

Æbelholt Kildeplads
Københavns Energi / Carl Bro as

Borehulslogging 2005
Boringerne DGUnr. 186.853 og 187.1418

Per Rasmussen, Kurt Klitten, Per Jensen & Erik Clausen



Æbelholt Kildeplads
Københavns Energi / Carl Bro as

Borehulslogging 2005
Boringerne DGUnr. 186.853 og 187.1418

Per Rasmussen, Kurt Klitten, Per Jensen & Erik Clausen

Indhold

1	Introduktion og undersøgelsesprogram	3
2	Undersøgelsesresultater	5
2.1	Undersøgelsesboring DGU nr. 186.853.....	5
2.1.1	Tekniske forhold.....	5
2.1.2	Lagfølge.....	5
2.1.3	Temperatur- og ledningsevnelog uden pumpning.....	7
2.1.4	Flowlog, indstrømningsfordeling og filtersætning.....	7
2.2	Undersøgelsesboring DGU nr. 187.1418.....	8
2.2.1	Tekniske forhold.....	8
2.2.2	Lagfølge.....	9
2.2.3	Flowlog, indstrømningsfordeling og filtersætning.....	9
3	Bilags liste	10

1 Introduktion og undersøgelsesprogram

For Carl Bro udførtes der i juli og august 2005 borehulslogging i 2 nye monitoringsboringer beliggende ved Æbelholt Kildeplads ved Meløse: DGU nr. 186.853 og DGU nr. 187.1418

Boringernes placering fremgår af Figur 1. Formålet med de gennemførte loggingundersøgelser var at verificere den geologiske lagfølge og bestemme de zoner, hvor den største vandtilstrømning til boringerne finder sted med henblik på valg af to sektioner i hver boring for 2 m filtersætning med separat monitoringsrør.

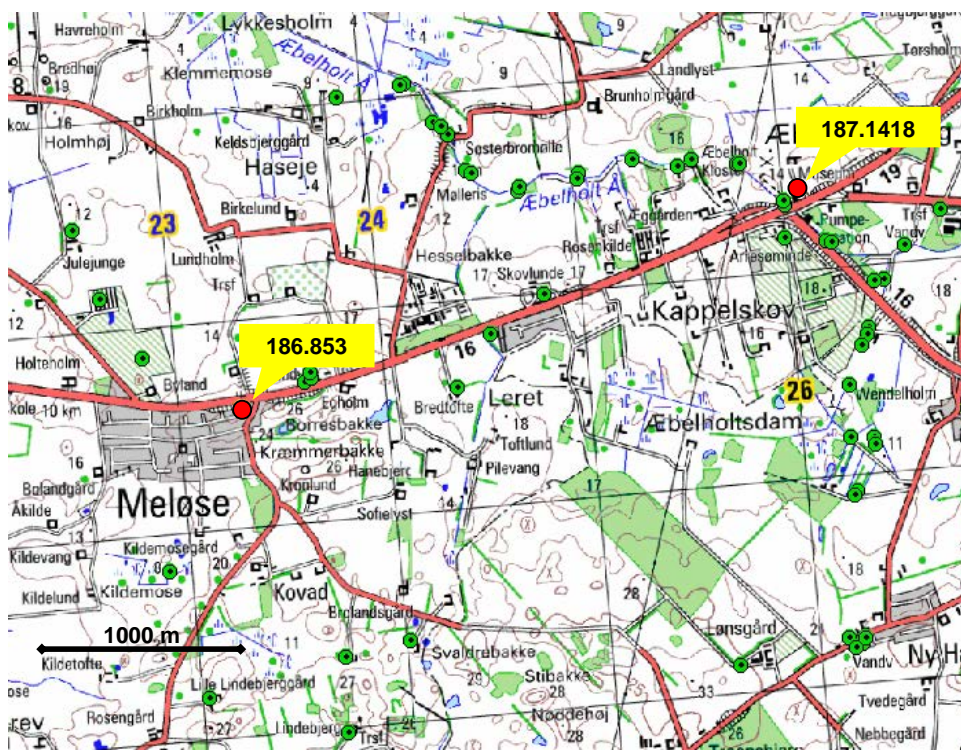


Fig. 1: De 2 undersøgte boringer er angivet med DGU nr. ●. Øvrige boringer angivet med grøn cirkel, er boringer som er registreret i GEUS's Jupiter boringsdatabase.

Det normale GEUS logging program for vandindvindingsboringer omfatter en verifikation af den geologiske lagfølge i de enkelte boringer ved hjælp af gamma-log, induktions-log og resistivitets-log, medens ledningsevne- og temperatur-log udført såvel uden som under pumpning fra boringen giver information om årsag til eventuel saltvandspåvirkning, indikation på intern strømning uden pumpning, samt identifikation af indstrømningszoner under pumpning.

