

Kortlægningsområde Stampen, Bornholm Naturstyrelsen Roskilde

Digitalisering af geofysiske borehulslogs fra borerne
246.521, 246.615, 246.617, 246.698, 246.711,
246.712, 246.728, 246.755, 246.756,
246.757, 246.758 og 246.760

Kurt Klitten, Helene Hoffmann & Per Rasmussen



Kortlægningsområde Stampen, Bornholm

Naturstyrelsen Roskilde

Digitalisering af geofysiske borehulslogs fra borerne
246.521, 246.615, 246.617, 246.698, 246.711,
246.712, 246.728, 246.755, 246.756,
246.757, 246.758 og 246.760

Kurt Klitten, Helene Hoffmann & Per Rasmussen

Indhold

1.	Introduktion og formål	3
1.1	Boringer med brugbare analoge log-data til digitalisering	3
2.	Digitaliseringsmetode og præsentation af log data	6
3.	Boringer overvejende med Jydegård og Robbedale	7
3.1	Boring 246.521 (Bilag 1)	7
3.2	Boring 246.755 og 246.756 (Bilag 2 og 3)	7
3.3	Boring 246.698 (Bilag 4)	8
3.4	Boring 246.696 (Bilag 5)	9
4.	Boringer udelukkende med Arnager Grønsand formationen	11
4.1	Boring 246.711 (Bilag 6)	11
4.2	Boring 246.712 (Bilag 8)	12
4.3	Boring 246.728 (Bilag 10)	14
5.	Boringer med Arnager Kalk, Arnager Grønsand og lidt Jydegård	16
5.1	Boring 246.615 (Bilag 11)	16
5.2	Boring 246.617 (Bilag 12)	16
5.3	Boring 246.757 (Bilag 13)	16
5.4	Boring 246.758 (Bilag 14)	17
5.5	Boring 246.760 (Bilag 15)	20
5.6	Boring 246.689 (Bilag 16)	21
6.	Korrelation i Arnager Grønsand	24
7.	Konklusion	25
8.	Jordlagssymboler (GEUS)	28
9.	Bilagsliste	29

1. Introduktion og formål

Til brug for grundvandskortlægningen ved Stampen, Bornholm har GEUS i perioden juni-august 2011 for Naturstyrelsen Roskilde udført digitalisering af analoge borehulslogs fra 11 boringer beliggende i det aktuelle kortlægningsområde, samt tillige fra en boring beliggende i kortlægningsområde Nyker, hvor kortlægningen allerede er afsluttet. Sidstnævnte boring blev digitaliseret til sammenligning af de lithostratigrafiske forhold i Arnager Grønsand formationen i de to områder.

De analoge logging-data fra de 12 boringer stammer fra geofysisk borehulslogging udført som en del af Institutet for Teknisk Geologi's sommerkurser for civilingeniør-studerende i Hydrogeologi og Anvendt Geofysik på Bornholm i årene 1975-1992.

Logging-data blev i sin tid alle opmålt med analoge data-recordere, hvorfor datasættene kun findes som papirudskrifter. Som det ses i nedenstående Tabel 1 er datasættene meget uens med hensyn til hvilke typer logs, der er udført i de enkelte boringer. Dog er der i alle boringer udført gamma-log, hvorimod den moderne induktions-log til måling af formationsledningsevne kun er udført i fem af de 12 boringer. Den konventionelle elektriske resistivtets-log foreligger udført enten som 18'8" Lang Lateral, eller som henholdsvis 16" Normal og 64" Normal, men kun i fem af boringerne.

Formålet med at digitalisere, præsentere og analysere de eksisterende logs er dels at få verificeret boreprofilerne, og dels at få bestemt resistiviteten af de forskellige formationer til støtte for tolkning af fremtidige geofysiske kortlægninger.

1.1 Boringer med brugbare analoge log-data til digitalisering

I nedenstående Tabel 1 er vist de forskellige typer af brugbare analoge log-data fra hver af de 11 boringer i grundvandsområde Stampen og fra en boring i Nyker området, samt logging-dybde og årstal for logging. Endvidere er der i tabellen inkluderet de vigtigste oplysninger om de enkelte boringer (årstal for boringen, dybde, filtersektion, geologi).

Fra Tabel 1 ses at 8 af boringerne fra Stampen området med digitaliserede analoge data giver informationer om Arnager Grønsand formationen (as). I fire af disse boringer ses også Arnager Kalk (ak) formationen (inklusiv ler = al), hvoraf en boring også viser Bavneodde Grønsand (bs) over Arnager kalken. Endelig er fire af boringerne med Arnager Grønsand ført videre ned i Jydegård formationen (jyd), og en af disse videre ned i Robbedale formationen (rg). Af de resterende tre boringer er to med sikkerhed boret ned i Jydegård formationen og videre ned i Robbedale formationen. Den tredje, som ifølge JUPITER-databasen er uden prøvebeskrivelser, må pga. sin beliggenhed formodes også at være boret ned i Jydegård og eventuelt videre ned i Robbedale formationen.

Tabel 1: 11 boringer med brugbare analog log-data fra kortlægningsområde Stampen

Boring	Udført	Dybde (m)	Filter (m)	Geologi ifølge Jupiter/originalarkiv	Log dybde (m)	Log udført	Gamma (detektor)	In- duktion	LL	64 N	16 N
246.521	1966	72	65-71	??	70	1986	1"				
246.615	1975	124	Kol- laps	ak/as/jyd	124	1975	1"				
246.617	1975	119	?	ak/as/?	119	1976	1"				
246.698	1983	121	96-120	as/jyd/rg	120	1983	1"				X
246.711	1986	75	34-70	as	70	1986	1"		X		X
246.712	1986	92	49-91	as	91	1986	1"		X		X
246.728	1989	82	40-82	as	80	1992	1cm*4"	X		X	
246.755	1991	20	5-19	jyd/rg	20	1992	1cm*4"	X			
246.756	1991	25	5-25	jyd/rg	25	1992	1cm*4"	X			
246.757	1991	109	89-101	ak/as/al?/as/al?/jyd	70/100	1992	1cm*4"	X			
246.758*	1991	130	96-126	bs/ak/as/jyd	70	1992	1cm*4"				
246.760**	1992	105	54-90	ak/as	90	1992	1cm*4"	X		X	

*) Supplerende logs er udført i denne boring af RAMBØLL i juli 2011 for NST Roskilde på anbefaling af GEUS.

***) Boring ved Agregård i grundvandsområde Nyker.

Sammenholdes Tabel 1 med Figur 1 ses det, at de to forholdsvis korte boringer 246.755 og .756 (20 og 25 m dybe), som går gennem Jydegård og ned i Robbedale, ligger lige syd for infiltrations-bassinet, medens 246.521 ligger ca. 800 m nordvest for denne. Fra sidstnævnte 72 m dybe boring foreligger ingen prøvebeskrivelser, men kun brøndborerens lagfølgebeskrivelse. Af denne og af beliggenheden i forhold til det geologiske kort, formodes den gennemborede lagserie øverst at repræsentere Jydegård formationen og går sandsynligvis videre ned i Robbedale formationen.



Figur 1: Beliggenhed af de 11 borer i Stampen området med digitaliserede analog-data (246.617 ligger ca. 35 m fra 246.615). Boring 246.760 fra Nyker bassinet ligger nord for dette kortudsnit. Boring 246.689 og 246.696 er borer med digitale log-data fra tidligere undersøgelser.

Syd for landingsbanen og nær kysten ligger de tre 109-124 m dybe borer, 246.615, 246.617 og 246.757, som pga. deres beliggenhed tæt ved hinanden kunne forventes at vise samme lagfølge, nemlig Arnager Kalk øverst underlejret af Arnager Grønsand, som igen underlejres af Jydegård formationen. Men som det ses i Tabel 1 og også vil fremgå senere under diskussionen af logging data i de enkelte borer, viser boreprofilen fra 246.757 en overraskende gentagelse af ler, som er vurderet tilhørende Arnager Kalk formationen nedenunder Arnager Grønsand.

De sidste fem borer ligger vest og nord for selve lufthavnsbygningerne, med den 120 m dybe boring 246.698 lige nord for Sdr. Landevej ført ned gennem Arnager Grønsand og Jydegård og videre ned i Robbedale. De 75-92 m dybe borer 246.711, .712 og .728 nordvest for lufthavnsbygningerne men syd for Sdr. Landevej står alle i Arnager Grønsand uden at gennembore dette. Den sidste, 246.758, som med 130 m er den dybeste af alle borerne, ligger umiddelbart vest for lufthavnen. Her optræder formationerne Bauneodde Grønsand, Arnager Kalk, Arnager Grønsand samt top af Jydegård.

2. Digitaliseringsmetode og præsentation af log data

Digitaliseringen er udført ved hjælp af programmet "Didger", et software indkøbt af GEUS til denne opgave fra Golden Software, Inc. i USA. Processen består i, at papirudgaven af den aktuelle log bliver scannet til et billede i Tif-format. Dette billede hentes ind på computer-skærmen via "Didger", hvorefter billedets fire hjørnekoordinater (dybde, log-parameter) markeres og defineres. Derefter følges log-kurven manuelt med "cursor'en" og hvert af de ønskede målepunkter på loggen markeres og aflæses ved at trykke "enter". Afstanden mellem målepunkter behøver ikke at være konstant og vælges ud fra ønsket om detaljeringsgrad, men er i praksis sket ved at alle markante knæpunkter på en given log er aflæst.

Efter aflæsning af loggen, gemmes denne i Didger-pjt format, som derefter eksporteres i LAS-format indeholdende også de normale supplerende informationer som lokalitetsnavn, borings ID-nummer, log-operatør, log-dato, og log-type.

Præsentationen af de digitaliserede logs er vist i det normale format for borehulslogs, som anvendes ved Hydrologisk Afdeling på GEUS, dvs. til venstre dybdeskala efterfulgt af henholdsvis boreprofil fra Jupiter databasen, supplerende geologisk og konstruktionsmæssig tolkning ud fra logs, information fra Jupiter om konstruktion (forerør, filter og vandspejl) samt endelig diverse logs i rækkefølgen: Gamma-, Induktion- og Resistivitets-logs. I et par af borerne (246.711 og 712) fandtes der også flow-log data, og disse er vist i den sidste kolonne til højre på præsentationen. Fra disse foreligger der tillige stignings pejledata fra en kortvarig prøvepumpning, som også er medtaget i rapporten.

Ved præsentationen af boreprofiler er der anvendt samme regel som i Jupiter databasen, dvs. dobbelt bogstav symbol med tilhørende standardiserede farvesignatur indikerer at jordlag/bjergarter er blevet fastlagt af GEUS's geologer ved beskrivelsen af indsendte boreprøver. Hvor der ikke foreligger boreprøver, er lagene beskrevet ved anvendelse af kun et bogstav og ingen farvesignatur. I den supplerende tolkningssøjle er der i sådanne tilfælde angivet et dobbeltbogstav med farvesignatur ud fra den tolkning der er foretaget i denne rapport ved hjælp af de foreliggende digitaliserede logs. Hvor der ikke er anført en tolknings-kolonne, har der ikke ud fra de digitaliserede logs kunnet tilføjes nogen ny geologisk eller teknisk information i forhold til den eksisterende.

