

DANMARKS OG GRØNLANDS
GEOLOGISKE UNDERSØGELSE
RAPPORT 1996/34

**Borehulslogging Dragør
Øresundskonsortiet**

Moniteringsboring
B 5886 (208.3729)



GEUS

**Borehulslogging Dragør
Øresundskonsortiet**

Moniteringsboring
B 5886 (208.3729)

Kurt Klitten og Gert Andersen

INDHOLD:

BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING, DRAGØR ØST, DGU 208.3729.	2
BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING, DRAGØR ØST, DGU 208.3729. LOG-KAMPAGNE I, Rapport per 07.03.96	3
BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING, DRAGØR ØST, DGU 208.3729. LOG-KAMPAGNE II efter yderligere nedboring. Rapport per 16.07.96	9
BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING, DRAGØR ØST, DGU 208.3729. LOG-KAMPAGNE III efter filterudbygning. Rapport per 22.05.96	17

BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING, DRAGØR ØST, DGU 208.3729

0. Baggrund

I forbindelse med Øresundskonsortiets udførelse af en boring øst for Dragør Kommunale Vandforsynings indvindingsboringer har GEUS udført geofysiske logging undersøgelser på foranledning af rådgivende ingeniørfirma Rambøll, som har været ansvarlig for boringens udførelse.

Boringen skal indgå i A/S Øresundsforbindelsens igangværende grundvandsmoniteringsprogram med henblik på overvågning for eventuel saltvandspåvirkning af Dragør indvindingsboringer.

Boringen var planlagt at skulle føres ned til fersk-saltvandsgrænsen, og måtte derfor udføres i to etaper, idet denne grænse imod forventning ikke blev nået i første etape.

Logging arbejdet omfatter derfor tre kampagner svarende til: Efter boreetape 1, efter boreetape 2 samt efter filterudbygning. Hver af log-kampagnerne er foreløbig afrapporteret, og nærværende endelige rapport omfatter følgelig de tre kampagnerapporter uden ændringer i forhold til de allerede fremsendte foreløbige udgaver.

**BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING,
DRAGØR ØST, DGU 208.3729
LOG-KAMPAGNE I
Rapport per 07.03.96**

1. Udført borehulslogging-program

Log type	Pumpningssituation	21.02.96	22.02.96
Ledningsevne-/Temperatur kombineret m. gamma	Uden	x	
Heat-pulse flow (diskret)	Uden	x	
Kaliber	Uden	x	
Fokuseret resistivitet (+gamma)	Uden	x	
Induktion (+gamma)	Uden	x	
Propel Flow (kontinuert)	Uden	x	
Propel Flow (kontinuert)	Med 10.7 m ³ /t	x	
Ledningsevne-/Temp. (+gamma)	Med 10.7 m ³ /t	x	
Ledningsevne-/Temp. (+gamma)	Efter		x
Heat Pulse Flow (diskret)	Efter		x
Heat Pulse Flow (kontinuert ned)	Efter		x
Heat Pulse Flow (kontinuert op)	Efter		x

Boringen er boret til 55 m dybde, men de nederste 3 m er blokeret således, at der kun kan logges til ca 52 m dybde.

2. Logs og geologi

Gamma-log indikerer ca 5 m ler øverst efterfulgt af ca 5.5 m sand over kalken, som træffes i ca 10.5 m dybde.

Gamma-log viser, at de karakteristiske marker horisonter nederst i København Kalk optræder i ca 15-17 m dybde, således at grænsen mellem KK og Bryozokalken må tolkes til at ligge i 17.3 m dybde. Da Bryozokalkens samlede tykkelse kan forventes at være ca 55 m i området, vil grænsen mellem BK og Skrivekridtet antagelig ligge i ca 72 m dybde, d.v.s. 20 m under boringens nuværende bund.

Såvel induktions-log som resistivitets-log indikerer en lithologisk grænse i Bryozokalken i ca 41 m dybde, idet kalken under denne dybde generelt har lavere formationsledningsevne/højere resistivitet, d.v.s. generelt højere porøsitet. Noget tilsvarende gælder for de øverste par meter af Bryozokalken.

Den formodede lithologiske grænse i BK i ca 41 m dybde giver sig ikke til kende på Kaliber-loggen, idet der ikke ses nogen generel forskel i diametervariationen over og under grænsen. Derimod ses en sådan forskel i diametervariationen i ca 38 m dybde, idet diameteren ovenover er generelt mindre og udviser mere variation end under denne dybde.

3. Logs og fersk-/saltvand

Ledningsevne-log uden pumpning viser 6-7 m nede i Bryozokalken i ca 24 m dybde en markant grænse mellem vand med lav ledningsevne (90 mS/m) og vand med højere ledningsevne (130 mS/m). Ledningsevnen stiger herunder jævnt med dybden til 145 mS/m og aller nederst en yderligere stigning til 150 mS/m. (Ledningsevne-log ved aktuel temperatur, d.v.s. ikke temperaturkorrigeret)

Temperatur-log uden pumpning viser i forerøret en med dybden jævnt stigende temperatur (10.7 til 11.1 °C), som under forerøret falder trinvis til 10.2 °C i ca 35 m dybde, hvorunder temperaturen holder sig konstant.

Ledningsevne-log under pumpning fra oven (opadgående vandstrømning) viser fra pumpen i forerøret og ned til ca 2 m under forerøret omtrent samme ledningsevne (90 mS/m) som uden pumpning. Fra ca 16 m dybde til ca 20 m er den kun 85 mS/m, hvorefter den atter stiger til 90 mS/m. Fra denne dybde og ned til bunden stiger ledningsevnen i flere trin, men ligger generelt lavere end uden pumpning bortset fra de nederste 3 metre, hvor den ligger lidt højere end uden pumpning.

Temperatur-log under pumpning fra oven viser ned til ca 35 m dybde en med dybden trinvis faldende temperatur, som generelt er lavere end uden pumpning. Fra 35 m dybde er temperaturen konstant og den samme som uden pumpning, 10.2 °C.

Ledningsevne-log efter pumpning viser generelt højere ledningsevne end under pumpning og næsten samme forløb som før pumpning, dog uden endnu at have nået samme niveau med undtagelse af de nederste 10 m, hvor ledningsevnen er højere end målt før og under pumpning.

Den markante grænse mellem lav og højere ledningsevne i ca 24 m dybde ses at være ved at genetablere sig.

Temperatur-log efter pumpning viser næsten samme forløb som før pumpning, dog ikke endnu med helt så høje temperaturer.

Sammenfattende må disse seks logs tolkes som et udtryk for følgende:

- Før pumpning har der indstillet sig en ligevægt i boringen mellem optrængende nedre formationsvand med en ledningsevne på ca 155 mS/m og øvre formationsvand med en væsentlig lavere ledningsevne, ca 90 mS/m.

Det øvre formationsvands temperatur er højere end det nedre, hvilket er ret overraskende.

- Under pumpning er der opadrettet strømning i hele boringen og det nedre formationsvands højere ledningsevne fortyndes undervejs op gennem boringen ved flere indstrømninger med vand med lavere ledningsevne indtil i den nedre København Kalk. Herfra ses det indstrømmende vand at have lidt højere ledningsevne end det opadstrømmende blandingsvand. Alle de indstrømningszoner, som kan identificeres ved trinvis ændringer på ledningsevne-loggen, er markeret med pile ved denne log på log-bilag. Det indstrømmende vand fra zonerne i den øvre del af Bryozokalken og fra København Kalken ses endvidere også at hæve det opadstrømmende blandingsvands temperatur.
- Ca 24 timer efter pumpning er den før pumpning optrædende ligevægt i boringen mellem optrængende nedre formationsvand og øvre formationsvand igen ved at indstille sig med grænsen mellem de to vandtyper beliggende i ca 24 m dybde i selve borehullet. Denne grænse er ikke en fersk/saltvandsgrænse i kalken, idet der som nævnt ovenfor under pumpning fra boringen indstrømmer vand fra zoner under grænsen, som har lavere ledningsevne, ligesom den ikke giver sig til kende på hverken resistivitets-log eller induktions-log.
- Selv om ledningsevnen af det optrængende nedre formationsvand er forholdsvis høj, ca 155 mS/m svarende til ca 210 mS/m ved 25°C, er det næppe saltvand med samme høje kloridkoncentration som observeret nederst i den ca 80 m dybe boring 208.1527 på Dragør kildeplads. Den nye monitoringsboring, 208.3729, har således ikke truffet fersk-/saltvandsgrænsen, som ifølge elektromagnetiske sonderinger (Rambøll, notat af 28.11.95, sag 931100, J.nr. BJ40165) var forventet i ca 40-50 m dybde.

4. Logs og strømnings-/indstrømningsforhold

Flow-logs uden pumpning:

Hverken heat-pulse målingerne i dybderne 10, 18, 22, 26, 35, 40, 45 og 50 m dybde, eller den kontinuerte propel flow-log viste nogen målelig vertikal strømning i boringen forud for pumpning fra denne.

Heat-pulse målinger (static) i tilsvarende dybder dagen efter pumpning, samt heat-pulse målinger (dynamic) udført såvel under kontinuert nedføring som kontinuert hævnings af sonden med konstant hastighed (2 m/min) bekræftede, at der ingen målelig vertikal strømning er i boringen.

Flow-log under pumpning:

Udført ved nedadgående sondehastighed på 5 m/min og under pumpning med en ydelse $Q = 10.7 \text{ m}^3/\text{t}$.

Der ses en opadrettet strømning i hele boringen, men den er svag, kun ca 10 % af Q , fra bunden og op til ca 28 m dybde. Herfra og op til ca 1 m under forerøret øges strømningen trinvis til 100 % ved indstrømning fra 5-6 zoner. Omkring 50 % af indstrømningen sker fra de øverste tre zoner beliggende henholdsvis lige under, i og lige over KK/BK grænsen.

De fleste af indstrømningszonerne ned til en dybde af ca 28 m og identificeret på ledningsevne-/temp.-log under pumpning, se pilene på log-bilaget, kan korreleres til zoner på flow-log, hvor der sker markant øgning i strømning.

5. Sammenfatning

Det kvartære sandreservoir overlæjrer København Kalken direkte i ca 10.5 m dybde. Kun ca 6-7 m København Kalk (nedre) er repræsenteret i boringen, idet Bryozokalken træffes i ca 17.5 m. Denne har en lithologisk grænse i ca 41 m dybde. Bryozokalken er ikke gennemboret, idet der kan forventes at være yderligere ca 20 m fra boringens nuværende bund i 52 m dybde og ned til Skrivekridtet.

Omkring 50 % af indstrømningen til boringen under pumpning sker i København Kalk og i top af Bryozokalk. Under 28 m dybde er indstrømningen begrænset (<10 %), men der er konstateret opadrettet strømning i boringen helt fra bunden.

Den observerede ligevægtsgrænse i boringen i ca 24 m dybde mellem nedre formationsvand med højere ledningsevne/lavere temperatur og øvre formationsvand med lavere ledningsevne/højere temperatur indikerer et højere vandtryk i boringens nederste del, idet grænsen ikke er udtryk for en tilsvarende forskel i ledningsevnen i formationsvandet i samme niveau i kalken. Trykforskellen er dog ikke så stor, at den giver anledning til en målelig vertikal strømning i boringen hverken før eller efter pumpning fra boringen.