Dette program omfatter endvidere en fastsættelse af indstrømningen i de enkelte indstrømningszoner ved hjælp af flow-log under pumpning fra boringen, samt en kaliberlog. Sidstnævnte er nødvendig, fordi variation i borehullets diameter og især forholdet imellem diameteren i forerøret og den gennemsnitlige diameter i kalken lige under forerøret vil influere stærkt på flow-loggens resultater. Kaliber-loggen giver tillige information om eventuelle uregelmæssigheder i forerørs diameteren, og disse kan være indikation på gennemtæringer. Forud for en flow-log udføres der en kalibreringstest af log-sonden ved at køre den ned gennem hele boringen uden pumpning. En eventuel intern strømning imellem zoner i kalk eller mellem to filtre vil også blive identificeret ved en sådan kalibrerings flow-log uden pumpning.

I dette tilfælde gennemførtes der efter Carl Bro's anvisning et reduceret log-program bestående af gamma-log samt flow-log uden og med pumpning.

Med henblik på at opnå en mere fyldestgørende forståelse af den geologiske lagfølge samt en mere sikker bestemmelse af indstrømningsfordelingen blev der uden beregning foretaget et supplerende måleprogram. I boring DGU nr. 186.853 gennemførtes således også induktionslog, temperatur- og ledningsevnelog samt kaliberlog. I boring DGU nr. 187.1418 suppleredes det reducerede logprogram med en induktionslog.

I borerne 186.853 og 187.1418 blev flow-log under pumpning foretaget med en pumpeydelse på henholdsvis 33,2 m³/t og 46,8 m³/t.

2 Undersøgelsesresultater

2.1 Undersøgelsesboring DGU nr. 186.853

2.1.1 Tekniske forhold

Boringen blev udført med 12" forerør ($\varnothing_i=305$ mm) til 43,7 m. Under borehulslogging stod boringen som en åben kalkboring fra 43,7 m til 66 m. Boringen blev efter logging udbygget med 2 filtre ($\varnothing=63$ mm). Placeringen af filtrene er baseret på resultatet af logging-undersøgelserne. Øverste filter blev placeret i intervallet 35 – 37 m dybde med gruskastning fra 34,5 – 37 m (Bilag 3). Nederste filter blev placeret i intervallet 51 – 53 m dybde med gruskastning 50,5 – 53. Boringen af 186.853 blev afsluttet august 2005. Terrænkoten ved 186.853 er +20,3 m.

Kaliber-loggen (Bilag 1) viser et forholdsvist regulært borehul med en diameter på ca. 265 mm fra bund af boring til 48,5 m dybde. Mellem 48,5 m og bund af forerør (43,7 m) ses diameterudvidelser (kaviteter) på op til ca. 430 mm.

Under udførelse af flow-log med pumpning blev der pumpet med en kapacitet på 33.2 m³/t uden nævneværdig afsenkning (0,63 m på 9 min.), hvilket viser at boringen har en meget høj specifik kapacitet. Rovandspejlet blev den 1. august 2005 målt til 11,83 m under terræn.

2.1.2 Lagfølge

Gamma-loggen viser øverst et morænelerslag til 3,6 m dybde. Fra 3,6 – ca. 10 m dybder ses lidt lavere og varierende gammastråling, hvilket indikere vekslende kvartære lag af overvejende smeltevandssand. Dette afviger lidt fra boreprøvebeskrivelsen, som angiver et ret ensartet sandlag fra 3 – 37,8 m dybde (Bilag 3). Fra ca. 10 – 39,8 m dybde viser gammalloggen et ret homogent kvartært lag af smeltevandssand. Dette afløses i intervallet 39,8 – 41,2 af et morænelerslag, der tilsyneladende er placeret ca. 1 m dybere end oplyst i borejournalen (Bilag 3).

Ved overgangen til Danien kalken (kalksandskalk) i 41,2 m dybde falder strålingsniveauet markant. Der er således god overensstemmelse mellem brøndborerens oplysninger om kalkgrænsens placering (41,2 m dybde) og bestemmelsen af denne med gammalloggen (Bilag 3).

Induktions-loggen (Bilag 1) viser en meget ensartet formationsledningsevne i intervallet 46 – 63,5 m dybde. Formationsledningsevnen i kalken afspejler først og fremmest variation i porøsitet.

På basis af tidligere udførte induktions-logs og resistivitets-logs for Københavns Energi i borerer på Strø og Æbelholt kildepladser er der for lagfølgen i Danien kalken opstillet en log stratigrafi (GEUS rapport 2004/68). Danien-kalken (Kalksandskalk, KK) i området er derved inddelt i følgende fire sekvenser med hver sit karakteristiske log-mønster, som synes at afspejle karakteristiske forskelle i lithologi (se Bilag 5):

- En 10-15 m "Øvre" sekvens med 1-2 m tykke lag med skiftende henholdsvis lille og stor ledningsevne – som må antages at afspejle, at lagene skifter mellem tykke porøse og tykke tætte kalk lag.
- En ca. 15-20 m "Øvre Mellem" sekvens med generelt lav, men dog hyppigt skiftende ledningsevne – som må antages at afspejle, at lagene hyppigt skifter mellem tynde porøse og tynde tætte kalk lag.
- En 25-30 m "Nedre Mellem" sekvens med generelt høj, og mindre skiftende ledningsevne - som må antages at afspejle, at lagene skifter mellem tykke porøse og tynde tætte kalk lag.
- En ca. 20 m "Nedre" sekvens med generelt forholdsvis lav, men hyppigt skiftende ledningsevne – som må antages at afspejle, at lagene hyppigt skifter mellem tynde porøse og tynde tætte kalk lag. Log-mønstret i især den nederste del af denne sekvens kan være forstyrret af, at ledningsevnen generelt viser en stigende tendens p.g.a. et jævnt stigende kloridindhold i porevandet i Danien kalken lige over Skrivekridtet.