I det følgende analyseres og diskuteres log data i de enkelte borer i den samme rækkefølge som netop anvendt ovenfor ved beskrivelsen af boringernes beliggenhed, dog medtages 246.698 i samme gruppe som 246. 521, -755 og -756 på grund af tilstedeværelsen af Jydegård og Robbedale formationerne. Denne gruppe sammenlignes med boring 246.696, som ligger ca. 200 m nordvest for 246.698, og hvorfra der foreligger moderne digitale logs fra en tidligere undersøgelse udført af GEUS i 2006 for Bornholms Regionskommune (GEUS Rapport 2007/36). I gruppen 246.615, 246.617 og -757 medtages boring 246.758 på grund af tilstedeværelse også af Arnager Kalk formationen. I sidstnævnte gruppe sammenlignes med boring 246.689, der ligger 50 m syd for 246.758, samt med boring 246.760 fra Nyker grundvandsområdet som begge også har logs i Arnager Kalk og sidstnævnte endvidere i Arnager Grønsand. Log-data fra 246.689 er moderne digitale logs stammende fra GEUS undersøgelsen i 2006 nævnt ovenfor.

3. Boringer overvejende med Jydegård og Robbedale

3.1 Boring 246.521 (Bilag 1)

I denne 72 m dybe boring fra 1966 foreligger der jævnfør Jupiter borerapport ingen oplysninger om boringens konstruktionsmæssige udbygning, ligesom det er anført, at der hverken er indsendt prøver eller foreligger prøvebeskrivelse. I original-arkivet findes der imidlertid oplysninger såvel om boringskonstruktion som prøvebeskrivelse af 37 indsendte prøver, der oven i købet stadig er opbevaret på GEUS. Boringen er således udbygget med et 110 mm filter fra 65 til 71 m, og forerørsdiametere ovenover er 150 mm. På basis af brøndborerens noter om de enkelte lag har DGU ved udarbejdelsen af cirkeldiagramkortet over Bornholm i 1978 vurderet de nederste 32 m til at være Robbedale grus, men af DGU-prøvebeskrivelsen udført i 1967 af geolog Villy Krogh fremgår det indirekte, at grænsen mellem Robbedale grus og Jydegårds formationen bør sættes ved 58,3 m, idet de nederste ca. 14 m er beskrevet som fint til mellem kvartssand, let gruset, gråt og kalkfrit, hvorimod lagserien ovenover 58 m dybde er karakteriseret som vekslende sand og ler, kalkfrit, stedvist organisk og med lokale indslag af glimmer.

Der foreligger kun en **Gamma-log** fra denne boring, og denne log bekræfter den vekslende og lerholdige lagserie ved de høje og varierende strålingstal (20-70 cps), som tolkes til at være Jydegård formationen. Gamma-loggen viser endvidere, at strålingen på de nederste 14 m fra ca. 58 m dybde generelt er lavere (20-40 cps) og mindre varierende end ovenover. Men det er alligevel overraskende, at Robbedale grus skulle have en så forholdsvis høj gamma-stråling, 20-40 cps, sammenlignet med gamma-logs i Robbedale grus i de efterfølgende boringer 246.756 og 246.698. I sidstnævnte, Bilag 4, ses det i øvrigt at det nedre sand i Jydegård og Robbedale grus kan have samme gamma-strålingsniveau, hvorfor grænsen kan være svær at fastsætte udelukkende ud fra gamma-log.

Endelig vurderes det, at den markant højere stråling fra 5 til 8 m dybde er forårsaget af en cement afspærring bag forerøret.

3.2 Boring 246.755 og 246.756 (Bilag 2 og 3)

I disse to ikke særligt dybe boringer (20 og 25 m) foreligger såvel gamma- som induktionslog, sidstnævnte desværre i begge målt med en skala-indstilling på maksimalt 30 mS/m, hvilket ses at have været for lavt ved flere dybdesektioner (fuldt skalauslag). Det meget høje **gamma-strålings** niveau i de øverste 5 m, som ikke modsvarer af en tilsvarende høj ledningsevne på induktions-loggen, indikerer anvendelse af en cement-afspærring bag foringsrøret. De vekslende ler og sandlag i Jydegård formationen ses afspejlet ved den vekslende gamma-stråling, og Robbedale gruset i de nederste 8 m i 246.756 fremtræder med en entydig lav gamma-stråling (<10 cps). I boring 246.755 ses en god overensstemmelse mellem gamma-log og **induktions-log**, dvs. høj gamma-stråling ved lerlag modsvarer af høj ledningsevne (>30 mS/m) medens lav gamma-stråling ved sandlag modsvarer af lav ledningsevne (8-15 mS/m). I boring 246.756 er denne sammenhæng mellem gamma-stråling og ledningsevne ikke helt så entydig, idet nogle af dybdesektionerne med høj led-

ningsevne ikke modsvarer af tilsvarende høj gamma-stråling. Sådant høj ledningsevne må derfor tolkes som forårsaget af centreringsstyr af metal for hver 3 m på filtersektionen. Det må formodes, at tilsvarende centreringsstyr er anvendt i den forrige boring, som er udført samtidig. Når de alligevel ikke her forstyrrer sammenhængen mellem gamma-strålingsniveau og ledningsevne-niveau, må det skyldes at de i netop denne boring tilfældigvis sidder i samme dybde som lerlagene i den vekslende Jydegårds-lagserie.

En størrelsesorden på resistiviteten i Robbedale gruset kan fås fra induktions-loggen i 246.756, hvor ledningsevnen i de uforstyrrede sektioner ses at ligge på 5-9 mS/m svarende til 200-110 Ohmm.

3.3 Boring 246.698 (Bilag 4)

Logging undersøgelsen i denne 120 m dybe boring fra 1983 blev udført i umiddelbar forlængelse af afslutningen på borearbejdet i 1983, men efter at boringen var færdigudbygget med forerør og filtersektion. Logging undersøgelsen omfattede dels en gamma-log og dels en 16" Normal resistivitets-log, sidstnævnte dog kun for den 24 m lange filtersektion nederst i boringen. **16"Normal** resistiviteten i Robbedale gruset ses at være i størrelsesorden 50-60 Ohmm. Den sande formationsresistivitet må dog formodes at være højere, idet en 16" Normal sonde ikke måler ret langt ud i formationen og derfor er påvirket af den formodentlig væsentlig lavere resistivitet (formodentlig ca. 20 Ohmm = ca. 50 mS/m) i vandet i selve boringen.

Selv om det må påregnes, at **gamma-strålings** niveauet på forerørssektionen ovenover filteret er påvirket (forøget) som følge af opfyldning med lerspærre, ses der stadig en stærkt varierende gamma-stråling især i Jydegård formationen, men også i de øverste ca. 25 m af Arnager Grønsand formationen. Derimod er gamma-strålingen som forventet væsentlig mindre og mere konstant i Robbedale formationen. Variationen i gamma-strålingen ses i størstedelen af Jydegård nøje at korrelere med de beskrevne lithologiske variationer, således at lerlag viser højere gamma-værdier end lag beskrevet som sand. Det meste af den gennemborede del af Arnager Grønsand formation er beskrevet som værende ret ensartet finsand, stærkt glaukonitholdig og kalkfri, men mere uensartet og kalkholdig i de nedre ca. 10m. Selv om gamma-strålingen i Arnager Grønsand ses at være mindre varierende og generelt lavere end i den mere vekslende Jydegård formation, er der tydeligvis større lithologisk variation i de øverste 20-25 m af Arnager Grønsand end angivet på boreprofilen. Grænsen mellem de to formationer, Arnager Grønsand og Jydegård, ses tydeligt afspejlet ved denne generelle forskel i gammastrålings-niveau og -mønster.

Det bratte fald i gamma-strålingsniveau i 94 m dybde, dvs. 2 m ovenover bund af forerør, er ikke sammenfaldende med den lithologiske grænse mellem ler og sand 7 m højere oppe, og må derfor skyldes, at lerspærren slutter i denne dybde. Den nederste del af Jydegård, som overvejende er beskrevet som mellem groft, stærkt kvarts-holdigt, kalkfri sand, ses ikke at kunne skelnes fra det underliggende Robbedale grus ved gamma-strålingen. Derimod underbygger 16"N resistivitets-loggen den angivne grænse i ca. 104 m mellem de to formationer, idet resistiviteten i den nedre del af Jydegård er mere varierende end i Robbedale gruset. Variationerne i Jydegård kan ikke skyldes samlinger (blændrør) i filtersektio-

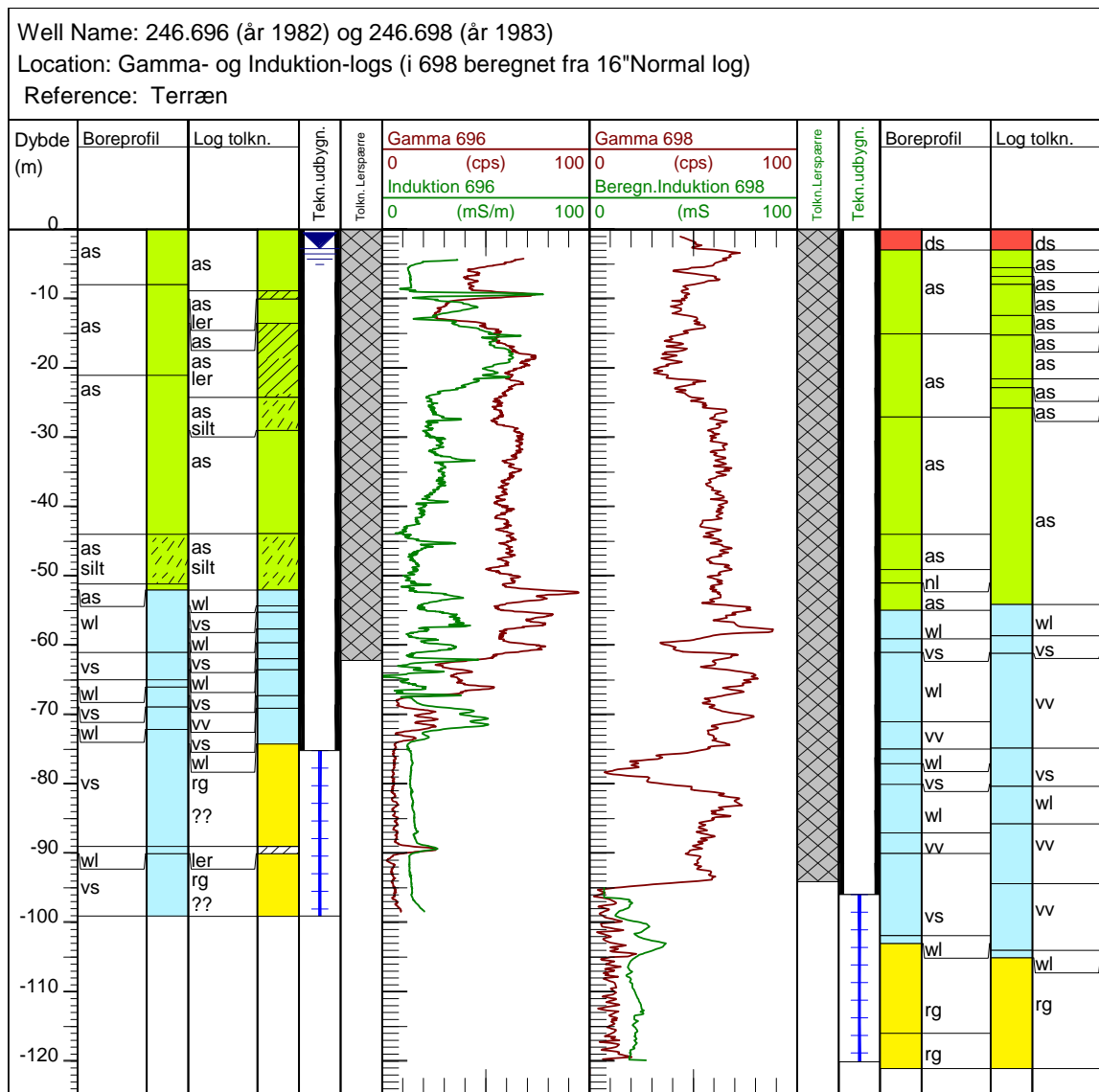
nen, idet de optræder hyppigere end de 6 m, som er den normale afstand mellem blænderør.

