Fall (/360°)	Naturlig vannstand (m under rørtopp) 25/5/91	Ytelse (l/hr) med pumpingvannstand = 50 m
1	73.5	3°	73°	3.75	360
2	73.5	157°	73°	2.65	65
3	73	110°	60°	1.13	40
4	73	24°	60°	0.86	22
Gravd brønn	1.7	vertikal		0.74	

Tabell 2 : Hydrogeologiske parametre kalkulert fra Figs. 8 a-d

	Borehull							
	1		2		3		4	
	0-12 m	12-73½ m	0-12 m	12-73½ m	0-12 m	12-73 m	0-12 m	12-73 m
Gradient G m ² /d	0,948 ⁺	0,218	1,21	0,00948	0,1013	0,00876	0,0877 [*]	0,00378
Spesifikk kapasitet F m ² /d	0,991 ⁺	0,228	1,26	0,00991	0,117	0,0101	0,101	0,00436
Hele borehull								
Transmissivitet T m ² /d	1,10 ⁺		1,40		0,130		0,113	
m ² /s	1,3 x10 ⁻⁵		1,6 x10 ⁻⁵		1,5 x10 ⁻⁶		1,3 x10 ⁻⁶	
Seksjonsvis								
Transmissivitet T m ² /d	0,848 ⁺	0,253	1,39	0,0110	0,119	0,0112	0,108	0,00485
m ² /s	9,8 x10 ⁻⁶	2,9 x10 ⁻⁶	1,6 x10 ⁻⁵	1,3 x10 ⁻⁷	1,4 x10 ⁻⁶	1,3 x10 ⁻⁷	1,2 x10 ⁻⁶	5,6 x10 ⁻⁸
Vannfylt dyp m	8,25	69,75	9,24	61,5	10,83	61	11,08	61
Hydraulisk konduktivitet K m/s	1,2 x10 ⁻⁶	4,2 x10 ⁻⁸	1,7 x10 ⁻⁶	2,1 x10 ⁻⁹	1,3 x10 ⁻⁷	2,1 x10 ⁻⁹	1,1 x10 ⁻⁷	9,2 x10 ⁻¹⁰

skyldes en grunn sprekk som synes å ha tørket opp under pumping basert på antatt gradient, fig. 8d.

Tabell 3 : Hydrokjemiske prøver. Prøvenummer svarer til fig. 13. Prøver 1-9 analysert i forbindelse med tunneldrift. Prøver 10-35 & 6b analysert hos NGU (d = borehullet har avvik fra vertikalt).

Prøve	Navn	Pr.takings dato	Kilde	Borehull dyp	Klorid mg/l	Vanntype
1	Birkeland	23/11/87	Borehull - granitt	25 m	11.2	III
2	Berg	23/11/87	Borehull - granitt	> 50	4,2	I
3	Hansen	23/11/87	Borehull - granitt	> 31	20	II
4	Sørensen	23/11/87	Borehull - granitt	> 43	19	III
5	Marstrander	23/11/87	Borehull - granitt	78	270	IV
6a	Bombua	20/10/89	Borehull - granitt	?	37	
6b	Bombua	23/03/90	Borehull - granitt	?	22	III (II)
7a	Sørensen 2	25/10/88	Borehull - granitt	60	33	II or III
7b	Sørensen 2	15/11/88	Borehull - granitt	60	35	II or III
7c	Sørensen 2	24/02/89	Borehull - granitt	60	37	II or III
7d	Sørensen 2	27/06/89	Borehull - granitt	60	938	IV
8	Sørensen 3	28/04/89	Borehull - granitt	70 d	800	IV
9	Chain.2140	28/04/89	Lekkasje i tunnel		56	
10a	Chain.4120	23/03/90	Lekkasje i tunnel		11600	Modifisert sjø
b	Chain.4120	29/05/91	Lekkasje i tunnel		17300	Modifisert sjø
11	Urdal	09/05/90	Lekkasje fra granitt-klippe		21	II
12	Melhuus	15/05/90	Brønn i løsmasse	3	22	II
13	Melhuus	15/05/90	Borehull - granitt	45	57	IV
14	Bolingshavn	15/05/90	Brønn i granitt	6	96	IV
15	Bolingshavn	15/05/90	Borehull - granitt	27	202	IV
16	Dauløkkene N	15/05/90	Borehull - granitt	?	20	III
17	Dauløkkene S	15/05/90	Borehull - granitt	?	56	IV
18	Sandbrekke	16/05/90	Borehull - granitt	80	35	III
19	Testområde	08/11/90	Brønn i løsmasse	1.7	35	II
20	Bolingshavn	08/11/90	Sjøvann		7500	Sjøvann
21a	Testhull 1	25/05/91	Borehull - granitt	73.5 d	32	III*
21b	Testhull 1	25/05/91	Borehull - granitt	73.5 d	57	IV*
22	Knausen	26/05/91	Borehull - granitt	90	283	IV
23	Skartlien	26/05/91	Brønn i løsmasse	3.8	31	II
24	Testhull 2	27/05/91	Borehull - granitt	73.5 d	17	III*
25	Granli	28/05/91	Borehull - granitt	101	98	IV
26	Testhull 3	28/05/91	Borehull - granitt	73 d	32	III*
27	Chain.3615	29/05/91	Lekkasje i tunnel		17000	Modifisert sjø
28	Testhull 4	29/05/91	Borehull - granitt	73 d	103	IV*
29	Solhell	30/05/91	Brønn i løsmasse	?	15	II
30	Andresen	30/05/91	Borehull - granitt	40	26	III
31	Heyerdahl	30/05/91	Borehull - granitt	65	468	IV
32	Granlie	30/05/91	Borehull - granitt	70 d	92	IV*
33	Dahl	30/05/91	Borehull - granitt	76 d	87	IV
34	Testområde 1	31/09/91	Regnvann		3.0	
35	Testområde 1	31/09/91	Storm-avrenning fra granitt		42	

Vedlegg

- Vedlegg 1: Beskrivelser av boring
- Vedlegg 2: Geofysiske borehullsloggene
- Vedlegg 3: Kapasitetstesting - rå data
- Vedlegg 4: Kapasitetstesting - grafisk fremstilling
- Vedlegg 5: Grunnvannskjemi
- Vedlegg 6: Røntgenpulverdiffraktogrammene

Vedlegg 1a

Boreloggene fra testhull 1

Hull Nr.1

Total dyp = 73.5 m

Hullets fall = 73 deg (/360) mot 007 g (mag) (/400)

UTM koordinater = 61488 655098

<u>Dyp</u>	<u>Støv/borekaks</u>	<u>Boresenk</u>	<u>Sprekker</u>	<u>Prøver</u>
6/11/90				
0-5 m	Tørt, grått	Langsomt		
5 m		Fortere	Mindre innslag vann	
5.5 m	Rødere			Ja
6-9.5 m	Stort sett grått	Langsomt		
6.5 m	Litt lyserødt/hvitt			Ja
9 m	Hvitt			Ja
9.5-10 m	Litt lyserødt	Fort	Sprekk. Ikke noe vann.	Ja
11.5-12 m	Rødere		Noe vann	Ja (12m).
13 m	Lyserødt med noe grå/grønne farge. Grove korn."Sleppe"	Hardt	Sleppe (pegmatitt?)	Ja
14 m	Litt sandig. Forvitret ?			
15 m	Ganske grått. Tørt.			
18 m	Mer lyserød			Ja
19-19.5 m	Borekronen tigger litt	Langsomt		
19.5-20 m	Veldig grovt, rødere		Ganske mye vann (19.5 m).	Ja
25 m	Grovt, grått/brunt			Ja
25.5-26.5 m	Rødt/brunt leirig.		Sleppe	Ja (25.5 m)
28 m	Grovt. Litt forvitret? Brunt.			Ja
29-29.5 m	Fint / leiraktig, brunt		Sleppe	Ja
7/11/90				
31.5-32.5 m	Grovt. Litt gråere. En del grønn mineral.	Fort	Sleppe	Ja
32.5-34.5 m		Mer langsomt		
34.5-35.5 m	Grått, sandig.	Fortere	Sleppe	Ja
35.75 m	Grått, sandig.			Ja
37.5 m	Grått, sandig.			
38 m	Grått, mer finkornet.			Ja
38-43 m	Grått.		Bergart oppsprukket omkring 40m, men ikke vann!	Ja (41.5m)
43-44 m	Blir lysere og litt rødere igjen.			Ja (43.5 m)
44 m	Grått / litt lyserødt. Fuktig.		Fuktig. Kanskje litt vann.	
45 m	Fortsatt grått/lyserødt/brunt.			
45.5 m	Støv forsvinner, litt vann.		Sansynligvis litt vann.	
45.5-46.5 m	Ganske brunt. Grovere.			Ja (45.5 m)
46.5-48 m	Blir grått igjen.			
48-49.5 m	Brunt			Ja (48.5 m)
49.5-50.5 m	Lysegrått			
50.5-55 m	Lyserødt			Ja (50.5 m)
52.5 m	Støv forsvinner, litt vann.		Sansynligvis litt vann.	
54.5 m	Borekrone tigger litt	Fortere		
55-55.5 m	Lite støv. Grovt. Brunt/grått	Fort	Noe vann.	Ja
56 m	Brunt/grått. Grovt.	Fort		
57-60 m		Fort		
57.5-58.5 m	Brunt. Mer finkornet.			Ja
60-61.5 m		Fort		
61 m	Grovt. Brunt. Lite kaks/støv			Ja
61.5-62 m	Hardere bergart. Grusaktig / fuktig kaks. Mye vann truffet ca. 62 m som ga brunt/lyserødt slam.	Langsomt	Mye vann ca.62 m.	Ja
63-66 m	Brunt/grått.	Langsomt		Ja (63.5m)
66-68 m	Hard bergart.	Veldig langsomt		Ja (67.5 m)
68-69 m	Hard bergart. Gråere	Veldig langsomt		Ja
69-73.5 m	Samme.		Muligens litt mer vann mellom 62 m og 73 m.	

Sammendrag

Det antas at hovedsprekkesonen ble truffet mellom ca. 54 m og ca. 62 m der boring var ganske fort. Det største innslag av vann ble truffet ca. 61.5- 62 m, dvs ved den nederste grensen mellom sprekesonen og fast fjell. Vanninnslag på 12 m ble vurdert av borerne til å være ca. 50-60 l/t. På ca. 62 m hullets ytelse vurdert som

ca. 1000 l/t, stort sett fra nivået 61.5-62 m. Vannstand i borhullet var 6.40 u.t.r, kl.11.45 den. 8 nov 1990.

Det ser ut til å være noen sammenheng mellom lyserøde/brune soner av granitt og vanninnsig, sannsynligvis på grunn av oksidasjon ved transport av vann langs sprekker.

Vedlegg 1b

Boreloggene fra testhull 2

Hull Nr.2

Total dyp = 73½ m

Hullets fall = 73 deg (/360) mot 178 g (mag) (/400)

UTM koordinater = 61485 655093

<u>Dyp</u>	<u>Støv/borekaks</u>	<u>Boresenk</u>	<u>Sprekker</u>	<u>Prøver</u>
8/11/90				
0-3 m	Veldig hard bergart	Veldig langsomt		
4 m	Lysegrått (litt lyserødt)			Ja
4.5-5 m (6 m)	Grått. Fuktig. (Mye brunt/grått slam under blåsing ut av hullet)		Ganske godt vanninnslag	Ja
8-8.25 m	Løst fjell. Lysegrått (litt lyserødt). Sandig.	Fort		Ja (slam) Ja (8.0 m) Ja (8.25 m)
8.5 m	Finere		Moderat vanninnslag	Ja
10.5-11.3 m	Grått, men litt mer lyserødt.			
11.3-12 m	Løst fjell. Litt gråere	Fort		Ja (11.5 m)
12-13.75 m	Ganske grått			
13.75 m	Ganske grått. Litt brunt. Kort seksjon av fort boring.	Fort	Sleppe/løst fjell?	Ja
16.5 m	Litt oppsprukket bergart		Sprekker	
17 m	Grått/brunt. Grovt			Ja
17.5 m	Sleppe, grovt kaks		Sleppe	Ja
18-21 m		Ganske langsomt		
19.75 m	Grått/litt lyserødt. Mer finkornet.			Ja
21-24 m	Tørt	Ganske langsomt		
23 m	Lysegrått			Ja
23.5 m			Liten sleppe	
24-27 m	Tørt, grått, finkornet.	Ganske langsomt		Ja (26 m)
27-30 m	Tørt, grått, finkornet.	Litt fortere		
35 m	Løst fjell, lysegrått/ litt lyserødt kaks			Ja
36 m	Nesten tørt			
38 m	Løst fjell		Små slepper	
39½m	Litt grovere, og rødlig.		Litt vann	Ja
40 m	Lysegrått kaks			
40½m	Litt skiftende.			
43 m	Grovere kaks, hardere fjell		Mer vann	
43½m	Rødlig, middels-kornig kaks			Ja
44 m	Løse rødlig fjell.		Noe vann	
44½m	Rødlig, middels-kornig kaks			Ja
46 m	Tørrere			
47 m	Finere grått kaks	Fort 47-48m	Små slepper	
50 m	Finkornig grått kaks			Ja
53 m	Nesten tørt. Finknust kaks			
58 m	Grått, litt rødaktig kaks			Ja
58½m		Bedre synk		
61½m	Fint, lyserødaktig kaks			Ja
70 m	Fint, grått kaks			Ja
72 m	Fint, lysegrått, litt rødaktig kaks			Ja
73½m	Slutt			

Sammendrag

To innslag av vann ble truffet nært overflaten - på ca. 4.5-5 m og på ca. 8.5 m. Borerne vurderte (ved blåsing ut av hullet) ytelsen fra den første sonen (4.5 - 5 m) å være omkring 300 l/t. Under blåsing på 9m ble ytelsen fra begge soner tilsammen vurdert å være ca. 8-10 l/min (480-600 l/t). Tre innslag også ble truffet mellom 39 og 43 m. Den totale ytelsen ved slutten av boringen ble vurdert å være ca.300 l/t.

Hull: **HVALER Hull 2** | Sted: **Pulservik, Hvaler** | Hullets diameter: **195 mm til 3 m under bakken**
 Første borelengde: **m** | Føringsrør lengde: **3 m x 195 mm** | **140 mm til 73,5 m under bakken**
 Avvik fra vert = **17 ° (0-90)** | Retning av skrått boring = **178 ° (mag) (0-400)**

Dyp (m)	Tid per 3m borelengde (min/sek)	Boresenk kommentarer fort/sakte	Kaks/slam			Kaks/slam lyshetsgrad		Kaks/slam farge			Kaks			Kronen tigger ?	Vann-innslag	Kommentarer
			Tørt kaks	Fuktig kaks	Våt kaks + alger	Lyst	Mørkt	Svart Grøtt Grønn	Mitt	Rødt Brun	fin	midd.	grov			
3		0-3m sakke													Hard bergart	
6	8 min														4 1/2 - 5m vanninnslag	
9	7m 20s	8-8 1/2m fort													8-8 1/4 m "løst fjell" 8 1/2 m vanninnslag	
12	9m 50s	11,5-12m fort													11,5-12m løst fjell	
15		13,75m fort													stepper / løst fjell? ... 13,75m	
18	13m 40s														16,5m oppsprukket fjell 17,5m stepper	
21	13m 40s	Ganske langsomt														
24	12m 10s	Ganske langsomt													23 1/2m Like stepper	

Dyp (m)	Tid per 3m borelengde (min/sek)	Boresenk kommentarer fort/sakte	Kaks/slam			Kaks/slam lyshetsgrad		Kaks/slam farge			Kaks			Kronen tigger ?	Vann-innslag	Kommentarer
			Tørt kaks	Fuktig kaks	Våt kaks + alger	Lyst	Mørkt	Svart Grøtt Grønn	Mitt	Rødt Brun	fin	midd.	grov			
24																
27	11m 45s	Ganske langsomt														
30	9m 10s															
33																
36															ca. 35m løst fjell	
39	10 min														ca. 38m løst, små stepper	
42	11 min														39,5m Grovere rødlig kaks litt vann ca. 39,5m 40m lysgrønn kaks 40 1/2m litt skiftende forhold	
45	12 min														43m Grovere kaks. Hardere fjell ca. 43m vanninnslag ca. 44m løsere rødlig fjell + vann	
48	12 min	47-48m fort													46m kaksset. blir berrere 47m små stepper finere kaks, grøtt	

Vedlegg 1c

Boreloggene fra testhull 3

Hull Nr.3

Total dyp = 73 m

Hullets fall = 60 deg (/360) mot 125 g (mag) (/400)

UTM koordinater = 61 65

<u>Dyp</u>	<u>Støv/borekaks</u>	<u>Boresenk</u>	<u>Sprekker</u>	<u>Prøver</u>
9/11/90				
0-2 m	Løsmasse/blokk			
7½ m			Lite vanninnslag	
9 m			Litt vann	
10 m	Lysegrått/litt rødaktig kaks			Ja
10½m	Mer lyserødaktig kaks, inkl. rød/grønn leiremineral		Sleppe, tørt	Ja
12 m	Rødlig, litt fuktig kaks, inkl. biotitt			Ja
18 m			Litt vann	
20-21 m	Lyst, nøytralfarget kaks (20 m)	God synk		Ja (20m)
24 m	Grovere, rødaktig kaks		VANNINNSLAG. Ikke merkbare slepper	Ja
10/11/90				
31½m	Lyserødaktig kaks. Ganske finkornig.			Ja
39 m	Lyserødaktig kaks. Litt grovere			Ja
40 m	Ganske finkornig, lysebrunaktig kaks		Løst fjell	Ja
48 m	Lysegråaktig finkornig kaks			Ja
55 m	Lignende			Ja
57-63 m			Løst fjell men ingen merkbare slepper	
67 m	Lysegråaktig finkorning kaks			Ja
73 m	Lyserødaktig finkorning kaks			

Sammenheng

Hovedvanninnslag på 24 m. Mindre vanninnslag på 7,5 m, også muligens på 9 m og 18 m.

