

Odense Vandselskab

Geofysisk borehulslogging i borerne
DGU nr. 145.2552 og DGU nr. 145.2682

Kurt Klitten og Erik Clausen



Odense Vandselskab

Geofysisk borehulslogging i borerne
DGU nr. 145.2552 og DGU nr. 145.2682

Kurt Klitten og Erik Clausen

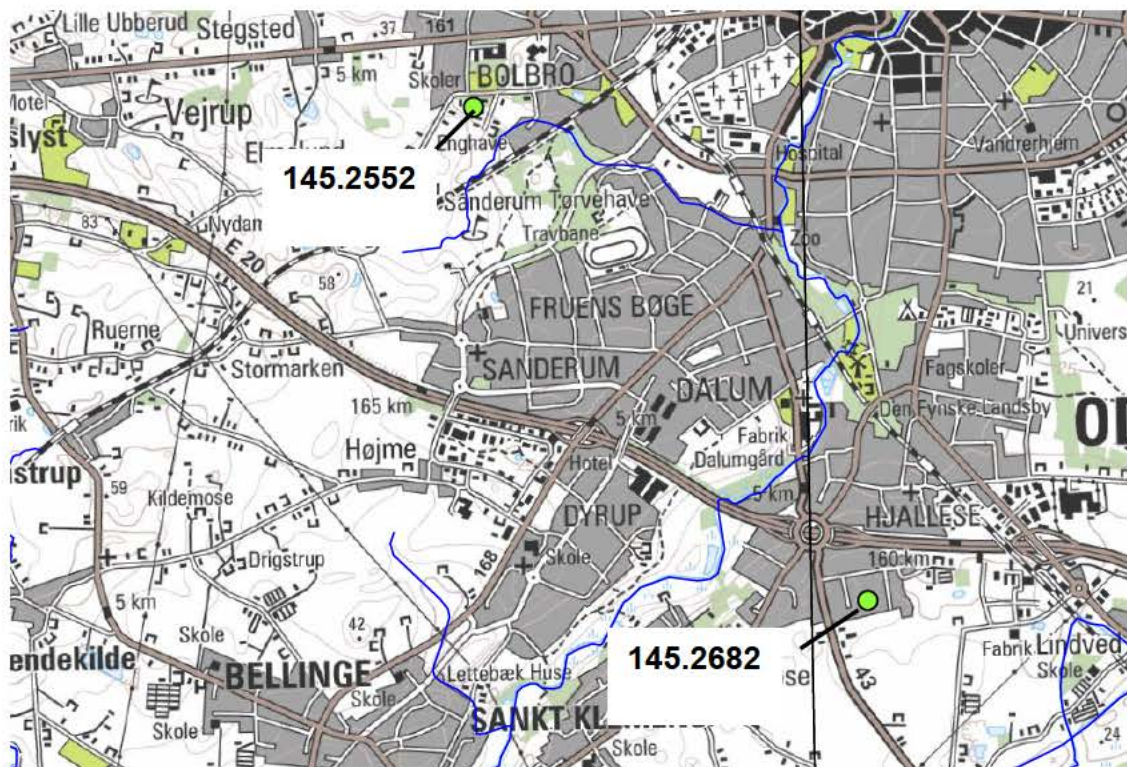
Indhold

Indledning	3
Boring DGU nr. 145.2552 (U288)	4
Geologisk beskrivelse.....	4
Geofysiske logs	4
Gamma-log:	4
Induktions-log:	5
Resistivitets-log:.....	5
Flow-log og Video optagelse:	5
Sammenfatning.....	6
Boring DGU nr. 145.2682 (K2)	7
Geologisk beskrivelse.....	7
Geofysiske logs	7
Gamma-log:	8
Induktions-log:	8
Flow-log og Video optagelse:	9
Sammenfatning.....	9
Bilag 1. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 145.2552 (U288)	
Bilag 2. GEUS Video inspektions rapport for boring nr. 145.2552	
Bilag 3. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 145.2682 (K2)	
Bilag 4. GEUS Video inspektions rapport for boring nr. 145.26582	