Selv om vandet i boringens nedre del har forhøjet ledningsevne, ca 155 mS/m svarende til ca 210 mS/m ved 25°C, og således må formodes at have højere kloridindhold end drikkevand, d.v.s. > 300 mg/l, er boringen endnu ikke nået ned til den "rigtige" fersk-/saltvandsgrænse således som forventet ifølge tidligere udførte elektromagnetiske sonderinger (Rambøll, notat af 28.11.95, sag 931100, J.nr. BJ40165). En sådan markant fersk-/saltvandsgrænse er observeret i ca 72 m dybde i indvindingsboring 208.1527 på Dragør kommunes kildeplads.

6. Anbefaling

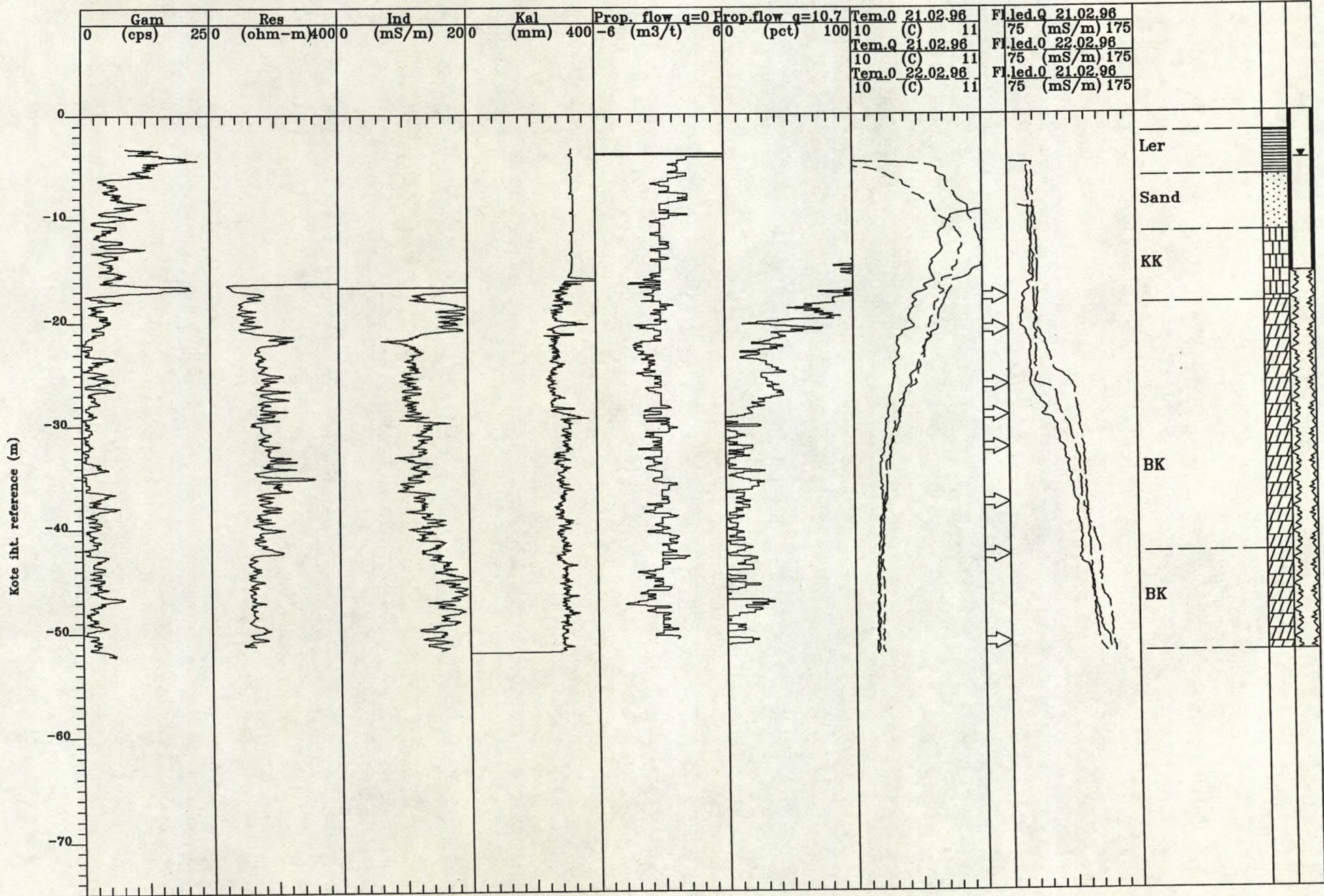
Ved tolkning af årsag til eventuelle fremtidige observationer om ændringer i kloridindhold i råvandet fra indvindingsboringer på Dragør kildeplads såvel som på Tårnby kildepladser er det af stor betydning at have et så godt forståelsesgrundlag som muligt for de fysiske og geologiske forhold, der styrer den eksisterende balance og grænse mellem det ferske og det salte grundvand.

Det vil derfor være ønskeligt i denne boring at få bestemt dybden og karakteren af denne grænse, d.v.s. om det er en markant grænse, der eventuelt kontrolleres af en geologisk grænse mellem to bjergarter (kalk/kridt), eller der er tale om en med dybden gradvis stigende saltholdighed.

For indeværende er denne grænse kun dokumenteret i een boring på Amager, nemlig 208.1527 på Dragør kildeplads. I fem ØSK boringer på Østamager kendes grænsen også, men disse er ikke udtryk for en naturlig fersk-/saltvandsbalance, idet disse boringer er placeret på det opfyldte havområde på Lufthavnen. Her er situationen karakteriseret ved, at ferskvandsinfiltration efter etablering af landområdet er i færd med at udskylle og fortynde saltvandet. Derfor er grænsen i disse boringer ustabil og dybden kunne forventes at øges med tiden, forudsat, at der vedbliver med at være positivt vandspejl i området fremover.

- Det anbefales derfor at gøre nærværende monitoringsboring 20-25 m dybere, således at fersk-/saltvandsgrænsen bliver fastlagt, herunder dennes position i forhold til laggrænsen mellem Bryozokalk og Skrivekridt.
- I tilfælde af beslutning herom kan det tillige anbefales, at der forinden bestemmelse om endelig stop for borearbejdet udføres en ledningsevne-/temp./gamma-log, samt en resistivitets-log for at sikre, at ovennævnte målsætning bliver opfyldt.
- Når de ønskede mål er indfriet og borearbejdet afsluttet, bør der suppleres med yderligere logs for at have samme informationsdækning af det nye dybdeinterval som af intervallet ned til 52 m dybde, d.v.s. der bør efterfølgende og inden beslutning om filtersætning udføres: kaliper, induktion, heat-pulse flow og propel-flow uden pumpning; propel-flow og ledningsevne-/temp. med pumpning; samt heat-pulse flow og ledningsevne-/temp. efter pumpning.

Well Name: 208.3729
 File Name: COM
 Location: Dragør øst, monitoring.
 Elevation: Reference: Top af øverste stålrør.



**BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING,
DRAGØR ØST, DGU 208.3729
LOG-KAMPAGNE II efter yderligere nedboring.
Rapport per 16.04.96**

1. Udført borehulslogging-program

En vurdering af kalkens lagfølge og grundvandets ledningsevne på basis af borehulslogging efter nedboring til 56 m resulterede i, at det besluttedes at fortsætte boringen til større dybde for at fastlægge dybden til saltvand samt gennembore den forventede grænse til skrivekridt i ca 73 m dybde.

Den 12 marts udførtes en del af logging-programmet i boringen efter, at denne var ført ned til 86 m dybde. Da ledningsevne-loggen viste stærkt saltholdigt vand og resistivitets- og induktions-log indikerede, at en anden bjergart var truffet i ca 70 m dybde, som kunne være skrivekridt, blev borearbejdet indstillet. Det resterende logging-program blev færdiggjort den følgende dag.

Log type	Pumpnings-situation	12.03.96 boreddybde 86 m	13.03.96 boreddybde 86 m
Ledningsevne-/Temperatur kombineret m. gamma	Før pumpning	x	x
Heat-pulse flow (diskret)			70,75,80,85m
Heat-pulse flow (kontinuert ned)			x
Kaliber		x	
Fokuseret resistivitet (+gamma)		x	
Induktion (+gamma)		x	
Gamma spektral		x	
Propel Flow (kontinuert)			
Propel Flow (kontinuert)	Under pumpning		11.2-11.3 m ³ /t
Ledningsevne-/Temp. (+gamma)			10.9-11.0 m ³ /t

Boringsdybde refererer til dybde under referencepunkt (= top indre forerør) i lighed med dybder på log-bilaget og alle følgende dybder i rapporten.

2. Logs og geologi

Gamma-log

For at få maksimal information om eventuelle strålingsforskelle i kalklagene udførtes der en spektral gamma-log, d.v.s. en log over den totale gamma stråling ved meget langsom loghastighed (0.7 m/min), hvorunder også strålingen fra de enkelte radioaktive isotoper kalium, uran og thorium måles særskilt.

Den spektrale gamma-log viser, at den karakteristiske marker horizonnt nederst i København Kalk (KK) optræder i ca 16-18 m dybde, og at grænsen mellem KK med højere stråling og Bryozokalken (BK) med lavere stråling ligger i 18.3 m dybde.

Fra denne dybde og ned til ca 70 m dybde er strålingen generelt lav, men dog med nogen variation. Fra ca 70 m bliver strålingsniveauet generelt noget højere og samtidigt mere varierende.

Uran-log

Kalium- og thorium-log viste et lavt niveau uden nogen variation, hvorfor disse ikke er medtaget på log-bilaget.

Uran-loggen viste derimod dels at forskellen i gamma-stråling mellem KK og BK er knyttet til forskel i de to kalktypers indhold af Uran, og dels at den højere og stærkt varierende gamma-stråling nederst i boringen fra ca 70 m netop er knyttet til et højere og mere varierende indhold af uran.

Elektriske logs

Induktions-log og resistivitets-log efter den første boreetape indikerede som anført i rapport I af 7 marts en lithologisk grænse i Bryozokalken i ca 41 m dybde, idet kalken under denne dybde og ned til boringens daværende bund i 52 m havde en lidt lavere formationsledningsevne/lidt højere resistivitet, d.v.s. generelt højere porøsitet.

De nye resistivitets- og induktions-log er noget påvirkede af det stærkt saltholdige vand, der nu står i boringen (se afsnittet nedenfor vdr. saltvand/ferskvand). Resistivitetsniveauet er derved blevet generelt lavere og formationsledningsevnen generelt højere end sammenlignet med de tilsvarende logs efter første boreetape. Den nævnte interne grænse i BK i ca 41 m ses dog stadig.

Fra ca 58 m og ned til ca 70 m ses der en gradvis men mere signifikant stigning i resistiviteten/fald i formationsledningsevnen, hvilket indikerer en overgangszon fra ferskvand til en med dybden gradvis mere saltholdig saltvand.

Endelig viser de to log, at der i ca 70 m dybde yderligere sker en markant stigning i formationsledningsevnen/fald i resistiviteten. Denne sidste grænse skyldes ikke passage af saltvandsgrænsen, idet denne ligger flere meter højere (se afsnittet nedenfor vdr. saltvand/ferskvand). Da der som nævnt under gamma- og uran-log netop fra dybden 70 m også kan observeres en væsentlig ændring i gamma-strålingsmønstret/niveauet, må det antages, at der i denne dybde optræder en lithologisk bjergartsgrænse. Denne grænse er indtil videre fortolket som grænsen til skrivekridt (**bør kontrolleres ved biostratigrafisk analyse af boreprøver**).