3.4 Boring 246.696 (Bilag 5)

Det er nærliggende at sammenligne ovennævnte boring med den 99 m dybe boring 246.696, som ligger ca. 200 m nordvest for 246.698, og hvorfra der foreligger moderne digitale logs fra en tidligere undersøgelse udført af GEUS i 2006 for Bornholms Regionskommune. Lagserien i denne boring udgøres af 51 m Arnager Grønsand underlejret af vekslende ler og sandlag, der af DGU's geologer i 1983 er beskrevet som hørende til Jydegård Formationen helt til boringens bund. På basis af de i udførte logs, Gamma- og Induktions-log, blev de nederste 25 m i GEUS rapport 2007/36 vurderet til at være Robbedale grus, se Figur 2, pga. den meget ensartede og lave gamma-stråling (<10 cps) såvel som ledningsevne (11-16 mS/m) i denne nederste del af lagserien.

På Figur 2 ses variationen i gamma-log og induktions-log i boring 246.696 nøje at følges ad i alle tre formationer bortset fra dybdeintervallet 10-13 m, hvilket indikerer at den relative variation i såvel ledningsevne som gamma-stråling skyldes variation i lerindhold. Hertil kommer, at det absolutte niveau i gamma-strålingen også bestemmes af glaukonit indholdet samt af en eventuel lerspærre (ler, bentonit og/eller cement). Det generelle fald i gamma-strålingen i 62 m dybde tolkes som overgang mellem lerspærre og gruskastning. Lerspærren påvirker tilsyneladende ikke induktions-loggen, hvorfor den må formodes at være udført af en blanding af bentonit og cement. Ligesom ved boring 246.698 ses grænsen mellem de to formationer, Arnager Grønsand og Jydegård, i 52 m dybde tydeligt afspejlet ved den generelle forskel i gammastrålings-niveau og -mønster.

En tolkning af loggene i boring 246.696 som vist i Figur 2 med tilstedeværelse af Robbedale betyder, at Jydegård Formationen i denne boring kun er ca. 25 m tyk, hvorimod den i boring 246.698 beliggende ca. 200 m længere mod sydøst er 50 m tyk. Denne forskel synes ikke sandsynlig og kaster derfor tvivl om den angivne tolkning i boring 246.696. Tolkningen på Bilag 5 er derfor ændret til, at de pågældende lag fra ca. 75 m til boringens bund i 99 m dybde også tilhører Jydegård Formationen således som angivet på boreprofilen.



Figur 2: Samme relative variation på Gamma- og Induktions-log i 246.696 afspejler en variation i ler-indhold. I begge boreriger indikerer Gamma-loggen en lithologisk større ensartethed i de nederste 25-30 m af Arnager Grønsand sammenlignet med dels den øvre del af Arnager Grønsand og dels den underliggende Jydegård Formation. Grænsen til Jydegård Formationen markerer sig herved tydeligt. Se tekst og Bilag 5 vedrørende log-tolkning af "rg??".

4. Boringer udelukkende med Arnager Grønsand formationen

4.1 Boring 246.711 (Bilag 6)

Fra denne 75 m dybe boring (kun udbygget til 70 m) foreligger der dels en gamma-log, dels to resistivitets-logs, 16" Normal og 18'8" Lang Lateral, og endelig også en flow-log. Alle logs fra denne boring er ligesom fra de tidligere omtalte boringer udført efter færdigudbygning med forerør og filterrør, og ligesom ved 246.698 diskuteret ovenfor, er logging udført umiddelbart efter boringens afslutning og færdigudbygning. Gamma 1+2 er sammensat af to logs målt med hver sit måleområde (skala område).

Der foreligger beskrivelse af 20 indsendte prøver fra denne boring, og ifølge beskrivelsen er lagserien ned til 53 m meget ensartet bestående af en overvejende svagt siltholdigt, kalkfrit men stærkt glaukonitholdig finsand. Den markant højere **gamma-stråling** i de øverste 25 m må derfor tilskrives opfyldning med lerspærre udenom forerøret til denne dybde. Den ret store variation i gamma-strålingen, som ses netop i disse første 25 m, kunne afspejle en lithologisk variation, som ikke er observeret ved prøvebeskrivelsen som følge af, at der ikke er udtaget tilstrækkeligt mange prøver. Men det kan ikke udelukkes at variationen i de øverste 25 m med lerspærre afspejler en diametervariation i boringshullet, hvor større diameter resulterer i større volumen lerspærre og derfor lokalt højere gamma-stråling. I de underliggende 45 m af boringen ses gamma-strålingen i Arnager Grønsand at være ret konstant på 13-17 cps i overensstemmelse med den ensartede lagfølge beskrivelse, som dog indikerer varierende siltindhold og enkelte lerlag samt et vist kalkindhold fra 53 m dybde.

De to **elektriske logs** kan kun give brugbare måleresultater i selve filtersektionen, hvor der kan etableres elektrisk kontakt til formationen gennem filterslidserne. I grove træk viser de to elektriske log-typer samme resistivitetsvariation, men 16"N viser dels højere resistivitet (60-100 Ohmm) end 18'8"LL (40-80 Ohmm), og dels større effekt fra de blændede samlingsstykker mellem filtersektionerne. Disse blændede rørdele uden slidser har en længde på ca. 30 cm og ses netop på 16"N at optræde som en markant resistivitets-top for hver 6 m svarende til, at de enkelte filterrørssektioner er 6 m lange. Den generelt lidt højere resistivitet på 16"N log sammenlignet med 18'8"LL-log skyldes førstnævntes mindre penetrationsdybde ind i formationen udenfor filterrør og gruskastning. Resistiviteten bestemt ved 18'8"LL-log kan derfor påregnes at afspejle formationens sande resistivitet, som ses at variere mellem 40 og 80 Ohmm som nævnt ovenfor. Det er nærliggende at tolke denne variation som afspejlende en variation i porøsitet, idet en variation i lerindhold svarende til variationen i resistiviteten ville medføre en modsvarende variation i gamma-strålingen, høj resistivitet – lav gamma-stråling, og en sådan ses ikke. Som det dokumenteres i den følgende boring kan den manglende variation i gamma-stråling målt efter filterudbygning imidlertid skyldes filtergrusets dæmpende virkning på gamma-strålingen, især når den anvendte borediameter var så stor som i dette tilfælde, 500 mm.

I denne boring er der også udført en "diskret" **flow-log**, dvs. måling af antal rotationer per minut af en stationær propel-sonde med position for hver 0,5 m i filtersektionen under

pumpning af 22 m³/time fra boringen med en pumpe anbragt i forerøret ovenover filtersektionen. Flow-loggen er vist dels med indstrømningen i % af den totale ydelse (22 m³/time) for hver 0,5 m, og dels som den akkumulerede indstrømning med 100% øverst i filteret ved overgangen til forerøret. Ved en sådan "gammeldags" diskret flow-log-sonde skal strømmingen op over et vist niveau før propellen begynder at rotere. Ved den aktuelle diameter på filterrøret svarede den målbare minimumsstrømning til et flow på ca. 15%, som først blev opnået ca. en 1/3 oppe i filteret. Dvs. 15% af indstrømningen sker i de nederste 14 m af filteret, medens de resterende 85 % indstrømmer i de øverste 22 m af den i alt 36 m lange filtersektion, og heraf indstrømmer 13 % i toppen af filteret lige under forerøret. Der ses i øvrigt en sammenhæng mellem indstrømningsfordelingen og resistivitets-variationen, der afspejler manglende indstrømning fra lag med lav resistivitet tolket som lerholdige lag i Arnager Grønsand.

Flow-loggen var anbragt i boringen nedenunder pumpen medens der blev pumpet 22 m³/time i ca. 22 timer, hvorefter pumpen blev stoppet og der blev foretaget tilbagepejling af vandspejlet i 70 min. til vurdering af **korttids-transmissiviteten, Bilag 7**. Denne blev bestemt til $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{sek}$. I øvrigt blev flow-loggen gentaget tre gange under de 22 timers pumpning, nemlig efter 1,5 time, efter 3,5 time og endelig efter 21 timer. Det blev herved dokumenteret, at indstrømningsfordelingen stort set ikke ændrede sig.

4.2 Boring 246.712 (Bilag 8)

I denne 92 m dybe boring (udbygget til 91 m) også fra 1986 var det muligt at udføre logging allerede umiddelbart efter færdigboring men inden færdigudbygning med forerør og filtersektion. Der foreligger derfor gamma-log og to elektriske logs (16"Normal og 18'8"Lang Lateral) såvel fra lige før filterudbygning som fra umiddelbart efter filterudbygning. Endvidere også en flow-log fra efter filterudbygningen.

Der foreligger beskrivelse af 20 indsendte prøver fra denne boring, som ligger ca. 200 m syd for 246.711. Som følge af denne beliggenhed og lagseriens generelle hældning mod syd kan lagfølgen i 246.712 forventes øverst at indeholde Arnager Grønsand som er yngre og ikke truffet i 246.711. Dette holder også stik, idet der i de øverste 20 m optræder mere silt og ler end truffet i 246.711. Fra denne dybde og til boringens bund er lagserien beskrevet tilsvarende som de øverste 53 m i boring 246.711, dvs. som overvejende svagt siltholdigt, men stærkt glaukonitholdigt finsand, men med den væsentlige forskel at være kalkholdig i 246.712 i modsætning til 246.711, hvor den er beskrevet som kalkfri.

Idet der er udført **gamma-log** såvel før som efter udbygning med forerør og filtersektion foreligger der en enestående lejlighed til at dokumentere effekten fra såvel lerspærre udenom forerør som fra gruskastning udenom filtersektionen: Sammenlignes de to gamma-logs ses "gamma-efter" at have en markant højere stråling ned til 40 m dybde som følge af lerspærren, samt en signifikant lavere og mindre varierende stråling fra 45 m dybde og til boringens bund sandsynligvis som følge af filter-gruskastningens dæmpende effekt på gamma-strålingen. Ud over disse forskelle er det vigtigt at fremhæve, at gamma-strålingen i de øverste 40 m ikke alene er stærkt forøget pga. det anvendte lerspærre materiale, men variationsmønstret på "gamma-efter" er helt anderledes end på "gamma-før" på sektionen ned til 40 m. Anderledes forholder det sig på sektionen fra 45 m og ned til boringens bund, hvor

de to gamma-logs nok er forskellige i niveau, men stadig viser samme relative variationsmønster.

Konklusionen af disse observationer bliver, at tolkning af gamma-log opmålt i boringer efter færdigudbygning ikke giver mening i sektioner, hvor der er anvendt lerspærre (eller cement spærre), idet denne dels øger gamma-strålingen (her ca. 25 cps) og dels kan ændre det naturlige strålingsmønster i tilfælde med diametervariation (ses ofte i en borings øverste del). Derimod giver en tolkning af gamma-log i filtersektioner med gruskastning stadig mening, men skal gøres med omhu, idet strålingen er dæmpet (her ca. 10 cps) og variationsmønstret derfor er mindre tydeligt.

Ved udelukkende at betragte den "uspolerede" gamma-log fra før filterudbygning, ses det, at strålingen generelt er lavere i lagserien ovenover 25 m (13 – 25 cps) end den er under 25 m (20 – 30 cps), hvilket verificerer prøvebeskrivelsen omtalt ovenover. Og selv om lagserien fra 20-25 m og nedefter er beskrevet som ret ensartet, viser "gamma-før" at gammastrålingen i Arnager Grønsand varierer imellem 20 og 30 cps formodentlig afspejlende en variation i lerindhold og i mindre grad muligvis også i glaukonit indhold.