I boring 186.853 synes hele Øvre-Mellem KK sekvensen at være repræsenteret. Grænsen til Øvre KK ligger antagelig helt i toppen af kalken ovenover det absolutte gammastrålingsminimum, idet Øvre KK har en anelse højere gamma-stråling end den øverste del af Øvre Mellem KK. Grænsen til Nedre Mellem KK ligger antagelig lige under Induktions-loggens bund, idet den samlede tykkelse af Øvre Mellem ikke tidligere er observeret at overstige 20 m.

En indplacering af den gennemborede lagserie i den opstillede log-stratigrafi har f.eks. betydning for vurderingen af, hvor dybt nede Skrivekridtet træffes, idet grænsen mellem Danien kalken og Skrivekridtet har vist sig samtidig at være saltvandsgrænsen. I samme rapport som nævnt ovenfor er det påvist at Skrivekridtet træffes ca. 50 m under grænsen mellem Øvre-Mellem KK og Nedre-Mellem KK. Idet det som nævnt ovenfor forventes, at grænsen mellem Øvre Mellem KK og nedre Mellem KK ligger omkring 64 m dybde, dvs. i ca. kote -44, kan grænsen til Skrivekridtet forventes i kote ca. -94 m.

På Bilag 5 er boringens induktions-log korreleret med logs fra borerer på Strø og Æbelholt kildepladser. De korrelerede borerers placering ses på figur 2.

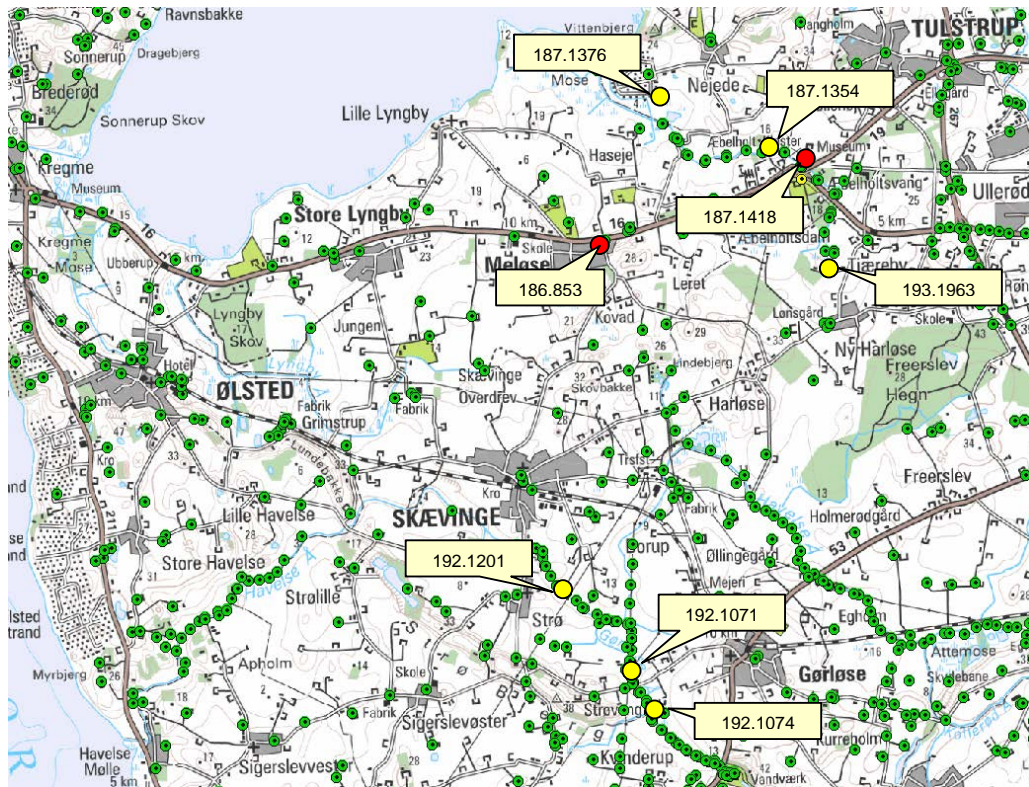


Fig. 2: De 2 undersøgte borer er angivet med rød cirkel (●) og DGU nr. og KE numre. Gul (○) cirkel angiver placering af borer hvor der tidligere er udført induktions-logs og resistivtets-logs (GEUS rapport 2004/68). Grøn cirkel angiver øvrige borer i området registreret i GEUS's Jupiter boringsdatabase. På Bilag 5 er induktions-logs fra de 8 borer korreleret.

2.1.3 Temperatur- og ledningsevnelog uden pumpning

Temperatur-loggen uden pumpning viser fra 2 m over bunden af boringen en konstant temperatur på $9,6\text{ C}^0$ op til forerørssektionen, hvor temperaturen stiger op efter som følge af påvirkning fra en højere temperatur ved overfladen.