Indledning

På foranledning af Odense Vandsekskab har GEUS den 22 marts 2004 udført borehulsmålinger i en undersøgelsesboring, DGU nr. 145.2552 (U288) ved Bolbro samt i en renoveret indvindingsboring, 145.2682 (K2) ved Søparken i Dalum. Boringernes lokalisering er angivet på nedenstående kort. Der foreligger tidligere GEUS logging resultater fra såvel den ny boring U288 ved Bolbro (GEUS 2002/73) som fra den gamle boring K2 ved Dalum (GEUS 2001/31), se nedenstående tabel 1. Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af de nyligt udførte borehulsmålinger med nogle af de tidligere, se tabel 1, med henblik på kontrol af lagfølge og af filter.

København d. 20 april 2004



Figur 1. Lokalisering af de undersøgte borer. Kortgrundlag 1:50.000 (ikke målfast).

Tabel 1. Tidligere og nye borehuls-logs i de to borer og i den gamle K2.

Log typer	145.2552/2002	145.2552/2004	145.690(K2)/2001	145.2682/2004
Gamma	X		X	X
Resistivitet	X			
Induktion	X		X	X
Temp/ledn uden pumpning			(X)	
Temp/ledn under pumpning			(X)	
Flow-log uden pumpning		X	(X)	X
Flow-log under pumpning		X	(X)	X
Video-optagelse		X		X

(X): Ikke medtaget i nærværende rapport

Boring DGU nr. 145.2552 (U288)

Boring DGU nr. 145.2552 ved Bolbro er udført som ø430 mm lufthæve rotationsboring af Vand-Schmidt i august 2002 og er 66 dyb. Den er udbygget dels med ø315 mm filter fra 50 til 63 m (+1 m sump) og dels med ø63 mm pejlfilter i et øvre sandlag fra 20 til 23 m. Boringens udbygning med det store filter, samt vandspejlets beliggenhed er angivet på bilaget med de geofysiske logs, **Bilag 1**.

Geologisk beskrivelse

Prøve for hver meter er indleveret til GEUS for geologisk beskrivelse. Som det fremgår af denne, er der tale om en generelt vekslende lagserie af moræneler og morænesand, samt smeltevandssand og -grus. Moræneler er dominerende ned til 13 m, hvorimod smeltevandssand og -grus er dominerende fra 13 m og nedefter. Boreprofilen er vist på logging bilaget, **Bilag 1**.

Geofysiske logs

Ved en tidligere lejlighed, nemlig 15.08.2002, udførte GEUS logging i boringen umiddelbart efter, at den var udført, men inden at den var udbygget med filter og inden at prøverne var beskrevet af GEUS. Filtersætningen blev derefter besluttet bl.a. på basis af de udførte logs: Gammalog, Induktionslog samt Resistivitetslog, som blev rapporteret i GEUS rapport 2002/73, men som også er medtaget i denne rapport og vist på logging bilaget, **Bilag 1**. Den nye undersøgelse omfattede derfor kun flow-log samt en video-optagelse.

Gamma-log:

Gamma-loggen viser typisk høj stråling ved moræneler, således f.eks. fra 13 m til 17 m og fra 37 m til 38 m, og lav stråling i sandlag, 33 til 44 m, og ligeledes lav i grus, 18-26 m. Generelt synes Gamma-loggen at underbygge lagfølge beskrivelsen, men visse af grænserne skal flyttes fra 0,5 til ca. 1 m, hvilket ikke er usædvanligt. Men fra 50 m og nedefter, hvor der ifølge beskrivelsen skulle være overvejende grus, ses der det overraskende, at gamma-strålingen er højere end i de overliggende sandlag og eksempelvis også meget højere end ved gruslaget fra 18 til 26 m. Der kan være to mulige årsager hertil. Den ene, at grusets mineralogiske sammensætning er atypisk ved at have et stort indslag af kalifeldspathoid korn. Den anden, at boremudderet på grund af stor permeabilitet har trængt nogle cm ud i gruset, idet boringen stod med bentonit boremudder under logging arbejdet. I den tidligere rapport (GEUS 2002/73) var konklusionen, at det forhøjede gamma-strålingsniveau skyldes boremudderets indtrængning i grusformationen.