Ligesom for gamma-logs er der her en enestående lejlighed til at dokumentere effekten af filtersætning på **elektriske logs** målt i filtersektionen ved at sammenligne med de samme logs udført før filtersætningen: Det ses umiddelbart, at 18"8" Lang Lateral loggen måler den samme resistivitet i filtersektionen som den målte på den samme dybde i det åbne borehul inden filtersætningen. Derimod måler 16" Normal log en resistivitet, som er 50-60 Ohmm højere i filtersektionen end målt på den samme dybde i det åbne borehul. 16" Normal log har ikke ret stor indtrængningsdybde, hvorfor den i det åbne borehul med større diameter og derfor større væskevolumen end i det filtersatte borehul er påvirket af resistiviteten i den væske, som står i borehullet, hvorfor 16"N^{før} vil vise lavere resistivitet end 16"N^{efter}. Ligeledes vil den højere resistivitet i gruskastningen udenfor filteret øge resistiviteten målt efter filtersætning sammenlignet med før filtersætningen. Endelig er det også værd at bemærke, at der ikke ses nogen effekt fra samlingerne (blænderør) for hver 6 m på 18"8" Lang Lateral loggen, medens denne effekt jo er tydelig på 16" Normal.

Hvis man sammenligner de to elektriske log-typer, **18"8"LL^(før) og 16"N^{før}**, målt i hele boringens dybde før filtersætning, ses de i grove træk at vise samme resistivitetsvariation. Men 16"N^{før} viser som ventet en lidt lavere resistivitet (ca. 25 Ohmm mindre) end målt med 18"8"LL^(før) på grund af førstnævntes mindre penetrationsdybde ind i formationen og derfor i højere grad også påvirket af borevæskens resistivitet. Resistiviteten bestemt ved 18"8"LL-log kan derfor påregnes at afspejle formationens sande resistivitet, som ses at variere mellem 40 og 110 Ohmm. Denne variation reflekterer især fra ca. 25 m og nedefter en variation i lerindhold, idet der under denne dybde ses en modsvarende variation i gammastrålingen (log før udbygning), dvs. høj resistivitet som følge af lavt lerindhold modsvares af lav gamma-stråling. Ovenover 25 m ses variationen i resistiviteten i store træk at følge variationen i gammastrålingen, dvs. lav gamma-stråling følges af lav resistivitet, hvorfor resistivitetsvariationen over denne dybde i højere grad afspejler en porøsitetvariation på grund af varierende indhold af silt og sand.

Ligesom i den forrige boring foreligger der i denne boring også en "diskret" **flow-log**, dvs. måling af antal rotationer per minut af en stationær propelsonde med position for hver 0,5

m i filtersektionen med en pumpe anbragt i forerøret ovenover filtersektionen. Denne flow-log er udført 1,5 time efter pumpestart og under pumpning med $45 \text{ m}^3/\text{time}$ fra boringen. Flow-loggen er vist dels med indstrømningen i % af den totale ydelse ($45 \text{ m}^3/\text{time}$) for hver 0,5 m, og dels som den akkumulerede indstrømning med 100% øverst i filteret ved overgangen til forerøret. Af flow-loggen ses det, at indstrømningen er forholdsvis jævnt fordelt over hele filteret, dog med største indstrømning, 10 % på den øverste halve meter lige under forerørets bund i 49 m. Sektionen fra 49 m til 65 m yder 50 %, og de resterende 50 % indstrømmer fra sektionen 65 m til filterets bund i 91 m. Indstrømningsfordelingen af de 15 % fra de nederste 5 m kan ikke bestemmes fordi strømningen skal overstige en vis størrelse for at få propellen til at rotere ved diskrete målinger (stationær dybdeposition af propellen). Der ses også i denne boring en sammenhæng mellem indstrømningsfordelingen og resistivitets-variationen, der afspejler manglende indstrømning fra lag med lav resistivitet tolket som lerholdige lag i Arnager Grønsand.

Ligesom ved den forrige boring blev der efter at pumpen blev stoppet efter i alt ca. 3 timers pumpning foretaget tilbagepejling af vandspejlet i 90 min. til vurdering af **korttids-transmissiviteten, Bilag 9**. Denne blev bestemt til $1,8 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek}$.

4.3 Boring 246.728 (Bilag 10)

Fra denne 82 m dybe boring fra 1989 foreligger såvel gamma- som induktions- og 64" Normal-log, sidstnævnte kun opmålt i den filtersatte sektion. Arnager Grønsandet er beskrevet som ensartet overvejende fint sand og silt, stærkt glaukonitholdigt og kalkholdigt ned til 38 m. Fra denne dybde og nedefter er der i flere af prøverne tillige observeret et vist lerindhold. Det meget høje **gamma-strålings** niveau i de øverste 21 m, som ikke modsvarer af en tilsvarende generel høj ledningsevne på induktions-loggen, indikerer anvendelse af en cement-bentonit udfyldning bag foringsrøret snarere end en lerspærre. Denne cement-bentonit udfyldning til 21 m dybde er således kun udført til ca. 19 m over top filtersektion. Fra 21 m og til 69 m ses gamma-strålingen at være forholdsvis ensartet, idet den kun varierer mellem 5 og 13 cps, hvilket i betragtning af variationen i resistiviteten (se nedenfor) tyder på, at filtergruset har haft en betydelig dæmpende effekt på gamma-strålingen. Det overraskende her er, at gamma-strålingen i sektionen med bentonit afspærring ikke alene er mere varierende end i sektionen med filtergrus, men at gamma-strålingen også varierer i takt med ledningsevnen på Induktions-loggen.

Induktions-loggen viser en ledningsevne, der varierer mellem 23 og 45 mS/m i sektionen bag forerøret, og som nævnt i takt med variationen i gamma-strålingen indikerende at begge log-typer afspejler variation i lerindholdet. I filtersektionen ses der en jævn fordeling af markante peaks med ledningsevne langt over 100 mS/m for hver 3 m, hvilket er målinger, som er stærkt påvirket af metalgenstande, i dette tilfælde af metalstyr til centrering af filtersektionen. For at få en ide om den reelle ledningsevne i formationen skal der ses bort fra disse peaks og kun betragte en indhyldningskurve til de laveste værdier imellem peaks. Derved ses ledningsevnen at variere mellem 20 og 36 mS/m i denne sektion.

Sammenlignes denne variation i ledningsevne i filtersektionen med variationen i den målte resistivitet på 64" **Normal log**, ses der at være en god overensstemmelse, idet laveste resistivitet f.eks. 45 Ohmm i 60 m dybde modsvarer af højeste ledningsevne, 40 mS/m i

samme dybde. De to logs varierer således spejlvendt som forventet, og resistiviteten ses at variere mellem 40 og 65 Ohmm. Omregnes den målte resistivitet til ledningsevne, fås den viste "beregnet induktions-log", som viser en variation i ledningsevnen mellem 15 og 23 mS/m. Denne beregnede log ses således at vise en noget lavere ledningsevne, men med samme variationsforløb som induktions-loggen, hvis der ses bort fra de omtalte peaks. Der er grund til at antage, at den sande resistivitet i formationen bestemmes bedre med 64" Normal log end med induktions-loggen i en sådan filtersektion med metalstyr for hver 3 m, idet disse ikke alene resulterer i peaks på induktionsloggen, men generelt synes at påvirke denne og resultere i for høj ledningsevne og dermed i for lav omregnet resistivitet.

På basis af de forskellige logs er der i tolkningssøjlen vist de sektioner i Arnager Grønsand, hvor lerindholdet skønnes at være særlig højt.

5. Boringer med Arnager Kalk, Arnager Grønsand og lidt Jydegård

5.1 Boring 246.615 (Bilag 11)

Denne 124 m dybe boring fra april 1975 skred delvis sammen ved optrækning af stålførerøret inden udbygning med filter. Der foreligger derfor kun en gamma-log til 91 m dybde, og denne blev opmålt umiddelbart efter borearbejdets afslutning som diskrete målinger for hver anden meter, dvs. sonden blev holdt på hver dybdeposition i et minut til registrering af gammastrålingen. DTU rådede på dette tidlige tidspunkt i anvendelse af gamma-logging endnu ikke over udstyr, som kunne udføre kontinuert logging med printer-udskrift i felten.

Boreprofilet viser øverst 8 m smeltevandssand over 4 m Arnager Kalk, og derefter Arnager Grønsand til 98,5 m, og endelig lag af Jydegårdssand til boringens bund i 124 m. Gamma-loggen er således ikke nået ned i Jydegårds-formationen, hvorfor resultatet af den diskrete gamma-log ses som en meget jævn log-kurve varierende mellem 8 og 11 cps i Arnager Grønsand, og med et lidt højere strålingsniveau i Arnager Kalken.

5.2 Boring 246.617 (Bilag 12)

På grund af kollapset i den nedre del af boring 246.615 blev der allerede i december 1975 udført en ny boring til 119 m dybde og beliggende omtrent samme sted. I denne boring blev der udført kontinuert gamma-logging i juni 1976 efter at boringen var færdigudbygget med filter (oplysninger om konstruktionen foreligger ikke).

Boreprofilet viser øverst 9 m smeltevandssand over kun 1,5 m kalk som må formodes at være Arnager Kalk selv om det er beskrevet som Cenomanien kalk tilhørende Arnager Grønsand formationen. Under denne kalk fortsætter Arnager Grønsand til ca. 97 m, hvorfra Jydegårdssand optræder til boringens bund i 119 m. **Gamma-loggen** viser en forholdsvis jævn kurve varierende mellem 7 og 15 cps i Arnager Grønsandet og med enkelte peaks på 17 cps. I den nedre del af Arnager Grønsandet, dvs. under ca. 60 m er gamma-strålingen generelt lidt mindre end ovenover denne dybde. I Arnager Kalk ses en peak på ca. 19 cps. Fra ca. 100 m dybde falder gamma-strålingen signifikant til mellem 3 og 9 cps i Jydegård formationen, dvs. at faldet sker ca. 3 m under grænsen mellem Arnager Grønsand og Jydegård. Det kraftige fald kan ikke skyldes overgang fra lerspærre til filtergrus, idet strålingsniveauet på 7 – 15 cps i Arnager Grønsandet svarer omtrent til hvad der blev målt med samme måle-sonde i boring 246.615. Sidstnævnte boring kollapsede og det må derfor formodes, at den ikke nåede at blive udbygget med lerspærre, filter og gruskastning inden logging blev udført.

5.3 Boring 246.757 (Bilag 13)

Fra denne 109 m dybe boring (udbygget til 101 m) fra 1991 foreligger en gamma- og en induktions-log fra 1992 (opmålt af DTU). Førstnævnte er uvist af hvilken grund kun opmålt

til 69 m dybde. Fra denne boring var der indsendt 24 prøver, og beskrivelsen af disse viser ret overraskende at Arnager Grønsandet ikke alene som forventet er overlejret af Arnager Kalk (10 m), men at der under Arnager Grønsand fra 66 m dybde også optræder først 20 m kalkholdigt ler og silt, som er vurderet stratigrafisk at være fra Turonien og dermed tilhørende Arnager Kalk formationen. Dernæst 11 m Arnager Grønsand underlejret af 8 m ler og silt, igen vurderet til at være fra Arnager Kalk formationen.