Med hensyn til ledningsevnen så stiger ledningsevnen ganske svagt fra $39,5\text{ mS/m}$ ved bunden til $41,5\text{ mS/m}$ lige under forerøret. Denne ledningsevne fortsætter op gennem vandsøjlen i forerøret, hvilket derfor må antages at være ledningsevnen af det indstrømmende vand, idet boringen er blevet renpumpet inden loggingen iværksattes. Der er således ingen tegn på saltvandspåvirkning i boringen.

2.1.4 Flowlog, indstrømningsfordeling og filtersætning

Kontinuerte propel flow-log blev opmålt i boringen med nedsænkningshastighed af sonden på 5 m/min . Flow-log uden pumpning viser basis tællel på ca. 28 rpm . (rotationer per minut).

Den kontinuerte propel flow-log under pumpning blev udført med en konstant pumpeydelse på 33,3 m³/t. Dette gav en afsænkning på 0,63 m efter 9 minutters pumpning.

Flow-loggens rotationstal under pumpning er omregnet til procent af pumpeydelsen ved at rotationstallet i forerøret er sat til 100% efter først et fradrag for basis rotationstallet for nedsænkingshastigheden og dernæst en korrektion for forskellen i diameter mellem boring og forerør.

Flowloggens rotationstal under pumpning er først fratrukket basistallet på 28 rpm. Dernæst er rotationstallene i forerøret gjort større svarende til at diameteren i forerøret ændres fra 305 mm til 260 mm, som er den gennemsnitlige diameter i den nederste del af den åbne boring. Der benyttes følgende formel til beregning af de korrigerede rotationstal for forerøret: $\text{rpm}_{\text{forerør-korrigeret}} = \text{rpm}_{\text{forerør-målt}} * (\frac{\text{Ø}_{\text{forerør}}}{\text{Ø}_{\text{åben boring}}})^2$, hvor $\text{Ø}_{\text{forerør}} = 315$ mm og $\text{Ø}_{\text{åben boring}} = 260$ mm. Der er ikke foretaget korrektion for kaviteter mellem 43,7 m og 48,5 m dybde.

Den korrigerede flow-log under pumpning viser, at ca. 53% af indstrømningen sker i 52 m dybde, og at de resterende ca. 47% af indstrømningen sker i 44 m dybde lige under forerøret (Bilag 1).

Som allerede nævnt skulle der kun etableres filtre i to adskilte dybdeniveauer. Under hensyntagen til forekomsten af det tykke sandlag fra 3,5 m dybde til ca. 40 m blev det umiddelbart efter afslutningen af loggingarbejdet besluttet at sætte det ene filter i den nedre del af sandlaget, og det andet filter ved den nederste af de to indstrømningszoner i kalken, se Bilag 1.

2.2 Undersøgelingsboring DGU nr. 187.1418

2.2.1 Tekniske forhold

Boringen af 187.1418 blev afsluttet juli 2005. Boringen blev udført med 12" forerør (Ø_i=305 mm) til 40,0 m og en samlet dybde på 56 m. Under logging arbejdet stod boringen som en åben kalkboring. Der ønskedes ikke foretaget en kaliber-log af boringen.

Boringen er efter logging udbygget med 2 filtre (Ø=63mm). Øverste filter blev placeret i intervallet 40 – 42 m dybde med gruskastning fra 39,6 – 42 m. Nederste filter blev placeret i intervallet 52 – 54 m dybde med gruskastning fra 51,5 – 54,5 m. Terrænkoten ved 187.1418 er +13,1 m.

Under udførelse af flow-log med pumpning blev der pumpet med en kapacitet på 46.8 m³/t og med en afsænkning på 2,8 m efter ca. 30 min pumpning. Rovandspejlet blev den 20. juli 2005 målt til 1,65 m under terræn.

2.2.2 Lagfølge

Gamma-loggens generelt høje strålingsniveau i intervallerne 0 – 3 m dybde og i 7,5 – 36,5 viser, at kvartæret overvejende består af ler (moræneler). Den lavere stråling i intervallet 3 – 7,5 m dybde er et sandlag (smeltevandssand). Ved overgangen til Danien kalken (kalksandskalk) i 36,3 m dybde falder strålingsniveauet markant (Bilag 2).

Som beskrevet for boring 186.853 kan lagfølgen i kalken på basis af induktions-loggen indplaceres i den førnævnte log-stratigrafi, som blev opstillet i rapport til Københavns Energi over undersøgelser på Strø kildeplads (GEUS rapport 2004/68). I denne rapport indgår også logging resultater fra boringer på Æbelholt kildeplads.

I boring 187.1418 udgøres de øverste ca. 8 m af kalken af Øvre-Mellem KK, og boringen er ført ca. 12 m videre ned i Nedre-Mellem KK. Grænsen mellem de to log-stratigrafiske enheder ligger således i 44,5 m dybde. Idet Skrivekridtet kan forventes at træffes ca. 50 m under grænsen mellem Øvre-Mellem og Nedre-Mellem, ville boringen have mødt Skrivekridtet i ca. 95 m dybde, dvs. i kote ca. -80 m.