Induktions-log:

Denne log kunne måle fra 4 m dybde, som var bunden af arbejdsrøret (stål). Den viser høj formations-ledningsevne ved moræneler og lav ledningsevne ved sand- og gruslag. Det normale er, at gamma-log og induktions-log således viser samme variationsmønster. Dette er også tilfældet her bortset fra netop ved gruslaget fra 50 m til 64 m, hvor der som nævnt ovenfor er høj gamma-stråling, og hvor der ses lav ledningsevne på induktionsloggen. Dette indikerer, at årsagen til den høje gamma-stråling ikke er udtrængende boremudder således som tidligere konkluderet (GEUS rapport 2002/73), idet boremudder har højere ledningsevne end ferskvand og således skulle have givet anledning til højere ledningsevne og mindre resistivitet i formationen. Det må derfor være et højt indhold af korn med kalifeldspat, som giver den høje gamma-stråling. Det er imidlertid ikke hele sektionen fra 50 til 64 m, som har lav ledningsevne, idet der ses høj ledningsevne omkring 57,5 m og igen fra ca. 60 til 61 m, hvilket tyder på indslag af ler i gruslaget. De ses imidlertid ikke som særskilte gamma-maxima, fordi gruset på grund af kalifeldspat har ligeså høj gamma-stråling som et lerlag ville have.

Resistivitets-log:

Denne log skal ved sammenligning med Induktionslog vise modsat variationsmønster, hvilket også er tilfældet. Således markerer de prominente lag af moræneler fra 14 til 17 m og fra 26,5 til 27,5 m sig tydeligt ved lav resistivitet, ligesom det omtalte gruslag fra 50 m til 64 m ses med høj resistivitet. Sidstnævnte indeholder dog indikationen på ler omkring 57,5 m og fra 60 til 61 m, idet der her lokalt ses lav resistivitet.

Flow-log og Video optagelse:

Indledningsvis udførtes en basis flow-log uden pumpning med nedsænkningshastighed på 5 m/min. Denne log, Flow Q=0 (rpm) på **Bilag 1**, viser et konstant tælleantal på 30 rotationer per minut. Derefter udførtes en flow-log ved pumpning med 28 m³/t og samme nedsænkningshastighed 5 m/min. Den resulterende log, Flow Q=28 m³/t, ses ligeledes på **Bilag 1**. Basis rotationstælleantallet på 30 rpm, som opstår alene ved loggens egen hastighed, fratrækkes derefter Flow loggen. Endelig omregnes denne til akkumuleret procent af det gennemsnitlige tælleantal i forerøret over filteret, som sættes til 100%. Den endelige flow-log ses at vise en uens indstrømning i filteret med flere små sektioner på 1 til 2m, hvor der slet ingen indstrømning ses. På de nederste 3 m af filteret indstrømmer ca. 25%, på de næste 3 m indstrømmer ca. 10%, dernæst sker der en indstrømning på 40% over ca. 2 m filter, og endelig er der to indstrømninger på i alt 25% på de øverste 5 m filter.

Denne uens indstrømning skyldes en kombination af de to lerlag i gruset, en samling i filteret med ca. 0,4 m blænderør, samt delvis lukning af nogle af slidserne, og endelig uens slidsestørrelse og slidseantal.

De sidstnævnte observationer om filterets delvise lukning og uens slideseskæring er gjort ved en videooptagelse, som er rapporteret i vedlagte **Bilag 2**.

Sammenfatning

Filteret blev placeret fra 50 m til 63 m ud fra den antagelse, at der var et forholdsvis ensartet lag af overvejende groft sand og grus. De geofysiske logs bekræfter tilstedeværelsen af denne overvejende grovkornede aflejring, men viser også, at den har et stort indslag af feldspathoidiske korn (kunne f.eks. være sten af granit eller gnejs), og at der også optræder et par mindre lerlag, således omkring 57,5m og fra 60 til 61 m.