Gamma-strålningsniveauet i Arnager Grønsand formationen har en størrelsesorden (13 – 20 cps) som set i sektioner nedenunder lerspærren i andre boringer fra denne rapport. Det vurderes derfor, at det målte gamma-strålningsniveau ikke er påvirket af nogen lerspærre. I nyere boringer som denne anvendes der ofte et materiale til afspærring, som ikke indeholder kalium og derfor ikke påvirker en gamma-log. I en del af den ”øvre Arnager Kalk” ses der en noget højere gamma-stråling (15-30 cps) end observeret i Arnager Grønsand. Desværre nåede gamma-loggen ikke ned til den overraskende ”nedre Arnager Kalk”.

Den lokalt meget høje gamma-stråling i dele af de kvartære sandlag skyldes ikke ler, idet der ikke ses en tilsvarende høj ledningsevne på induktions-loggen. Da der ikke er høj gamma-stråling generelt i hele denne top-sektion er der næppe tale om en cementopfyldning, men snarere tilstedeværelse af kaliumrige mineraler i nedknust klippemateriale i morænesandet, f.eks. højt indslag af nedknust granit.

Induktions-loggen er heldigvis opmålt helt til bunden af den udbyggede boring, og viser en meget varierende ledningsevne, fra 4 mS/m i det kvartære sand (over grundvandspejlet) til 50-70 mS/m i det øvre Arnager Kalk faldende til mellem 20 og 40 mS/m i Arnager Grønsand ned til 66 m dybde. Fra denne dybde og til boringens bund varierer ledningsevnen igen meget, mellem 20 og 75 mS/m. Der ses alt i alt en god overensstemmelse mellem lagfølgebeskrivelsen og ledningsevns variation, idet lag beskrevet som lerholdige har høj ledningsevne, medens lag beskrevet som Arnager Grønsand har lav ledningsevne. Induktions-loggen bekræfter således tilstedeværelsen af de lerholdige lag i sektionen fra 66 m til 86 m, og ligeledes fra 97 m. Det er dog usandsynligt, at de stratigrafisk skulle være Turonien ler fra Arnager Kalk som angivet i borebeskrivelsen. Som det ses i diskussionen af den efterfølgende boring 246.758, indikerer den her opmålte induktions-log tilstedeværelsen af de samme lerholdige sektioner uden at de her er blevet klassificeret som tilhørende Arnager Kalk formationen.

Der er tilsyneladende ikke anvendt metalstyr til centrering af filtersektionen, idet der ikke på induktions-loggen ses de sædvanlige kraftige udsving, som normalt observeres i filtersektioner, hvor sådanne styr er anvendt (se efterfølgende boring nedenfor).

Den reviderede tolkning betyder, at den samlede tykkelse på Arnager Grønsand formationen andrager 90 m, idet den er blevet gennemboret til Jydegårdssand i 107,5 m.

5.4 Boring 246.758 (Bilag 14)

I denne 130 m dybe boring (udbygget til 126 m) fra 1991 er der indsendt 30 prøver til borebeskrivelse, og det resulterende boreprofil viser Bauneodde silt (tre prøver) under 4,5 m kvartær sand og silt. Bauneodde silt, benævnt som Bauneodde ler, fortsætter til 16 m, hvorunder Arnager Kalk formationen optræder ned til 36 m, hvorfra Arnager Grønsand for-

mationen træffes. Denne er først gennemboret i ca. 126 m dybde, dvs. Arnager Grønsands samlede tykkelse er 90 m ligesom i den forrige boring.

Fra denne boring forelå der kun en gamma-log opmålt af DTU i 1992. Da denne ligesom i den forrige boring kun var udført til 69 m dybde, blev Rambøll anmodet om at udføre Induktions-log og Gamma-log i forbindelse med at firmaet skulle udføre VSP-målinger i boringen for NST Roskilde som led i den igangværende grundvandskortlægning af Stampen området.

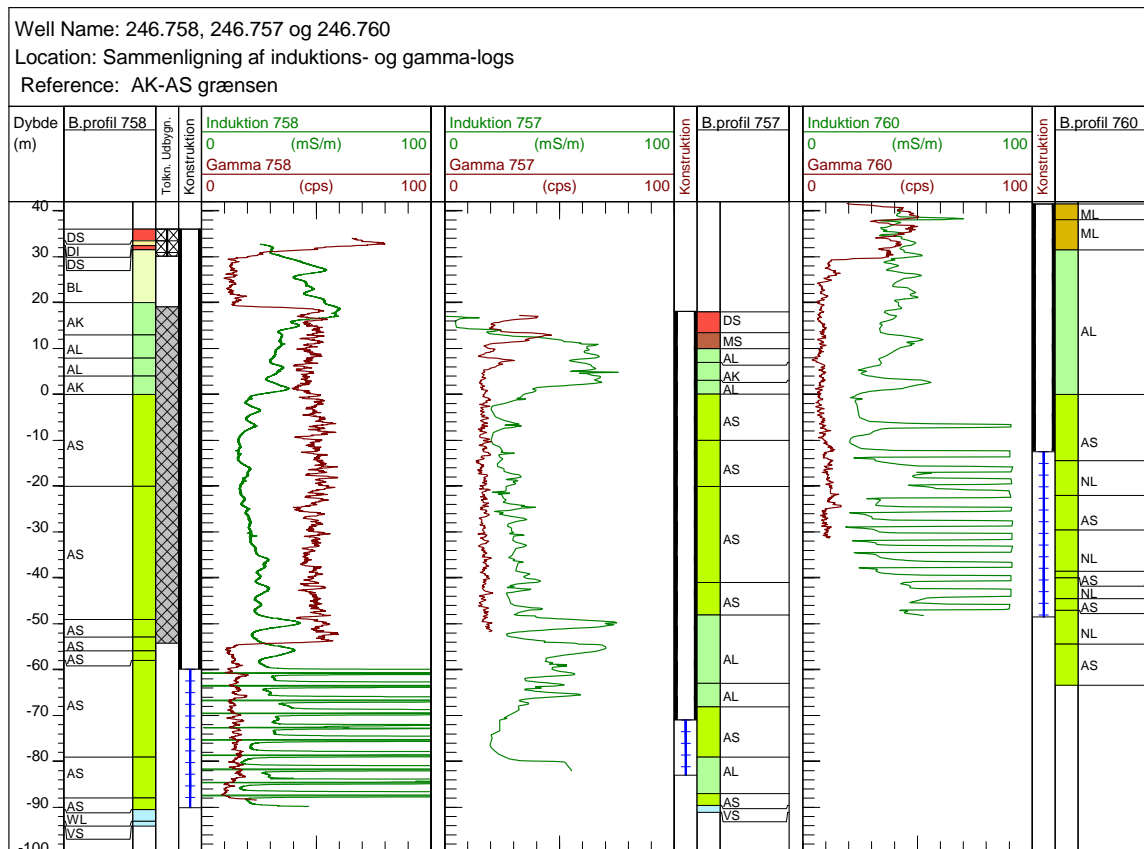
Ved sammenligning af DTU's gamma-log og Rambøll's ses de at vise fuldstændig samme variation i gamma-strålingen, men med et noget højere niveau på Rambøll's log på grund af en noget større detektor-krystal.

Gamma-loggen (Rambøll's) illustrerer tydeligt, at det anvendte materiale til afspærring/opfyldning bag forerøret har øget gamma-strålingen, idet man ser et markant fald i 90 m dybde, dvs. 6 m over filtersektionen, hvor afspærringen ophører. Det naturlige gamma-strålningsniveau for Arnager Grønsand ses derfor fra 90 m og ned til boringens bund, hvor det varierer mellem 8 og 20 cps, medens det oppe i forerøret, hvor der er opfyldning/afspærring udenfor dette, varierer mellem 40 og 60 cps. Der ses ingen signifikant forskel på Gamma-strålingens niveau imellem Arnager Kalk og Arnager Grønsands formationen, hvorimod grænsen mellem de to formationer afspejles ved et aftagende niveau i Arnager Kalken ned mod grænsen, og en pludselig stigning ved top Arnager Grønsand. Derimod er der overraskende stor niveauforskel imellem Arnager Kalkens og Bauneodde formationens gamma-stråling, idet sidstnævnte viser signifikant lavere stråling, 10 - 20 cps imod 40 - 60 cps i Arnager Kalk (med afspærring/opfyldning). Det må formodes, at det naturlige strålningsniveau fra Bauneodde formationen ville have været endnu mindre, hvis der havde været anvendt et afspærringsmateriale, som ikke indeholder Kalium og derfor ikke ville have effekt på en gamma-log. Dette betyder, at den naturlige gamma-stråling i Bauneodde formationen, der er beskrevet som glaukonit- og kalkholdig silt, ville have været lavere end i Arnager Grønsandet i boringens filtersatte sektion nederst. En anden årsag til det lave strålningsniveau fra 5 til 17 m dybde kunne være, at afspærringsmaterialet af en eller anden grund mangler i denne sektion. Ovenover tyder den høje gamma stråling på, at der her er udført cement forsegling.

Rambøll's induktionssonde måler samtidig to logs med forskellig måledybde, hvor den dybe repræsenterer formationens ledningsevne, medens den korte i højere grad er påvirket af ledningsevnen i såvel vandet i boringen som i gruskastning udenfor filteret og i afspærring/opfyldning bag forerøret. Ingen af de **to induktions-log** viser et skifte i ledningsevneniveau i 90 m dybde, hvor gamma-loggen indikerede at forseglingen udenom forerøret ophørte. Det anvendte materiale til forseglingen, som øger gamma-strålingen, har åbenbart ingen effekt på induktions-loggens måling af ledningsevne. De to induktions-log ses at have fuldstændig samme forløb, men den korte har overalt 8-20 mS/m lavere ledningsevne med største forskel til den dybe log på 15-20 mS/m ved de højeste ledningsevner, og mindste forskel på 8-12 mS/m ved de laveste ledningsevner. Ingen af de observerede variationer i ledningsevne følges af tilsvarende variationer i gamma-stråling. Det vil derfor være nærliggende at konkludere, at ledningsevne variationerne hovedsagelig skyldes variation i vandindhold på grund af variation i porøsitet.

Men på basis af erfaringerne fra de to logs i Arnager Grønsand i borerne 246.712 og 246.696 som er beskrevet tidligere, må det forventes, at variationen i formationsledningsevnen i nærværende boring afspejler en tilsvarende variation i lerindhold. Når dette så ikke ses på gamma-loggen må årsagen være udbygningen med afspærringsmateriale bag forerøret.

Den højeste ledningsevne ses i Bauneodde formationen (silt), den næsthøjeste i Arnager kalk formationen samt i visse sektioner i den nedre Arnager Grønsand, og endelig ses den laveste ledningsevne i den øverste samt den nederste del af Arnager Grønsand. Sammenlignes med induktions-loggen i den forrige boring, 246.757, **se Figur 3.**, ses der at være et fuldstændigt sammenfaldende forløb i Arnager Grønsand formationen, hvis man ser bort fra de markante udsving i filtersektionen i 246.758 som følge af metalstyr, og kun betragter de målte værdier i dybdeintervallerne imellem disse metaleffekter. Dermed kan det dokumenteres, at de lerlag i de nederste 40 m i 246.757, som er beskrevet som AL tilhørende Arnager Kalk formationen, også optræder i boring 246.758, hvor de er beskrevet som tilhørende Arnager Grønsand formationen.



Figur 3: Bemærk at dybde referencen 0 m er valgt som grænsen mellem Arnager Kalken og Arnager Grønsandet. Induktions-log i borerne 246.757 og 246.758 viser samme varierende mønster i Arnager Grønsand, indikerende samme lagfølge på trods af forskellige boreprofil beskrivelser. Den lithologiske beskrivelse i 246.757 svarer bedst til log-mønstret, men den stratigrafiske klassifikation AL på lerlag i Arnager Kalk burde være NL svarende til ler i Arnager Grønsand. Gamma-logs viser ikke samme variationsmønster som induktions-logs, fordi de er påvirket af boringsudbygningen.