Hull: HVALER Hull 3	Sted: Pukervik Hvaler	Hullets diameter
Første borelengde: 3 m	Føringsrør lengde: 6 m x 195 mm	195 mm til 6 m under bakken
Avvik fra vert = 30° (0-90)	Retning av skrått boring = 125° (0-400)	140 mm til 73 m under bakken

Dyp (m)	Tid per 3m borelengde (min/sek)	Boresenk kommentarer fort/sakte	Kaks/slam			Kaks/slam lyshetsgrad		Kaks/slam farge			Kaks			Kronen tigger ?	Vann-innslag	Kommentarer
			Tørt kaka	Fuktig kaka	Vit kaka + slus	Lyst	Mørkt	Svart Gritt Gamm	Hvitt	Rødt Brun	fin	midd.	grov			
0																} 0-2m løsmasse/blokk
3																
6	8 min															
9	8 min														←	7,5m lik vanninnslag
12															←	ca. 9m litt vann
15																10,5m høyt sløppe, inneholder grunn/rodt leireoverflate
18	10 min															12m reddig, litt fuktig kaks. Bjørnfl kom kan sees i kaksset
21	10 min	20-21m fort													←	ca. 15m litt vann
24															←	24m Vanninnslag

Dyp (m)	Tid per 3m borelengde (min/sek)	Boresenk kommentarer fort/sakte	Kaks/slam			Kaks/slam lyshetsgrad		Kaks/slam farge			Kaks			Kronen tigger ?	Vann-innslag	Kommentarer
			Tørt kaka	Fuktig kaka	Vit kaka + slus	Lyst	Mørkt	Svart Gritt Gamm	Hvitt	Rødt Brun	fin	midd.	grov			
24	9 m															
27																
30	9 m															
33	11 min ?															
36	13 min ?															
39																ca. 40m. løst fjell
42	10 min															
45																
48																

Vedlegg 1d

Boreloggene fra testhull 4

Hull Nr.4

Total dyp = 73 m

Hullets fall = 60 deg (/360) mot 030 g (mag) (/400)

UTM koordinater = 61 65

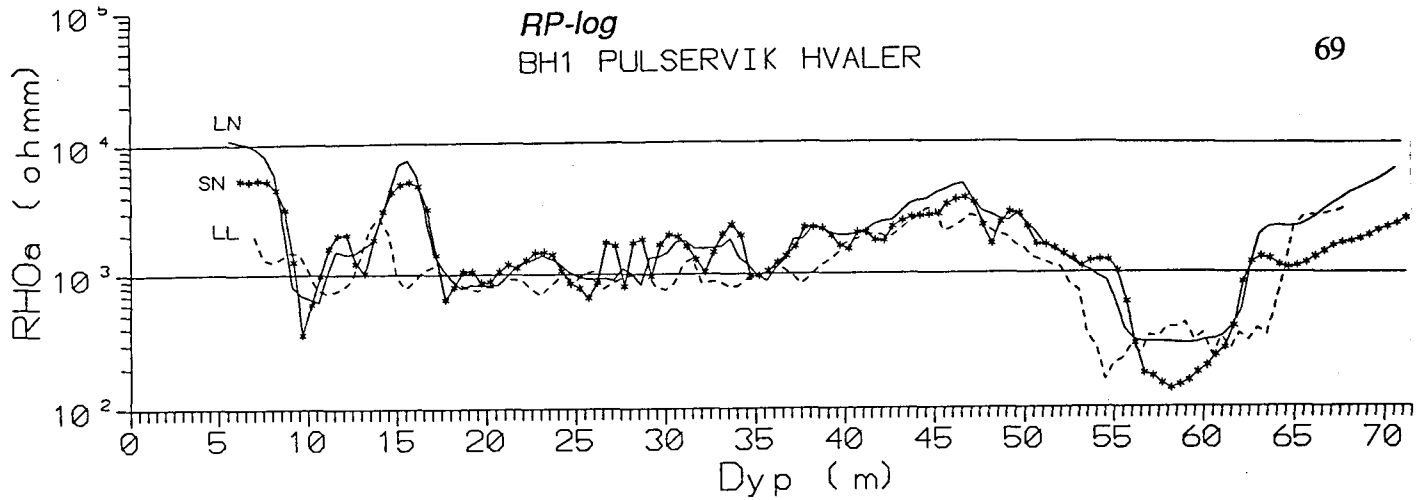
<u>Dyp</u>	<u>Støv/borekaks</u>	<u>Boresenk</u>	<u>Sprekker</u>	<u>Prøver</u>
12/11/90				
4½ m	Ganske grovt, litt lyserødt borekaks		Vanninnslag	Ja
5 m			Sleppe + vanninnslag	
7½ m	Fuktig, grovt rødlig borekaks		Løst fjell	Ja
11 m	Lyst, mindre rødaktig kaks. Finkornig. Ganske tørt.			Ja
18 m	Finkornig lyserødt kaks med noen grovere korn			Ja
19 m	Lyserødt, litt grovere kaks. Inneholder grove krystaller, pegmatitt?		Sleppe/pegmatitt ?	Ja
ca.20-21 m	Blir gråere			
22 m	Brunt sandig kaks		Sleppe	Ja
27 m	Grått fjell			
28 m	Rødt dårlig fjell			
29 m	Sandig, middels-grått kaks		Sleppe	Ja
36 m	Litt fuktig kaks, men ikke mye		Mulig lite vanninnslag	
39 m	Lyserødt, finkorning kaks med			Ja
41 m	Det samme		Sleppe	Ja
48 m	Finkorning lysegrått kaks noen grove korn			Ja
57 m	Finkorning lysegrått kaks			Ja
66 m	Finkorning lysegrått kaks noen grove korn			Ja
71½ m	Finkorning litt lyserødt kaks noen grove korn		Sleppe	Ja
73 m	Finkorning lysegrått kaks			Ja

Sammendrag

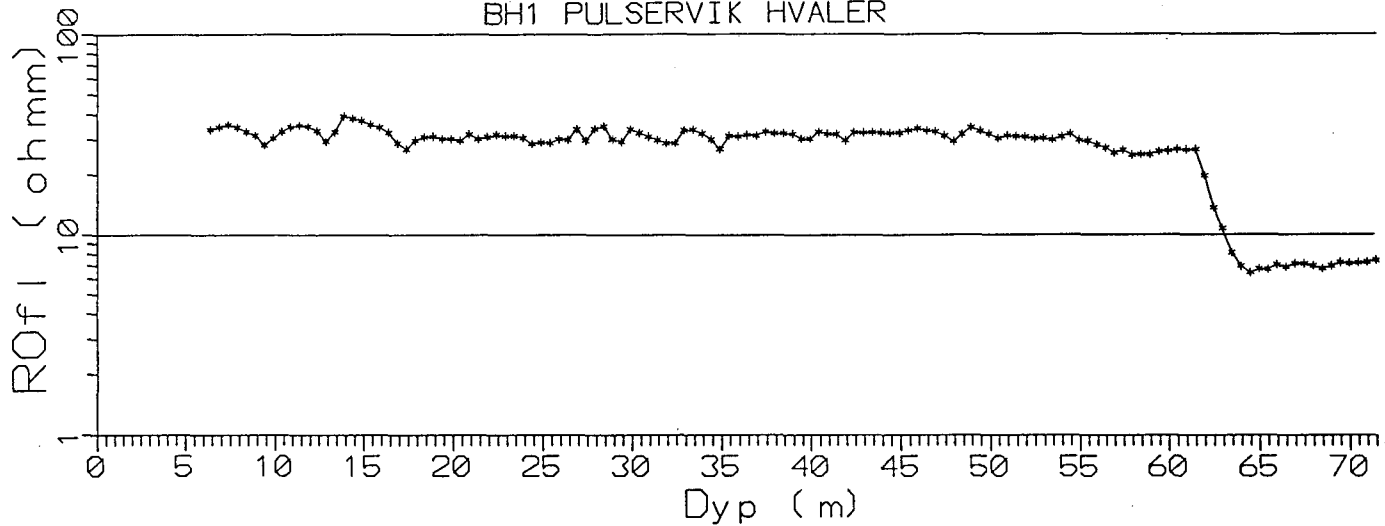
Vanninnslagene ble truffet nært overflaten - på ca. 4.5-5 m. Dette ble vurdert å være ca. 5 l/min = 300 l/t. Et mindre mulig vanninnslag kan være tilstede omkring 36 m.