Kaliber-log

Den lithologiske grænse i BK i ca 41 m dybde giver sig ikke til kende på Kaliber-loggen, idet der ikke ses forskel i diametervariationen over og under grænsen. Derimod ses en sådan forskel i diametervariationen i ca 38 m dybde, hvor boringsvæggen generelt er glattere under denne dybde end ovenover.

Ved en sammenligning mellem den nye og den tidligere kaliber-log ses der visse forskelle netop på sektionen ovenover 38 m, hvor diameteren udviser størst variation. Årsagen til forskellen er sandsynligvis dels at boringen ikke står lodret (iagttaget under logarbejdet) og dels det store indhold af kalkslam i borevæsken under sidste log program. Dette kalkslam kan have hæmmet kaliber-armenes frie bevægelse.

3. Logs og fersk-/saltvand

Boringen blev renpumpet vha. kompressorluft den 12. marts forud for påbegyndelsen af log-programmet, men der kunne stadig iagttages en stor mængde kalkslam/skum øverst i boringsvæsken.

Ledningsevne-loggene er udført ved aktuel temperatur, og er ikke temperatur-korrigerede.

Ledningsevne-log uden pumpning blev udført dels den 12.marts (FL1 på log-bilag) umiddelbart efter renpumpning og dels den 13. marts (FL2). Sammenlignet med tilsvarende logs ved første etape (se tidligere rapport) ses der nu væsentligt højere ledningsevne i vandet i borehullet generelt (580-1800 mS/m), og under boringens forrige slutdybde 53-55 m er ledningsevnen nu over 1400 mS/m. Ved nedboringen til større dybde er det stærkt saltholdige grundvand således påvist.

Sammenlignes de to logs (FL1 og FL2) ses ledningsevnen ned til ca 40 m dybde at falde med tiden efter renpumpning, hvorimod den synes at stige med tiden under denne dybde. Dette kan tolkes som et udtryk for, at det oppumpede saltvand i boringen efter pumpestop gradvist udskiftes med det ferske grundvand ned til en dybde af ca 40 m. Indstrømningszonerne for det ferske grundvand kan identificeres ved de markante spring/knæk på loggene (21m,27m,29m,33m,36m og 42m).

Nederst i boringen, d.v.s. under 63m træffes det stærkt saltholdige grundvand, men dets saltholdighed er tydeligvis ikke konstant stigende med dybden. Den tidsmæssige udvikling (smlgn de to logs FL1 og FL2) tyder på forskelle i trykforhold imellem de saltvandsførende permeable horisonter, som resulterer i dels interne strømninger i den nedre del af boringen og på længere sigt i en opadgående strømning af saltvand til en zone i ca 48 m dybde således som også observeret ved HPFS målingerne (se under basisflow).

Temperatur-log uden pumpning (T2) den 13 marts viser stort set samme forløb som den tilsvarende log ved første boreetape, d.v.s. i forerøret en med dybden

stigende temperatur (fra ca 8 °C til 10,65 °C), som under forerøret falder jævnt til ca. 10,3 °C i ca 38 m dybde. Derefter er temperaturen konstant ned til 48m, hvorunder den stiger gradvist til ca. 10,3 °C i 52m (forrige boreetapes slutdybde). Derunder er temperaturen atter konstant til ca. 68m, hvilket indikerer lodret strømning i overensstemmelse med HPFS målingerne. Under 68m stiger temperaturen gradvist til 10,5 °C.

Loggen (T1) fra den 12. marts, d.v.s. kort tid efter renpumpning, har i princippet samme forløb, men dog en anelse højere temperatur fra 30m til 52m, og ligeledes højere øverst i forerøret.

Alt ialt synes temperaturforholdene i borevæsken efter pumpestop at indstille sig hurtigere til det "naturlige" niveau end ledningsevnen.

Ledningsevne-log under pumpning fra oven (FL3 Q), d.v.s. med opadgående vandstrømning, viser sammenlignet med log uden pumpning en generelt højere ledningsevne ovenover 48m dybde og omtrent samme ledningsevne under denne dybde. Der ses spring i ledningsevnen i dybderne ca 75m, ca 68m, ca 63m, ca 27m, ca 20m og ca 17m, svarende til at der i de nævnte dybder sker indstrømning af vand med lavere ledningsevne end det opadstrømmende blandingsvand lige nedenunder. I 68m har det indstrømmende vand dog en lidt højere ledningsevne. Springet i 9m svarer til pumpens placering i forerøret.

Temperatur-log under pumpning fra oven (T3 Q) sammenlignet med log uden pumpning viser væsentlig lavere temperatur ovenover ca 30m dybde, hvilket viser, at det varmere øvre grundvand kun giver et lille indstrømningsbidrag til det koldere opadstrømmende blandingsvand. Under ca 35m dybde har temperatur-loggen omtrent samme forløb som uden pumpning.

Det er bemærkelsesværdigt, at der i ca 35m sker en markant stigning i temperaturen på 0.1 °C og et tilsvarende markant fald i ca 30m dybde. Det er netop i dette interval, at der på flow-loggen kan observeres den atypiske variation i flow, som er diskuteret nedenfor. Der kan imidlertid ikke for nærværende gives en sammenhæng mellem flow-log variationen og temperaturvariationen i det pågældende dybdeinterval, idet de synes at være modstridende. Hvis flow-loggen skal tages som et udtryk for, at noget af det opadstrømmende saltvand med temperatur på ca 10.3 °C strømmer ud i formationen ved ca 35m og yderligere ved ca 30m, er det vanskeligt at forklare den observerede temperaturvariation. Derfor synes den angivne forklaring nedenfor på flow-loggens atypiske forløb at være mere sandsynlig. Temperaturvariationen må derfor formodes at skyldes indstrømning af vand i henholdsvis 30m og 35m med to forskellige temperaturer.

Endnu 2 markante spring ses i ca 21m og ca 17m, hvor der i lighed med tilsvarende log i første etape sker indstrømning med lidt varmere vand.

4. Logs og strømings-/indstrømningsforhold

Flow-logs uden pumpning:

Heat Pulse flow-log (HPFS basis) uden pumpning viser, at der indstrømmer vand fra horisonten i 68m og opefter i boringen til ca 48m. Højere oppe i boringen ses der også intervaller (36-27m og 21-13m), hvor målingerne indikerer et svagt opadrettet flow. Men da der ikke ses konstante temperatur og ledningsevne i disse dybdeintervaller, tillægges disse målinger ikke så stor værdi. De store fluktuationer på HPFS-loggen nederst i boringen under indstrømningshorisonten i 68 m kan skyldes interne densitetsbetingede strømninger mellem zoner med forskellige saltholdigheder, således som omtalt ovenfor under ledningsevne-log uden pumpning. Diskrete Heat Pulse flow målinger i dybderne 70, 75, 80 og 85 m indikerer ligeledes uregelmæssige og ikke stationære strømninger i denne nedre del af boringen.

Flow-log under pumpning:

Udført ved nedadgående sondehastighed på 5 m/min og under pumpning med ydelse $Q = 11.2 \text{ m}^3/\text{t}$.

Propel flow-loggen viser et atypisk forløb for en flowlog, idet det målte flow i dybdeintervallet 30-35 m, mod normal praksis, stiger med dybden.

En række forhold som: Lokal turbulent strømning, lokal større diameter evt. kombineret med ucentreret sonde, lokal lavere log-hastighed, lokalt fald i pumpeydelse, er blevet vurderet som mulig årsag til de ejendommelige strømingsobservationer i det nævnte dybde interval, men ingen af disse er fundet sandsynlige.

Årsagen kunne også være kalkslam på sonden fra log-starten øverst og ned til ca 35 m dybde, hvorefter slammet er blevet vasket bort. Sidstnævnte vil resultere i, at flow-hastigheden vil øges uden at der nødvendigvis reelt er tale om øget vandstrømning. Denne årsag er meget sandsynlig, idet der blev konstateret usædvanligt meget kalkslam/skum i såvel borevæsken over pumpen som i det oppumpede vand.

Rotationstællertallene på den øverste del af flow-loggen ned til ca 35m skulle derfor antagelig have været højere, hvorved tællertallene fra 35m til 52 således ikke ville være de højeste. Ledningsevne-loggen dokumenterer da også en væsentlig indstrømning ovenover 35m dybde, idet blandingsvandets ledningsevne nedsættes fra ca 1500 mS/m til ca 1100 mS/m i forerøret. Da det vides fra første etapes logundersøgelse, at ledningsevnen af vandet i kalken over 35 m dybde er ca 90 mS/m, kan det beregnes, at der indstrømmer ialt ca 20-30% ovenover 35m dybde.

Den foreliggende flow-log giver derfor ikke mulighed for at fastlægge indstrømningsfordelingen i detaljer og ej heller at identificere alle indstrømningszoner. Der

er dog ingen tvivl om, at en væsentlig del (50-60 %) af indstrømningen under pumpning sker i en horisont ved 68m. Under denne dybde indstrømmer nogle ganske få procent ved 75m, og ovenover hovedindstrømningshorisonten sker der indstrømning i ca 63m og ca 53m. Højere oppe sker der også indstrømning jævnfør temperatur- og ledningsevne-log (se nedenfor), og disse indstrømningsbidrag andrager som nævnt ovenfor 20-30%.

På log-bilaget er der sammenfattende i søjlen imellem temperatur-log og ledningsevne-log med pile vist de indstrømningszoner, som kan udtrykkes ud fra logs under pumpning incl. flow-log.

5. Sammenfatning af resultaterne fra log kampagne I og II

Det kvartære sand-reservoir overlejrer direkte København Kalken i ca 11m dybde. Sandlaget er ca 5 m tykt og dækket af et lerlag.

Kun ca 7m København Kalk er repræsenteret i boringen, idet bryozokalken træffes allerede i 18.3 m. Denne har tilsyneladende en intern lithologisk grænse i ca 41m dybde, hvorunder porøsiteten generelt er lidt højere.

Endelig træffes der i ca 70 m dybde yderligere en bjergartsgrænse, som giver sig til kende ikke alene ved de elektriske logs, men også ved et andet gamma-strålingsniveau og mønster. Grænsen tolkes indtil videre som top skrivekridt, hvilket resulterer i en samlet tykkelse på bryozokalken på ca 52m.

Grundvandet er fersk ned til 53m og sandsynligvis ned til 58m med en ledningsevne på under 155 mS/m. Fra 58m stiger saltholdigheden gradvist og allerede i 68m dybde indstrømmer der under pumpning vand med en ledningsevne over 1700 mS/m.

Efter at boringsdybden i etape II er øget fra 56m til 86 m, er indstrømningsfordelingen blevet totalt ændret fra at have hovedindstrømningen i de øverste dele af kalken (>90% ovenover 29 m dybde) til nu at have hovedindstrømningen (60-80%) fra to saltvandsførende horisonter i henholdsvis 68m og 63m dybde. Disse to horisonter må følgelig have en væsentlig større permeabilitet end zonerne øverst i kalken.

Heat Pulse flow-log uden pumpning viser, at der strømmer vand fra horisonten i 68m og opefter i boringen til ca 48m. Ovenover denne dybde er flowet meget svagt eller nul.