Det er værd at hæfte sig ved dels den gode korrelation af induktions-logs mellem disse to borer, som ligger med en afstand af ca. 1,5 km, og dels forløbet af disse logs med generelt stigende ledningsevne mod dybden i Arnager Grønsand og så et pludseligt fald i den nederste del af denne formation. Det er overraskende, at dette mønster i Arnager Grønsand ikke modsvares af et tilsvarende mønster på gamma-log, hvilket man skulle forvente, hvis ledningsevnen variation skyldtes variation i lerindhold, således som det ses i borerne 246.712 og 246.696. Denne manglende tilsvarende variation i gamma-log i borerne 246.757 og -758 må derfor tilskrives effekten fra udbygningen af borerne snarere end at induktions-loggens variation skulle skyldes en generelt stigende porøsitet mod dybden efterfulgt af et pludseligt fald i den nedre del.

5.5 Boring 246.760 (Bilag 15)

For at undersøge om ovennævnte korrelation mellem induktions-logs i Arnager Grønsand formationen kunne udstrækkes til Nyker bassinet blev de analoge log-data fra boring 246.760 også digitaliseret og medtaget i nærværende undersøgelse.

Fra denne 105 m dybe boring (udbygget til 90 m) fra 1992 er der indsendt 25 prøver til borebeskrivelse, og det resulterende boreprofil viser 31,5 m Arnager Kalk formation under 10 m moræneler. Underlejrende Arnager kalken i 41,5 m optræder Arnager Grønsand, som endnu ikke er gennemboret ved boringens bund i 105 m, dvs. Arnager Grønsands tykkelse er større end 63,5 m.

Fra denne boring foreligger der en gamma-log, men kun til 72 m dybde, samt en induktions-log og en 64" Normal log, sidstnævnte kun fra den filtersatte sektion fra 54 m til 90 m.

Gamma-loggen viser meget høj stråling i moræneleret (30-50 cps), og noget mindre i såvel den lerede Arnager Kalk (AL) som i Arnager Grønsand. Der ses ingen signifikant forskel hverken i strålingsniveau eller mønster imellem Arnager Kalk og Arnager Grønsand, som i begge varierer mellem 6 og 12 cps, dog med enkelte peaks ned til 4 cps og op til 16 cps. Grænsen imellem de to formationer kan således ikke i denne boring identificeres ved gamma-strålingen. Udover det markante fald i 12 m dybde ses der intet andet markant fald i gamma-strålingsniveauet i forerørs-sektionen, som kunne indikere forsegling med et materiale, som giver øget gamma-stråling. Da dette indtræder 2 m under grænsen mellem moræneler og Arnager Kalk tolkes dette til at være forseglingsgrænsen.

Dette underbygges ved, at der på **induktions-loggen** ikke ses nogen forskel imellem ledningsevnen i moræneler og i den underliggende Arnager Kalk formation. Forseglingen må derfor være udført som en cement-bentonit forsegling. På denne log ses i øvrigt tydeligt effekten af metalstyr i filtersektionen. Ses der bort fra disse forstyrrelser på loggen, ses ledningsevnen i Arnager kalken at variere mellem 25 og 52 mS/m, medens den i Arnager Grønsand varierer mellem 20 og 50 mS/m. Ved sammenligning med gamma-log ses der ingen tilsvarende variation, sandsynligvis fordi gamma-loggen er påvirket af udbygningen. Ganske vist er der fra 12 m dybde ikke anvendt opfyldningsmateriale, som har øget gamma-strålingen. Men ved udbygningen med opfyldning bag et forerør med væsentlig mindre

diameter end den anvendte borediameter vil detektorens afstand til formationen øges og stråleniveauet eventuelt blive dæmpet og udjævnet.

Resistivitets-loggen i filtersektionen er ikke påvirket af metalstyr, og viser den modsatte variation af induktionsloggen, dvs. lavere ledningsevne modsvares af højere resistivitet og vice versa. Resistiviteten ses at variere mellem 30 og 50 Ohmm. Ved sammenligning med lagfølgebeskrivelsen af denne del af Arnager Grønsand ses de lerholdige lag fra 56 til 63,5 m og fra 82 og nedefter som ventet at have den mindste resistivitet og højeste ledningsevne, medens dette ikke er tilfældet for det lerholdige lag fra 71 til 80 m. Tvært imod har dette lag den højeste resistivitet og laveste ledningsevne, hvilket indikerer at beskrivelsen her er fejlagtig. Omregnes den målte resistivitet til ledningsevne, fås den viste "beregnet induktions-log", som viser en variation i ledningsevnen mellem 20 og 35 mS/m. Denne beregnede log ses således at vise en noget lavere ledningsevne, men med samme variationsforløb som induktions-loggen, hvis der ses bort fra de omtalte peaks. Der er grund til at antage, at den sande resistivitet i formationen bestemmes bedre med 64" Normal log end med induktions-loggen i en sådan filtersektion med metalstyr for hver 3 m, idet disse ikke alene resulterer i peaks på induktions-loggen, men generelt synes at påvirke denne og resultere i for høj ledningsevne og dermed i for lav omregnet resistivitet.

Endelig skal det bemærkes, at en sammenligning af induktions-loggen fra denne boring med tilsvarende log i de to forrige boringer, se Figur 3 ovenfor, viser, at den samme regelmæssighed i lagfølgen i Arnager Grønsand formationen i Stampen bassinet ikke genfindes i Nyker bassinet, idet loggen fra sidstnævnte ikke kan korreleres med de to fra Stampen området.

5.6 Boring 246.689 (Bilag 16)

For også at få belyst årsagen til den manglende sammenhæng mellem variation på gamma-log og på induktions-log i Arnager Kalk formationen således som det er observeret i boringerne 246.757, -758 og -760 diskuteret ovenfor, inddrages boring 246.689, der ligger 50 m syd for 246.758, i nærværende undersøgelse. Log-data fra 246.689, se Bilag 16, er moderne digitale logs stammende fra en GEUS undersøgelse i 2006 for Bornholms Regionkommune (GEUS Rapport 2007/36).

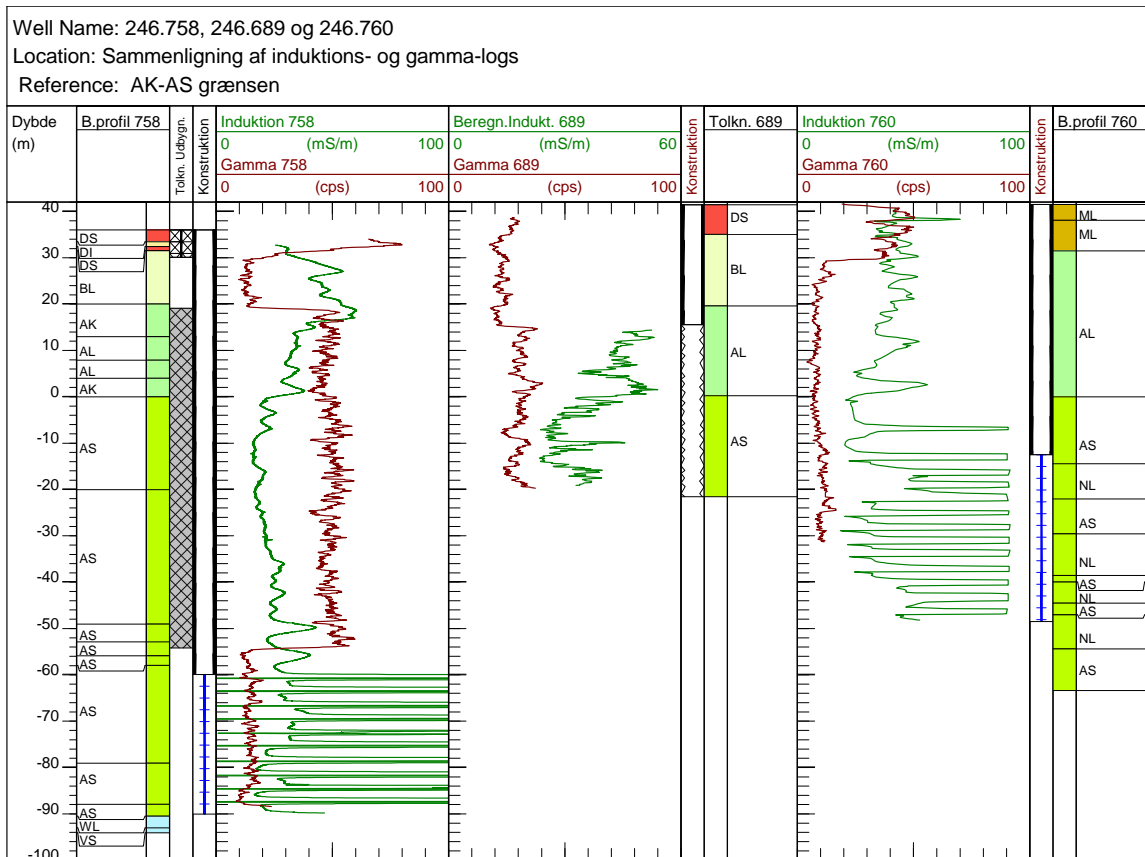
Denne boring fra 1978 er 63 m dyb, og er udbygget kun med et stålforerør til 26 m dybde, således at den stod med åbent borehul fra denne dybde. Boreprofilet foreligger kun beskrevet af brøndborer, som angiver sand til 6,5 m, ler til 19,2 m, blød kalk til 39 m underlejret af hård kalk til 61 m og endelig Grønsand og kalk de sidste 2 m. Fra denne boring foreligger der såvel en gamma- som en resistivitets-log (fokuseret Guard-log), se Bilag 16, men sidstnævnte log dækker kun den åbne sektion, idet forerøret er af stål. Den dæmpende effekt af stålforerøret på gamma-loggen ses tydeligt ved at strålingsniveauet stiger ca. 10-12 cps ved overgangen til det åbne borehul.

Selv om variationen i gamma-strålingen i sektionen inde i forerøret ikke er særlig stor, 17-30 cps, ses strålingen i de 6,5 m sand, tolket som kvartært smeltevandssand, at være lidt højere end i det underliggende ler, tolket som Bauneoddde formation. Sidstnævnte vurderes her til at være mere siltholdigt end lerholdig pga. den ringe forskel i gamma-stråling

sammenlignet med dels det kvartære sand ovenover og dels den underliggende formodede Arnager Kalk. Grænsen mellem Bauneodde formationen og Arnager Kalken i ca. 17-19 m dybde kan således ikke identificeres på gamma-loggen ved nogen entydig ændring i hverken niveau eller mønster.

I det åbne borehul ses gamma-loggen og resistivitets-loggen at variere modsat, dvs. lav gamma-stråling modsvares af høj resistivitet og vice versa. Dette viser således, at variation i ledningsevne og resistivitet også i Arnager Kalk formationen i det væsentlige reflekterer variation i lerindhold. Når dette derfor i tidligere diskuterede boringer ikke har været tilfældet, at gamma-log og induktions-log eller resistivitets-log ikke har varieret enten ens eller modsat, må det skyldes effekt fra udbygningen af boringen med forseglingsmateriale udenfor forerøret.