Vedlegg 2

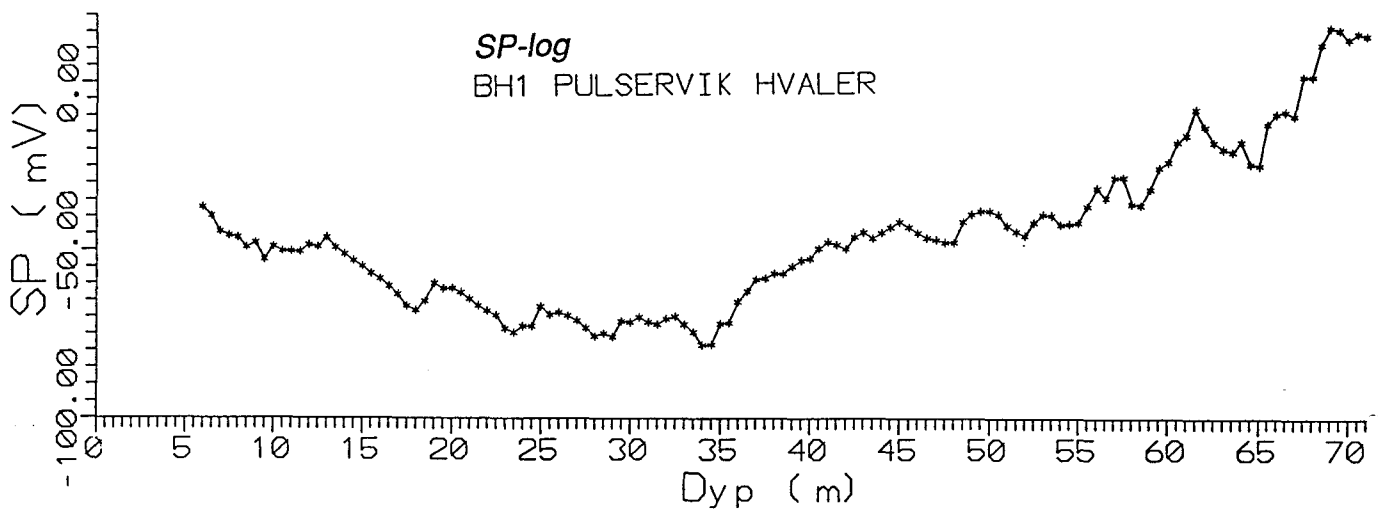
Geofysisk borehullslogging



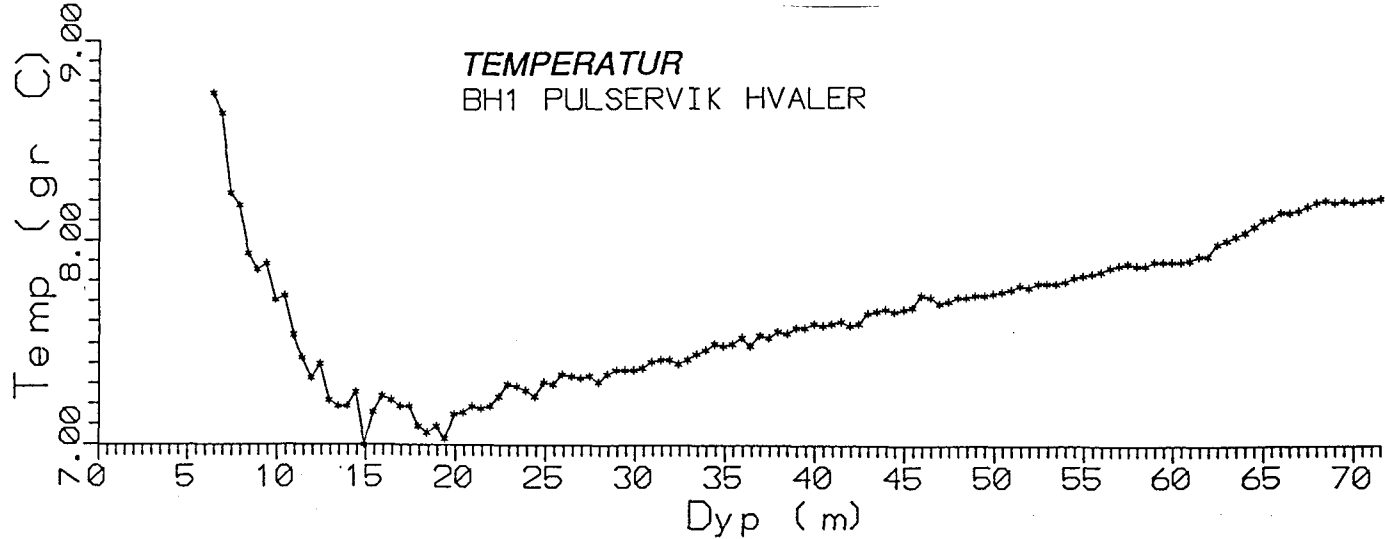
FLUID-RES-log
BH1 PULSERVIK HVALER



SP-log
BH1 PULSERVIK HVALER



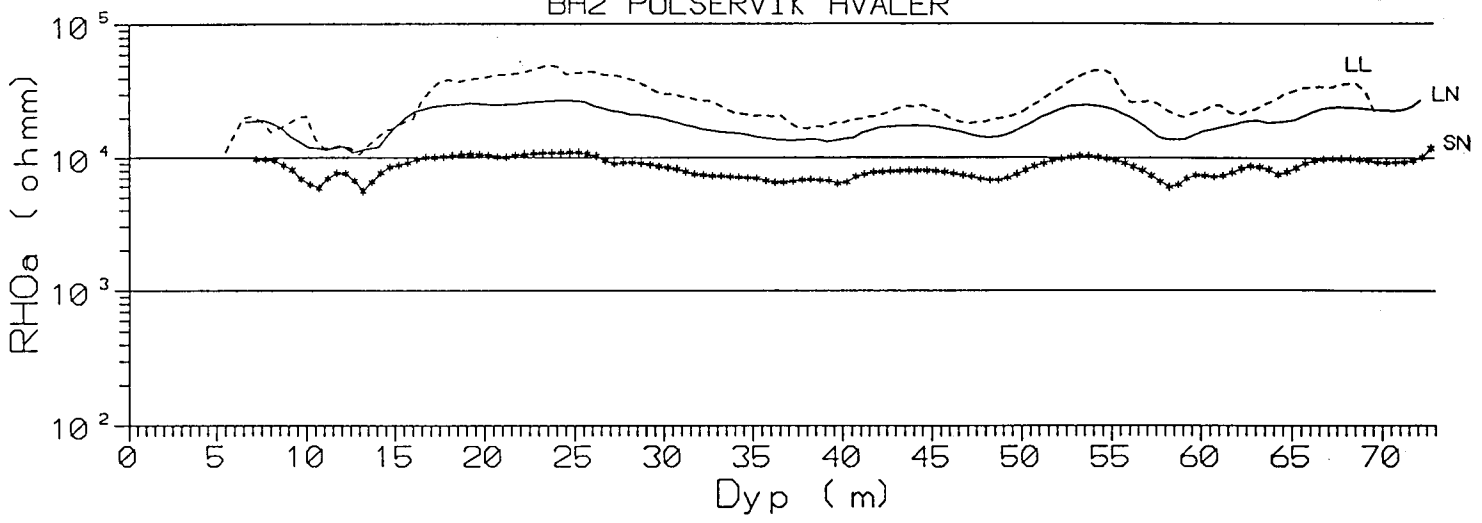
TEMPERATUR
BH1 PULSERVIK HVALER



RP-log

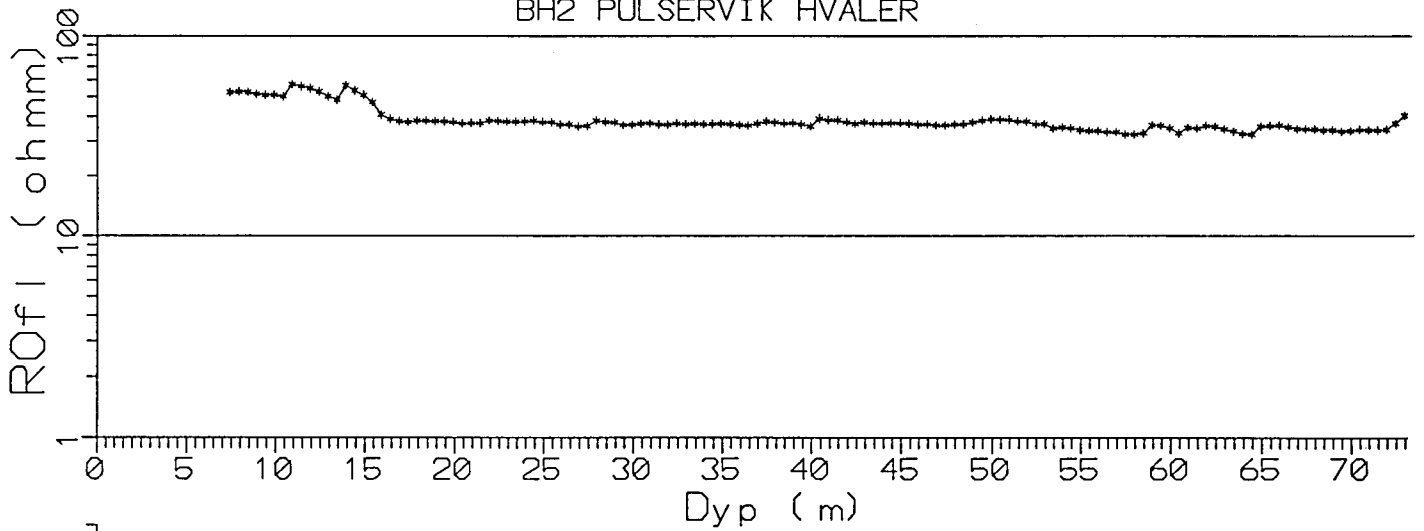
BH2 PULSERVIK HVALER

70



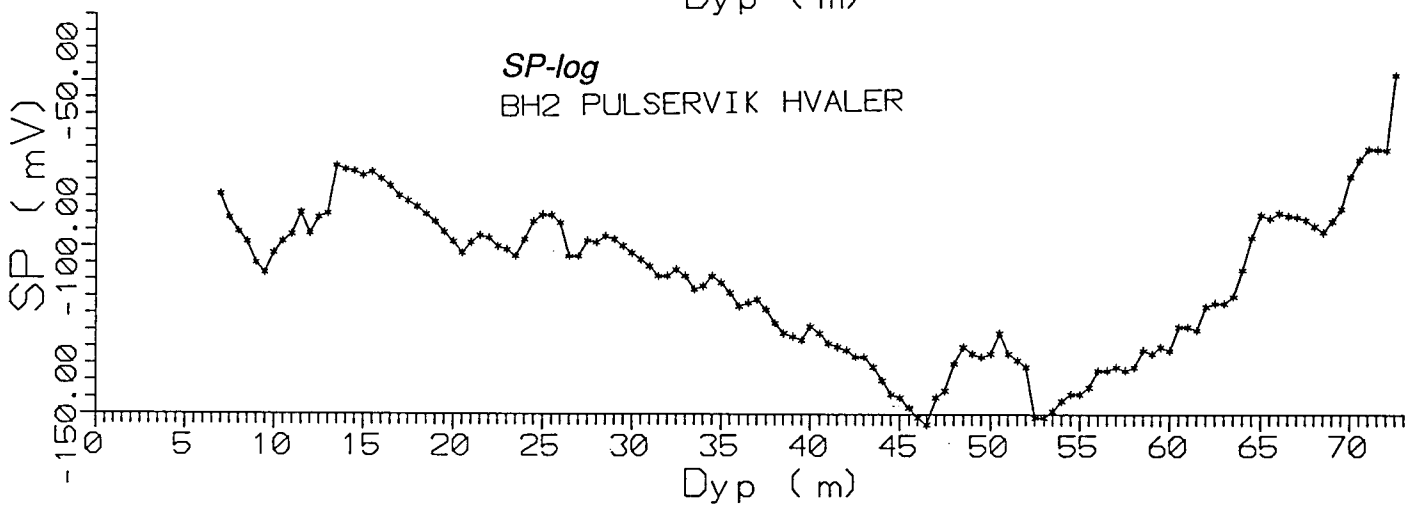
FLUID-RES-log

BH2 PULSERVIK HVALER



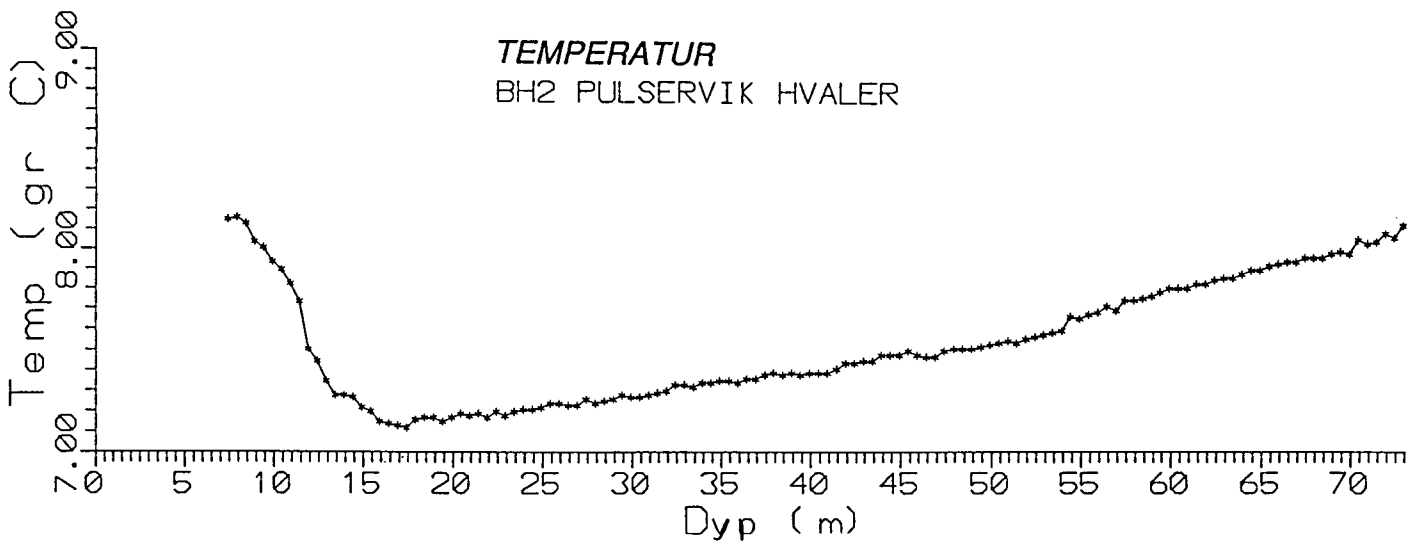
SP-log

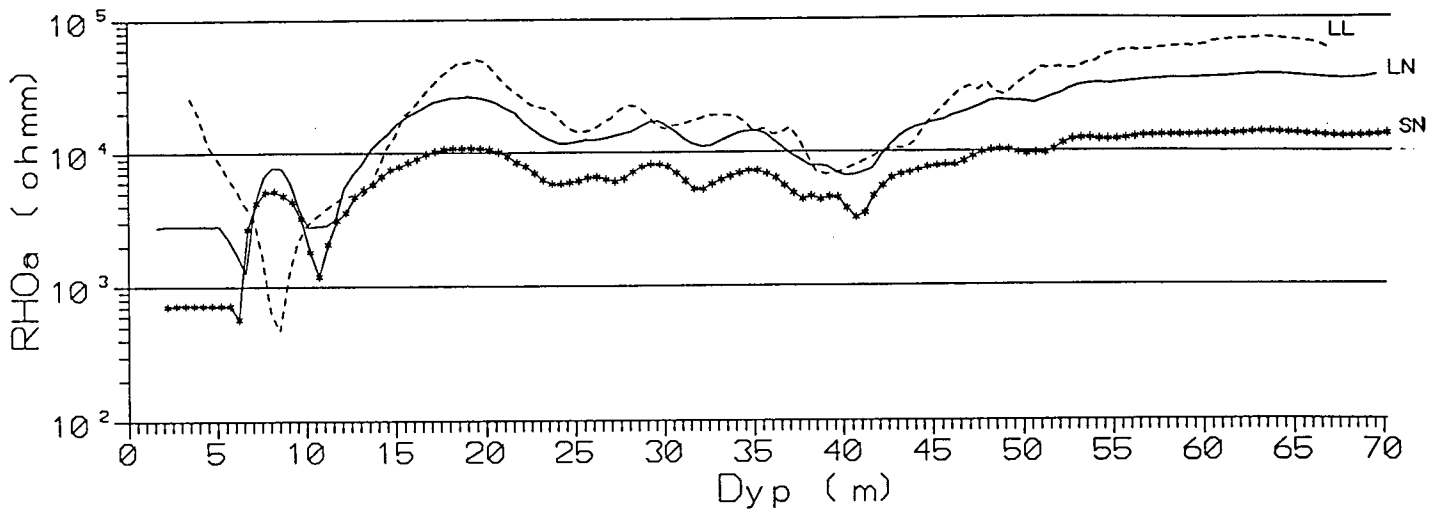
BH2 PULSERVIK HVALER



TEMPERATUR

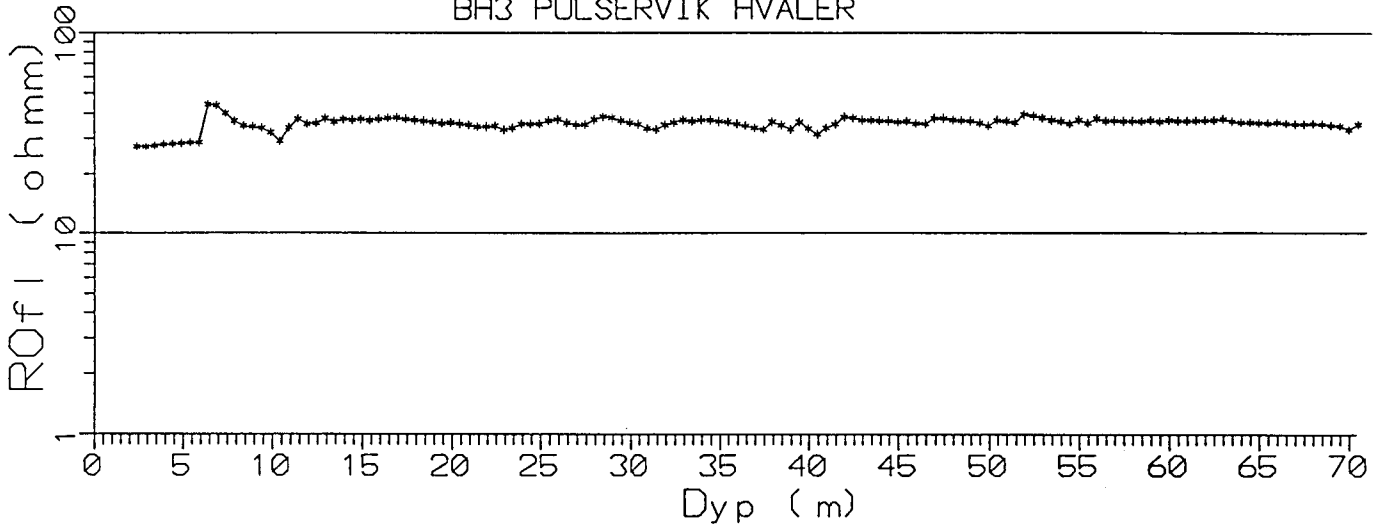
BH2 PULSERVIK HVALER





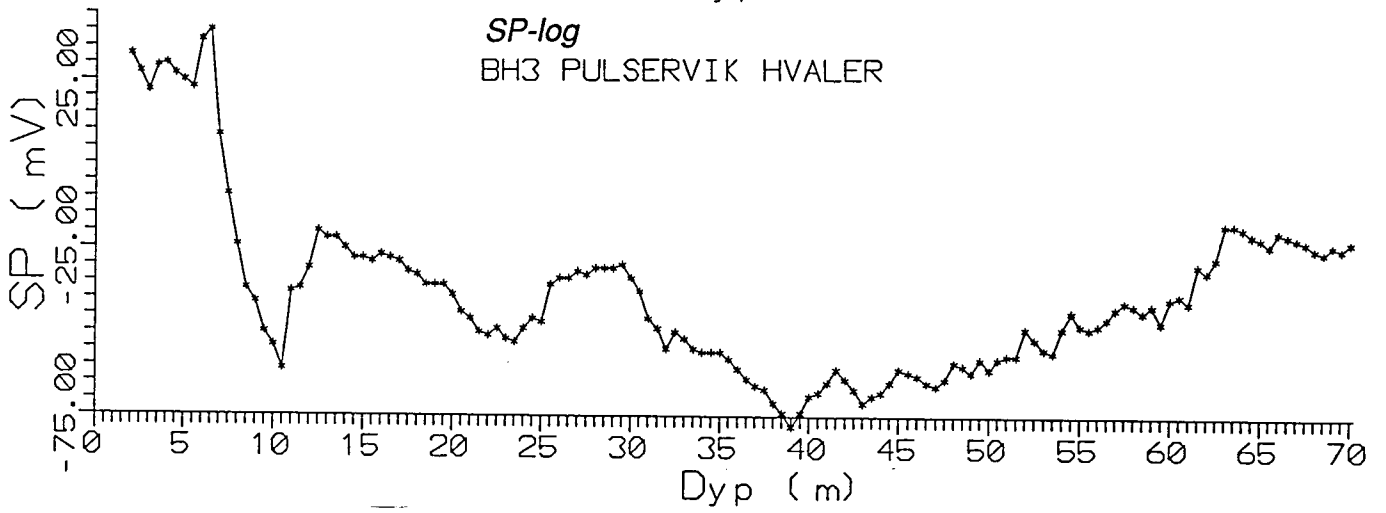
FLUID-RES-log

BH3 PULSERVIK HVALER



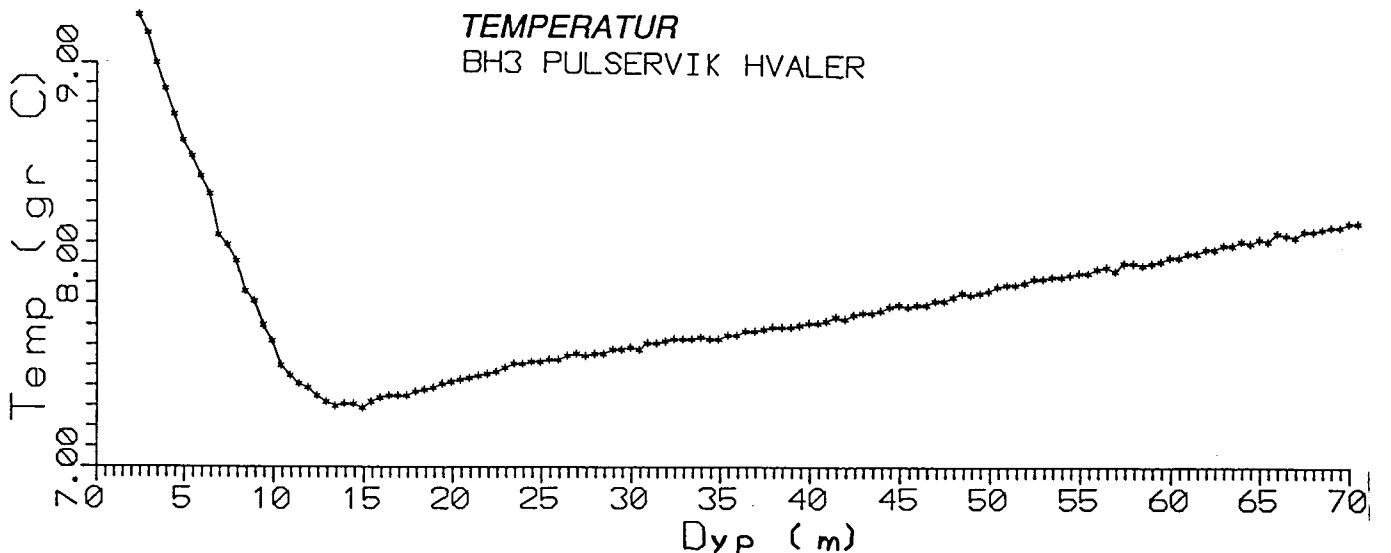
SP-log

BH3 PULSERVIK HVALER



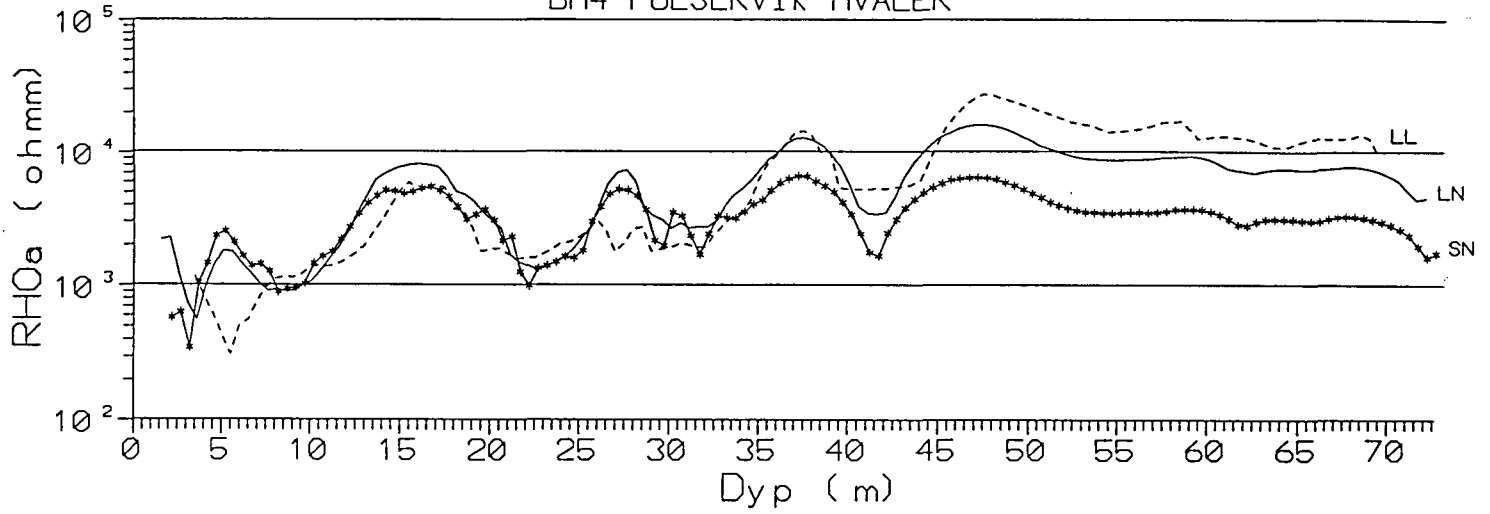
TEMPERATUR

BH3 PULSERVIK HVALER

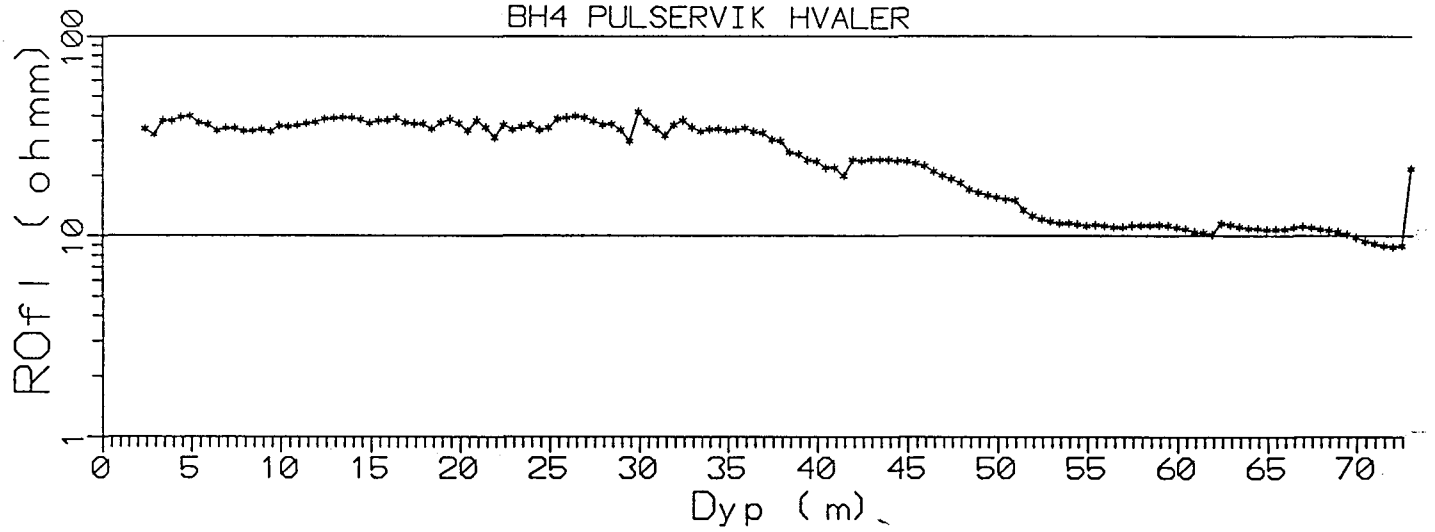


RP-log

BH4 PULSERVIK HVALER

*FLUID-RES-log*

BH4 PULSERVIK HVALER



Vedlegg 3

Prøvepumpingsdata : rå data

Kapasitetesting - Testhull 1-4, Pulservikfjellet, Kirkeøy, Hvaler																													
															Interpolert				Gjenn.	Gjenn.									
		Tid	Varmnivået (m urt)				Gravd	Vannmengde	Tid	Q	Q	QB	QA	tid	varmnivå														
Dato	Tid	(timer)	Hull 1	Hull 2	Hull 3	Hull 4	Brønn	(liter)	(sekund)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(timer)	(m)														
25-mai-91	10:02:00 am	0	3,75																										
25-mai-91	10:15:00 am	0,2167				0,86																							
25-mai-91	10:25:00 am	0,3833		2,65			0,74																						
25-mai-91	10:32:00 am	0,5			1,13																								
25-mai-91	Grundfos-pumpen ble satt i hull 1 på 48 m																												
25-mai-91	11:31:00 am	1,4833	3,48																										
25-mai-91	11:33:00 am	1,5167	Pumpen slått på; frekvens = 108 Hz									170																	
25-mai-91	11:33:55 am	1,5319	3,74								169	262	0	1,5243	3,61														
25-mai-91	11:34:22 am	1,5394	3,82								167,5	164,2	3,263	1,5357	3,78														
25-mai-91	11:34:51 am	1,5475	3,91								166,4	172	0	1,5435	3,865														
25-mai-91	11:35:15 am	1,5542	3,97								165,4	138,5	26,9	1,5508	3,94														
25-mai-91	11:36:20 am	1,5722	4,14								163,8	144,9	18,86	1,5632	4,055														
25-mai-91	11:37:00 am	1,5833	4,24								161,9	138,5	23,31	1,5778	4,19														
25-mai-91	11:37:30 am	1,5917	4,32								160,6	147,8	12,78	1,5875	4,28														
25-mai-91	11:38:07 am	1,6019	4,39								159,3	104,8	54,47	1,5968	4,355														
25-mai-91	11:38:40 am	1,6111	4,45								158	100,8	57,26	1,6065	4,42														
25-mai-91	11:39:30 am	1,625	4,53								156,5	88,67	67,81	1,6181	4,49														
25-mai-91	11:40:30 am	1,6417	4,62								154,4	83,13	71,32	1,6333	4,575														
25-mai-91	11:41:30 am	1,6583	4,69								152,2	64,65	87,57	1,65	4,655														
25-mai-91	11:42:00 am	1,6667	4,72					5	120	150	150	55,42	94,58	1,6625	4,705														
25-mai-91	11:43:00 am	1,6833	4,78								148,9	55,42	93,51	1,675	4,75														
25-mai-91	11:44:00 am	1,7	4,84								146,8	55,42	91,37	1,6917	4,81														
25-mai-91	11:45:00 am	1,7167	4,91								144,6	64,65	79,99	1,7083	4,875														
25-mai-91	11:46:00 am	1,7333	4,96								142,5	46,18	96,32	1,725	4,935														