Den udførte Flow-log viser en mere uens indstrømningsfordeling end der vanligvis observeres i et sand-grus filter: Dette forhold synes delvis at skyldes at gruslaget ikke er ensartet, men bl.a. indeholder et par mindre lerlag. Endvidere viser en video optagelse, at filteret ikke er ensartet i slideseskæring, samt at visse sektioner er mere eller mindre tilstoppede, hvilket naturligvis også medvirker til en uensartet indstrømningsfordeling.

Boring DGU nr. 145.2682 (K2)

Boringen er udført af Brøker, Holbæk i februar 2004 som en renovering af den gamle boring K2 (DGU nr. 145.690), hvorved sidstnævnte blev omboret og den gamle udbygning med 8" stålør til 34,6 m, 4" muffe/pakør til 37,4 m samt 4" PVC filter til 48,4 m, blev fjernet. Den nye boring, som ligger ved Dalum, er udført som ø24" rotationsboring med omvendt skylning til 11 m og derefter som ø18" til slutdybden 56 m. Den er udbygget med ø711 mm stålforerør til 3 m, med ø550 stålforerør indeni til 11 m, og igen indeni fra terræn til 36,5 m med ø315 mm PVC forerør og endelig ø315 mm filter fra 36,5 m til 54,5 m, hvorunder der er ø315 mm slamboks til 56 m. Filterstrækningen fra 36,5 til 54,5 m er opdelt, således at der er 1 mm slidser og gruskastning nr. 5 til 48,5 m, og 0,8 mm slidser og gruskastning nr. 4 til 54,5 m. Som forsegling blev boringen bagstøbt med cement fra 1 m til 27 m.u.t., og fra 27 til 32 m udførtes bentonit forsegling. Boringens udbygning, samt vandspejlets beliggenhed er angivet på bilaget med de geofysiske logs, **Bilag 3**.

Geologisk beskrivelse

Der foreligger endnu ingen GEUS beskrivelse af de indsendte prøver, men disse vil formodentlig også være forurenede med det opborede bagfyld og filtergrus fra den gamle boring K2, og vil således kunne give et forkert indtryk af lagfølgen.

Derimod har brøndboreren opgivet følgende lagfølge: 2 m fyld og grus efterfulgt af moræneler til 10 m, groft grus til 29 m med et enkelt indslag af moræneler fra 20 til 21 m, leret sand til 36 m, groft sand til 49 m og sand til 54,5 m, men med et 0,5 m lerlag som adskiller de to sandlag i 49 m, og endelig ler til 56 m.

Fra den gamle K2 boring fra 1969 foreligger der heller ingen prøvebeskrivelse, men ligeledes kun en brøndborer lagfølge: Ler med sten til 15,3 m, lerblandet sand til 18,8 m, groft sand til 48,4 m og derunder er der truffet ler til 49 m.

Begge lagfølger er vist på log-bilaget, **Bilag 3**, og der ses at være visse uoverensstemmelser, som nok må tilskrives, at den seneste brøndborer lagfølge må være forstyrret af det bagfyld, som var omkring den gamle boring.

Geofysiske logs

Ved en tidligere lejlighed, nemlig 15.02.2001, udførte GEUS logging i den gamle K2 boring (DGU 145.690) i forbindelse med udtagning af akkumulerede vandprøver, d.v.s. udover gamma-log og induktions-log for kontrol af lagfølge udførtes der ledningsevne- og temperatur-log uden og under pumpning, samt flow-log. Resultaterne heraf er rapporteret i GEUS rapport 2001/31, men gamma-log og induktions-log er også medtaget i denne rapport og vist på logging bilaget, **Bilag 3**.

De nye logging undersøgelser i den renoverede og ombyggede og lidt dybere boring omfattede igen gamma- og induktions-log for lagfølge kontrol, samt flow-log og videooptagelse til kontrol af filter.

Gamma-log:

Den gamle gamma-log i K2 indikerer overvejende ler fra terræn til 21 m og overvejende sand og grus fra 21 m og ned til 49 m, idet gamma-strålingen generelt er lavere under 21 m end ovenover 21 m, se **Bilag 3**. Dermed bekræfter loggen stort set det gamle brøndborerprofil med den ene forskel, at grænsen mellem ler og sand her var sat til 18,8 m.