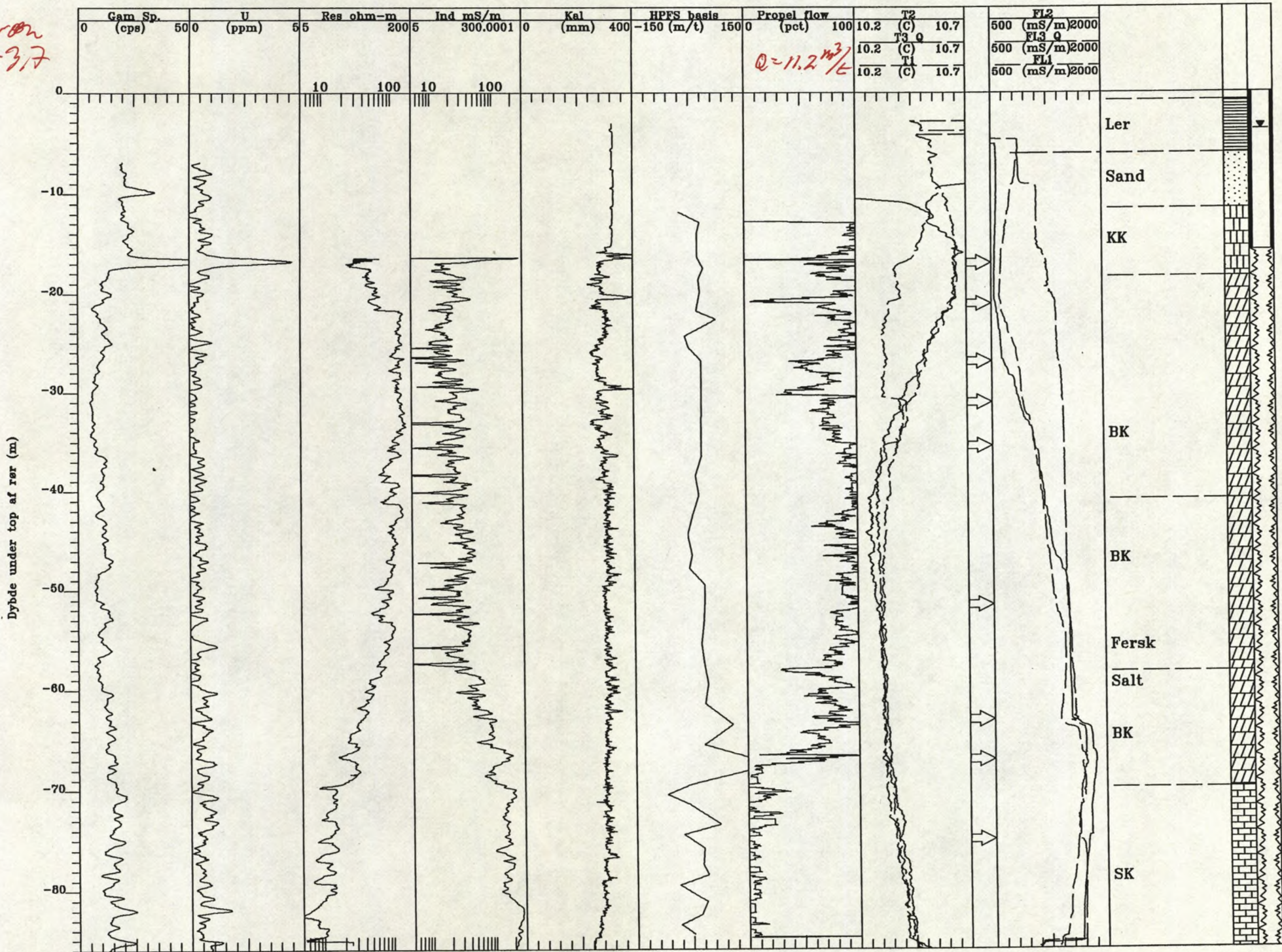
6. Anbefalet filterudbygning

På basis af log-undersøgelsen blev det anbefalet at udbygge boringen med fire filtre på følgende måde:

Aquiferforhold	Vandtype/ ledningsevne mS/m	Filter I Dybdeinterval m	Filter II Dybdeinterval m	Filter III Dybdeinterval m	Filter IV Dybdeinterval m
Kvartært sand	Ferskvand/ ?	6 - 10			
Nedre København Kalk & øvre del af bryozokalk	Ferskvand/ 85-95		14 - 22		
mellemste bryozokalk	Ferskvand/ 95-150			26 - 45	
nedre del af bryozo- kalk & øvre del af skrivekridt	Ferskvand/ 150-? saltvand/ 1400-1800				50 - 86

For at have mulighed for udførelse af flow-log under pumpning anbefales det at benytte minimum 90/78 mm filterrør i de tre kalkfiltre, eventuelt udvidet til 125/115 mm blænderør på de øverste 12-14m med henblik på plads til en SP8 pumpe.

Terræn +3.7



**BOREHULSLOGGING, NY MONITERINGSBORING,
DRAGØR ØST, DGU 208.3729
LOG-KAMPAGNE III efter filterudbygning.
Rapport per 22.05.96**

1. Udført borehulslogging-program

Efter boringens afslutning i 86m dybde og udbygning med filtre i fire niveauer, således som anbefalet efter logging kampagne II, er der i de tre kalkfiltre (II, III og IV = øvre, mellem og nedre) gennemført ledningsevne- og temperatur-log før og under pumpning samt flow-log ligeledes før og under pumpning. I filter I, som er et 63/50mm filter i kvartært sand, udførtes kun ledningsevne- og temperatur-log uden pumpning. Ved alle ledningsevne-/temperatur-logs optages en gamma-log som dybdekontrol.

Tabel 1: Log-kampagne III

Log type	Pumpnings-situation	Filter I 63/50 mm	Filter II 90/78 mm Toprør: 125/110mm	Filter III 90/78 mm	Filter IV 90/78 mm Toprør: 125/110mm
Ledningsevne-/Temperatur kombineret m. gamma	Før pumpning	22.04.96	22.04.96	22.04.96 09.05.96	22.04.96
Heat-pulse flow (diskret)		-	22.04.96	22.04.96	22.04.96
Propel Flow (kontinuert)		-	22.04.96	09.05.96	22.04.96
Propel Flow (kontinuert)	Under pumpning	-	22.04.96 4.8 m ³ /t	09.05.96 1.85 m ³ /t	22.04.96 10.7 m ³ /t
Ledningsevne-/Temp. (+gamma)		-	22.04.96 5.7 m ³ /t	09.05.96 1.85 m ³ /t	22.04.96 10.7 m ³ /t

Dybder i rapport og på log bilag refererer til referencepunkt, som her er top af filterrør, d.v.s. ca 60 cm lavere end referencepunkt i de tidligere log kampagner (= indre forerør).

Logs den 22.4 er udført ca 1 måned efter afslutningen af filterudbygningen, d.v.s. inden prøvepumpning af filter II, men efter renblæsning af filtrene med kompresorluft, som skete den 22.3.

Logs den 9.5 er udført efter at filter II har været prøvepumpet i ca 6 timer den 24.4 og ca 24 timer den 30.4 med ca 6 m³/t.

2. Kontrol af filter udbygning

På basis af log-undersøgelsen blev det anbefalet at udbygge boringen med fire filtre i dybderne 6-10m, 14-22m, 26-45m og 50-86m med dybdeangivelserne i forhold til top rør, som var ca 0.7m over terræn. Terrænkoten er ca +3.8m.

Gamma-log efter filterudbygning, bilag 1,2,3 og 4, sammenlignet med gamma-log inden filterudbygning (se tidligere rapporter) viser en signifikant øget stråling efter udbygning i intervallerne 21.5-24.5m og 45.0-48.5m på grund af lerafpropningen mellem filtrene II, III og IV. Der ses ligeledes et forhøjet strålingsniveau i 10.5-12.0m og i 2.0-4.0m dybde på grund af lerafpropning ovenover og nedenunder filter I.

Herudover bekræfter flow-log med pumpning, bilag 2,3 og 4, at toppen af de tre kalkfiltre er placeret i henholdsvis 13.3, 25.3 og 50.0m under terræn. Bunden af filtrene blev pejlet til 21.3, 44.3 og 80.3m under terræn. Placeringen af filter I (i sandlaget) er opgivet til 5.3-9.3m under terræn og er bekræftet ved ledningsevne-loggen.

Konklusion: Filtrene og lerafpropningerne mellem filtrene er placeret i de ønskede niveauer. Med hensyn til lerafpropningernes tæthed mod saltvandsoptrængning henvises til kommentarerne nedenfor i forbindelse med ledningsevne-log.

3. Indstrømningsfordeling og fersk-/saltvand i filtrene

Ledningsevne-loggene er målt og vist ved aktuel temperatur, og er således ikke temperaturkorrigerede til 25 °C.

Filter I (5.3-9.3m), se bilag 1:

Ledningsevne- og temperatur-log uden pumpning blev udført to gange (A og B på bilag 1). Ved sammenligning ses der at være forskel på såvel temperaturlogs som ledningsevnelogs: Årsagen til denne forskel ligger formodentlig i sondens lille diameter (38mm) sammenlignet med filterrørets diameter (50mm), hvorved den ved nedsækning med 3m/min virker som en stempelpumpe, som bringer vandet i bevægelse både vertikalt og ud/ind gennem filteret.

Uanset forskel i de to run viser begge at såvel temperatur som ledningsevne er lavest øverst i filteret. Hverken ledningsevne eller temperatur har været målt i det kvartære sandlag ved de tidligere log-kampagner, idet der var stålrør ned til ca 15m under terræn. Tidligere temperaturlogs inde i stålrøret uden pumpning indikerede dog tilsvarende temperaturgradient i dybdeniveauet 5-10m.

Ledningsevnen i det kvartære sandlag er ca 425 mS/m nederst og 300 mS/m øverst. Begge værdier er overraskende høje, idet det var ventet, at laget var ferskvandsførende.

Fra ledningsevne-log under pumpning i kampagne I (se tidligere rapport) vides det, at vandet, som indstrømmede fra København Kalken lige under stålrøret, havde en højere ledningsevne end vandet fra den øvre del af bryozokalken. En beregning ud fra flow-log og ledningsevne-log fra log kampagne I sandsynliggør, at ledningsevnen i vandet fra København Kalk var højere ved 135 mS/m, men ikke så høj som nu konstateret i det overliggende sandlag, 300-425 mS/m.

Det kan ikke udelukkes, at den høje ledningsevne i vandet i sandlaget skyldes lækage fra det nærliggende regnvandsbassin. En vandanalyse af en vandprøve, se efterfølgende tabel 2, udtaget af brøndboreneren den 22.3 efter filterinstallation viser stærkt forhøjede sulfat og kloridindhold (715 og 805 mg/l) i forholdet ca 1 til 1, hvilket sammen med et kaliumindhold på 31 mg/l kan være en indikation på lækage af kloakvand, f.eks. fra det nærliggende regnvandsbassin.

Filter II (13.3-21.3m), se bilag 2:

Flow-log under pumpning med $4.8 \text{ m}^3/\text{t}$ viser, at der sker indstrømning i 5-6 zoner fordelt i hele filteret. Den specifikke ydelse i dette filter er ca $1.2 \text{ m}^3/\text{t}/\text{m}$. Indstrømningsfordelingen i filteret svarer ganske godt til indstrømningsfordelingen under flow-log i kampagne I, hvor ca 70 % af indstrømningen netop skete fra flere zoner i dette dybdeinterval.