25-mai-91	11:47:15 am	1,7542	5,02								140,1	44,33	95,76	1,7438	4,99
25-mai-91	11:48:00 am	1,7667	5,07								137,9	61,58	76,37	1,7604	5,045
25-mai-91	11:49:00 am	1,7833	5,12								136,1	46,18	89,89	1,775	5,095
25-mai-91	11:50:00 am	1,8	5,17								133,9	46,18	87,75	1,7917	5,145
25-mai-91	11:51:00 am	1,8167	5,21								131,8	36,95	94,84	1,8083	5,19
25-mai-91	11:52:00 am	1,8333	5,27								129,6	55,42	74,23	1,825	5,24
25-mai-91	11:53:00 am	1,85	5,31								127,5	36,95	90,55	1,8417	5,29
25-mai-91	11:54:00 am	1,8667	5,35								125,4	36,95	88,41	1,8583	5,33
25-mai-91	11:55:00 am	1,8833	5,39								123,2	36,95	86,27	1,875	5,37
25-mai-91	11:56:00 am	1,9	5,43					10	300	120	120	36,95	83,05	1,8917	5,41
25-mai-91	11:58:00 am	1,9333	5,5								118,5	32,33	86,13	1,9167	5,465
25-mai-91	11:59:00 am	1,95	5,53								116,2	27,71	88,45	1,9417	5,515
25-mai-91	12:00:00 pm	1,9667	5,56								114,6	27,71	86,91	1,9583	5,545
25-mai-91	12:01:00 pm	1,9833	5,59								113,1	27,71	85,37	1,975	5,575
25-mai-91	12:03:00 pm	2,0167	5,64								110,8	23,09	87,68	2	5,615
25-mai-91	12:08:00 pm	2,1	5,75								105,4	20,32	85,06	2,0583	5,695
25-mai-91	12:14:00 pm	2,2	5,95								96,92	30,79	66,14	2,15	5,85
25-mai-91	12:15:30 pm	2,225						8	300	96	90				
25-mai-91	12:18:00 pm	2,2667	6,04								89,4	20,78	68,62	2,2333	5,995
25-mai-91	12:20:30 pm	2,3083						6	300	72	84				
25-mai-91	12:23:00 pm	2,35	6,11								84	12,93	71,07	2,3083	6,075
25-mai-91	12:25:30 pm	2,3917						6	300	72	78				
25-mai-91	12:28:00 pm	2,4333	6,17								78	11,08	66,92	2,3917	6,14
25-mai-91	12:33:00 pm	2,5167	6,23	2,655	1,14	0,86					73,2	11,08	62,12	2,475	6,2
25-mai-91	12:38:00 pm	2,6						11	600	66	66				
25-mai-91	12:40:00 pm	2,6333	6,28				0,73				67	6,597	60,4	2,575	6,255
25-mai-91	12:44:00 pm	2,7	6,31								63,33	6,927	56,41	2,6667	6,295
25-mai-91	12:45:30 pm	2,725						5,5	300	66	61				
25-mai-91	12:48:00 pm	2,7667	6,335								60,8	5,773	55,03	2,7333	6,3225
25-mai-91	12:50:30 pm	2,8083						4,25	300	51	59				

25-mai-91	12:53:00 pm	2,85	6,35								59	2,771	56,23	2,8083	6,3425	
25-mai-91	12:58:00 pm	2,9333	6,38								58	5,542	52,46	2,8917	6,365	
25-mai-91	01:00:30 pm	2,975						5	300	60	57					
25-mai-91	01:03:00 pm	3,0167	6,395	Trinn 2 : Pumpefrekvensen opp til 180 Hz								57	2,771	54,23	2,975	6,3875
25-mai-91	01:06:00 pm	3,0667	7,43								486,2	318,7	167,6	3,0417	6,9125	
25-mai-91	01:07:00 pm	3,0833	7,74					25	190	473,7	473,7	286,3	187,4	3,075	7,585	
25-mai-91	01:09:00 pm	3,1167	8,37								468,7	290,9	177,7	3,1	8,055	
25-mai-91	01:10:00 pm	3,1333	8,62								461,2	230,9	230,2	3,125	8,495	
25-mai-91	01:11:00 pm	3,15	8,88								456,1	240,1	216	3,1417	8,75	
25-mai-91	01:12:00 pm	3,1667	9,14								451,1	240,1	211	3,1583	9,01	
25-mai-91	01:13:00 pm	3,1833	9,39								446,1	230,9	215,2	3,175	9,265	
25-mai-91	01:14:10 pm	3,2028	9,64								440,7	197,9	242,8	3,1931	9,515	
25-mai-91	01:16:00 pm	3,2333	10,05					25	210	428,6	428,6	206,6	222	3,2181	9,845	
25-mai-91	01:17:00 pm	3,25	10,25								426,1	184,7	241,3	3,2417	10,15	
25-mai-91	01:19:20 pm	3,2889	10,71								417,7	182,1	235,6	3,2694	10,48	
25-mai-91	01:20:00 pm	3,3	10,83								410,2	166,3	243,9	3,2944	10,77	
25-mai-91	01:21:00 pm	3,3167	11,02								406	175,5	230,5	3,3083	10,925	
25-mai-91	01:23:23 pm	3,3564	Problemer med aggregatet - pumpen av													
25-mai-91	01:25:00 pm	3,3833	10,46													
25-mai-91	01:26:30 pm	3,4083	10,24								0	0	135,5	3,3958	10,35	
25-mai-91	01:28:00 pm	3,4333	10,04								0	0	123,2	3,4208	10,14	
25-mai-91	01:29:20 pm	3,4556	9,87								0	0	117,8	3,4444	9,955	
25-mai-91	01:30:00 pm	3,4667	9,78	Pumpen slått på igjen								0	0	124,7	3,4611	9,825
25-mai-91	01:34:00 pm	3,5333	10,74								431,3	221,7	209,7	3,5	10,26	
25-mai-91	01:35:00 pm	3,55	10,95					25	215	418,6	418,6	194	224,6	3,5417	10,845	
25-mai-91	01:37:30 pm	3,5917	11,5								413,3	203,2	210,1	3,5708	11,225	
25-mai-91	01:40:00 pm	3,6333	11,95								402,7	166,3	236,5	3,6125	11,725	
25-mai-91	01:42:30 pm	3,675	12,36								392,1	151,5	240,6	3,6542	12,155	
25-mai-91	01:45:00 pm	3,7167	12,72								381,5	133	248,5	3,6958	12,54	
25-mai-91	01:47:40 pm	3,7611	13,04								370,5	110,8	259,7	3,7389	12,88	

25-mai-91	01:50:00 pm	3,8	13,35					25	254	354,3	355	122,7	232,3	3,7806	13,195
25-mai-91	01:52:30 pm	3,8417	13,65								352,4	110,8	241,6	3,8208	13,5
25-mai-91	01:55:00 pm	3,8833	13,94								347,2	107,1	240,1	3,8625	13,795
25-mai-91	01:57:30 pm	3,925	14,21	2,66	1,14	0,86					342	99,75	242,2	3,9042	14,075
25-mai-91	02:06:30 pm	4,075	15,09								330	90,31	239,7	4	14,65
25-mai-91	02:07:00 pm	4,0833	15,14								320,2	92,36	227,8	4,0792	15,115
25-mai-91	02:08:00 pm	4,1	15,22								318,6	73,89	244,7	4,0917	15,18
25-mai-91	02:09:00 pm	4,1167	15,31								316,5	83,13	233,4	4,1083	15,265
25-mai-91	02:10:00 pm	4,1333	15,39								314,4	73,89	240,6	4,125	15,35
25-mai-91	02:13:00 pm	4,1833	15,64								310,3	76,97	233,3	4,1583	15,515
25-mai-91	02:14:00 pm	4,2						25	295	305,1	305,1				
25-mai-91	02:16:30 pm	4,2417	15,93								304	76,53	227,5	4,2125	15,785
25-mai-91	02:29:00 pm	4,45	16,71								292,4	57,63	234,8	4,3458	16,32
25-mai-91	02:30:00 pm	4,4667	16,77								282,7	55,42	227,2	4,4583	16,74
25-mai-91	02:31:00 pm	4,4833	16,83								281,2	55,42	225,8	4,475	16,8
25-mai-91	02:34:10 pm	4,5361	17,01								278,2	52,5	225,7	4,5097	16,92
25-mai-91	02:43:00 pm	4,6833	17,39								269,5	39,73	229,8	4,6097	17,2
25-mai-91	02:57:00 pm	4,9167	17,78								253	25,73	227,3	4,8	17,585
25-mai-91	02:59:00 pm	4,95	17,83					10	150	240	240	23,09	216,9	4,9333	17,805
25-mai-91	03:00:00 pm	4,9667	17,85	Prove HV91/1 tatt							239,3	18,47	220,8	4,9583	17,84
25-mai-91	03:03:00 pm	5,0167	17,02								0	0	255,5	4,9917	17,435
25-mai-91	03:04:00 pm	5,0333	16,82								0	0	184,7	5,025	16,92
25-mai-91	03:05:00 pm	5,05	16,66	Trim 3 : Pumpefrekvensen opp til 300 Hz							0	0	147,8	5,0417	16,74
25-mai-91	03:10:00 pm	5,1333	19,24					25	120	750	750	476,6	273,4	5,0917	17,95
25-mai-91	03:12:00 pm	5,1667	20,23								744,5	457,2	287,3	5,15	19,735
25-mai-91	03:14:00 pm	5,2	20,86								733,5	290,9	442,6	5,1833	20,545
25-mai-91	03:15:00 pm	5,2167	21,27								725,3	378,7	346,6	5,2083	21,065
25-mai-91	03:16:00 pm	5,2333	21,74								719,8	434,1	285,6	5,225	21,505
25-mai-91	03:17:00 pm	5,25	22,27								714,3	489,5	224,7	5,2417	22,005
25-mai-91	03:18:00 pm	5,2667	22,72								708,8	415,6	293,1	5,2583	22,495

25-mai-91	03:19:00 pm	5,2833	23,17							703,3	415,6	287,6	5,275	22,945	
25-mai-91	03:20:00 pm	5,3	23,65					25	140	642,9	695	443,3	251,7	5,2917	23,41
25-mai-91	03:21:00 pm	5,3167	24,12							692,2	434,1	258,1	5,3083	23,885	
25-mai-91	03:22:00 pm	5,3333	24,58							686,5	424,9	261,6	5,325	24,35	
25-mai-91	03:24:30 pm	5,375	25,66							676,6	399	277,6	5,3542	25,12	
25-mai-91	03:25:00 pm	5,3833	25,86					25	135	666,7	666,7	369,5	297,2	5,3792	25,76
25-mai-91	03:26:00 pm	5,4	26,3							664,3	406,4	257,9	5,3917	26,08	
25-mai-91	03:27:00 pm	5,4167	26,82							659,6	480,3	179,3	5,4083	26,56	
25-mai-91	03:28:00 pm	5,4333	27,11							654,9	267,9	387	5,425	26,965	
25-mai-91	03:29:00 pm	5,45	27,51							650,2	369,5	280,7	5,4417	27,31	
25-mai-91	03:30:00 pm	5,4667	27,93							645,5	387,9	257,5	5,4583	27,72	
25-mai-91	03:35:00 pm	5,55	29,74							631,3	334,4	297	5,5083	28,835	
25-mai-91	03:40:00 pm	5,6333						25	145	620,7	596				
25-mai-91	03:41:00 pm	5,65	31,72							604,2	304,8	299,4	5,6	30,73	
25-mai-91	03:45:20 pm	5,7222	32,96							583,1	264,3	318,8	5,6861	32,34	
25-mai-91	03:50:00 pm	5,8	34,15	2,66	1,135	0,87	0,745			564,7	235,5	329,2	5,7611	33,555	
25-mai-91	03:59:00 pm	5,95	36,07							536,8	197	339,7	5,875	35,11	
25-mai-91	04:03:30 pm	6,025						25	180	500	500				
25-mai-91	04:05:00 pm	6,05	37,21							506,1	175,5	330,6	6	36,64	
25-mai-91	04:13:00 pm	6,1833	38,52							477,5	151,2	326,3	6,1167	37,865	
25-mai-91	04:18:30 pm	6,275	39,22	2,66	1,135	0,87	0,745	Prove HV91/2 tatt			450	117,6	332,4	6,2292	38,87
25-mai-91	04:30:00 pm	6,4667	Pumpen slått av												
25-mai-91	04:32:00 pm	6,5	39,76												
25-mai-91	04:33:00 pm	6,5167	39,41									323,3	6,5083	39,585	
25-mai-91	04:34:00 pm	6,5333	39,02									360,2	6,525	39,215	
25-mai-91	04:35:00 pm	6,55	38,59									397,2	6,5417	38,805	
25-mai-91	04:36:00 pm	6,5667	38,29									277,1	6,5583	38,44	
25-mai-91	04:38:00 pm	6,6	37,63									304,8	6,5833	37,96	
25-mai-91	04:39:00 pm	6,6167	37,3									304,8	6,6083	37,465	
25-mai-91	04:40:00 pm	6,6333	36,97									304,8	6,625	37,135	

25-mai-91	04:41:00 pm	6,65	36,66									286,3	6,6417	36,815
25-mai-91	04:42:00 pm	6,6667	36,33									304,8	6,6583	36,495
25-mai-91	04:43:00 pm	6,6833	36,03									277,1	6,675	36,18
25-mai-91	04:44:00 pm	6,7	35,72									286,3	6,6917	35,875
25-mai-91	04:45:00 pm	6,7167	35,42									277,1	6,7083	35,57
25-mai-91	04:46:00 pm	6,7333	35,11									286,3	6,725	35,265
25-mai-91	04:47:00 pm	6,75	34,81									277,1	6,7417	34,96
25-mai-91	04:48:00 pm	6,7667	34,51									277,1	6,7583	34,66
25-mai-91	04:49:00 pm	6,7833	34,21									277,1	6,775	34,36
25-mai-91	04:50:00 pm	6,8	33,91									277,1	6,7917	34,06
25-mai-91	04:51:00 pm	6,8167	33,61									277,1	6,8083	33,76
25-mai-91	04:52:00 pm	6,8333	33,32									267,9	6,825	33,465
25-mai-91	04:53:00 pm	6,85	33,04									258,6	6,8417	33,18
25-mai-91	04:54:00 pm	6,8667	32,76									258,6	6,8583	32,9
25-mai-91	04:55:00 pm	6,8833	32,49									249,4	6,875	32,625
25-mai-91	04:56:00 pm	6,9	32,22									249,4	6,8917	32,355
25-mai-91	04:57:00 pm	6,9167	31,94									258,6	6,9083	32,08
25-mai-91	04:58:00 pm	6,9333	31,66									258,6	6,925	31,8
25-mai-91	04:59:00 pm	6,95	31,4									240,1	6,9417	31,53
25-mai-91	05:00:00 pm	6,9667	31,13									249,4	6,9583	31,265
::														
26-mai-91	11:23:00 am	25,35	5,78	2,695	1,155	0,89	0,78					21,23	16,158	18,455
26-mai-91	11:34:00 am	25,533	5,76									1,679	25,442	5,77
26-mai-91	12:36:00 pm	26,567	5,69									1,043	26,05	5,725
26-mai-91	01:08:40 pm	27,111	Stor-pumpen slått på (50 m dyp) i hull 1											
26-mai-91	01:11:40 pm	27,161	Problemer med pumpen (trukket opp)											
26-mai-91	02:28:00 pm	28,433	9,39											
26-mai-91	02:36:00 pm	28,567	8,85									62,34	28,5	9,12
26-mai-91	02:44:00 pm	28,7	8,52									38,1	28,633	8,685

27-mai-91	10:30:00 am	48,467		2,76	1,155	0,915	0,83													
27-mai-91	10:30:30 am	48,475	7,975											21,99	41,171	18,4075				
27-mai-91	10:58:00 am	48,933	7,89											2,855	48,704	7,9325				
27-mai-91	11:41:00 am	49,65	7,76											2,792	49,292	7,825				
27-mai-91	11:45:00 am	49,717			1,16	0,915	0,83													
27-mai-91	11:48:00 am	49,767	Stor pumpe slått på (50 m dyp) i hull 2																	
27-mai-91	11:54:00 am	49,867	Problemer med pumpen, slått av																	
27-mai-91	12:33:00 pm	50,517	Pumpen slått på igjen																	
27-mai-91	12:37:00 pm	50,583		50	(Trekker luft, dvs vannstand på 50 m)															
27-mai-91	12:47:10 pm	50,753		50				10	500	72										
27-mai-91	12:53:22 pm	50,856		50				5	245	73,47										
27-mai-91	12:56:57 pm	50,916		50				5	185	97,3										
27-mai-91	01:00:00 pm	50,967		50				5	181	99,45										
27-mai-91	01:13:02 pm	51,184		50				5	395	45,57										
27-mai-91	01:18:37 pm	51,277		50				5	275	65,45										
27-mai-91	01:22:46 pm	51,346		50				5	222	81,08										
27-mai-91	01:26:50 pm	51,414		50				5	266	67,67										
27-mai-91	01:31:04 pm	51,484		50				5	242	74,38										
27-mai-91	01:38:00 pm	51,6	7,45	50										2,447	50,625	7,605				
27-mai-91	01:40:00 pm	51,633		50	1,16	0,92	0,84													
27-mai-91	01:46:30 pm	51,742	Pumpen slått av																	
27-mai-91	02:12:40 pm	52,178	Pumpen slått på igjen																	
27-mai-91	02:15:00 pm	52,217		50																
27-mai-91	02:22:45 pm	52,346		50				5	330	54,55				54,55			50			
27-mai-91	02:27:30 pm	52,425		50				5	240	75				75			50			
27-mai-91	02:35:00 pm	52,55	Pumpen slått av, og tatt ut av hullet																	
27-mai-91	03:29:40 pm	53,461		42,24																
27-mai-91	03:31:30 pm	53,492		42,13										55,42	53,476	42,185				
27-mai-91	03:33:00 pm	53,517		42,03										61,58	53,504	42,08				
27-mai-91	03:35:00 pm	53,55		41,89										64,65	53,533	41,96				

28-mai-91	01:46:00 pm	75,733		3,95								0,904	74,192	4,0405	
28-mai-91	02:37:05 pm	76,585	Stor pumpe slått på (50 m dyp) i hull 3												
28-mai-91	03:25:40 pm	77,394	Problemer med pumpe. Slått av.												
28-mai-91	03:27:00 pm	77,417	Pumpen slått på igjen												
28-mai-91	03:30:30 pm	77,475			50	(trekker luft)									
28-mai-91	04:11:10 pm	78,153			ca.50		5	1040	17,31						
28-mai-91	05:12:00 pm	79,167	Prover tatt												
28-mai-91	05:24:38 pm	79,377			ca.50		17	1190	51,43						
28-mai-91	05:34:33 pm	79,543			50	Pumpen av, og tatt ut av hullet.									
28-mai-91	06:09:30 pm	80,125			44,75										
28-mai-91	06:11:06 pm	80,152			44,68							40,41	80,138	44,715	
28-mai-91	06:13:28 pm	80,191			44,58							39,03	80,171	44,63	
28-mai-91	06:15:57 pm	80,233			44,48							37,19	80,212	44,53	
28-mai-91	06:20:40 pm	80,311			44,28							39,16	80,272	44,38	
28-mai-91	06:23:19 pm	80,355			44,18							34,85	80,333	44,23	
28-mai-91	06:25:31 pm	80,392			44,08							41,98	80,374	44,13	
28-mai-91	06:27:54 pm	80,432			43,98							38,75	80,412	44,03	
28-mai-91	06:35:17 pm	80,555			43,68							37,53	80,493	43,83	
28-mai-91	06:37:32 pm	80,592			43,58							41,05	80,573	43,63	
28-mai-91	06:39:56 pm	80,632			43,48							38,48	80,612	43,53	
28-mai-91	06:45:00 pm	80,717	5,23	3,67		0,93	0,87								
::															
29-mai-91	01:15:00 pm	99,217				0,92	0,88								
29-mai-91	01:18:50 pm	99,281	4,82												
29-mai-91	01:20:50 pm	99,314		3,2											
29-mai-91	01:23:45 pm	99,363			8,675							28,61	89,997	26,0775	
29-mai-91	01:26:23 pm	99,406			8,6							26,31	99,384	8,6375	
29-mai-91	01:29:54 pm	99,465			8,5							26,26	99,436	8,55	
29-mai-91	01:33:30 pm	99,525			8,4							25,66	99,495	8,45	

29-mai-91	01:53:54 pm	99,865					0,88											
29-mai-91	01:55:30 pm	99,892	4,81															
29-mai-91	01:57:20 pm	99,922		3,19														
29-mai-91	02:00:00 pm	99,967			7,67									25,44	99,746	8,035		
29-mai-91	02:03:16 pm	100,02	Stor-pumpen slått på (på 50 m) i hull 4															
29-mai-91	02:15:30 pm	100,23				50	(trekker luft)											
29-mai-91	02:25:00 pm	100,38	Pumpen tatt opp til 49,5 m															
29-mai-91	02:38:00 pm	100,6	Vannstand pumpet ned til 49,5 m															
29-mai-91	02:50:00 pm	100,8				ca.49,5		11	1320	30								
29-mai-91	03:17:30 pm	101,26				ca.49,5		14,5	1980	26,36								
29-mai-91	03:52:00 pm	101,83				ca.49,5		13,75	2160	22,92								
29-mai-91	03:57:00 pm	101,92					0,88											
29-mai-91	03:58:30 pm	101,94	4,775															
29-mai-91	04:02:50 pm	102,01			5,56									18,98	100,99	6,615		
29-mai-91	04:05:30 pm	102,06		3,155														
29-mai-91	04:27:00 pm	102,42	Prover tatt, pumpen av															
29-mai-91	04:45:00 pm	Pumpen tatt ut av hull 4																
29-mai-91	04:54:50 pm	102,88			5,11									15,51	102,45	5,335		
29-mai-91	04:57:10 pm	102,92		3,14														
29-mai-91	04:59:10 pm	102,95	4,75															
29-mai-91	05:00:00 pm	102,97					0,88											
29-mai-91	05:08:11 pm	103,1				45,08												
29-mai-91	05:12:30 pm	103,18				44,98								21,4	103,14	45,03		
29-mai-91	05:17:32 pm	103,26				44,88								18,35	103,22	44,93		
29-mai-91	05:21:41 pm	103,33				44,78								22,26	103,29	44,83		
29-mai-91	05:30:23 pm	103,47				44,58								21,23	103,4	44,68		
29-mai-91	05:35:08 pm	103,55				44,48								19,44	103,51	44,53		
29-mai-91	05:39:37 pm	103,63				44,38								20,6	103,59	44,43		
29-mai-91	05:51:09 pm	103,82				44,13								20,02	103,72	44,255		
29-mai-91	05:53:14 pm	103,85				44,08								22,17	103,84	44,105		

29-mai-91	05:58:22 pm	103,94				43,98							17,99	103,9	44,03
29-mai-91	06:02:30 pm	104,01				43,88							22,35	103,97	43,93
30-mai-91	12:04:47 pm	122,05				23,75							17,18	113,03	33,815
30-mai-91	12:08:00 pm	122,1			1,285										
30-mai-91	12:10:40 pm	122,14		3											
30-mai-91	12:12:30 pm	122,18	4,51												
30-mai-91	12:14:00 pm	122,2					0,91								
30-mai-91	12:16:30 pm	122,24				23,53							17,34	122,14	23,64
30-mai-91	12:58:26 pm	122,94				22,78							16,52	122,59	23,155

Vedlegg 4

Prøvepumpingsdata : grafisk presentasjon

Ytelse (l/t)

900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

Tochina
1 H.M.