Ved den nye gamma-log ser det tilsyneladende ud til at grænsen mellem ler og sand er rykket ned til 29 m, men denne log er dels påvirket af bentonit forseglingen fra 25 til 29 m, se nedenfor under induktionslog, og dels af cement bagstøbningen fra terræn og ned til bentonit forseglingen. Såvel bentonit som cement øger gamma-strålingen. Den lave gamma-stråling fra underkant af bentonitten og ned til lerlaget i ca. 54 m stemmer overens med den gamle gamma-log og med det gamle brøndborerprofil med hensyn til, at der er sand og grus i hvert fald ned til 48,5m. Det nye brøndborerprofils oplysning om lerblandet sand fra 29 til 36 m synes således at skyldes opblanding med bagfyldsmateriale højere oppe fra. Det tynde lerlag omkring 49 m, sandsynligvis moræneler at dømme efter brøndborer beskrivelsen, ses overraskende nok ikke som et gamma-maksimum, så lertypen indeholder åbenbart ikke kalium.

Induktions-log:

Den gamle induktions-log i K2 kunne kun udføres i det 11 m lange PVC-filter fra ca. 37 m til ca. 48 m, idet der ovenover 37 m var stålforerør. Loggen i filteret er yderligere stærkt påvirket af metal (skruer eller styr) i bestemte dybdeniveauer, som giver sig til kende ved stor variation i ledningsevnen over kort afstand. Men bag disse stærke variationer kan man dog stadig se, at den generelle ledningsevne i grusformationen, **Bilag 3**, er på ca. 15 mS/m svarende til en resistivitet på 66 ohmm.

Den nye induktions-log kunne måle fra ca. 1 m under stål forerørets underkant, d.v.s. fra ca. 12 m dybde og ned til bund af filter i 54 m. Bentonit forseglingen fra 25 til 29 m dybde giver sig tydeligt til kende ved sin høje ledningsevne, ligesom den lave og konstante ledningsevne på ca. 10 mS/m fra 29 m og ned til bunden bekræfter tilstedeværelsen af sand og grus. Den gamle induktions-log viste i dette dybdeinterval en lidt højere ledningsevne, 15 mS/m, hvilket kan skyldes de mange påvirkninger fra metal i den gamle boring.

Det tynde lerlag i ca. 49 m, som ikke ses på gamma-loggen, giver anledning til en mindre stigning i ledningsevnen ved denne dybde på den nye induktions-log. Ledningsevnen fra 21 m til 25 m dybde, hvor der også er sand og grus, er på 15 mS/m, d.v.s. at cement bagstøbningen øger ledningsevnen med 5 mS/m i forhold til, hvad den er i sand-grus laget ud for filteret. Ovenover 21 m dybde ses ledningsevnen yderligere at stige, hvilket bekræfter, at lagene over denne dybde overvejende er ler (moræneler).

I visse niveauer ses der markante variationer i ledningsevnen, som tyder på metal genstande som skruer, forerørs- eller filter styr, metal rester af den gamle borings udbygningsmaterialer etc. Dette ses således i følgende dybder: 10-12,5 m, 18 m, 24 m, 27 m, 30 m, 33 m, 36 m, 42 m, 48 m og 54 m.

Flow-log og Video optagelse:

Indledningsvis udførtes en basis flow-log uden pumpning med nedsænkingshastighed på 5 m/min. Denne log, Flow Q=0 (rpm) på **Bilag 3**, viser et konstant tælleantal på 30 rotationer per minut. Derefter udførtes en flow-log ved pumpning med 35,7 m³/t og samme nedsænkingshastighed 5 m/min. Den resulterende log, Flow Q=35,7 m³/t, ses ligeledes på **Bilag 3**. Ligesom ved den forrige boring fratrækkes basis rotations tælleantallet på 30 rpm derefter tælleantallet på Flow log Q=35,7. Endelig omregnes denne til akkumuleret procent af det gennemsnitlige tælleantal i forerøret over filteret, som sættes til 100%. Den endelige flow-log ses at vise en meget jævn indstrømningsfordeling i hele den 18 m lange filter sektion, svarende til en indstrømning på $100/18 = 5,5$ % per m.