På Bilag 5 er boringens induktions-log korreleret med logs fra boringer på Strø og Æbelholt kildepladser.

2.2.3 Flowlog, indstrømningsfordeling og filtersætning

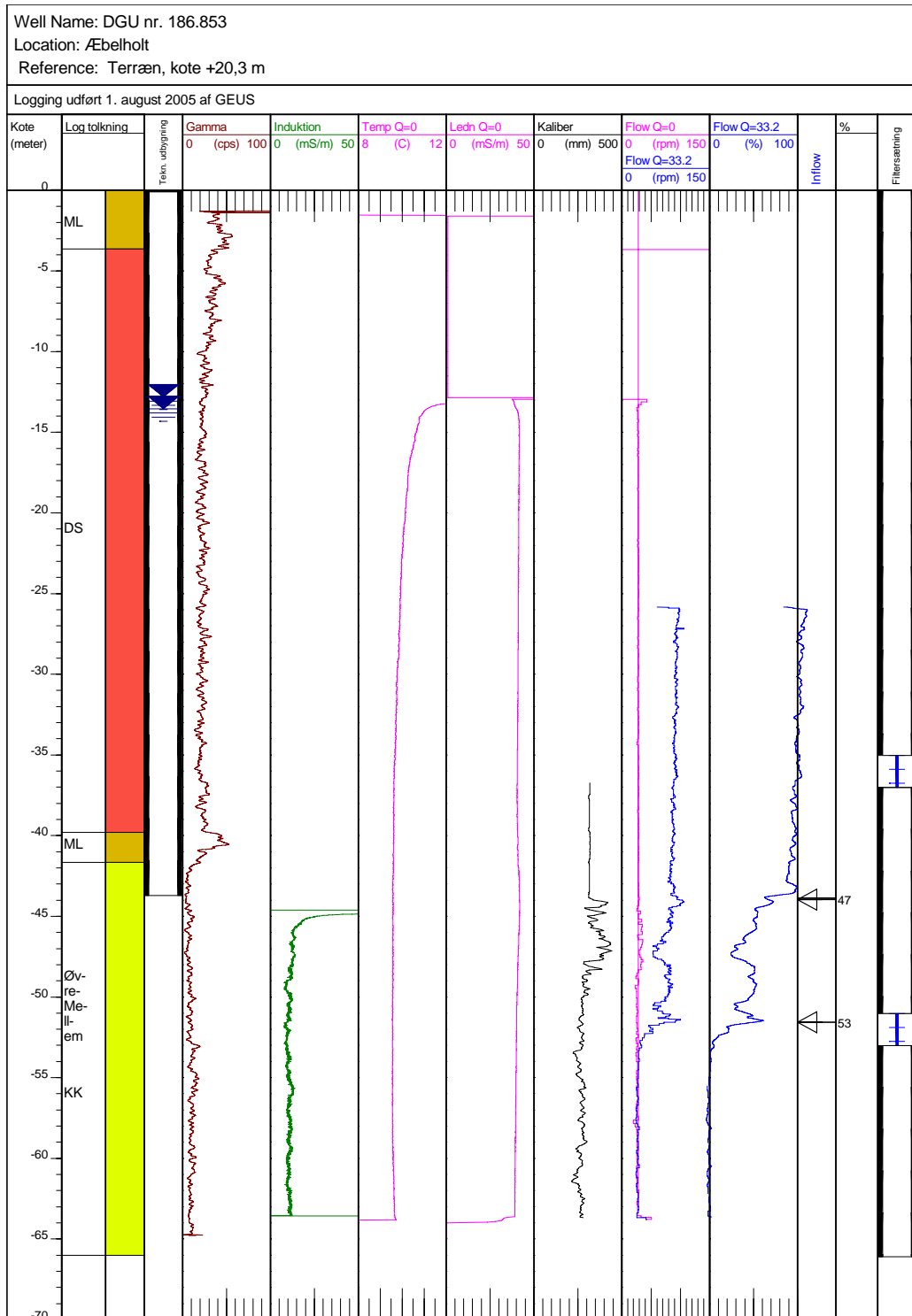
Kontinuert propel flow-log blev opmålt i boringen med nedsænkningshastighed af sonden på 5 m/min. Flow-log uden pumpning viser nederst i boringen et basis tælleletal på ca. 28 rpm. (rotationer per minut).

Tælleletal fra flow-log under pumpning med $Q = 46,8 \text{ m}^3/\text{t}$ er reduceret med basis tælleletal 28 rpm, og derefter omregnet til procent af tælleletal i forerøret under antagelse af, at diameteren i forerøret og i den åbne boringssektion er ens. Den resulterende flow-log viser, at ca. 10% af indstrømningen sker omkring 53 m u.t., og 20% omkring 46,3 m u.t. Hovedparten af indstrømningen, ca. 70%, sker umiddelbart under forerøret i omkring 41 m dybde.