6

5

4

Tid (timer)

3

2

1

0

Vannstand (m) under rørtopp

No. A4

Senkningskurve

Trinnvis pumping i hull 1
25/5/91
Vannstand/ytelse mot tid.

-X- = Q_{total}
-o-o- = Q_A
-++- = Q_B

Problemer med pumpen

Problemer med pumpen

Trinn 3

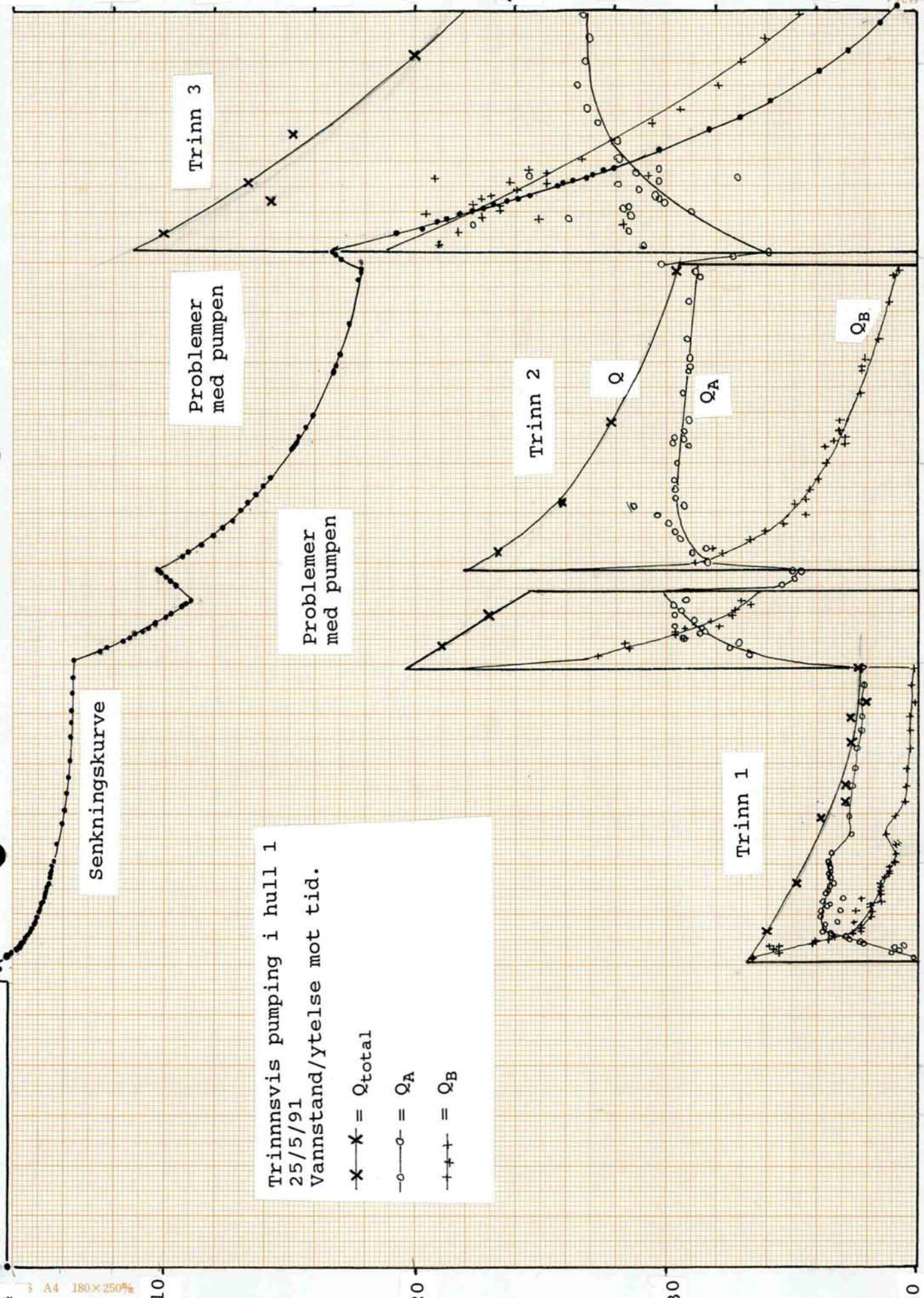
Trinn 2

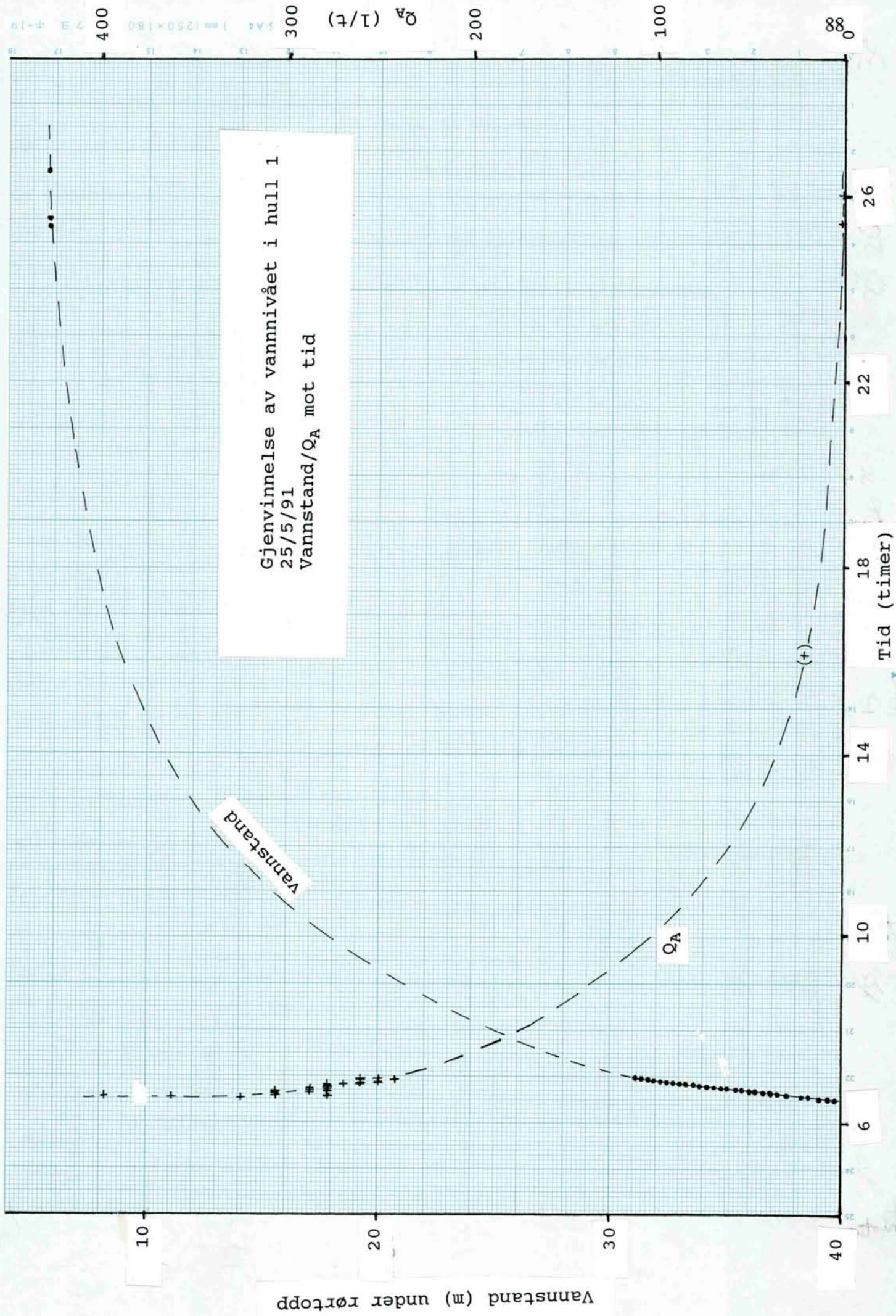
Trinn 1

Q

Q_A

Q_B





Vannstand (m) under rørtopp

Vannstand

Q_A

(+)

10

20

30

40

6

10

14

18

22

26

0

88

400

300

200

100

Q_A (l/t)

5A4 1250x180

6(-4 E Z

17

15

13

11

9

7

5

3

1

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

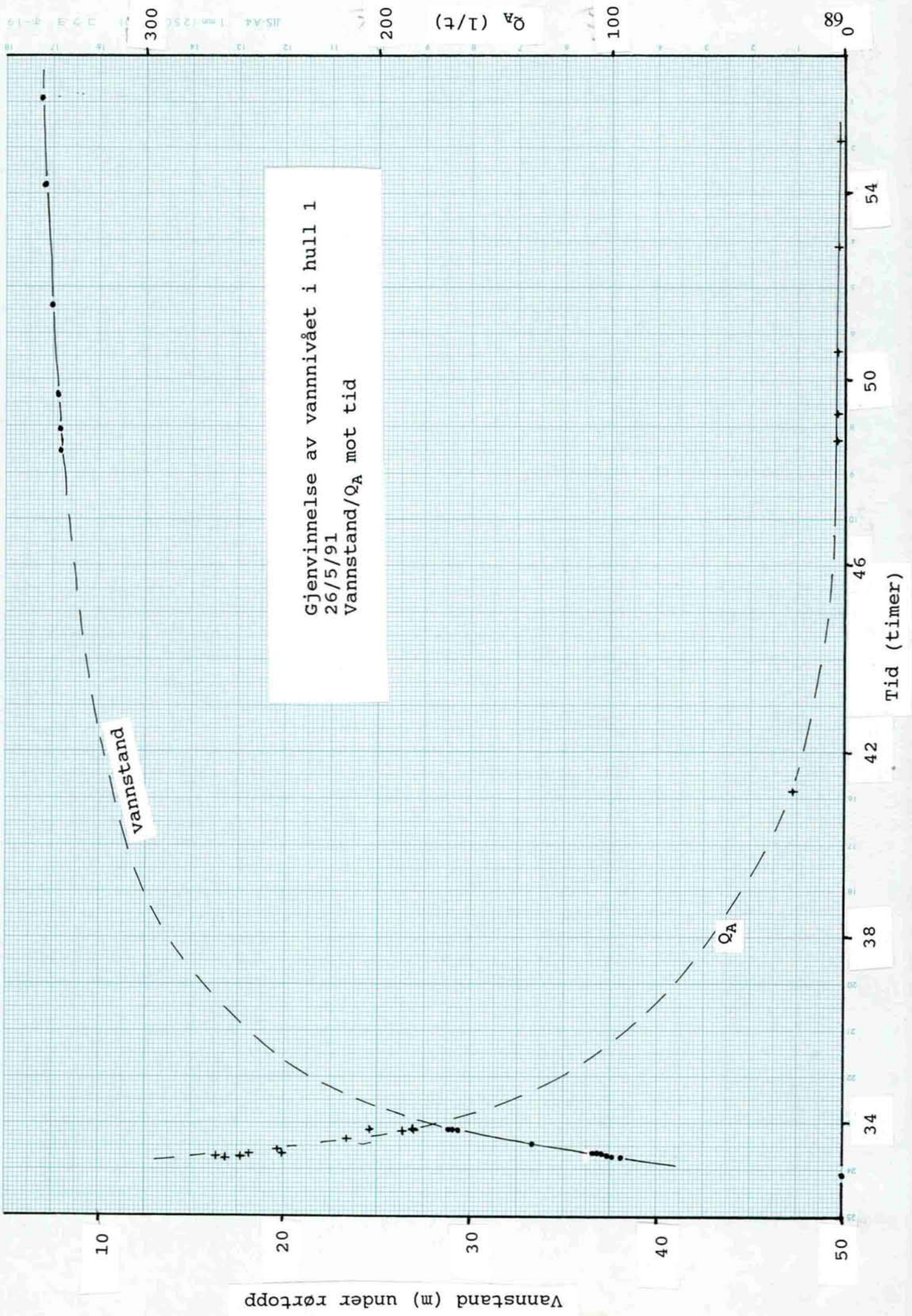
96

97

98

99

100



Vannstand (m) under rørtopp

10

20

30

40

50

vannstand

Q_A

Tid (timer)

42

38

34

46

50

54

0

100

200

300

Q_A (l/t)

61-4 E C C

JIS-A4 1 mm 250

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

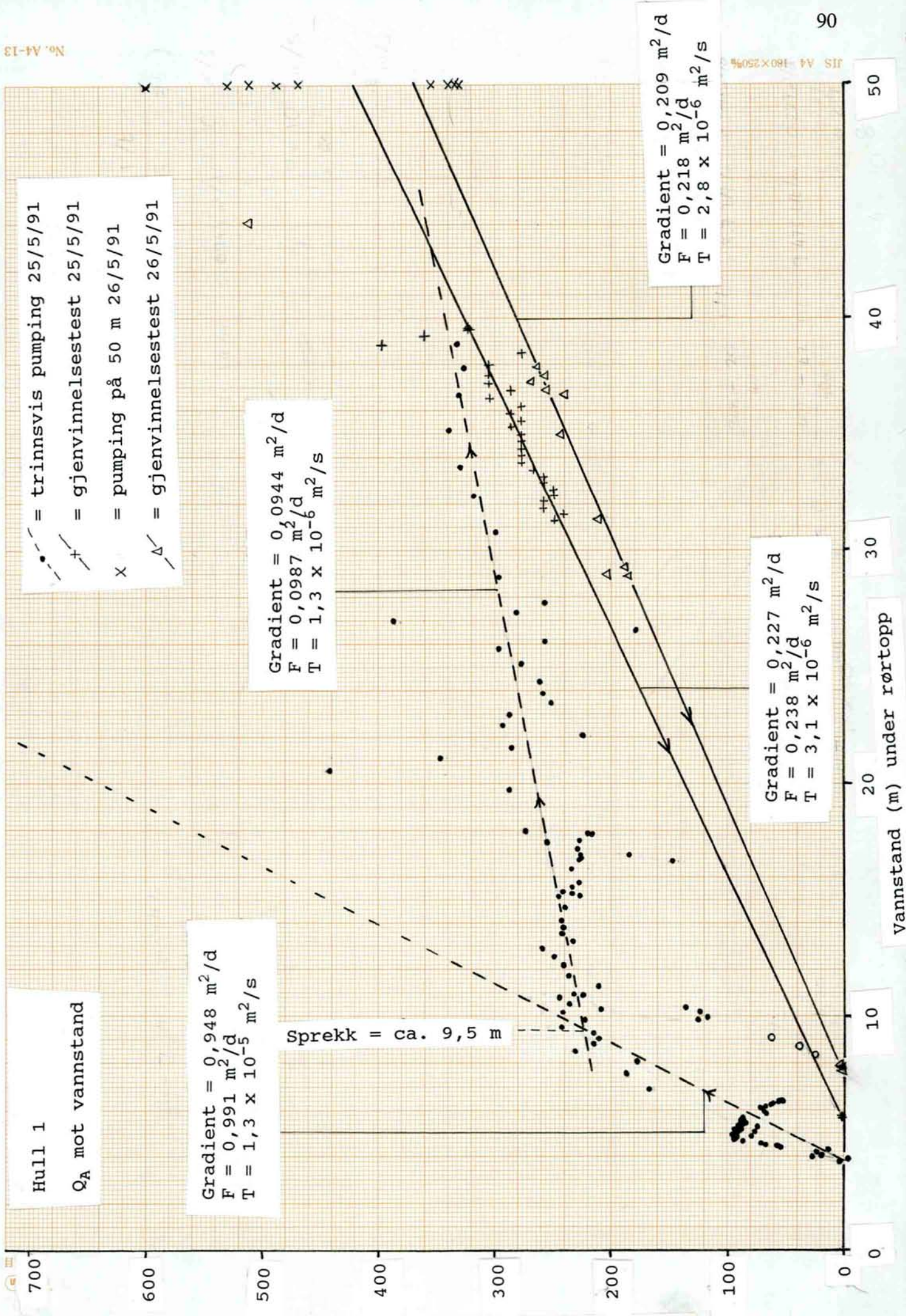
97

98

99

100

Vanninnstrømning fra akviferen (l/t) = Q_A



75

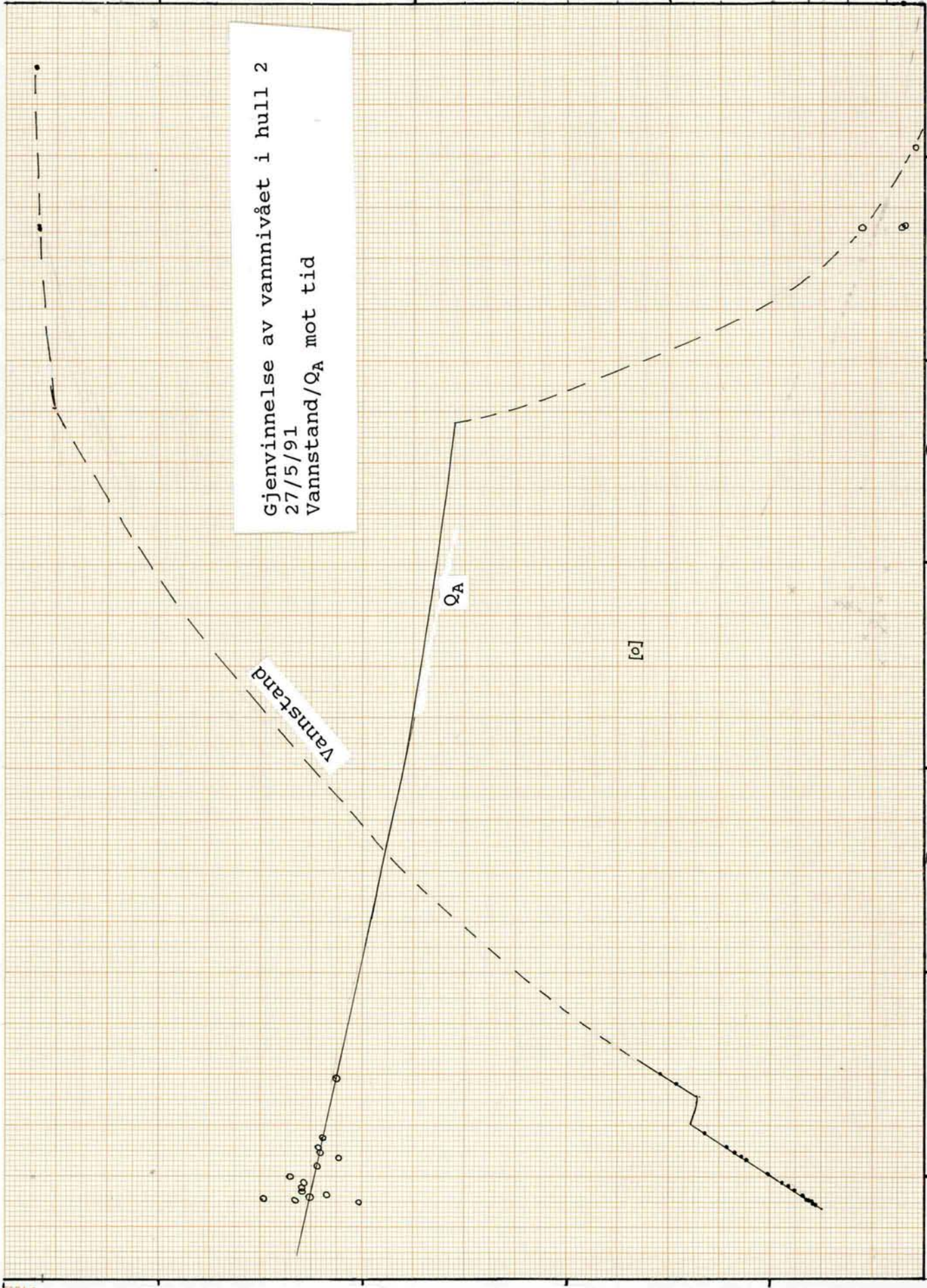
50

25

0

Q_A (l/t)