Heat pulse log uden pumpning fra filteret viser en opadrettet strømning på ca $30 \text{ m}/\text{t} = 0.5 \text{ m}/\text{min}$ i filtret ($\varnothing_i = 78\text{mm}$), medens den er 0 i det større blænderør ($\varnothing_i = 115\text{mm}$). Strømningshastigheden på $0.5\text{m}/\text{min}$ svarer til nedsænkingshastigheden af sonden ($0.6 \text{ m}/\text{min}$), og er derfor antagelig et udtryk for det fortrængte vands passage, idet sondediameteren på 50mm medfører en fortrængning af 41% af vandmængden i filterrøret (stempeleffekt). Der er derfor næppe tale om en vertikal strømning fra filterets bund til filterets top.

Temperaturen uden pumpning viser samme forløb som observeret allerede i log-kampagne I den 21.2, d.v.s. i blænderøret stigende mod dybden, hvorefter den er konstant i filteret ($10.9 \text{ }^\circ\text{C}$). Under pumpning er det indstrømmende vand øverst i filteret en anelse varmere ($0.15 \text{ }^\circ\text{C}$) end vandet i filterets nedre del.

Ledningsevnen er konstant ca $125 \text{ mS}/\text{m}$ i såvel blænderør som filterrør uden pumpning, medens den under pumpning dels er højere og endvidere varierende. Dette tyder på meget forskellige ledningsevner på vandet i de forskellige indstrømningszoner. Især er det bemærkelsesværdigt med den høje ledningsevne ($>210 \text{ mS}/\text{m}$) på vandet der indstrømmer ca midt i filterintervallet. Ved sammenligning med situationen i samme dybdeinterval ved log-kampagne I inden uddybningen af boringen (A på log-bilag 5) ses ledningsevnen at være blevet ca 30% højere.

Filter III (25.3-44.3m), se bilag 3:

Flow-log under pumpning med $1.85 \text{ m}^3/\text{t}$ viser, at der sker indstrømning af ca 10% fra den nederste meter af filteret, ingen indstrømning fra de næste 6-7m, ca 40% fra de næste 6-7m, og endelig ca 50% fra de øverste 3-4m. Den specifikke ydelse af dette filter er ca $0.66 \text{ m}^3/\text{t}/\text{m}$, d.v.s. kun halvt så stor som i filteret ovenover. Indstrømningsfordelingen i filteret svarer ganske godt til indstrømningsfordelingen under flow-log i kampagne I, hvor ca 20 % af indstrømningen netop skete fra flere zoner i dette dybdeinterval.

Heat pulse log uden pumpning fra filteret viser ligesom i filteret ovenover en opadrettet strømning på ca $30 \text{ m/t} = 0.5 \text{ m/min}$ i såvel filtret som i blænderet, som begge har $\varnothing_1 = 78 \text{ mm}$. Med samme begrundelse som i filter II er dette et udtryk for det fortrængte vands passage omkring sonden.

Temperaturen uden pumpning viser den 22.4 samme forløb som observeret allerede i log-kampagne I den 21.2, d.v.s. i blænderet stiger den med dybden ned til ca 15 m, hvorefter den aftager med dybden ned til bunden af filteret. Ligeledes ses fuldstændig samme forløb ved gentagelsen den 9.5. Idet der ikke er konstant temperatur i filterintervallet, underbygges tolkningen af heat pulse loggen i henseende til, at der ikke er vertikal strømning i filteret. Det atypiske forløb med en maksimumtemperatur øverst i kalken kunne indikere akkumulation af varme fra infiltration/lækage af øvre vand fra regnvandsbassinet i den varme periode af året. Dette kan eventuelt undersøges nærmere ved gentagelse af temperatur-log igennem et år.

Temperaturen under pumpning viser samme forløb, men dog lidt lavere temperatur i den øvre del af filteret end uden pumpning som følge af opblanding med det koldere vand fra bunden af filteret.

Ledningsevne-loggen målt den 22.4 og den 9.5 uden pumpning viser i modsætning til temperaturloggen ikke samme værdier, men begge væsentligt højere ledningsevne, end målt i samme dybdeinterval under log kampagne I (A på bilag 5). Den 22.4 ses der omtrent konstant ledningsevne i det meste af filterintervallet på ca 325 mS/m (bilag 3), men med stærkt stigende ledningsevne mod bunden af filteret til ca 1250 mS/m . Loggen den 9.5 viser, at dette stærkt saltholdige vand har hævet sig, og nu træffes i hele den nederste ca $2/3$ af filteret. Denne formodentlig midlertidige hævnings af saltvandet i filter III kan muligvis være en følge af etablering af tryksækning i filter III under prøvepumpningen den 30.4 i filter II.

Ledningsevne-loggen målt den 9.5 under pumpning viser et overraskende forløb med meget varierende og væsentligt højere ledningsevne i filteret end ved ledningsevne-log under pumpning i log-kampagne I (A på bilag 5), hvor boringen endnu ikke var ført ned til saltvandet. Da ledningsevnen målt under pumpning lige over bunden af filteret endvidere ses at være faldet markant i forhold til situationen uden pumpning, er det nærliggende at drage den konklusion, at renblæsningen fra filteret ikke har været tilstrækkelig længe til, at kalken er blevet renpumpet for det saltvand, som under og efter uddybningen af boringen er trængt op og ud i kalken. Det fremgår også af vandanalysen (tabel 2) fra filter III, at vandet efter udblæsningen stadig er saltholdigt.

Filter IV (50.0-80.3m):

På flow-log under pumpning med $10.7 \text{ m}^3/\text{t}$ genfindes de to hovedindstrømning-zoner i henholdsvis ca 66m og ca 63m dybde, som blev identificeret ved log-kampagne II, og som nu bidrager med henholdsvis ca 40% og ca 20% af indstrømningen. Under disse zoner kommer ca 12%, og de resterende 28% indstrømmer i den øverste halvdel af filteret. Indstrømningsfordelingen i filterintervallet ses

således alt ialt at svare til situationen uden filtersætning, log-kampagne II. Den specifikke ydelse i filter III er ca $2.0 \text{ m}^3/\text{t}/\text{m}$, d.v.s. større end for de ovenliggende filtre.

Heat pulse log uden pumpning fra filteret viser ligesom i de to filtre ovenover en tilsyneladende opadrettet strømning, som her er mere varierende. I intervallet fra ca 66m og op til top filter er den generelt højere end de ca $30 \text{ m}/\text{t} = 0.5 \text{ m}/\text{min}$, som ved de andre filtre er blevet tolket som forårsaget af passage af fortrængningsvand. Der synes således her at foregå en reel strømning opad fra zonen i 66m i lighed med, hvad der blev observeret før filtersætning under log-kampagne II. Før filtersætning udstrømmede vandet igen i ca 48m dybde (svarende til 47.4m under nuværende referencepunkt = top PVC-rør). Denne udstrømningszone er afproppet ved lerafproppingen ovenover filteret, men i stedet sker strømningen nu til en zone i 51-52m, iøvrigt en zone, som blev identificeret i log-kampagne I som en svag indstrømningszone.

Temperaturen uden pumpning viser samme forløb som observeret allerede i log-kampagne II før filtersætning, og den vertikale strømning mellem ovennævnte zoner i filteret bekræftes ved, at temperaturen netop her er konstant.

Det atypiske forløb med en maksimumtemperatur øverst i kalken som omtalt under filter III genfindes også her.

Temperaturen under pumpning viser generelt lidt højere temperatur end observeret i filteret uden pumpning, og iøvrigt konstant ovenover indstrømningszonerne i 66m og 63m. Under disse zoner stiger den svagt med dybden.

Ledningsevne-loggen målt uden pumpning viser et markant skifte mellem forholdsvis lav ledningsevne ($250\text{-}500 \text{ mS}/\text{m}$) i blænderøret over filteret og meget høj ledningsevne i filteret ($1750\text{-}2000 \text{ mS}/\text{m}$). Det er bemærkelsesværdigt, at ledningsevnen i filteret således er højere end før filtersætning (B på bilag 5), hvor den højeste ledningsevne, $1875 \text{ mS}/\text{m}$, blev observeret ud for zonen i 66m dybde under pumpning. Det er stadig tilfældet, at den højeste ledningsevne observeres ud for denne zone.

Ovennævnte markante skifte på ledningsevne-loggen uden pumpning (bilag 4) sker ikke i overgangen mellem blænderør og filter, men 5-10m oppe i blænderøret. Det bør nærmere undersøges, om det mere ferske vand ovenover skyldes indstrømning af ferskvand gennem utætheder i samlingerne i blænderøret, idet det må formodes, at der efter trykluftblæsningen af filteret har stået saltvand i hele røret incl. blænderøret.

Ledningsevne-loggen målt under pumpning viser i lighed med filter III et overraskende forløb med høj, men meget varierende ledningsevne i filteret under 62-63m dybde, og en konstant høj ledningsevne ovenover denne dybde. Under pumpning indstrømmer der således saltvand af varierende koncentration fra forskellige zoner i dybder under 62-63m.

4. Sammenfatning af resultaterne fra log kampagne III

Filtrene og lerafpropningerne imellem filtrene er placeret i de ønskede dybder.

Indstrømningszonerne og de relative indstrømningsfordelinger i kalken, således som de blev identificeret under log-kampagne I og II, er blevet genfundet ved flow-logs i de enkelte filtre. Alle væsentlige indstrømningszoner er omfattet af filterplaceringen, således at ingen væsentlige zoner er blevet aflukket med blænderør eller lerafpropning.

Ledningsevnen i vandet i det kvartære filter (I) er væsentlig højere end i det underliggende kalkfilter (II). Dette forhold samt den kemiske analyse af en vandprøve fra filter I indikerer muligheden af forurening af det kvartære sandlag fra det nærliggende regnvandsbassin eller fra kloak. Temperaturvariationen ned gennem sandlaget og videre ned i toppen af kalken tyder ligeledes herpå. Kloridindholdet og sulfatindholdet i vandprøven fra filter I viser henholdsvis 805 mg/l og 715 mg/l.

Ledningsevne-logs før og under pumpning i de to øverste kalkfiltre, II og III, sammenholdt med ledningsevne-logs fra første boringsfase, tyder på, at de to filtre endnu ikke er renpumpet for saltholdigt borevand stammende fra 2' den boringsfase ned til saltvandet. Dette bekræftes desuden ved de kemiske analyser af vandprøver fra disse filtre (se efterfølgende tabel 2), som viser kloridindhold på henholdsvis 218 mg/l og 800 mg/l. Det er også muligt, at filter II er blevet renpumpet for borevand under den senere prøvepumpning (30 timer med 6 m³/t), men til gengæld i stedet er blevet vandkemisk påvirket af lækage fra det overliggende sandlag.

I det nederste kalkfilter (IV) sker der opadstrømning af saltvand fra 66-67m dybde til en zone i kalken øverst i dette filter, 51-52m, og muligvis videre gennem sprækker i kalken eller udenom lerafpropningen og videre op til den nedre del af det mellemste kalkfilter (III).

Uden denne hydrauliske kortslutning mellem de meget permeable og saltvandsførende zoner i 66-67m og i 62-63m dybde og op til zonen i 51-52m dybde vides det fra resistivitets-log og induktions-log under log-kampagne II, at fersk-saltvandsgrænsen ville ligge i ca 58m. Ved den foretagne filterplacering fra 50m til 80m og med lerafpropning lige ovenover filteret var det derfor ventet, at fersk-saltvandsgrænsen ville indstille sig i filterets øvre del, og at den konstaterede kortslutning inden filtersætning mellem de nævnte zoner og en zone i 47.4m dybde ville være afproppet.