I øvrigt blev der på basis af de to logs i GEUS-rapporten fra 2006 og med støtte i brøndborerens borerapport tolket en grænse i 41,5 m dybde mellem en ca. 22 m tyk øvre Arnager Kalk og en ca. 20 m nedre Arnager Kalk, dvs. i alt ca. 42 m Arnager Kalk. I betragtning af, at afstanden til boring 246.758 kun er ca. 50 m, hvor Arnager Kalk formationen mellem Bauneodde Formationen og Arnager Grønsand Formationen kun er ca. 20 m tyk, er det usandsynligt, at der skulle være en sådan forskel i tykkelse af Arnager Kalk imellem de to boringer. Den tidligere tolkede "nedre Arnager Kalk" fra 41,5 m dybde er derfor antagelig i virkeligheden Arnager Grønsand Formationen. Denne tolkning er sandsynliggjort ved i Figur 4 nedenfor at sammenligne en "beregnet induktions-log" i boring 246.689 med induktions-logs fra boring 246.758 og 246.760. I nedenstående Figur 4 er logs i alle tre boringer dybdeskiftet således, at grænsen mellem Arnager Kalk formationen og Arnager Grønsand formationen er reference dybdeniveau 0 m. Dvs. boring 246.689 er dybdeskiftet således at den tolkede grænse mellem AS og AK i 41,5 m dybde på Bilag 16 er i reference dybde 0 m.

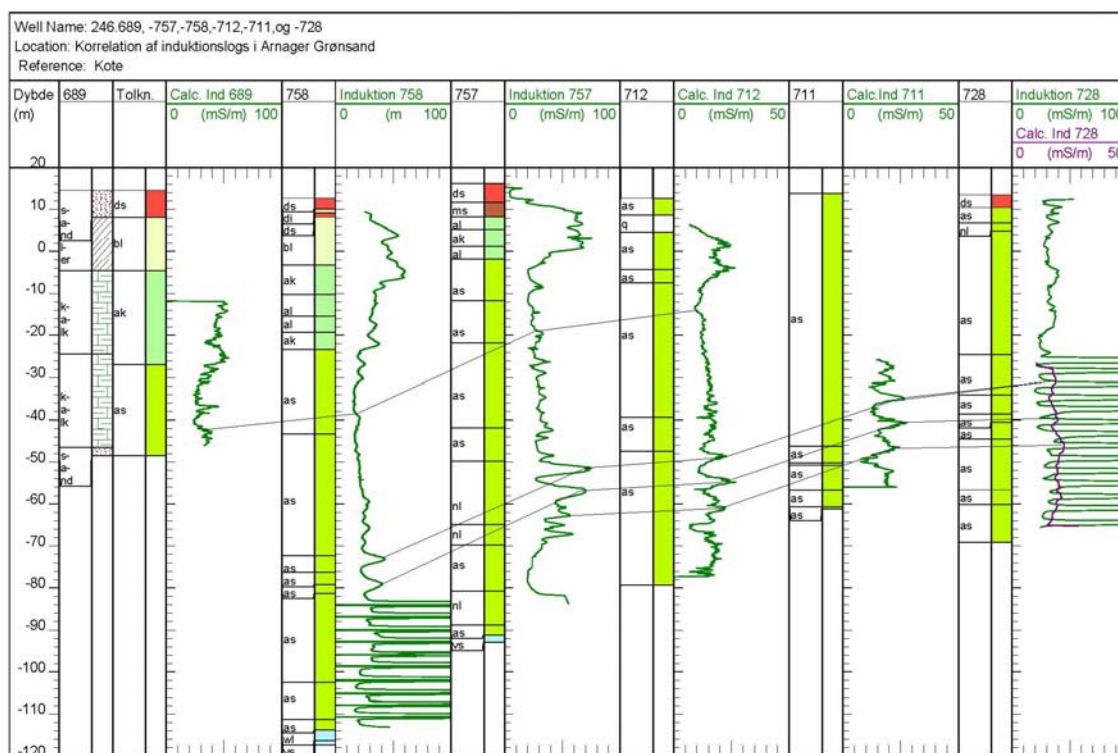


Figur 4: Induktions-logs i alle tre boringer (beregnet fra resistivitets-log i 246.689) viser en generelt aftagende ledningsevne i Arnager Kalk formationen ned mod grænsen til Arnager Grøn-sand formationen, hvis øverste 10-15 m har lav ledningsevne. Som den eneste af de tre boringer ses der her konform variation i gamma- og induktions-log i 246.689, fordi denne boring er åben.

6. Korrelation i Arnager Grønsand

Med henblik på at udvide undersøgelsen af korrelation imellem alle boreriger med Induktions-log i Arnager Grønsand formationen (**Bilag 17**) blev resistivitets-log i borerigerne 246.689, 246.711 og 246.712 omregnet til ledningsevne-log (Calc. Ind.) og sammenstillet med induktions-log i 246.757 og 246.758. I boring 246.728 foreligger der dels Induktions-log som er påvirket af metalstyr i filtersektionerne og dels resistivitets-log i filtersektionen. Sidstnævnte log er derfor også omregnet til ledningsevne-log (Calc. Ind. 728), som derefter er benyttet til at erstatte de dele af induktions-loggen, der er påvirket af metalstyr for derved at få en upåvirket log.

Sammenstillingen af de nævnte opmålte og omregnede induktions-logs i de seks boreriger ses også på nedenstående Figur 5. De fem af borerigerne ligger omtrent på en og samme tværslitslinie fra syd mod nord gennem kortlægningssområdet, hvorimod boring 246.757 ligger ca. 1,5 km sydøst for de øvrige boreriger. En tilsvarende sammenstilling af gamma-logs for korrelation viste sig ikke at være nyttig pga., at denne log-type i flere af borerigerne er stærkt påvirket af forseglingsmaterialet bag forerøret (ler- eller bentonit/cement spærre).



Figur 5: Korrelation af Induktions-log. Korrelationen fra boring 246.711 til 246.728 er usikker, men sandsynlig.

Sammenstillingen og korrelationen bekræfter den generelle hældning mod syd af lagene. Endvidere indikerer induktions-loggene at Arnager Grønsand Formationen kan opdeles i en øvre sekvens med et gradvis stigende lerindhold nedefter og muligvis også gradvist faldende kalkindhold nedefter, og en nedre sekvens med stærkt vekslende lag af ler og sand.

7. Konklusion

Det ville være nærliggende at sammenstille de målte gamma-strålingsniveauer i de forskellige typer formationer i hver af de 12 boringer i én tabel, men da der er så mange andre faktorer end de geologiske, som har indvirket på de målte gamma-logs, tjener en sådan sammenstilling ikke noget formål.

Som det fremgår af ovenstående diskussioner, er gamma-strålingsniveauet i en boring ikke alene afhængig af jord/bjergarternes naturlige strålingsniveau, men også af de tekniske forhold ved boringen som diameter, boringsudbygning og forsegling. Kun i åbne boringer uden filtersætning (246.689 og 246.712) er det observeret at variationen i gamma-strålingen er konform med variationen i formationsledningsevnen eller er modsat af variation i resistiviteten. Udover boringens konstruktion er måledetektorens størrelse også afgørende for det målte strålingsniveau. Endvidere spiller logging hastigheden ned gennem boringen også en rolle for det målte niveau, således at en for hurtig nedføringshastighed af målesonden vil medføre et lidt lavere tælleantal.

Disse forhold skal tages med i betragtning ved tolkning af gamma-logs. Sammenligning af gamma-logs fra forskellige boringer skal af samme grund gøres med omhu og forsigtighed. I Tabel 1 er det anført, at de ældre DTU gamma-logs er udført med en 1" krystal, medens de yngre er udført med en 4" lang Ø10 mm detektor krystal, som vil medføre, at der måles et lidt større tælleantal (cpm = impulser/minut) med denne detektor i samme boring og samme position. Den ene log målt af Rambøll i boring 246.758 er udført med en 2" detektor, som registrerer et væsentligt højere strålingsniveau end DTU's 1" detektor (1000 cpm højere i den forseglede del af boring 246.758).

Nedenstående Tabel 2 sammenfatter den målte ledningsevne og resistivitet i de forskellige typer formationer i hver af de 12 boringer. Men ligesom ved gamma-log skal man være opmærksom på, at boringens konstruktion, dvs. diameter, boringsudbygning og forsegling spiller en stor rolle for den målte parameter. Endvidere er målesondens konstruktion helt afgørende for, hvor langt ind i formationen den pågældende type sonde måler. Derimod har logging hastigheden ned gennem boringen ingen betydning for det målte niveau ved disse typer målinger, elektriske eller induktion.

Som det ses af Tabel 2 er der ingen entydig forskel på ledningsevne eller resistivitet imellem de forskellige formationer. Men når der analyseres på de enkelte log typer i den enkelte boring og specielt analyseres på en kombination af mindst to log typer i den enkelte boring er det i de fleste tilfælde muligt at identificere formationsgrænserne.

Table 2: Ledningsevne "Ind." (mS/m) og Resistivitet "Res." (Ohmm) bestemt ved henholdsvis Induktions-log og Resistivitets-log type 1 (18"LL), type 2 (16"N) eller type 3 (64"N).

Boring	Bauneodde		Arnager Kalk		Arnager Grønsand		Jydegård		Robbedale	
	Ind.	Res.	Ind.	Res.	Ind.	Res.	Ind.	Res.	Ind.	Res.
246.521							-	-	-	-
246.615					-	-	-	-		
246.617					-	-	-	-		
246.698							-	25-80/2	-	40-60/2
246.711					-	35-80/1				
246.712					-	35-110/1				
246.728					20-40	40-65/3				
246.755							8- <30	-		
246.756							1- <30	-	5- <30	-
246.757			55-70	-	20-75	-				
246.758*	35-60	-	25-40	-	15-42	-				
246.760**			20-55	-	18-47	30-50/3				
246.689***				19-29		22-42				
246.696***					7-63		1-50		12-25 ?	

*) Supplerende logs er udført i denne boring af RAMBØLL i juli 2011 for NST Roskilde på anbefaling af GEUS.

**) Boring ved Agregård i grundvandsområde Nyker.

***) Boringer fra GEUS logging undersøgelse i 2006 (GEUS rapport 2007/36).

Sammenfattende har analysen og diskussionen af logs i de enkelte borer resulteret i ny viden i forhold til de oplysninger, som forelå i Jupiter databasens borerapport. Dette er opsummeret i Tabel 3.

Table 3: Resultater i form af ny viden i de enkelte borer.

Boring (dyb m)	Geol.-Jupiter	Resultat
246.521 (72)	?	Sandsynliggjort Jydegård jævnfør meget varierende gamma-stråling, over Robbedale. Sidstnævnte dog usikker pga. for høj gamma-stråling. Cement/bentonit afspærring øverst.
246.615 (124)	AK/AS/Jyd	Lidt højere gamma-stråling i AK end i AS. Gamma-log kun til 92 m, så AS/Jyd-grænsen ikke verificeret.
246.617 (119)	AS/?	Sandsynliggjort tilstedeværelse af 2 m AK over AS ved højere gamma-stråling, samt Jydegård fra ca. 100 m ved fald på gamma-log. Sidstnævnte kan dog også være underkant lerspærre. <u>Induktions-log bør udføres til verifikation af AS/Jyd-grænsen. Resistivitets-log bør udføres til kontrol af filter.</u>
246.698 (121)	AS/Jyd/RG	C/B afspærring til 93 m. Formationsgrænserne verificeret. Nederste ca. 30 m AS mere ensartet gamma-stråling end øvre AS. Lav gamma-stråling såvel i Robbedale som i rene sandlag i Jydegård.
246.711 (75)	AS	C/B afspærring til 25 m. Stor dæmpning af gamma-stråling i filtersektionen. Stor lithologisk variation jævnfør resistivitets-log, især i 30 m i filtersektionen. Flow-log som viser manglende indflow i lerlag i AS.
246.712 (92)	AS	C/B afspærring til 40 m. Stor dæmpning af gamma-stråling i filtersektionen. Stor lithologisk variation jævnfør resistivitets-log, især i 30-40 m AS i filtersektionen. Flow-log som viser manglende indflow i lerlag i AS.
246.728 (82)	AS	C/B afspærring til 21 m. Stor dæmpning af gamma-stråling. Stor lithologisk variation jævnfør induktions- og resistivitets-log.