Gjenvinnelse av vannnivået i hull 2
27/5/91
Vannstand/ Q_A mot tid



Vannstand

Q_A

[o]

Tid (timer)

Vannstand (m) under rørtopp

50

54

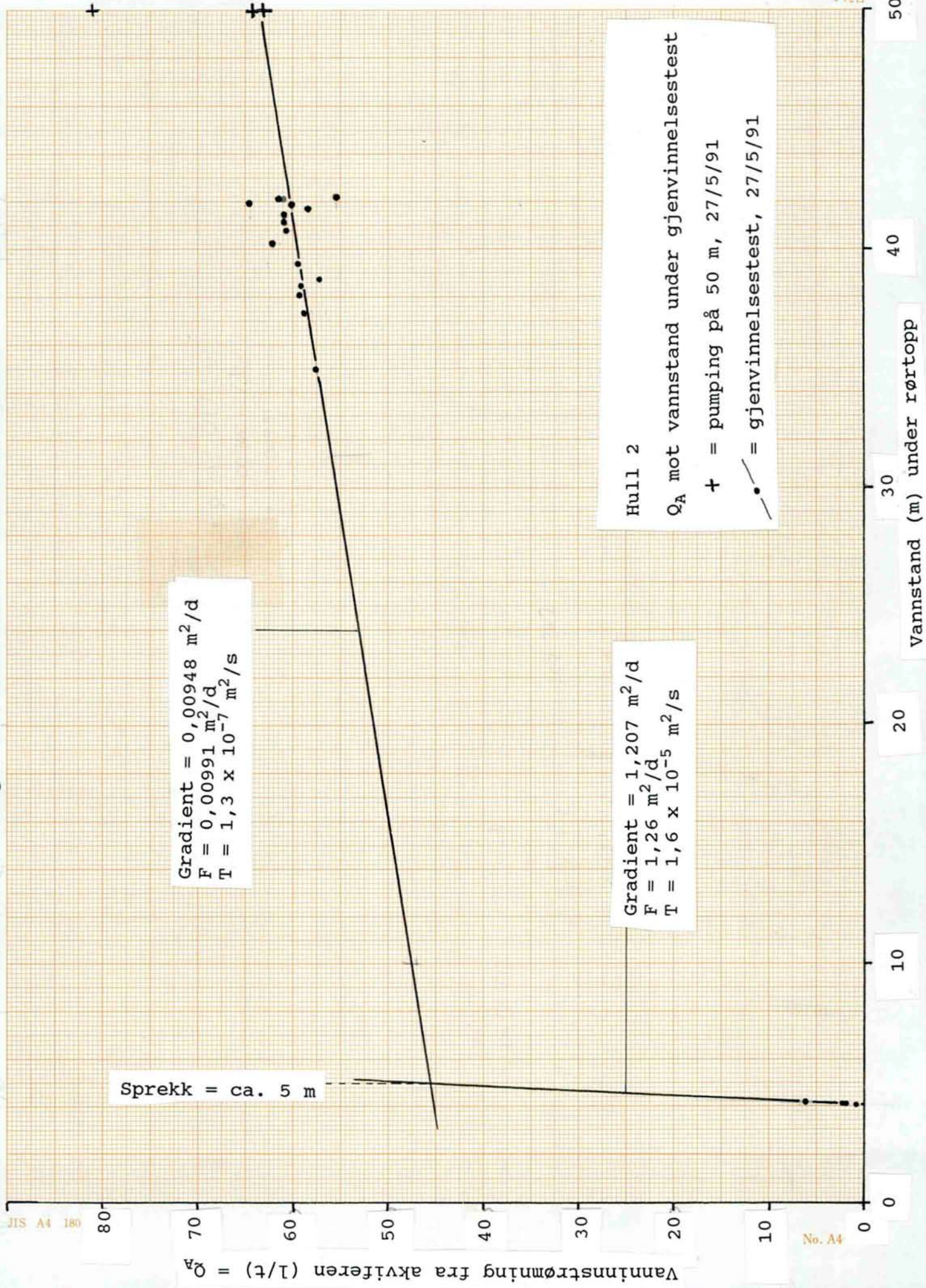
58

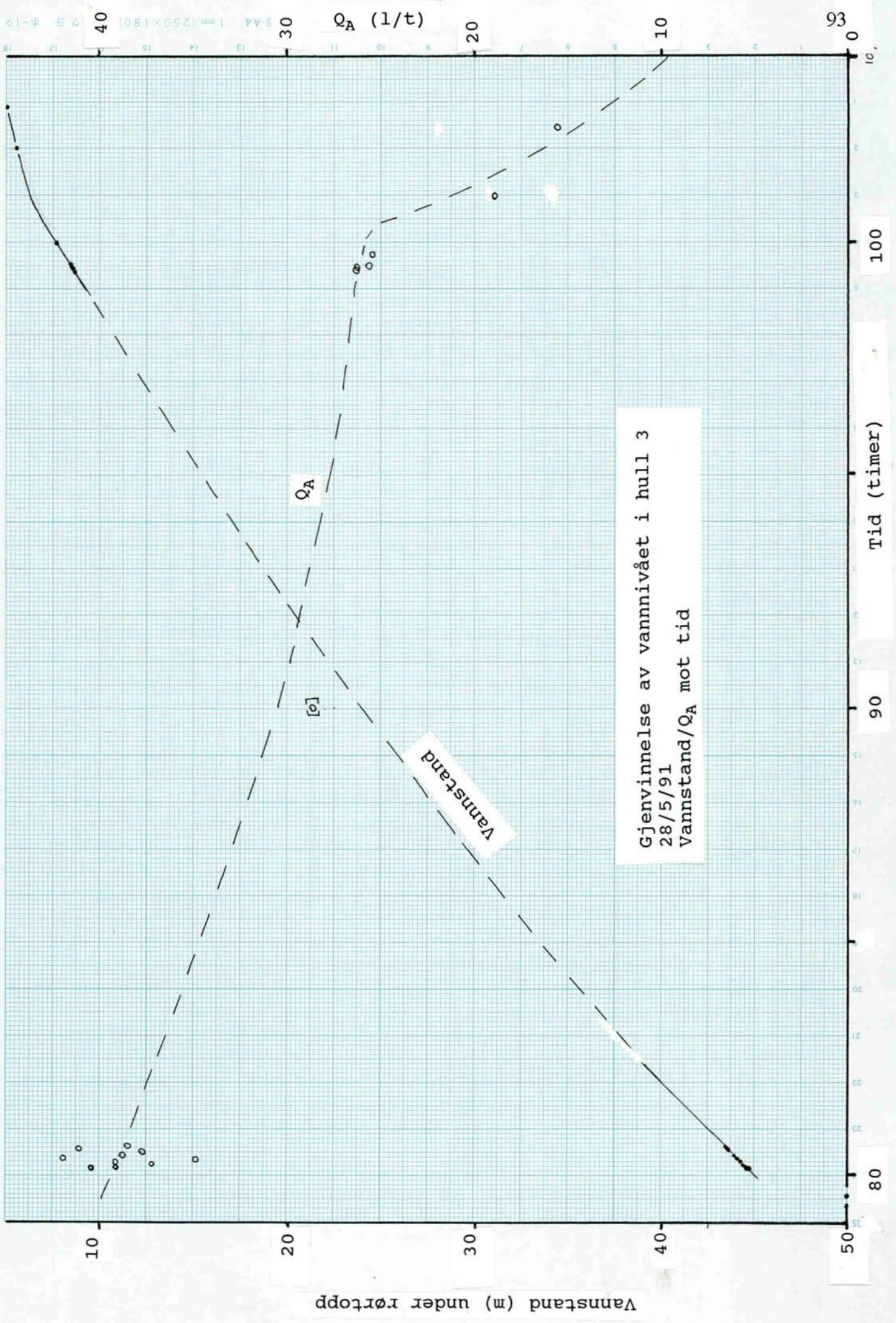
62

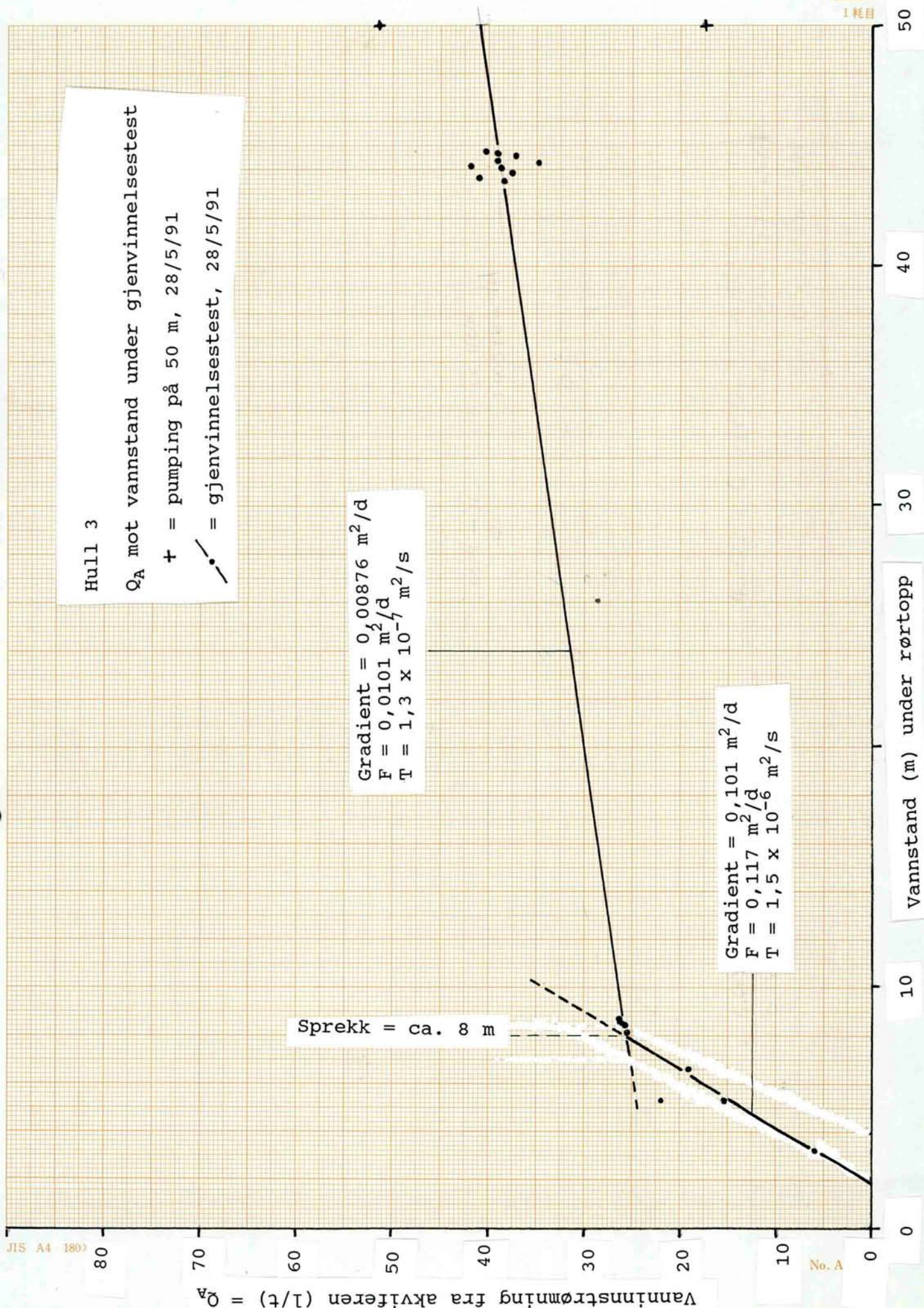
66

70

74

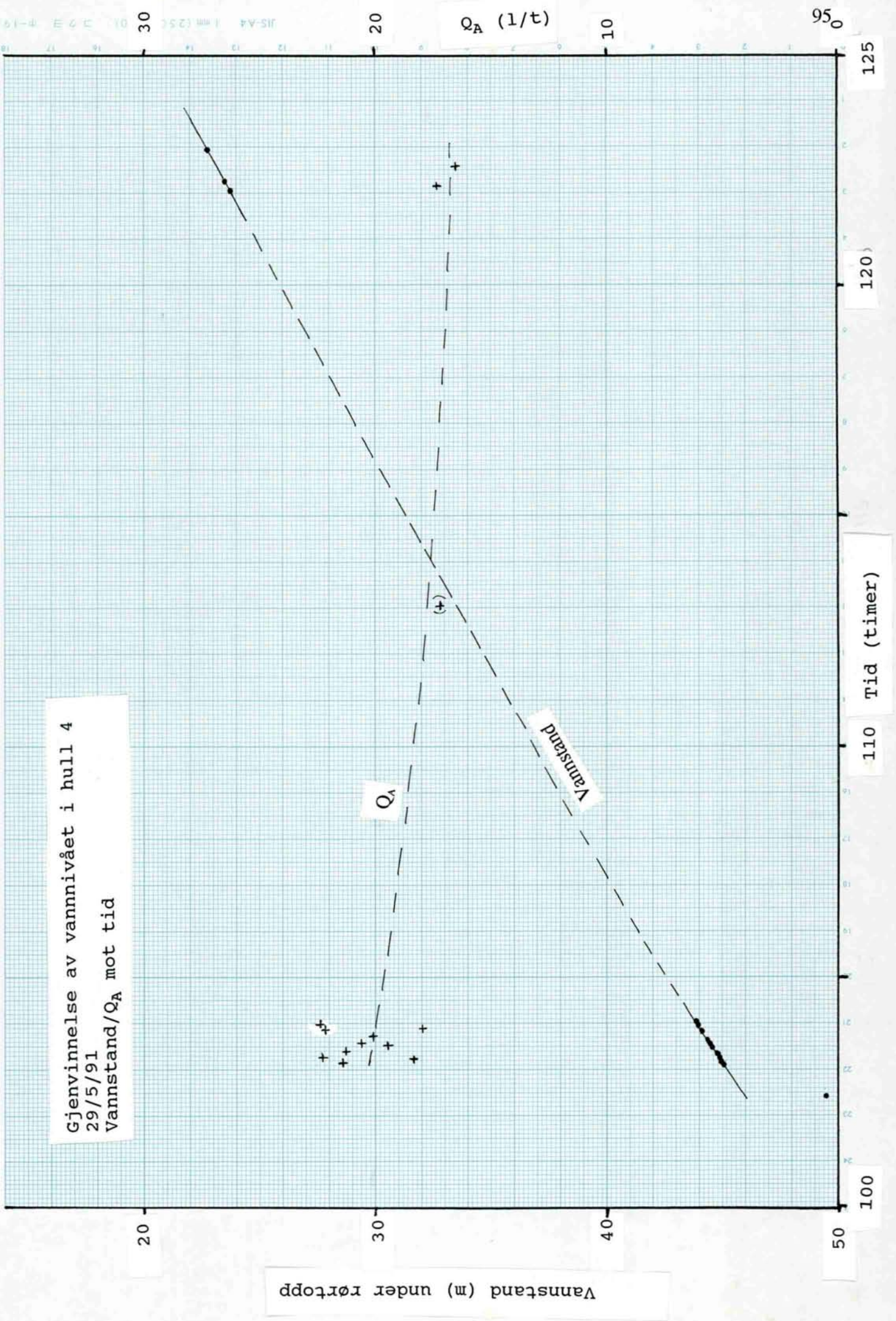


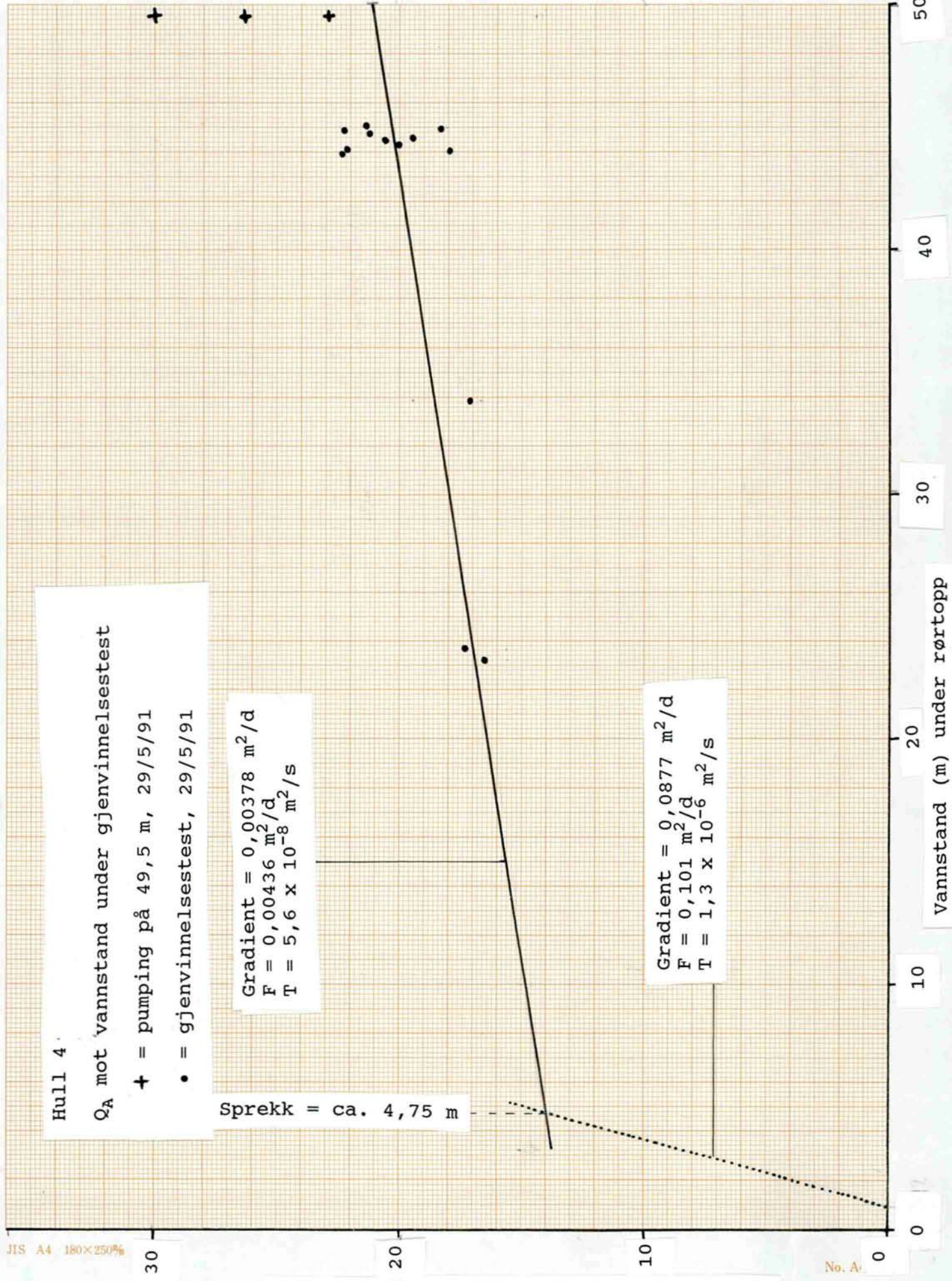




JIS A4 180

No. A





Hull 4

Q_A mot vannstand under gjenvinnelsestest

+ = pumping på 49,5 m, 29/5/91

• = gjenvinnelsestest, 29/5/91

Sprekk = ca. 4,75 m

Gradient = 0,00378 m²/d
 F = 0,00436 m²/d
 T = 5,6 x 10⁻⁸ m²/s

Gradient = 0,0877 m²/d
 F = 0,101 m²/d
 T = 1,3 x 10⁻⁶ m²/s

Vedlegg 5

Grunnvannskjemi

Prøvenr.	Sted	Stedsnummer (fig.13 & table 3)	Vanntype
A,B	Gravd brønn, ufiltrert	19	II
C	Gravd brønn, filtrert	19	II
HV91/1	Testtull 1, trinn 2	21a	III*
HV91/2	Testhull 1, trinn 3	21b	IV*
HV91/3	Knausen	22	IV
HV91/5	Testhull 2	24	III*
HV91/7	Testhull 3	26	III*
HV91/11	Testhull 4	28	IV*
HV91/13	Andresen	30	III
HV91/15	Granlie, nytt hull	32	IV*

Kation-prøver: Prøver HV91/1-15; alle er surgjort i laboratoriet med saltpetersyre før analysering. Suffiksen F indikere filtrering ($0,45\mu\text{m}$) i felten. Ingen suffiks = ufiltrert prøve. Prøve B er ufiltrert. Prøve C er filtrert. Suffiksen S (BS & CS) indikere surgjøring i lab. Analyser B & C (uten suffiks) er usurgjorte.