Tabel 2: Boring 208.3729, vandprøver fra de fire filtre, udtaget 22.3.96 efter udblæsning med trykluft:

Parameter	Enhed	I	II	III	IV
pH	pH	6,95	7,10	7,45	7,15
Ledn.evne	mS/m (v. 25 °C)	460	198	345	2000
Perm.tal	mg/l	21	12	19	50
Inddampn.r	mg/l	2650	1210	1900	11000
Calcium	mg/l	426	248	132	305
Magnesium	mg/l	40	67	92	470
Natrium	mg/l	395	43	415	3000
Kalium	mg/l	31	10	17	68
Ammonium	mg/l	1,3	1,1	1,7	6,0
Jern,tot	mg/l	5,2	0,85	0,32	1,0
Mangan,tot	mg/l	0,65	0,30	0,05	0,03
Bikarbonat	mg/l	306	285	394	418
Klorid	mg/l	805	218	800	5800
Sulfat	mg/l	715	445	175	765
Nitrat	mg/l	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Nitrit	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fosfor,tot	mg/l	0,03	<0,02	0,02	<0,02
Fluorid	mg/l	0,25	0,35	0,65	1,0
Ilt	mg/l	1,4	4,3	13,7	14,3
Agg. CO ₂	mg/l	<2	<2	<2	<2
Nikkel	mg/l	30	40	10	6
NVOC	mg/l	8,8	4,00	22,0	215 ??

?: Den meget høje NVOC værdi er usandsynlig.

5. anbefalinger

For at undgå en saltvandspåvirkning af de boringer på kildepladsen, som hydraulisk er i forbindelse med zonerne med undertryk i 47-52m dybde i nærværende boring, bør der foretages en cement eller bentonitopfyldning af det dybe filter til et niveau ovenover de to saltvandsførende zoner, d.v.s. til 60m dybde. Særlige foranstaltninger til at sikre en effektiv afpropning af disse zoner vil være nødvendige, idet filteret er gruskastet.

Forinden beslutning om en sådan opfyldning/aflukning bør den observerede opadrettede strømning af saltvand fra den nedre del af filter IV (under 62-63m) bestemmes præcist ved udførelse af statisk heat pulse flow-måling i en række

dybdepositioner i filteret uden pumpning. I samme forbindelse bør blænderet til filter IV testes for eventuelle utætheder i rørsamlingerne.

Efter en delvis opfyldning/aflukning af filter IV og dermed standsning af saltvandsoptrængningen bør de to øvrige kalkfiltre renpumpes for saltholdigt vand for at kunne anvendes til monitoring af eventuel fremtidig saltvandspåvirkning. Opnåelse af renpumpning kontrolleres ved kontinuert eller hyppig lednings-
evnemåling af blandingsvandet.

Hvis det øvre kalkfilter (II) ikke kan renpumpes, og det mellemste (III) kan, vil dette være en indikation på, at det øvre er påvirket fra forurening fra det kvartære reservoir.

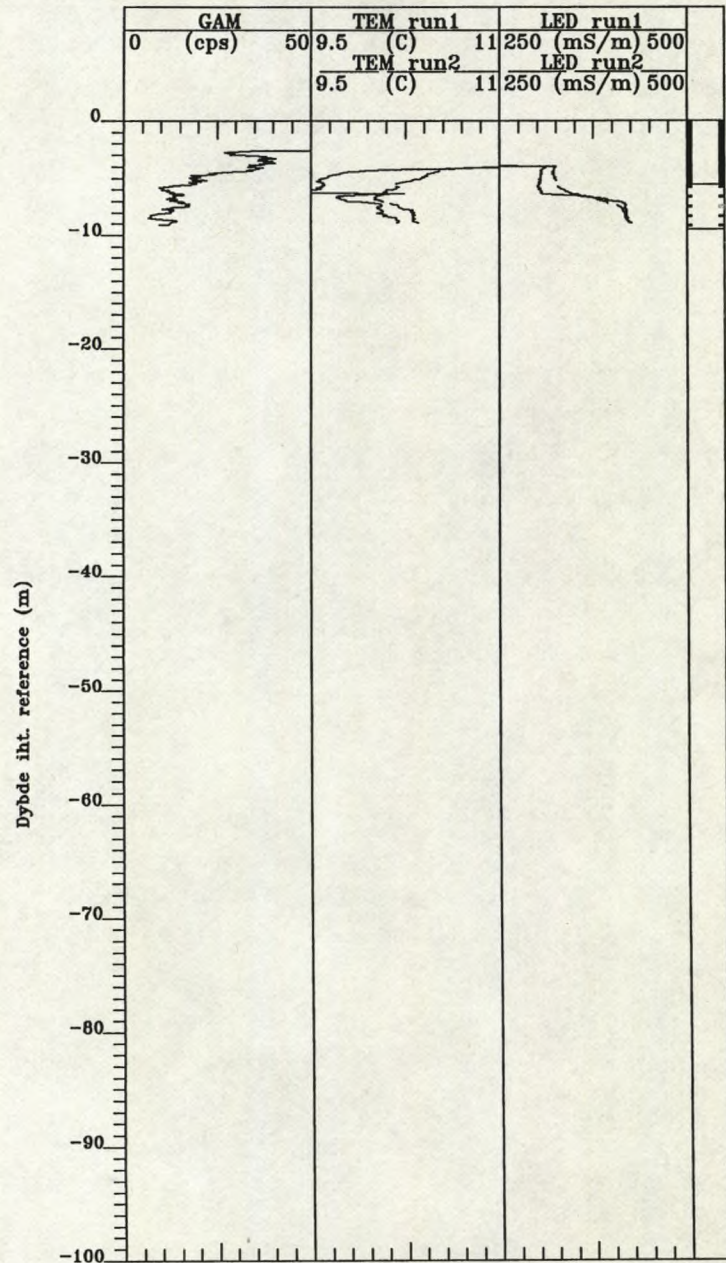
Den uventede vandkemiske situation i sandreservoiret er efter al sandsynlighed ikke forårsaget af forurening med saltholdigt borigsvand under filtersætningen. Vandanalysen tyder heller ikke på, at der er tale om indtrængende havvand. Af hensyn til sikring af vandkvaliteten i den nærmestliggende vandindvindingsboring B8 (DGU 208.873) bør Dragør vandforsyning foretage nøjere undersøgelse i det kvartære filter med henblik på afklaring af årsagen til de uventede vandkemiske forhold, som er observeret i dette.

Well Name: 208.3729

File Name: FILT1

Location: Dragør

Elevation: Reference: Top af rør, kote +3,82m.

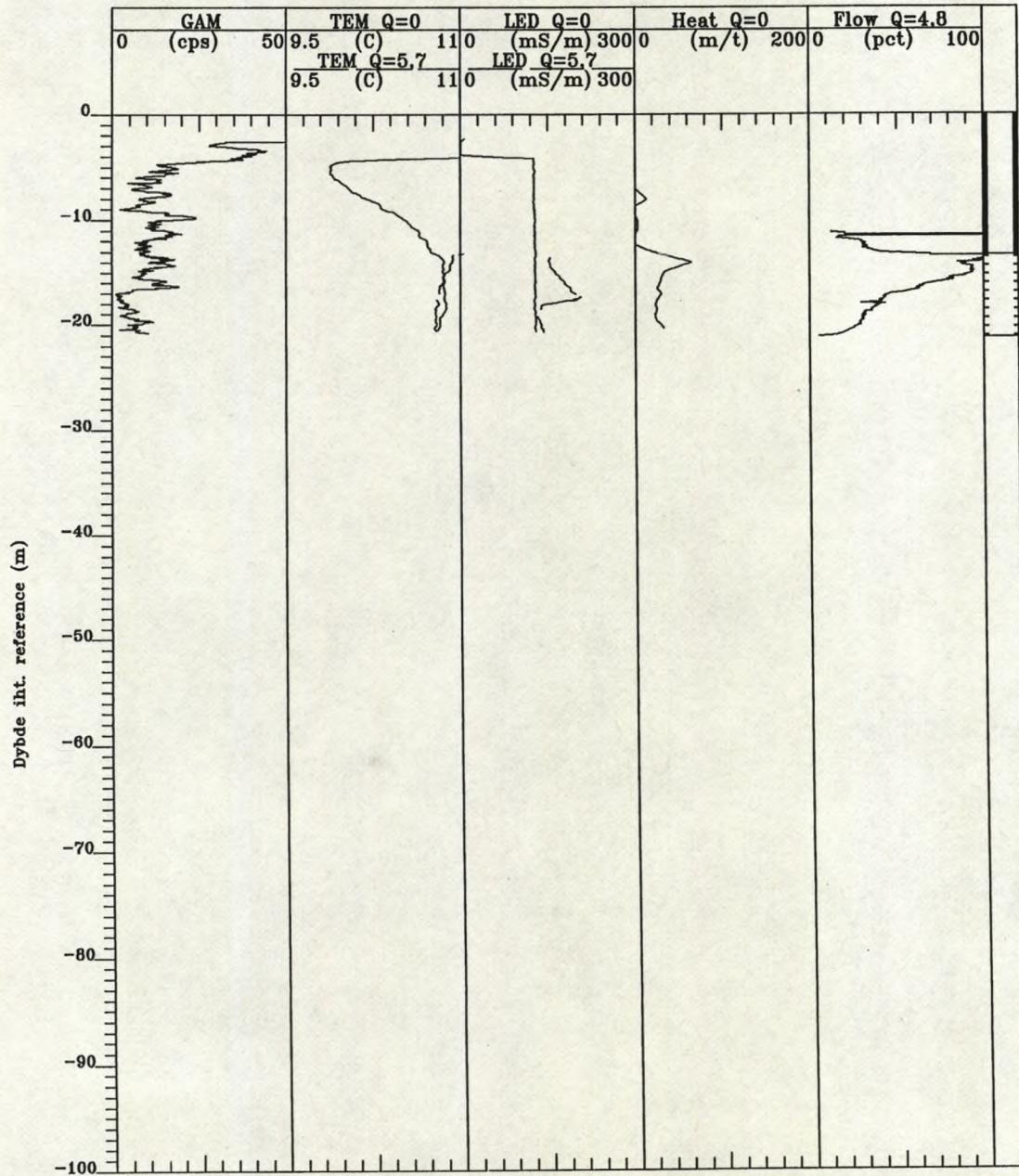


Well Name: 208.3729

File Name: FILT2

Location: Dragør

Elevation: Reference: Top af rør, kote +3,94m.