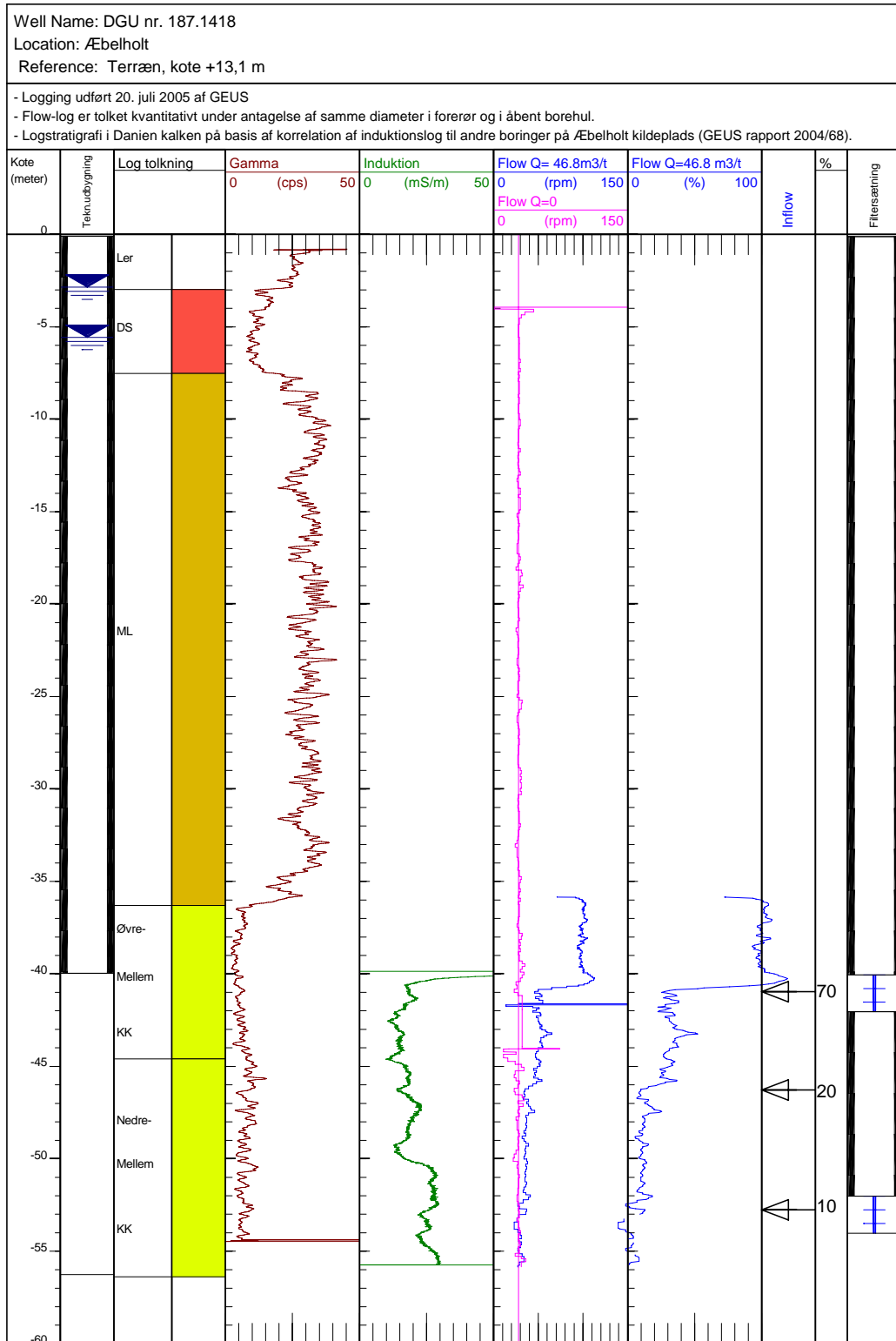
Som allerede nævnt skulle der kun etableres filtre i to adskilte dybdeniveauer. Under hensyntagen til, at der ikke forekom andre sandlag i kvartæret end det øvre fra 3 m dybde til 7,5 m blev det umiddelbart efter afslutningen af logging arbejdet besluttet at etablere begge filtre i kalken ved henholdsvis den øvre og nedre indstrømning, se Bilag 1.

3 Bilags liste

- Bilag 1: GEUS borehuls logs fra ny undersøgelsesboring DGU nr. 186.853
- Bilag 2: GEUS borehuls logs fra ny undersøgelsesboring DGU nr. 187.1418
- Bilag 3: Borerapport med prøvebeskrivelse DGU nr. 186.853
- Bilag 4: Borerapport med prøvebeskrivelse DGU nr. 187.1418
- Bilag 5: Korrelation af induktions-log fra 186.853 og 187.1418 til Danien log-stratigrafien.