Anion prøver: Alle prøver er usurgjorte. Alle prøver er filtrerte, bortsett fra HV91/13 og B som er ufiltrerte.

Alkalitets-, ledningsevne- og pH- analyser: er alle målt på laboratoriet (25°C). Alle prøvene er ufiltrerte og usurgjorte.

	B	BS	C	CS
Si	5.77 ppm	5.70 ppm	5.73 ppm	5.64 ppm
Al	804.7 ppb	965.7 ppb	822.3 ppb	938.1 ppb
Fe	1.59 ppm	1.82 ppm	1.70 ppm	1.85 ppm
Ti	4.3 ppb	34.6 ppb	4.3 ppb	17.3 ppb
Mg	2.37 ppm	2.45 ppm	2.38 ppm	2.40 ppm
Ca	5.50 ppm	5.68 ppm	5.44 ppm	5.56 ppm
Na	22.00 ppm	21.80 ppm	21.80 ppm	21.80 ppm
K	<500.0 ppb	<500.0 ppb	<500.0 ppb	<500.0 ppb
Mn	77. ppb	83. ppb	79. ppb	82. ppb
Cu	10.2 ppb	14.5 ppb	< 1.0 ppb	2.0 ppb
Zn	20.0 ppb	18.1 ppb	12.0 ppb	17.5 ppb
Pb	< 90. ppb	< 90. ppb	< 90. ppb	< 90. ppb
Ni	< 40. ppb	< 40. ppb	< 40. ppb	< 40. ppb
Co	< 20. ppb	< 20. ppb	< 20. ppb	< 20. ppb
V	< 7.0 ppb	< 7.0 ppb	< 7.0 ppb	< 7.0 ppb
Mo	< 10. ppb	< 10. ppb	< 10. ppb	< 10. ppb
Cd	< 6.0 ppb	< 6.0 ppb	< 6.0 ppb	< 6.0 ppb
Ba	< 25. ppb	< 25. ppb	< 25. ppb	< 25. ppb
Be	< 1.0 ppb	< 1.0 ppb	< 1.0 ppb	< 1.0 ppb
Sr	31.0 ppb	32.4 ppb	30.9 ppb	31.8 ppb
Li	< 5.0 ppb	< 5.0 ppb	< 5.0 ppb	< 5.0 ppb

	91-1F	91-2F	91-2	91-3F	91-5F	91-7F	91-11F	91-13F	91-15F					
Si	8.38	ppm	11.44	ppm	12.63	ppm	7.85	ppm	6.75	ppm	7.46	ppm	13.26	ppm
Al	633.7	ppb	2.38	ppm	3.26	ppm	1.11	ppm	286.8	ppb	706.1	ppb	3.83	ppm
Fe	590.7	ppb	132.1	ppb	2.74	ppm	1.17	ppm	249.1	ppb	538.5	ppb	2.60	ppm
Ti	32.8	ppb	1.33	ppm	148.7	ppb	60.3	ppb	10.9	ppb	29.9	ppb	182.9	ppb
Mg	670.5	ppb	1.03	ppm	2.58	ppm	3.92	ppm	2.38	ppm	2.49	ppm	3.71	ppm
Ca	5.17	ppm	6.31	ppm	6.02	ppm	11.41	ppm	5.80	ppm	5.77	ppm	8.90	ppm
Na	122.7	ppm	138.4	ppm	79.80	ppm	116.2	ppm	75.26	ppm	75.26	ppm	141.1	ppm
K	1.43	ppm	2.28	ppm	5.76	ppm	4.56	ppm	3.58	ppm	3.94	ppm	16.23	ppm
Mn	14.2	ppb	43.1	ppb	115.2	ppb	114.8	ppb	18.0	ppb	21.4	ppb	128.8	ppb
P	128.0	ppb	107.1	ppb	111.5	ppb	222.0	ppb	100.0	ppb	137.8	ppb	100.0	ppb
Cu	3.8	ppb	5.6	ppb	8.6	ppb	2.1	ppb	20.4	ppb	17.5	ppb	13.7	ppb
Zn	< 5.0	ppb	8.5	ppb	46.9	ppb	29.0	ppb	51.0	ppb	47.5	ppb	23.8	ppb
Pb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb
Ni	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb	< 40.0	ppb
Co	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb
V	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb	12.4	ppb	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb	< 5.0	ppb	14.5	ppb
Mo	< 10.0	ppb	17.1	ppb	11.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb
Cd	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb
Cr	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	19.7	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb
Ba	9.7	ppb	27.7	ppb	38.7	ppb	28.7	ppb	7.4	ppb	11.0	ppb	56.1	ppb
Sr	80.5	ppb	98.0	ppb	47.2	ppb	99.0	ppb	41.4	ppb	41.8	ppb	72.1	ppb
Zr	5.3	ppb	6.7	ppb	13.7	ppb	6.1	ppb	5.0	ppb	5.2	ppb	11.1	ppb
Ag	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb
B	149.0	ppb	183.4	ppb	58.8	ppb	73.7	ppb	34.4	ppb	40.9	ppb	124.4	ppb
Be	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Li	< 6.9	ppb	8.5	ppb	12.2	ppb	11.1	ppb	8.0	ppb	10.1	ppb	13.8	ppb
Sc	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb
Ce	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	91.1	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb	< 50.0	ppb
La	< 10.0	ppb	18.1	ppb	36.3	ppb	13.8	ppb	< 10.0	ppb	< 10.0	ppb	19.3	ppb
Y	4.7	ppb	14.7	ppb	20.4	ppb	6.6	ppb	< 2.0	ppb	< 2.0	ppb	14.0	ppb

105/91

Prøve

nr	F'	Cl'	NO2'	Br'	NO3'	PO4'''	SO4''
1	3.18ppm	32.0ppm	<250 ppb	92.1ppb	<50.0ppb	<100 ppb	11.0ppm
2	3.63ppm	56.7ppm	<500 ppb	167 ppb	<50.0ppb	<100 ppb	17.4ppm
3	4.58ppm	283 ppm	<2.50ppm	760 ppb	858 ppb	<100 ppb	51.2ppm
5	2.72ppm	17.0ppm	<100 ppb	69.3ppb	<50.0ppb	<100 ppb	8.46ppm
7	4.72ppm	31.6ppm	<250 ppb	150 ppb	<50.0ppb	<100 ppb	14.3ppm
11	3.17ppm	103 ppm	<500 ppb	356 ppb	<50.0ppb	<100 ppb	21.6ppm
13	3.20ppm	26.4ppm	<250 ppb	58.9ppb	<50.0ppb	<100 ppb	13.5ppm
15	5.66ppm	91.6ppm	<500 ppb	262 ppb	121 ppb	<100 ppb	25.3ppm
(B)	304 ppb	35.3ppm	<50.0ppb	63.7ppb	<50.0ppb	<50.0ppb	14.0ppm

Oppdragsnr. 105/91

Nr.	Prøvemrk.	Ledn.evne μS/cm	pH	Alkalitet mmol/l
	A	164	5.49	0.17
	HV91/ 1	505	8.51	4.18
	HV91/ 2	584	8.54	4.25
	HV91/ 3	949	7.47	2.37
	HV91/ 5	362	7.61	3.13
	HV91/ 7	389	7.59	2.61 *
	HV91/11	603	7.29	2.13 *
	HV91/13	360	7.34	2.56
	HV91/15	666	8.04	3.32 *

NB! = Prøvemrk. HV91/15 inneholder det endel uløste fragmenter
 (*) og da blir den oppgitte alkalitet noe usikker.
 Også i prøvene HV91/7 og HV91/11 kan det forekomme usikkerhet.

Vedlegg 6

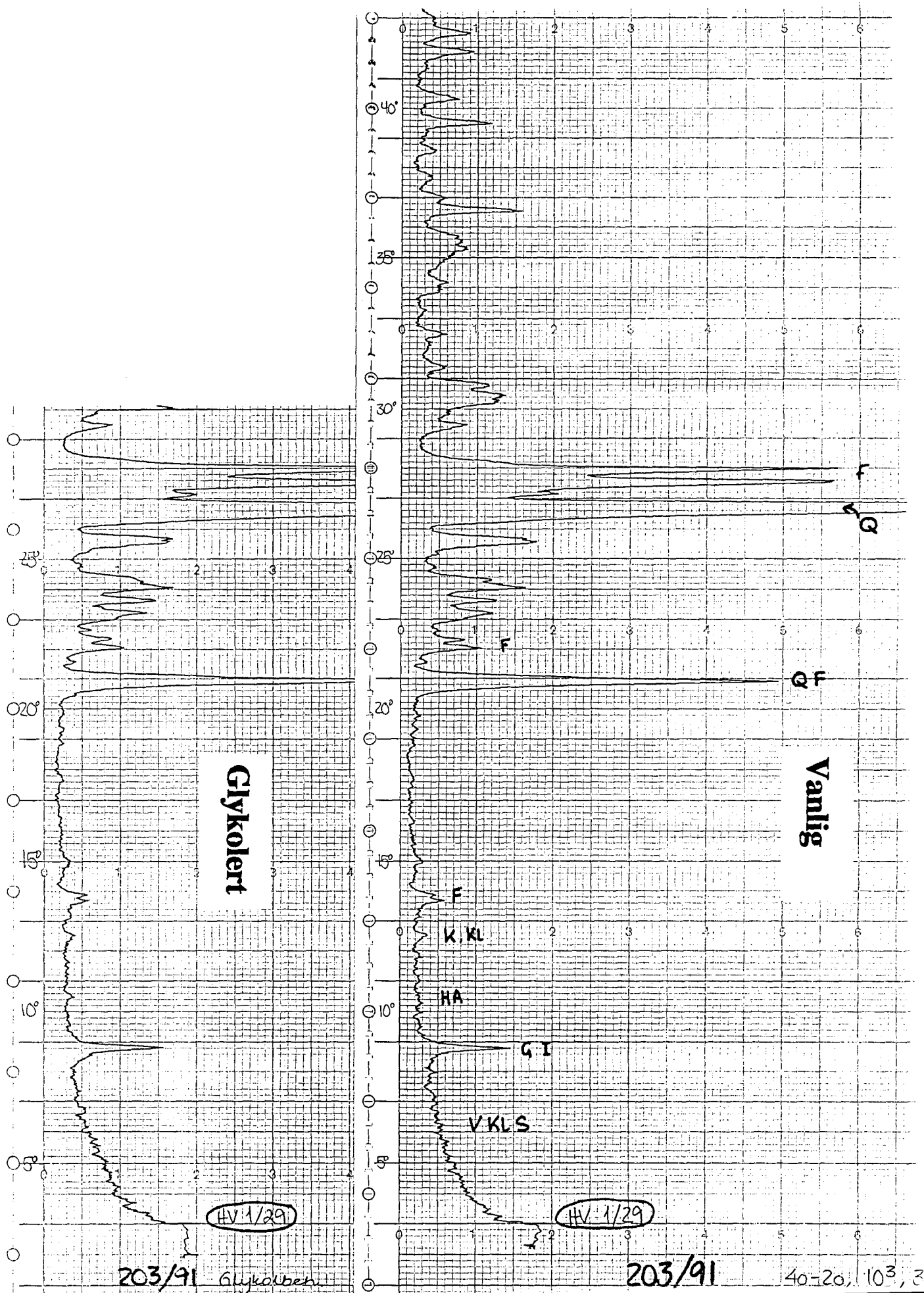
Røntgen pulverdiffraktogrammer av borekaks

Testhull	Dyp (m)	Beskrivelse
1	29¼	Rødaktig kaks. Mulig sleppe.
1	41½	Gråaktig kaks. Forholdsvis ferskt fjell
1	58	Rødaktig kaks. I hovedsprekkesonen.
1	61¾	Rødaktig kaks. Like ved hovedvanninnslaget. Bunnen av hovedsprekkesonen.
1	68½	Gråere kaks. Ferskt, uforvitret fjell.
2	26	Gråaktig kaks. Ferskt uforvitret fjell.
3	10½	Tørt sleppe. Rødgrønn leir tatt ut fra borekaket.

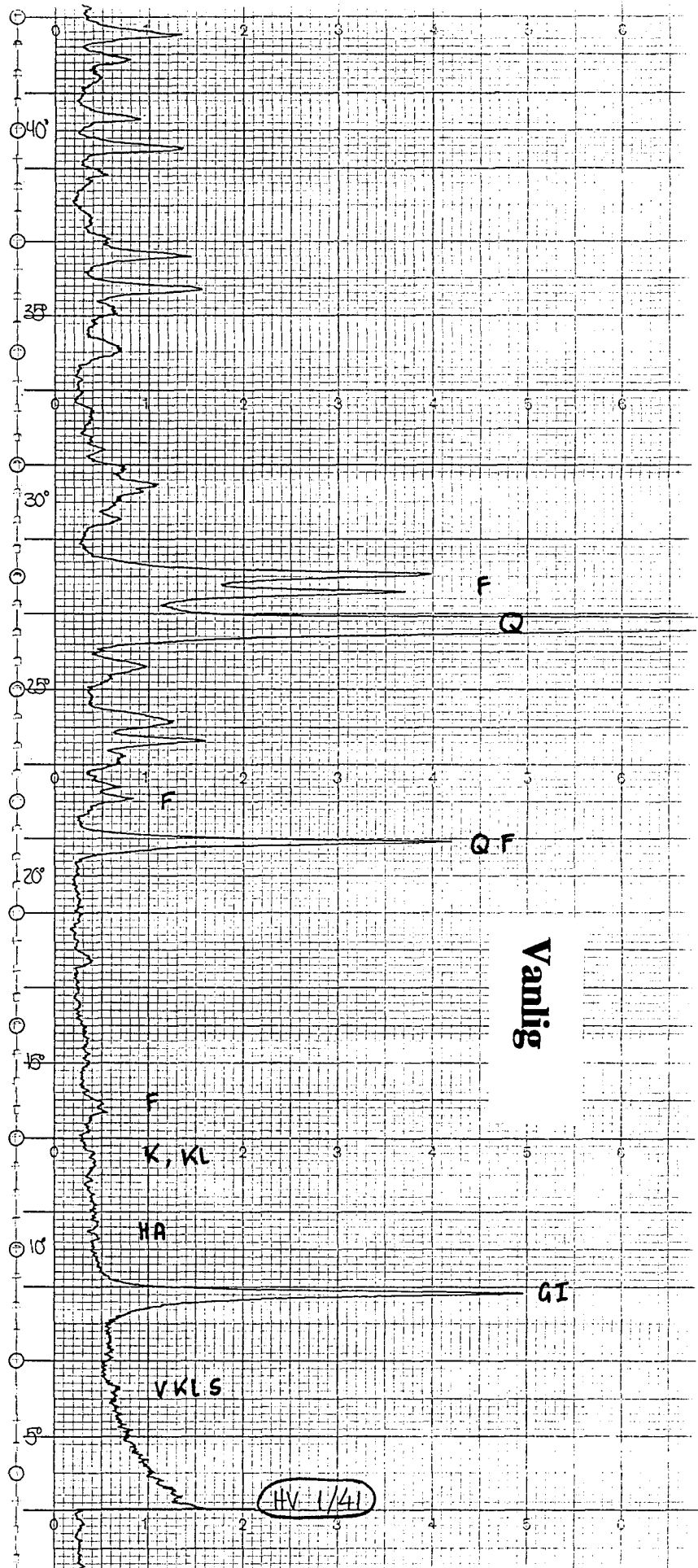
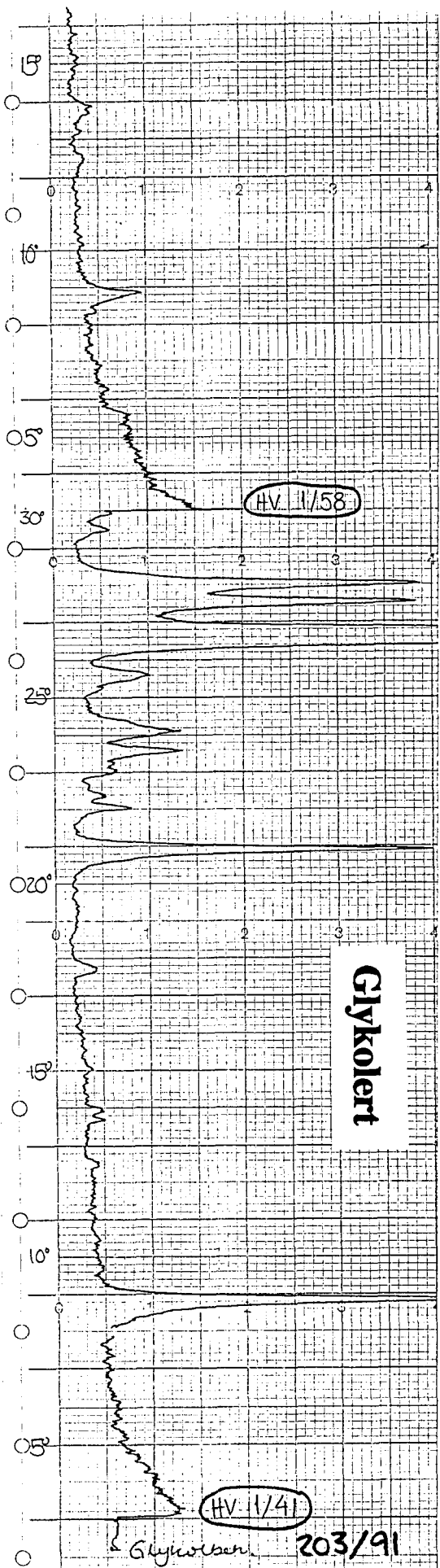
V = vermiculitt Kl = kloritt
 S = smektitt HA = hornblende/amfibol
 K = kaolinit F = feltspat
 Q = kvarts

Disse bokstavene viser bare den forventede lokaliseringen av maksimumet for hvert mineral. Det vil ikke si at mineralene er nødvendigvis tilstede i prøven.