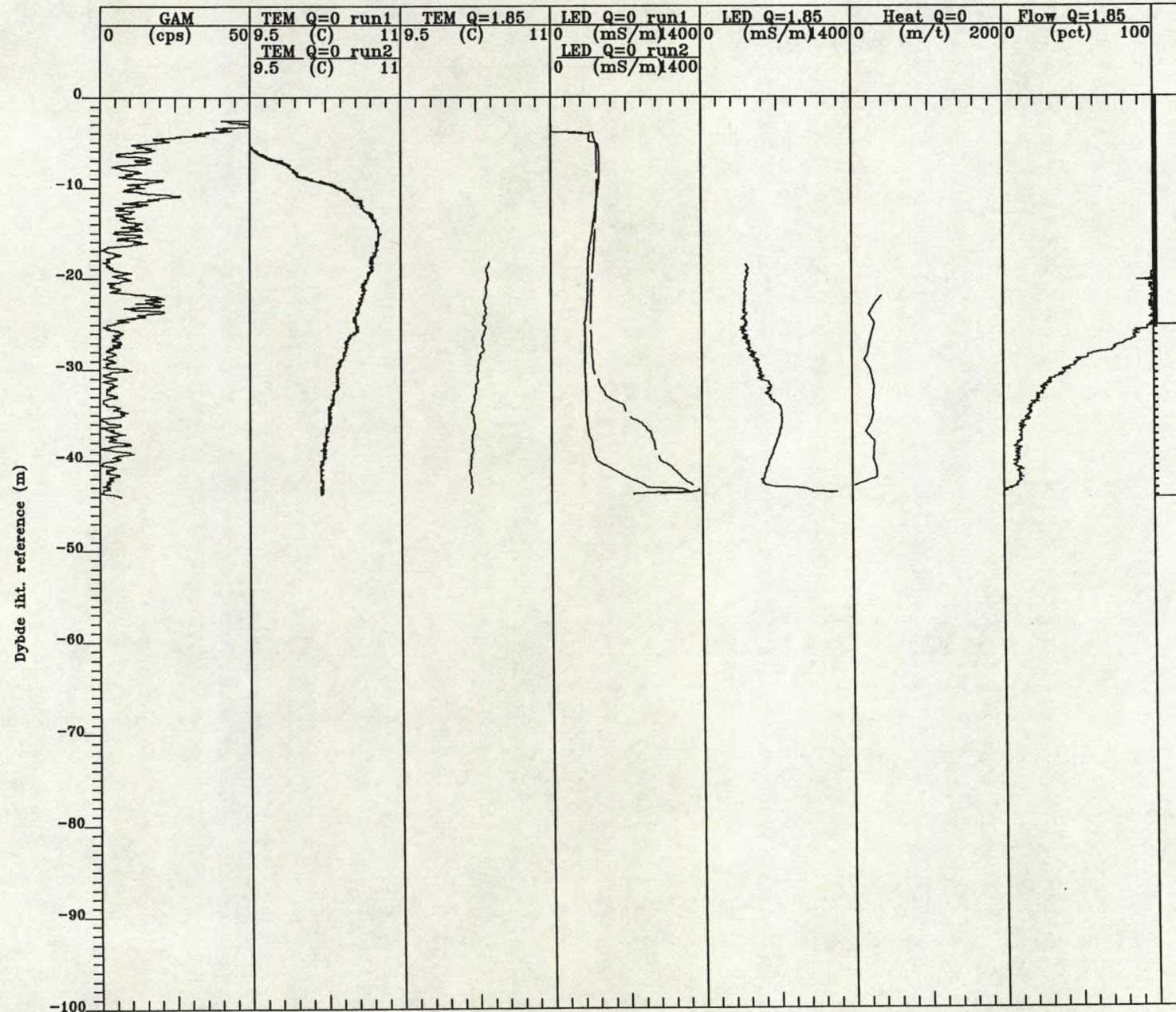


Well Name: 208.3729

File Name: FILT3

Location: Dragør

Elevation: Reference: Top af rør, kote +3,83m.

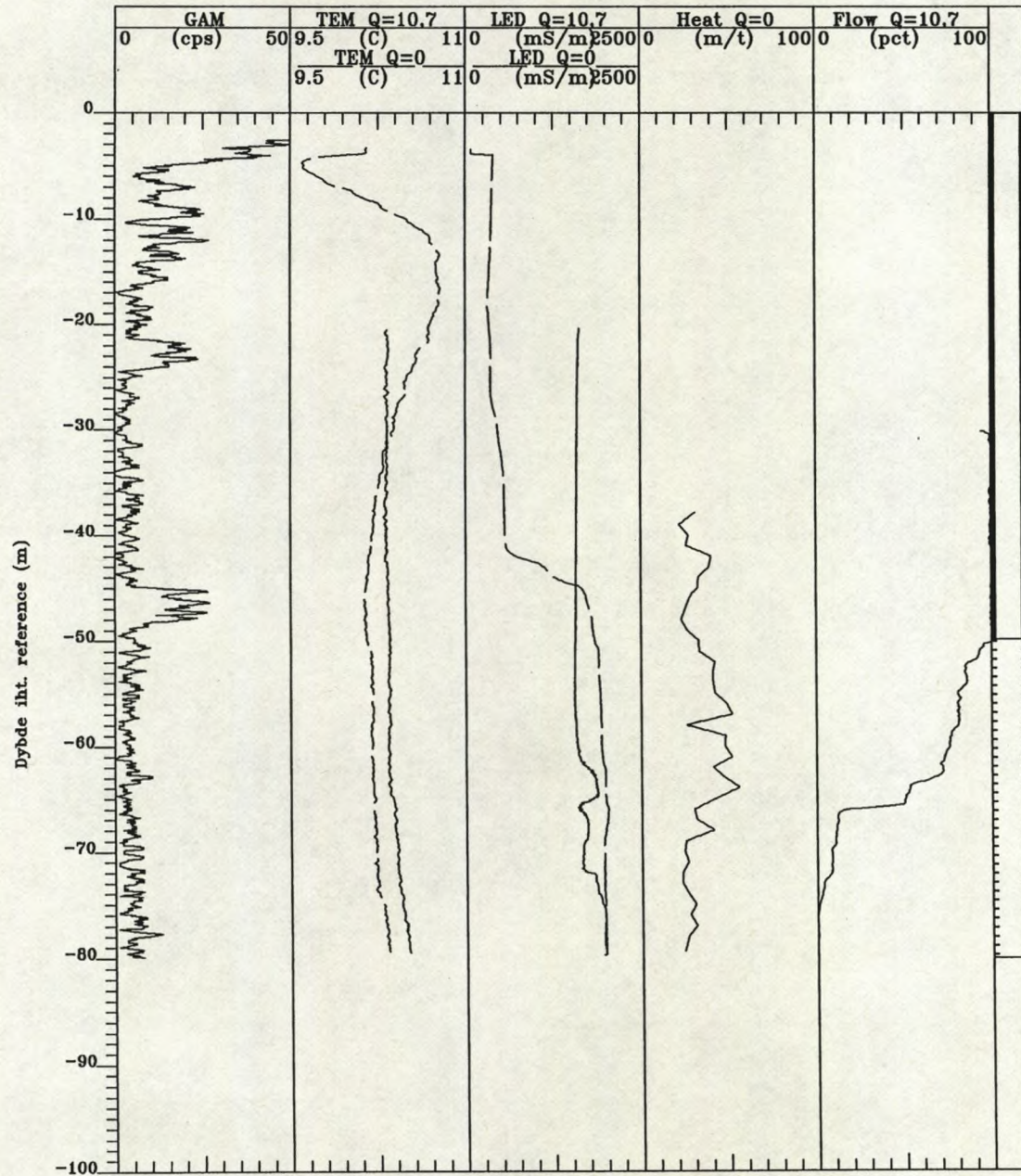


Well Name: 208.3729

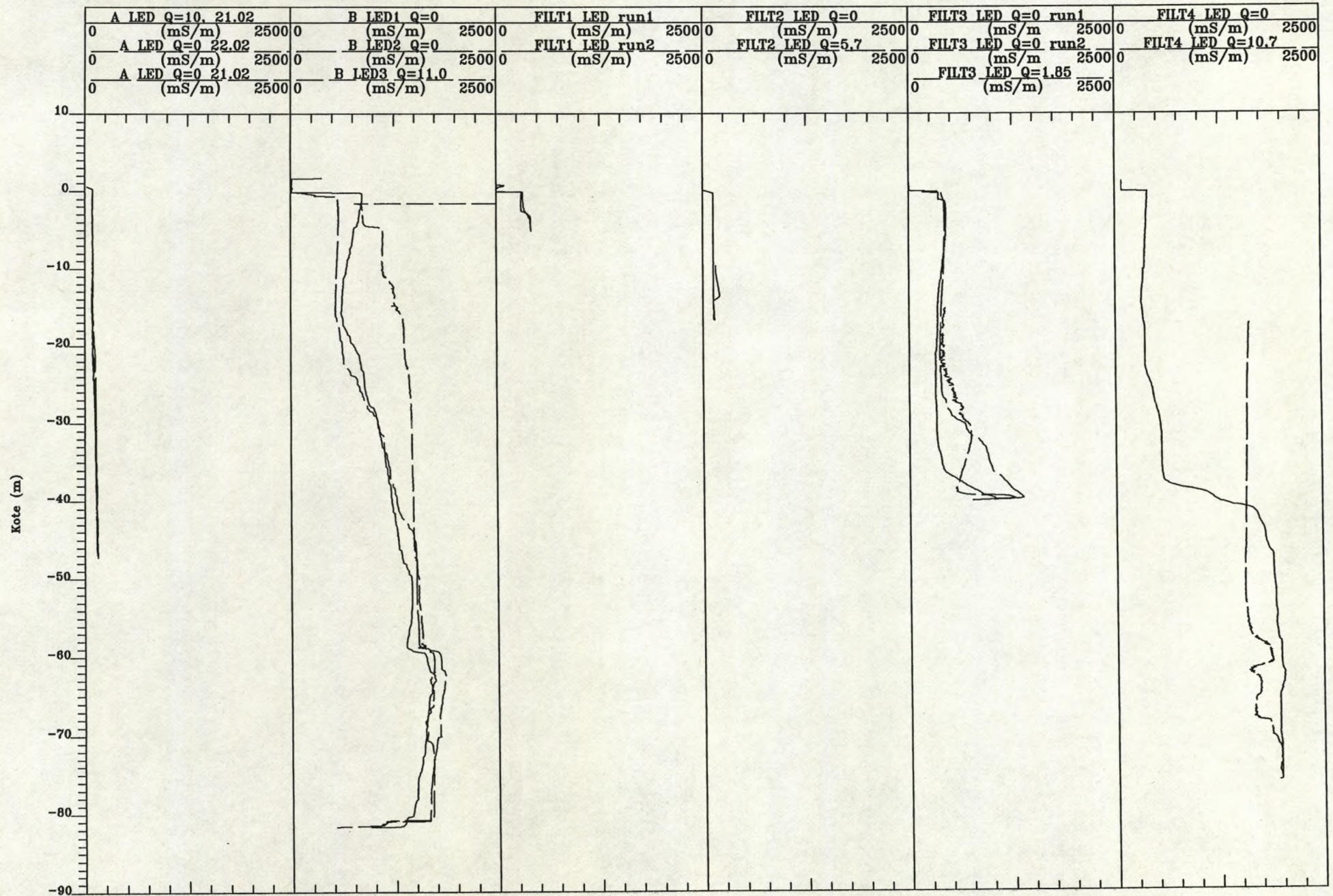
File Name: FILT4

Location: Dragør

Elevation: Reference: Top af rør, kote +3,82m.



Well Name: 208.3729
 File Name: LEDN
 Location: Dragør
 Elevation: 0 Reference: DNN



Rambøll
Bredevej 2
2830 Virum

Att.: Jørgen Krogh

hyd
J.nr. DGU 075-013
Ref. kk

Den 29 august 1996

**Vedr.: Ny grundvandsmoniteringsboring i Dragør øst, GEUS 208.3729
- Notat 2 vedr. saltvandskortslutningen i filter IV.**

Hermed fremsendes et notat vedrørende status omkring ovennævnte filter samt nogle overvejelser omkring forskellige muligheder for videre foranstaltninger som oplæg til diskussion.