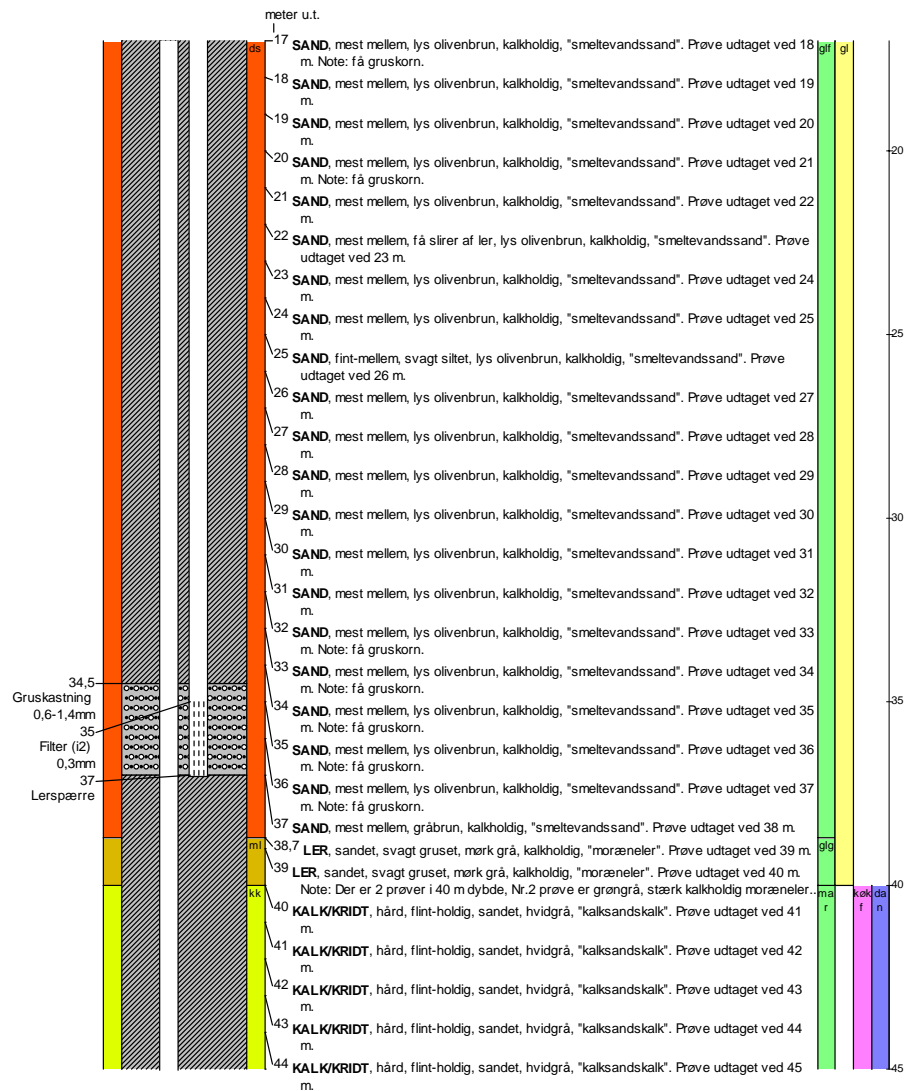


BILAG 2

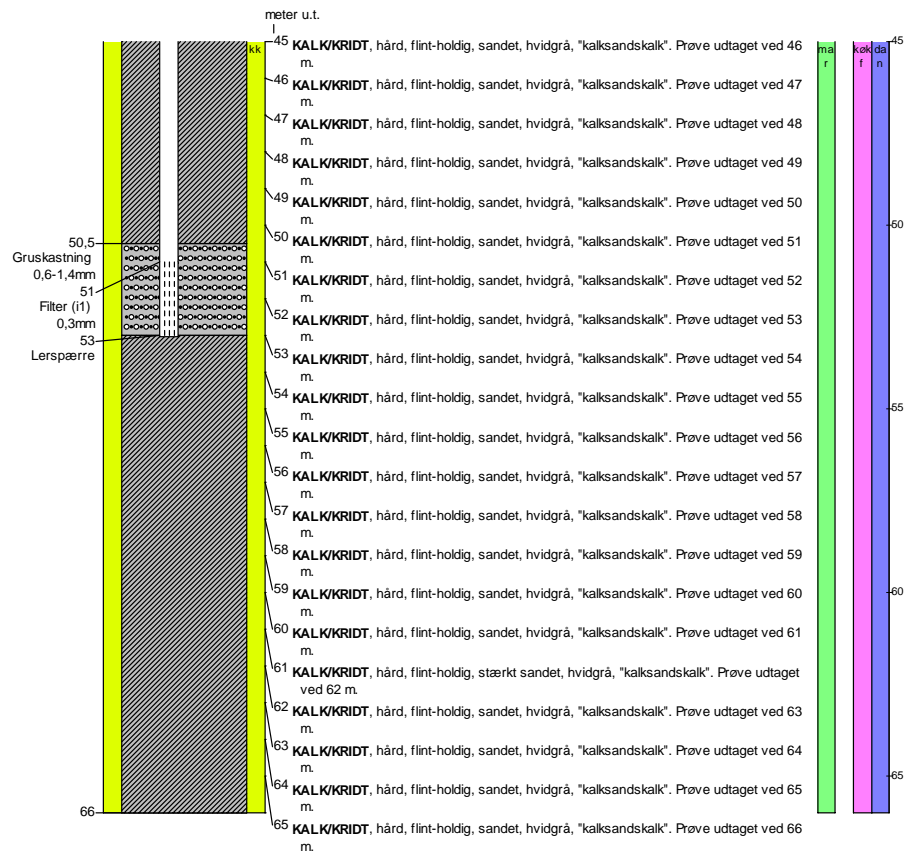


BORERAPPORT

DGU arkivnr : 186. 853



fortsættes...


Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

0	-	3	glacigen - glacial
3	-	38,7	glaciofluvial - glacial
38,7	-	40	glacigen - glacial
40	-	66	marin - danien (københavn kalk formation)



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Udskrevet 6/12 2005 Side 1

BORERAPPORT**DGU arkivnr : 187. 1418**

Borested : Æbelhot 4, Kappelskov, Æbelholt Kildeplads, Københavns Vandforsyning **Kommune** : Hillerød
3400 Hillerød **Amt** : Frederiksborg

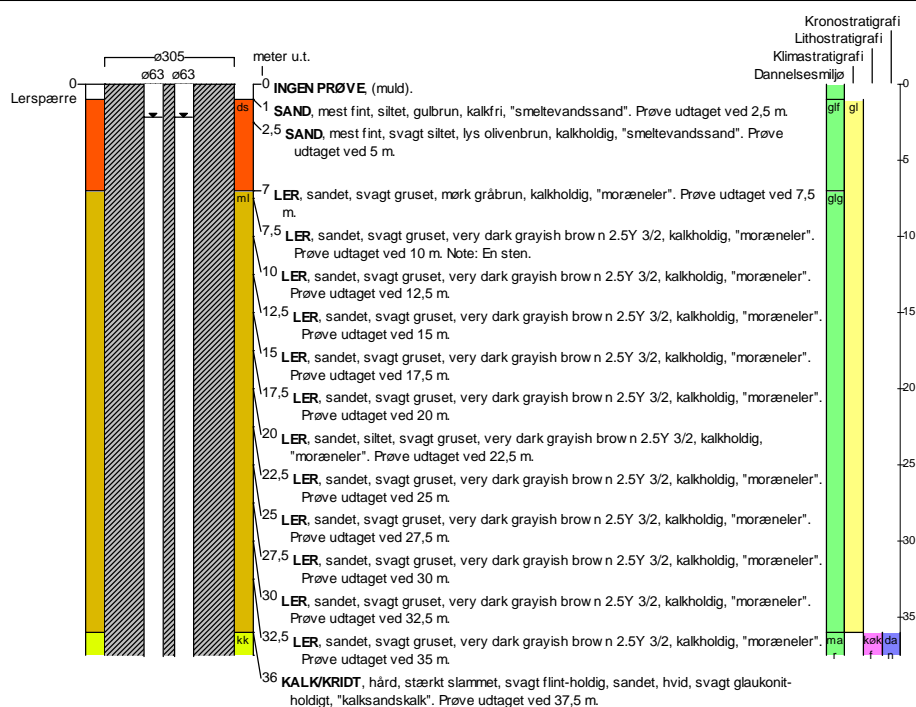
Boringsdato : 21/7 2005 **Boringsdybde** : 56 meter **Terrænkote** : 13,1 meter o. DNN

Brøndbore : GEO **Prøver**
MOB-nr : **- modtaget** : 17/8 2005 **antal** : 22
BB-journr : 27354 **- beskrevet** : 19/8 2005 **af** : NCH
BB-bornr : 3/Æ **- antal gemt** : 0

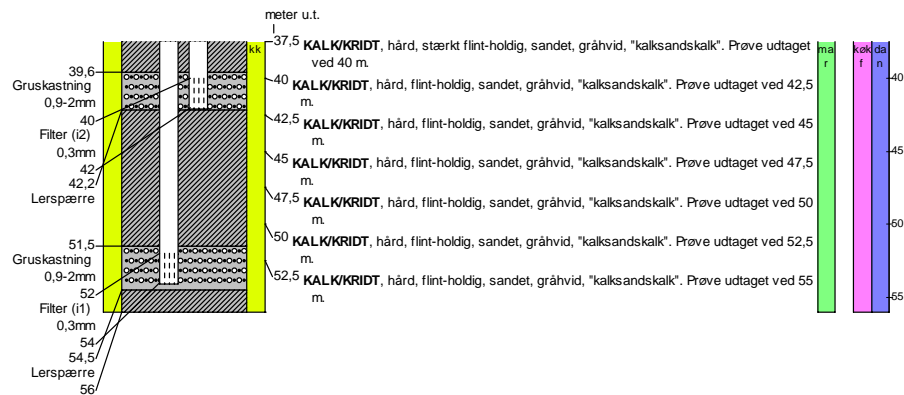
Formål : Monitoring/kontrol **Kortblad** : 1514 IINV **Datum** : EUREF89
Anvendelse : **UTM-zone** : 32 **Koordinatkilde** : Rådg. firma
Boremethode : Pneumatisk/DTH/odex, Sn egleboring **UTM-koord.** : 700784, 6204538 **Koordinatmethode** : GEUS aflæst

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpe tid
Indtag 1 (seneste)	2,17 meter u.t.	6/9 2005			
Indtag 2 (seneste)	2,18 meter u.t.	6/9 2005			

Notater : Alle kalkprøver fra 37,5m-55m har afrundede kalkklaster og kalken er blødere end normalt.



fortsættes..



Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

- 0 - 1 mangler
- 1 - 7 glaciofluvial - glacial
- 7 - 36 glacigen - glacial
- 36 - 56 marin - danien (københavn kalk formation)