Denne meget ensartede indstrømning over hele filter sektionen er så meget mere overraskende som at inspektionen af video-optagelsen indikerer, at filterspalterne/slidserne i visse sektioner af filteret tilsyneladende er delvis tilstoppet eller dækket af en form for belægning, se Video-inspektions rapporten **Bilag 4**. Den ensartede indstrømning per meter filter sammenholdt med video-observationerne tyder på, at selv om der er tilstoppede spalter/slidser, så er der ikke nogen del af filteret, der er helt tilstoppet. Endvidere, at samme antal spalter/slidser per meter filter må være åbne for indstrømning i hele filtret.

Sammenfatning

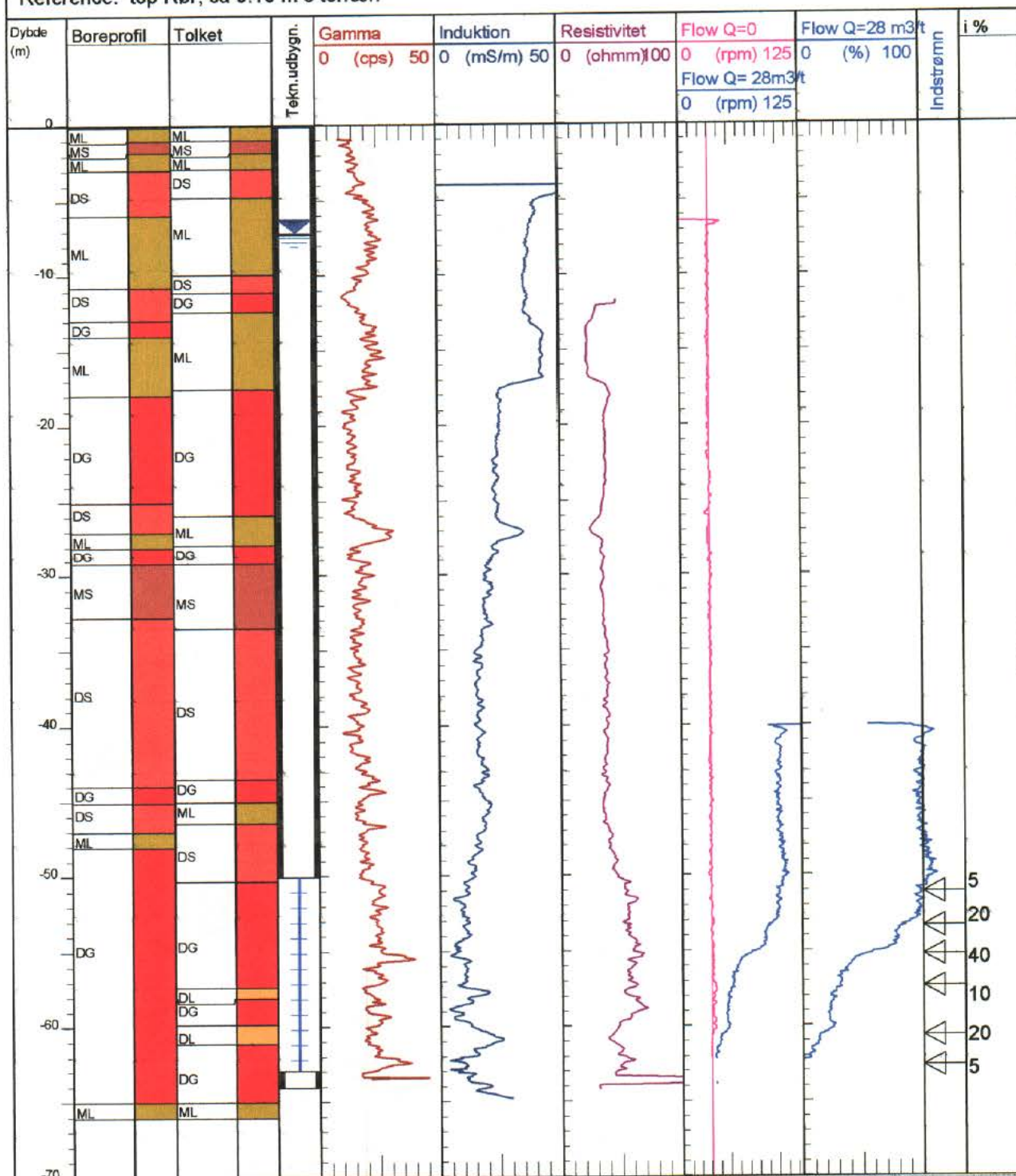
Den gamle brøndborerbeskrivelse til K2 (DGU nr. 145.690) synes at være den, der kommer nærmest det mest sandsynlige lagfølge profil, som er angivet som "Tolket profil" på Bilag 3, d.v.s. moræneler til 21 m, sand til 40 m, grus til 48,5 m, moræneler eller smeltevandsler til 49,5 m, sand til 54,5 m underlejret af moræneler.