Med venlig hilsen


Kurt Klitten

Kopi til:

UDC/ Per Henriksen

**Ny grundvandsmoniteringsboring i Dragør øst, GEUS 208.3729:
Notat 2 vedr. saltvandskortslutningen i filter IV.****1. Status**

Siden notat nr. 1 af 24 maj er der først i juni blevet etableret en permanent afpropning for saltvandskortslutningen i moniteringsboringens dybeste filter, således at filterintervallet nu kun er fra ca 56m til 50m mod før 80m til 50m. Effektiviteten af afpropningen er siden blevet testet af GEUS (se vedlagte aktivitetsliste) ved en række forskellige renpumpninger kombineret med ledningsevne- og flow-logs.

Konklusionen af disse tests er, at der tilsyneladende stadig sker en opstrømning af stærkt saltholdigt vand (1770 mS/m v. 25⁰ C) til filteret. Denne strømning er imidlertid så svag, at dens hastighed ikke kan måles, selv ikke med stationær heatpulse flow meter.

Ved separationspumpning med en MP1-pumpe anbragt henholdsvis nederst i filteret og lige ovenover filteret og med en ydelse på den øverste pumpe, som er mindst 16 gange mindre end den nederste pumpe ydelse, er det muligt efter nogle dages pumpning at påvise, at filterets øvre del stadig er ferskvandsførende (200 mS/m v. 25⁰ C).

Efter afslutning af separationspumpning stiger det stærkt saltvandsholdige vand igen op i blænderøret til et niveau ca 5-10m over filterets top. Niveaulet er ikke stabilt, men synes at variere bl.a. med barometersvingninger.

Det kan således ikke udelukkes, at der stadig sker en opstrømning i filtergruset udenom afpropningen og udstrømning af saltvand, omend svag, til den ferskvandsførende horisont i filterets øvre del.

2. Videre foranstaltning.

En fuldstændig sikker afpropning vil kræve en total opboring af hele boringen incl. alle fire filtre, filtergrus og bentonitpropper. En total opfyldning af det dybe filter alene ville ikke med 100% sikkerhed kunne siges at være effektiv, p.g.a. problemet med at sikre en udfyldning af hele porevolumet i gruskastningen udenfor filteret. En simpel udpumpning af bentonit og opfyldning af hele filteret uden mulighed for kontrol af afpropningens effektivitet vil derfor resultere i usikkerhed i årsagsforklaring for en eventuel senere kloridstigning i en af Dragør's indvindingsboringer, hvis en sådan skulle optræde.

Derfor bør filteret afpropes på en måde, der giver mulighed for umiddelbart efter at teste, om afpropningen er effektiv.

Tre mulige fremgangsmåder bør overvejes:

1. Fjernelse eller ødelæggelse af den nedre del af filteret, (f.eks. ved en kontrolleret lille sprængning) og efterfølgende

skylle filtergruset op (volumenkontrol af filtermateriale sammenholdt med beregnet volumen ud fra kaliberlog og filterdimension, samt eventuel density-log af dybdeintervallet før og efter opskylning). Derefter nedpumpning (ved overtryk) af en kontrolleret volumenmængde bentonit, således at filterets øverste 1 m stadig er tilgængelig for måling af ledningsevne og for vandprøvetagning.

Risici: At lerafpropningen ovenover filteret trykkes ned af vægten af de ovenliggende filtergruskastninger. I værste fald vil denne lerafpropning skride helt ned til den ødelagte nedre del af det dybe filter, og her blive presset ind i filteret, hvorved det vil blive uoverskueligt at kontrollere det videre forløb af afpropningen. Endvidere vil der kunne opstå hydraulisk forbindelse mellem det dybe filter og filteret ovenover.

2. Nedboring af en 2" borestreng gennem filtergrus og lerafpropninger udenfor de etablerede filterrør ned til 56m dybde. Nedpumpning gennem borestrengen af bentonit fra bunden af gruskastningen med samtidig kontrol af bentonitopfyldningen inde i filteret (kan gøre med en ledningsevne måler, idet ledningsevnen ændres dramatisk i samme øjeblik bentonitten når føleren) såvel som udenfor filteret (kan gøres ved hjælp af en gamma-log sonde anbragt inde i filteret. Der må ikke stå mere bentonit i strengen, end der volumenmæssigt er brug for til at opfylde til 51 m. Når der er opfyldt til 51 m tilbagetrækkes borestrengen under udpumpning af ekstra tilført bentonit på strækningerne, hvor strengen passerer de øvrige lerafpropninger.

Risici: At filterrør beskadiges under nedboringen. I det oprindelige åbne kalkhul på 280 mm med lokale indsnævninger (udskredne kalkbrokker) på 240 mm er der anbragt tre rør a'90 mm, således at der skulle være plads udenom til en 2" borestreng. I det oprindelige 320 mm hul ovenover kalken er der anbragt 2 rør a'125 mm, et a'90 mm og et a'63 mm, således at der også her skulle være plads til nedboring af en 2" streng (evt. 2" borehoved og 1.5" streng).

3. Samme procedure som anvendt ved afpropningen fra 80 m og op til 56 m, d.v.s. udpumpning af bentonit nederst i filteret og opfyldning til 51 m, således at filterets øverste meter fortsat er åbent. Det er vigtigt ved volumenkontrol at tilpasse den anvendte bentonitmængde til den ønskede opfyldningshøjde (volumenmængde beregnes ud fra kaliberlog og filterdimension, samt skønnet porøsitet af gruskastningen). Opfyldningshøjden inde i filteret kontrolleres løbende med en ledningsevne-sonde.

Efter opfyldning til 51m og tilbagetrækning af nedpumpningsrøret kunne der søges etableret et overtryk på bentonitoverfladen inde i filteret (ved et flange/borehoved arrangement anbragt på bentonitoverfladen) for derved at kunne trykke yderligere bentonit ud i filtergruset.

Risici: Der er stadig en risiko for, at porevolumen i gruskastningen ikke bliver helt udfyldt, og at afpropningen ikke lykkes

100%. Hvis dette er tilfældet, kan fremgangsmåde 1. anvendes for at lukke den tilbageværende øverste meter af filteret (eventuelt i modereret form ved kun at øge perforeringen, men uden at oppumpe filtergruset).

For alle tre fremgangsmåder bør det overvejes at anvende en specialcement i en meget vandig opløsning i stedet for bentonit, idet vægtfylden (ifølge oplysninger fra Tage Sørensen) derved bliver højere og overtrykket til udpresning større.

- Vedlagt: Bilag 1. Liste over udførte GEUS test i perioden 24 maj til 27 august 1996.
- Bilag 2. Resultater fra separationspumpning som diagram og i tabel.

DRAGØR
Boring 208.3729 (B 5886)

Udførte test i dybeste filter

Dato 1996

24/5

Logs før pakker sættes (TCGS - GLGG - HPFM)
Pakker sættes på 56.1m - 56.9 m
Logs efter pakker sat (TCGS - HPFM)

17/6

Logs uden pumpning (TCGS- HPFM- INDG)

Disse logs er lavet efter cementering op til ca 55.6 m u top rør.

09/7

Logs før pumpning (TCGS og INDG)

MP1 pumpe på 13m , Q = 1.8 m3. TCGS log og EC målinger med Mobro instrument.

11/7

Logs før pumpning (TCGS)

Pumpe på 13 m, Q= 1.8m3/t. HPFM log

22/7

Pumpe på 12.40 m, Q= 3.6 m3/t , renpumpning igangsat.

EC- målinger med Mobro instrument, på blandingsvand.

23/7

Slange hoppet af på flowmåler, stødvis pumpning, slange sat på igen.
Q= ca 2.8 m3/t

25/7

Pumpestop, for at justere flowmåler. Pumpestart Q= ca 3.8m3/t

02/8

Pumpe stoppet og taget op.

MP1-pumpe sat på 56 m og MP1- pumpe sat på 47 m

Hver MP1-pumpe yder 1.7m3/t , separationspumpning igangsat.

Der er i perioden 2/8 - 15/8 , foretaget regulering med forskellige Q på top og bundpumpe, der er samtidigt målt EC og udtaget vandprøver til bestemmelse af Cl mg/l

15/8

Separationspumpningen stoppet.

26/8

TCGS- log i 57m - 45m- og 20m filter

SP8 - pumpe sat på 12 m i 57 m filter, start kl 13.03

Q = 3.1m3/time

27/8

TCGS - log i 45m og 20m filter

Q i 57m filter = 2.8 m3/ time

Pumpe stoppet kl 10.53

EC - måling af blandingsvand = 1105 mS/m

TCGS = Temp/ledningsevne/gammalog

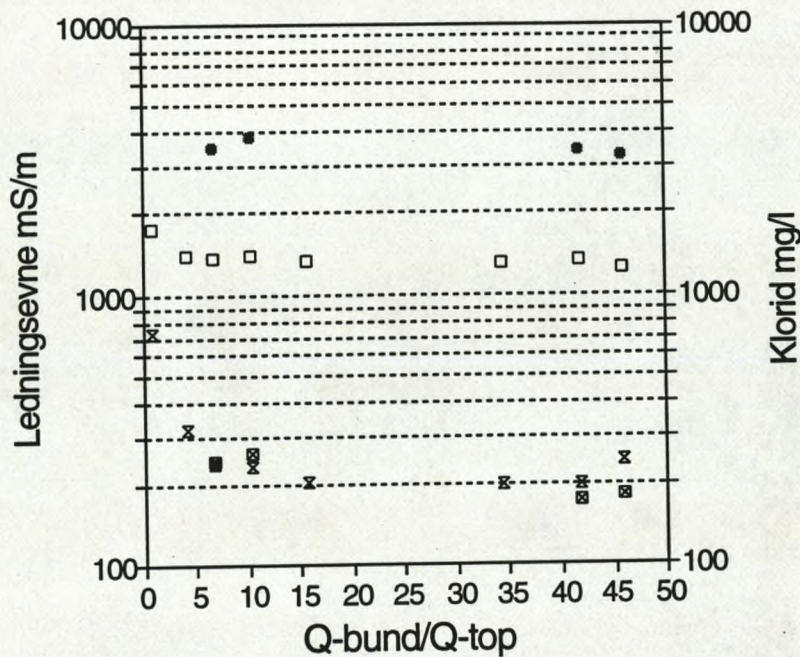
INDG = Inductionslog

HPFM = Heat Pulse flow målinger

EC = Ledningsevne

Dragør 208.3729

Separationspumpning, nedre filter



□	Ledn.bu	×	Ledn.top	■	Klorid to	•	Klorid bu
---	---------	---	----------	---	-----------	---	-----------

Dato	Q top (lpt)	Qbund lpt	Ltop mS/	Cl mg/l	Lbu mS/m	Cl mg/l	Qb/Qt	Lb/Lt
6.8	1700	1700	726		1770		1	2.44
6.8	108	1700	203		1330		15.74	6.55
7.8	42	1925	241	182	1261	3250	45.83	5.23
8.8	330	1408	318		1416		4.27	4.45
9.8	220	1486	236	242	1371	3550	6.75	5.81
12.8	144	1500	231	260	1404	3800	10.42	6.08
13.8	55	1895	198		1316		34.45	6.65
15.8	48	2000	200	172	1328	3450	41.67	6.64