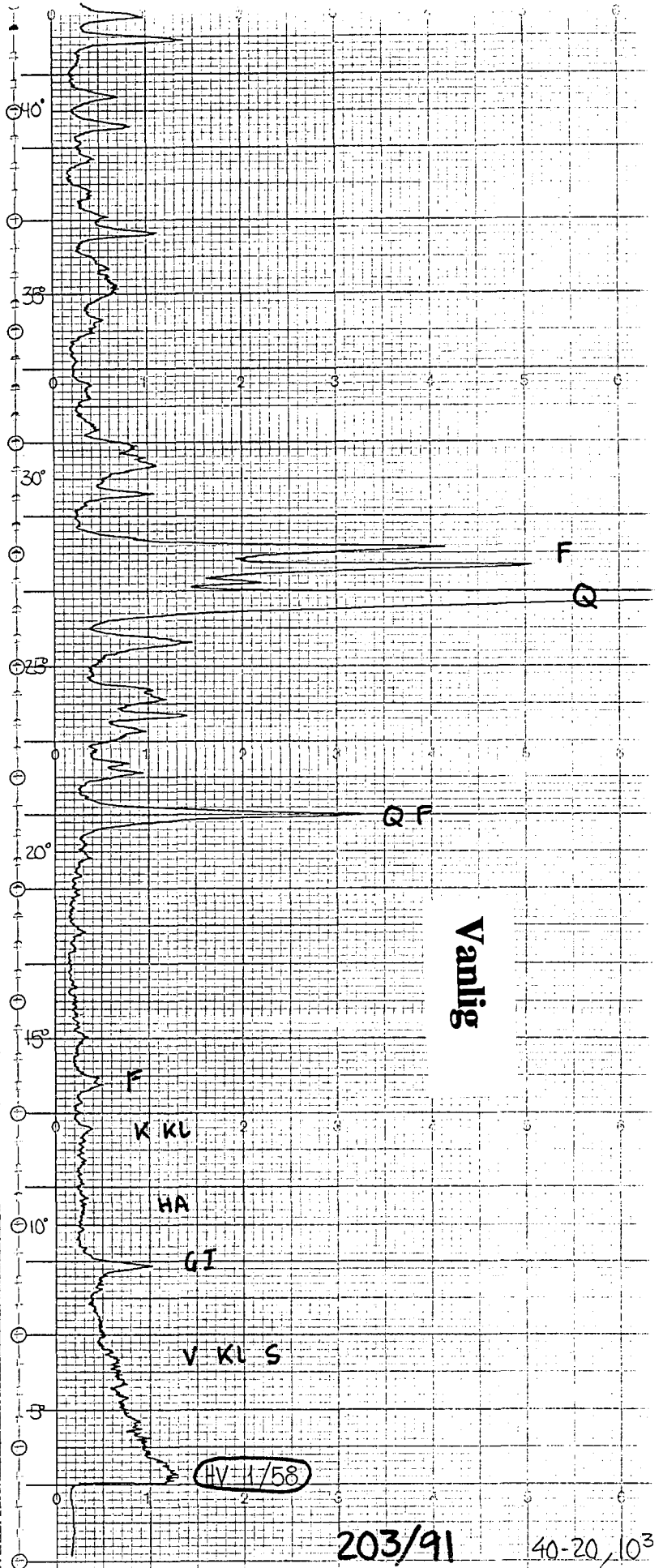
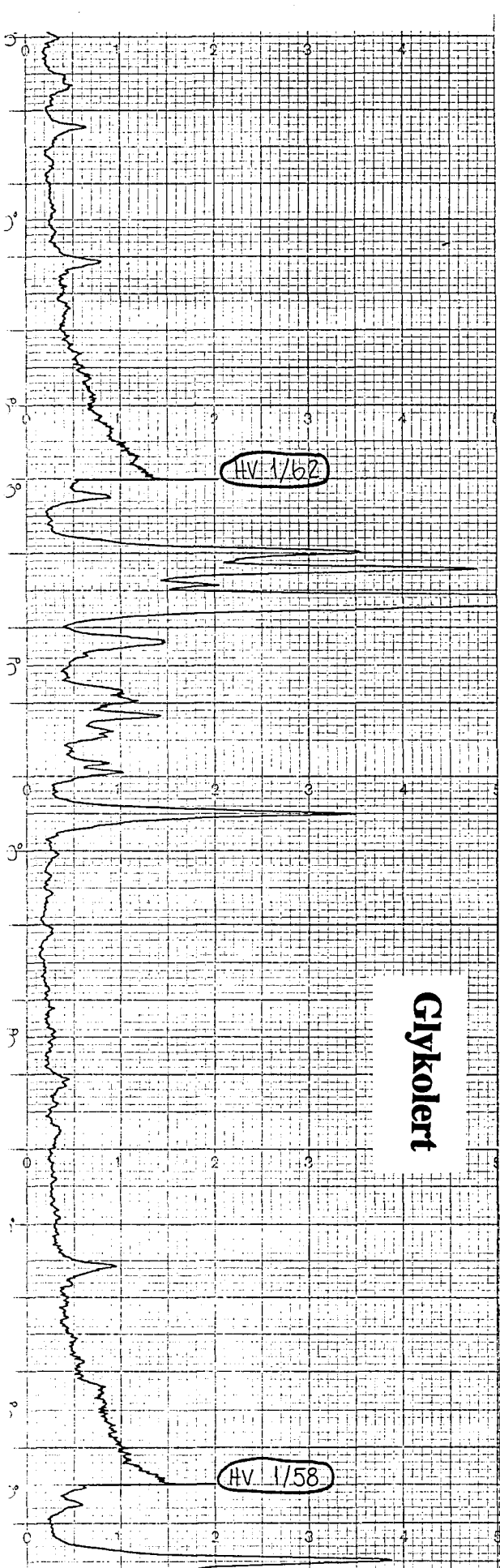
Testhull 1, 29¹/₄ m



Testhull 1 111/2 m



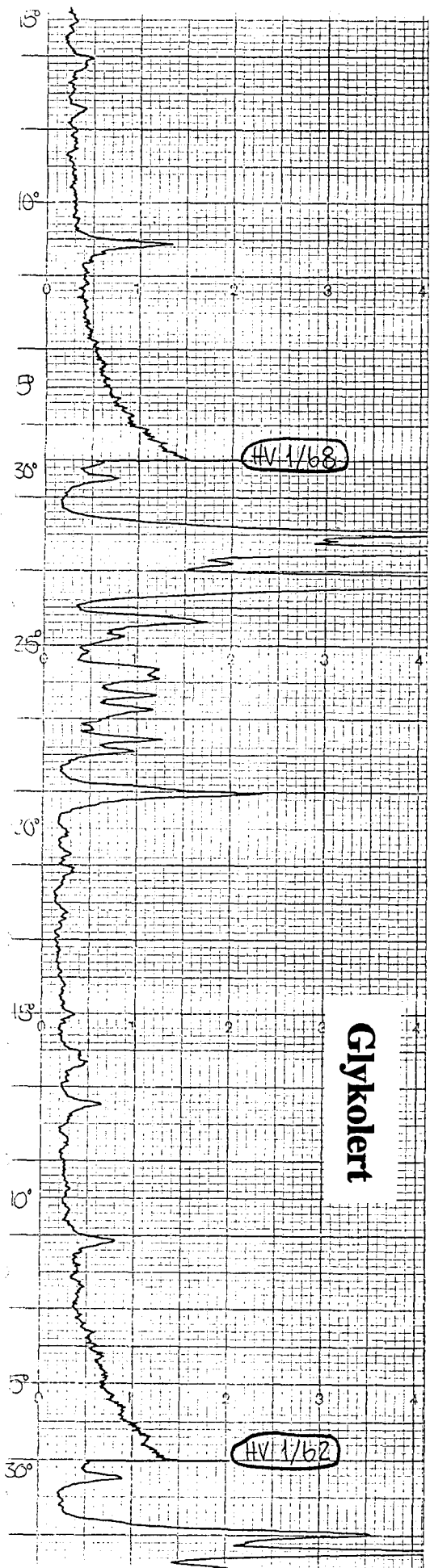
Testhull 1, 58 m



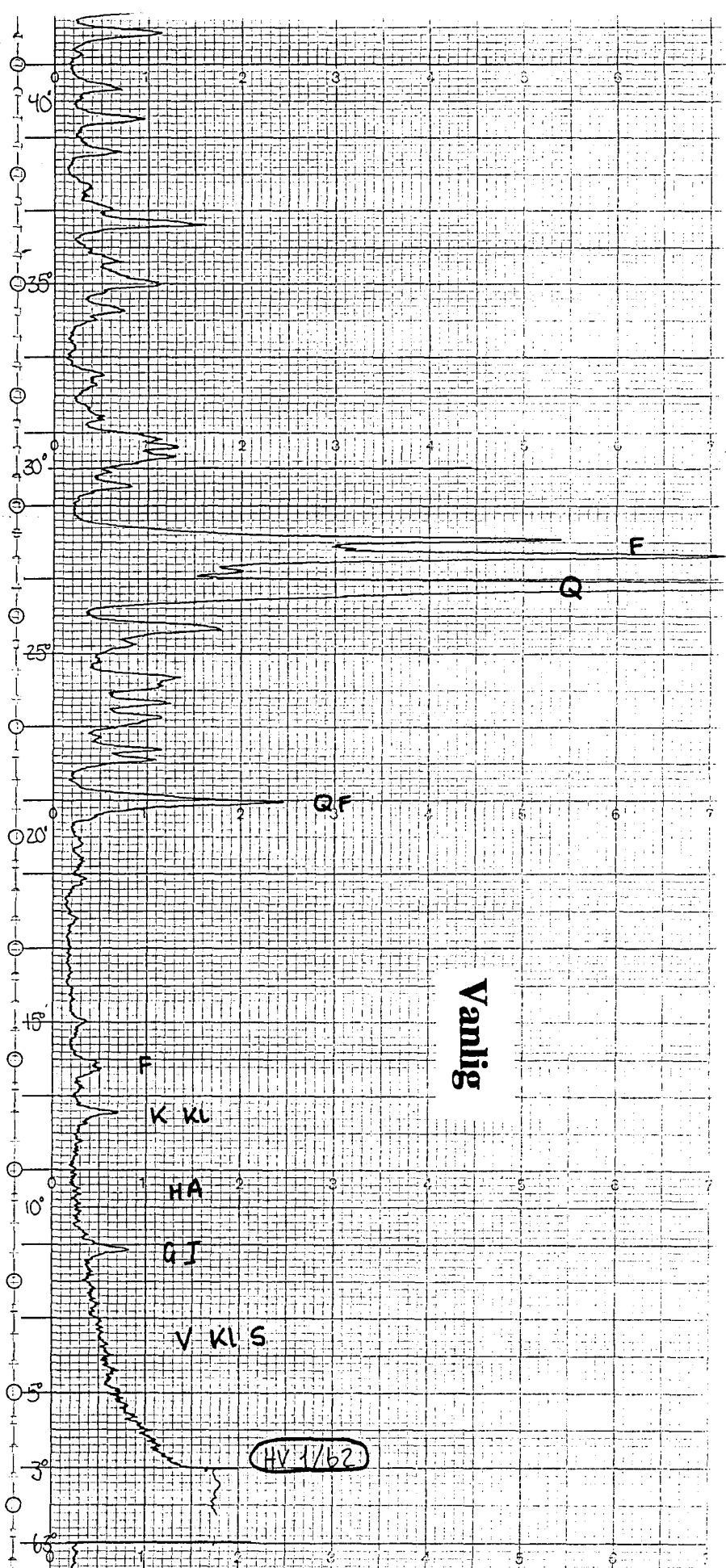
203/91

40-20, 10^3

Testhull 1, 61³/₄ m

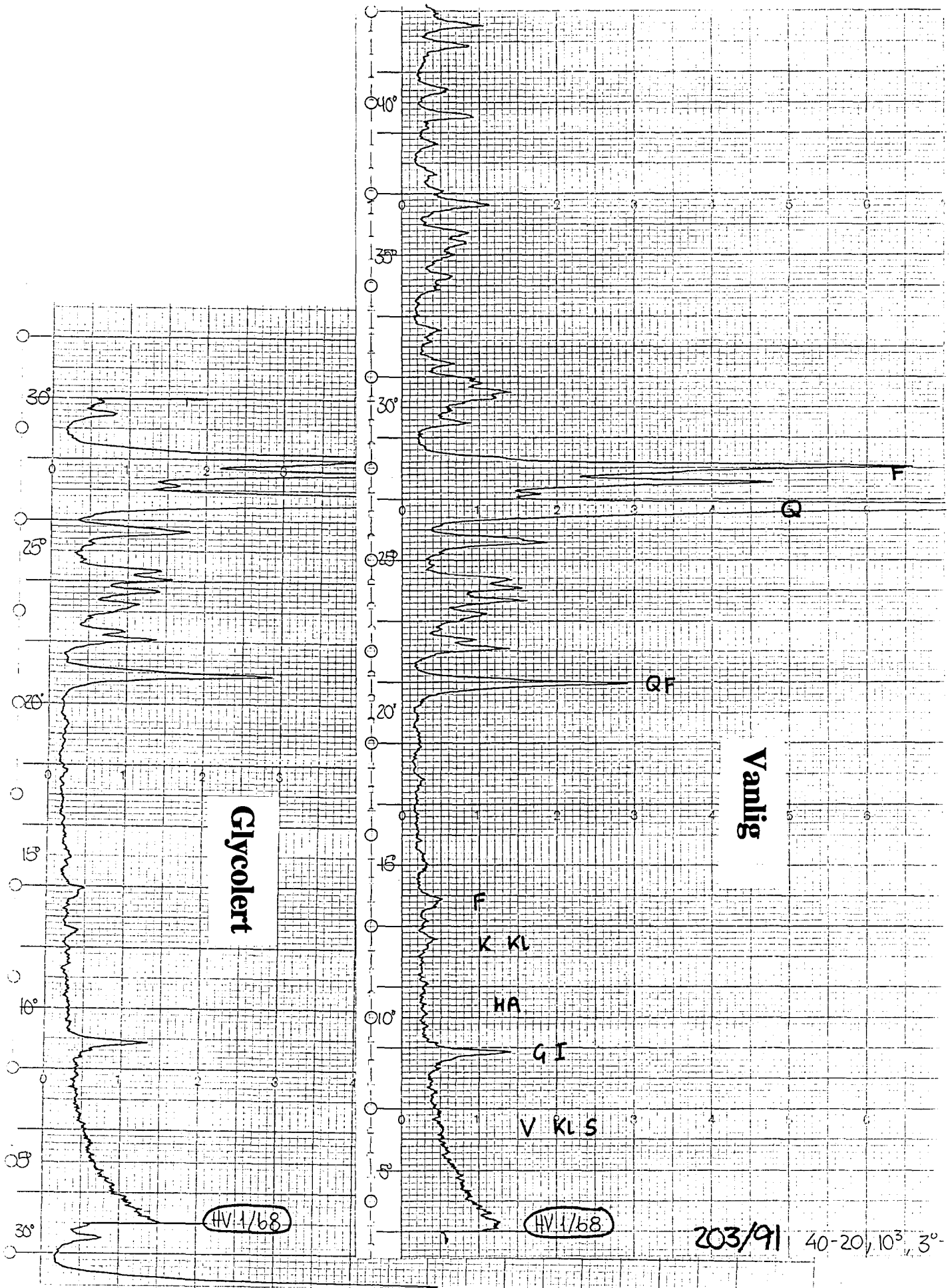


Glykolert

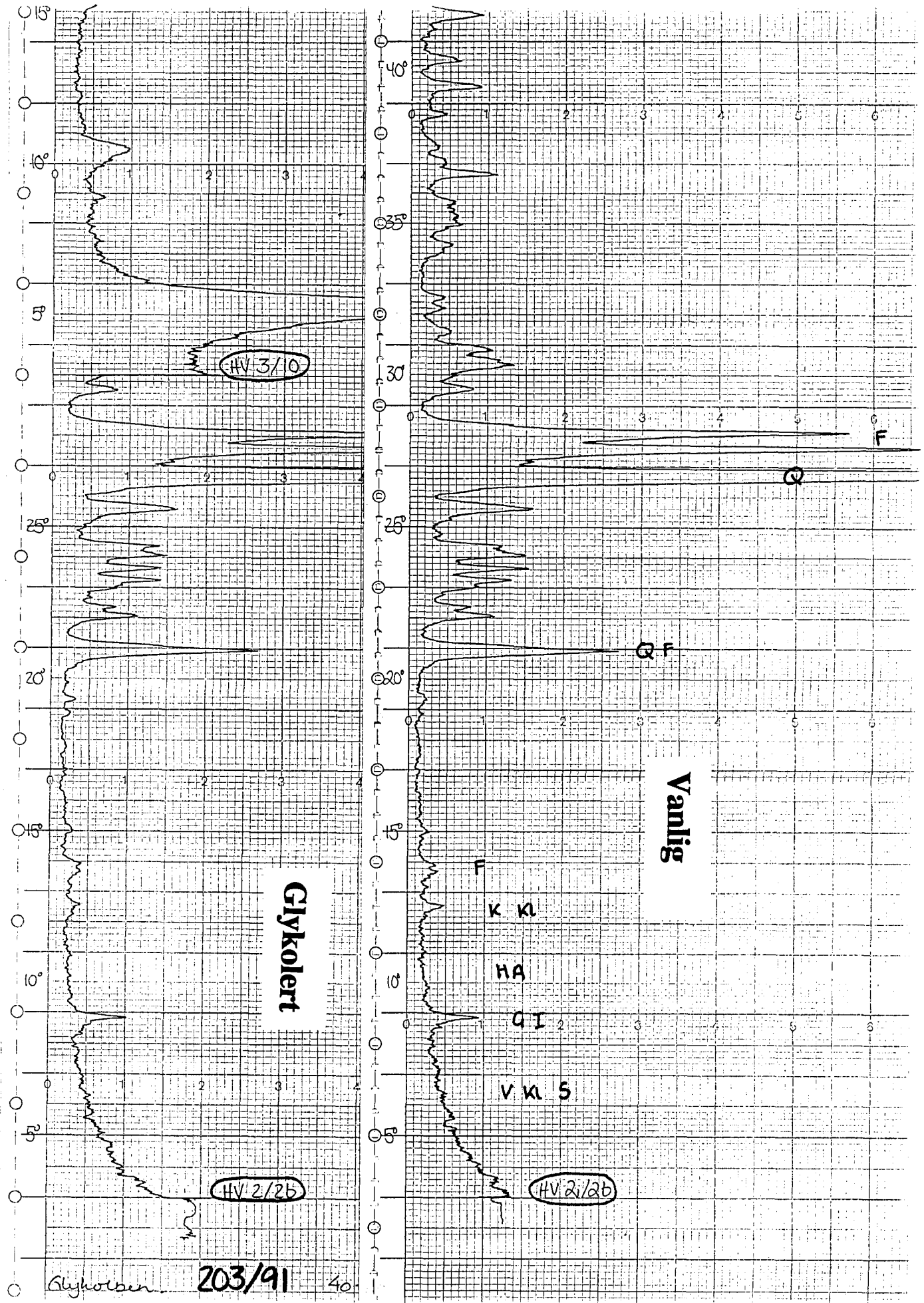


Vanlig

Testhull 1, 68¹/₂ m



Testhull 2, 26 m



Testhull 3, 10½ m
(rød/grønn leir separert fra kakset)