Filteret er placeret fra 36,5 m til 54,5 m og der ses at være en ensartet indstrømningsfordeling på hele filtersektionen på ca. 5,5 % per meter filter, også selv om video optagelsen indikerer visse tilstopninger og belægninger i filteret.

Bentonit forseglingen er anbragt fra 25 m til 29 m.

Bilag 1. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 145.2552
(U288)

DGU nr. 145.2552 (Odense VS: U 288)
 Middelfartvej - Bolbro: Logging 15-08-02 og 22-03-04
 Reference: top Rør, ca 0.10 m o terræn



Bilag 2. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 145.2552

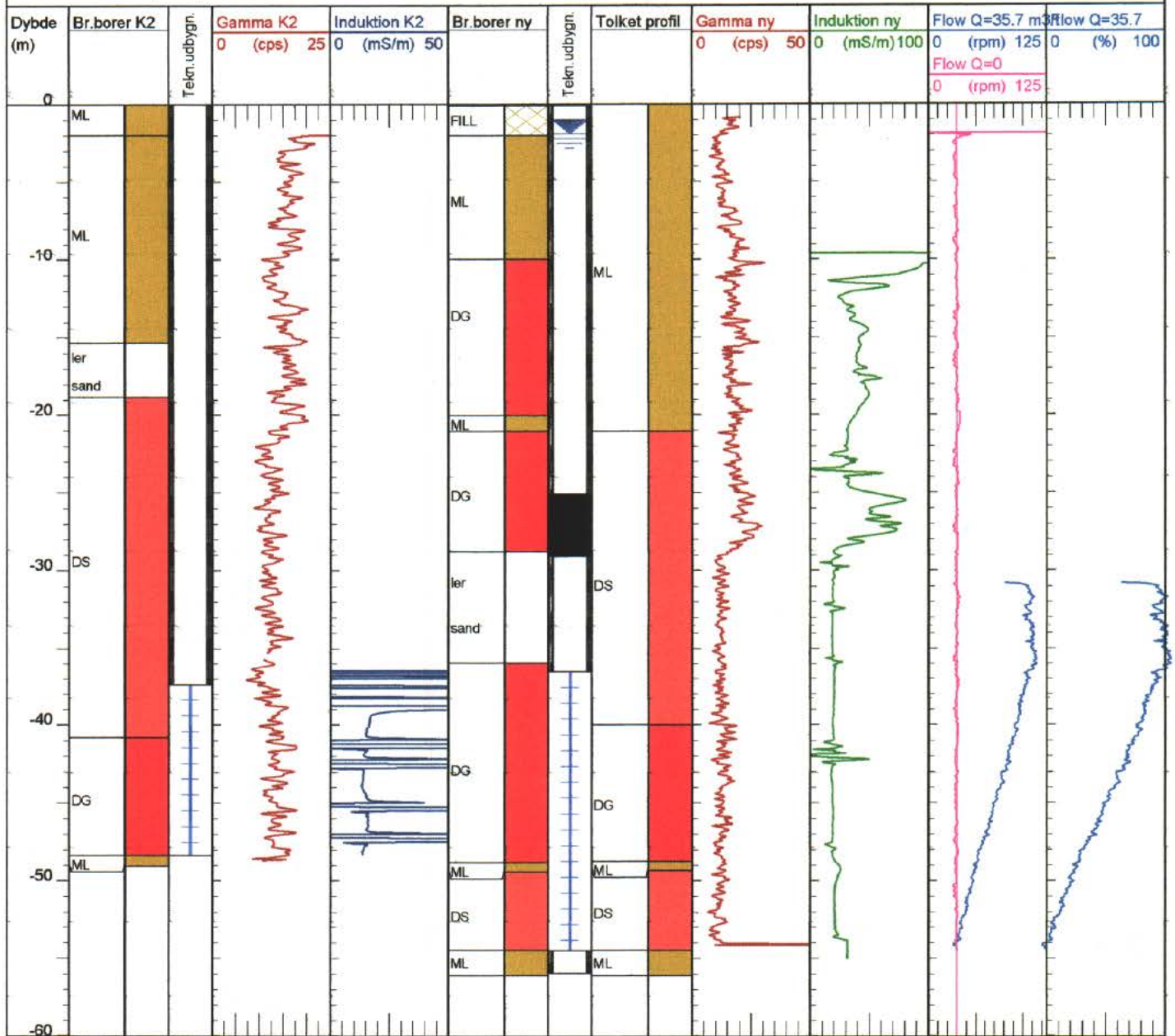
GEUS		video borings inspektion : Odense Vandselskab DGU nr 145.2552 (U 288)									22-03-04	MP= 0.85 m o terræn
Dybde	Konst.**	Samling	Korrosion	Utæthed	Belægning	Tilstopn.	Flint	Farve	Sprække	Caving/hulrum	Bemærkninger	
2.58	PVC	x									lim trykket ud,tæt	
8.33											vandspejl	
10.32											vand uklart	
13.45											pumpe sat på 12 m,	
14.72		x									lim trykket ud,tæt	
20.65		x									lim trykket ud,tæt	
22.72											riller på rør	
26.71		x									lim trykket ud,tæt	
32.75		x									lim trykket ud,tæt	
38.63		x									lim trykket ud,tæt	
44.63		x									lim trykket ud,tæt	
50.54		x									lim trykket ud,tæt	
50.72											start af filter	
51.16						(x)					filter delvis lukket	
52.01											slidser kke lige store,skåret af 2 gange	
52.86						(x)					slidser delvis lukket	
53.63											slidser meget uens	
53.88											Gruskastning kan ses i slidser	
56.31											blænd rør ?	
56.56		x										
56.67											filterslidser	
57.07						(x)					filter delvis lukket	
58.05						(x)					filter delvis lukkede	
62.27		x										
62.93											filter fyldt af slam	

Bilag 3. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 145.2682 (K2)

DGU nr. 145.2682 (Odense VS: K2)

Søparken-Dalum: Logging K2/ 15-02-2001 og ny/ 22-03-2004

Reference: top rør, ca. 10 cm o. terræn



Bilag 4. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 145.2682

GEUS video borings inspektion :		Odense Vandselskab: DGU nr. 145.2682 (K-2)							22-03-2004		MP = 0.10 m o terræn
Dybde	Konst.**	Samling	Korrosion	Utæthed	Belægning	Tilstopn.	Flint	Farve	Sprække	Caving/hulrum	Bemærkninger
5.89	PVC										Skruehuller
6.07		x									ok. Lim tykket ud
11.94											Skruehuller
12.07		x									ok. Lim tykket ud
17.97											Skruehuller
18.12		x									ok. Lim tykket ud
23.97											Skruehuller
24.09		x									ok. Lim tykket ud
29.87											Skruehuller
30.05		x									ok. Lim tykket ud
25.92											Skruehuller
36.01		x									Top af filterrør
36.47											Start filter gruskastning ok
36.73											Filter delvis stoppet
37.16											Filter delvis stoppet
38.05											Flot filter
38.50											Filter delvis stoppet
39.50											Filter delvis stoppet
42.30		x									ok. Lim tykket ud
45.02											Filter delvis rent
48.17											Skruehuller
48.30		x									ok
49.43											Filter delvis lukket
54.07		x									samling
54.50											overgang til slamboks
54.55											Slam