246.755 (20)	Jyd/RG	C/B afspærring øverst. Jydegård verificeret jævnfør varierende gamma-stråling og formations-ledningsevne. Logs nåede ikke Jyd/RG-grænsen, derfor ikke verificeret.
246.756 (25)	Jyd/RG	C/B afspærring øverst. Jydegård verificeret jævnfør varierende gamma-stråling og formations-ledningsevne. Robbedale verificeret jævnfør lav gamma-stråling.
246.757 (109)	AK/AS/AL?/ AS/ AL?/AS/Jyd	Lagfølgen i AS verificeret ved variationen i formations-ledningsevnen (induktions-log). De fremtrædende lerholdige lag er dog næppe AL (Turonien) fra AK formationen, men NL (Cenomanien) fra AS formationen. Ret ensartet gamma-log kun til top lerlag, dvs. i de øvre 45 m af AS (måske dæmpet af boringsudbygning). Gamma-peak i AK, som generelt har høj ledningsevne.
246.758 (130)	BS/AK/AS/Jy d	Formationsgrænserne BS/AK og AK/AS er verificeret ved variationen i formations-ledningsevnen, men ikke ved gamma-strålingen, idet sidstnævnte er påvirket af boringsudbygningen. Grænsen AS/Jyd er ikke nået med logging. Lagfølgen i AS er ikke beskrevet som i 246.757, men induktions-loggen viser samme mønster og indikerer samme lagfølge, og således også de samme lerlag i AS.
246.760 (105)	AL/AS	Verifikation af hyppige lerlag i AK jævnfør variationen i formations-ledningsevnen (induktions-log). Borebeskrivelsens indhold af lerholdige sekvenser i AS bekræftes af såvel induktions- som resistivitets-log, men deres dybdeplacering er ikke altid sammenfaldende med log-indikationerne. Gamma-log overraskende ensartet i såvel AK som i AS og varierer ikke konformt med formations-ledningsevnen. Formationsgrænsen AK/AS ses ikke.
246.689 (63)	L/K	På basis af gamma- og resistivitets-log har GEUS i 2006 opdelt kalken fra 20 m til 61 m i en øvre og en nedre AK med grænse i 42 m. På basis af korrelation med logs i 246.758 og 246.760 vurderes denne grænse nu til at være formationsgrænsen AK/AS, således at boreprofilets øvre bløde kalk svarer til AK og den nedre hårde kalk svarer til AS. I denne åbne boring ses ligesom i en anden boring (246.712) med logs før udbygning, at gamma-log viser til-/modsvarende variation med induktions-/resistivitets-log.

8. Jordlagssymboler (GEUS)

Nedenfor er anført GEUS's officielle bogstavsymboler anvendt for de optrædende jordlag i de 12 borer med digitaliserede log-data, samt i de to supplerende borer med nye digitale logs:

DS smeltevandssand

DL smeltevandsler

DI smeltevandssilt

ML moræneler

MS morænesand

BS Bauneodde Grønsand

BL ler i Bauneodde Grønsand formationen

AK Arnager Kalk

AL ler i Arnager Kalk formationen

AV vekslende små lag i Arnager Kalk formationen

AF konglomerater i Bauneodde Grønsand og i Arnager Kalk

AS Arnager Grønsand

GF konglomerater i Arnager Grønsand

GK kalksten i Arnager Grønsand

NL ler i Arnager Grønsand

VS Jydegård sand

VI Jydegård silt

WL ler i Jydegård

VV vekslende små lag i Jydegård

VG sandsten i Jydegård

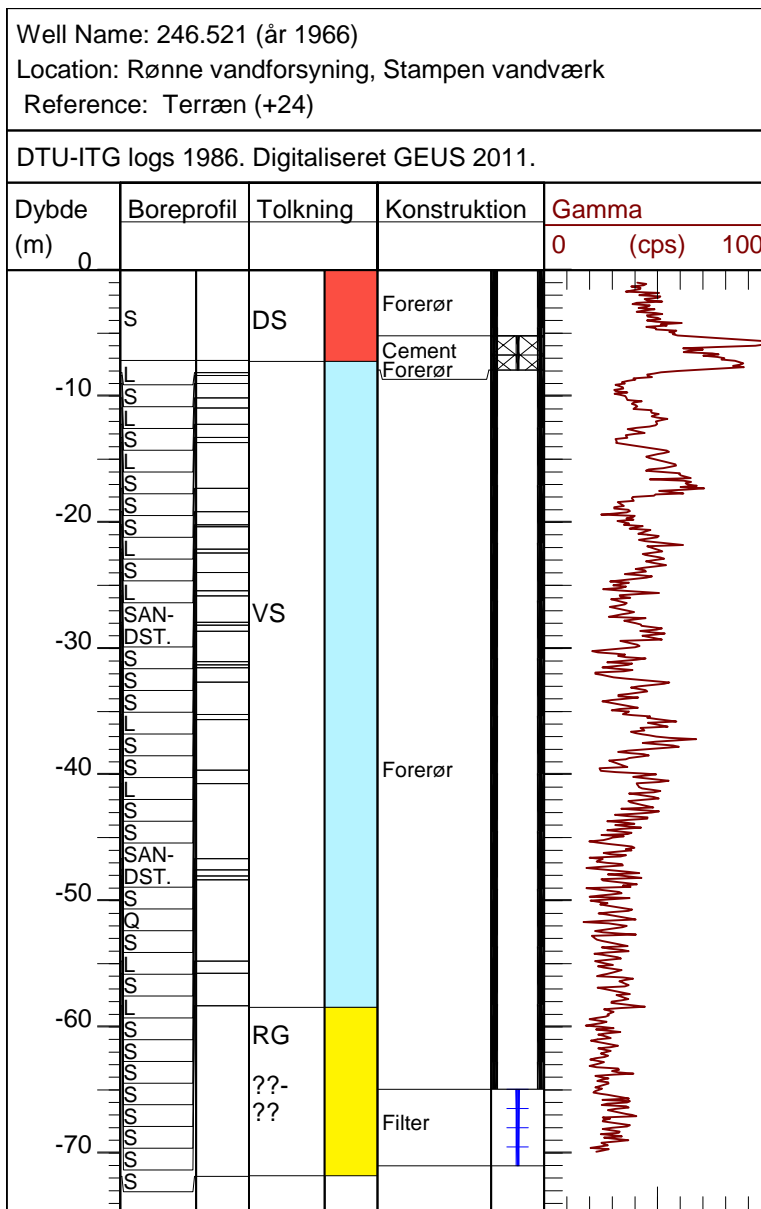
VR skifer i Jydegård

RG Robbedale grus

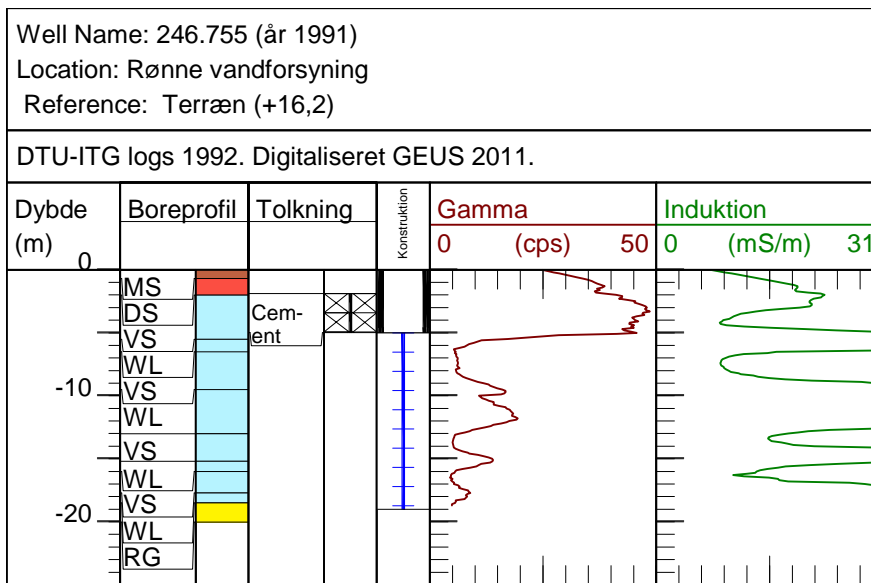
9. Bilagsliste

- Bilag 1: Borehulslogs fra DGU nr. 246.521
- Bilag 2: Borehulslogs fra DGU nr. 246.755
- Bilag 3: Borehulslogs fra DGU nr. 246.756
- Bilag 4: Borehulslogs fra DGU nr. 246.698
- Bilag 5: Borehulslogs fra DGU nr. 246.696
- Bilag 6: Borehulslogs fra DGU nr. 246.711
- Bilag 7: Sænkingskurve til vurdering af korttids-transmissivitet (DGU nr. 246.711)
- Bilag 8: Borehulslogs fra DGU nr. 246.712
- Bilag 9: Sænkingskurve til vurdering af korttids-transmissivitet (DGU nr. 246.712)
- Bilag 10: Borehulslogs fra DGU nr. 246.728
- Bilag 11: Borehulslogs fra DGU nr. 246.615
- Bilag 12: Borehulslogs fra DGU nr. 246.617
- Bilag 13: Borehulslogs fra DGU nr. 246.757
- Bilag 14: Borehulslogs fra DGU nr. 246.758
- Bilag 15: Borehulslogs fra DGU nr. 246.760
- Bilag 16: Borehulslogs fra DGU nr. 246.689
- Bilag 17: Korrelation af induktionslogs i Arnager Grønsand

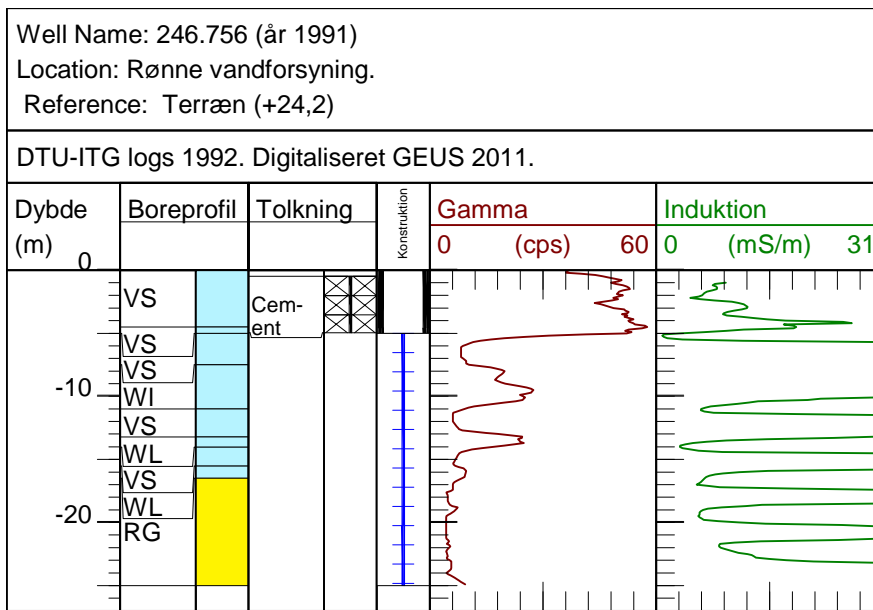
Bilag 1



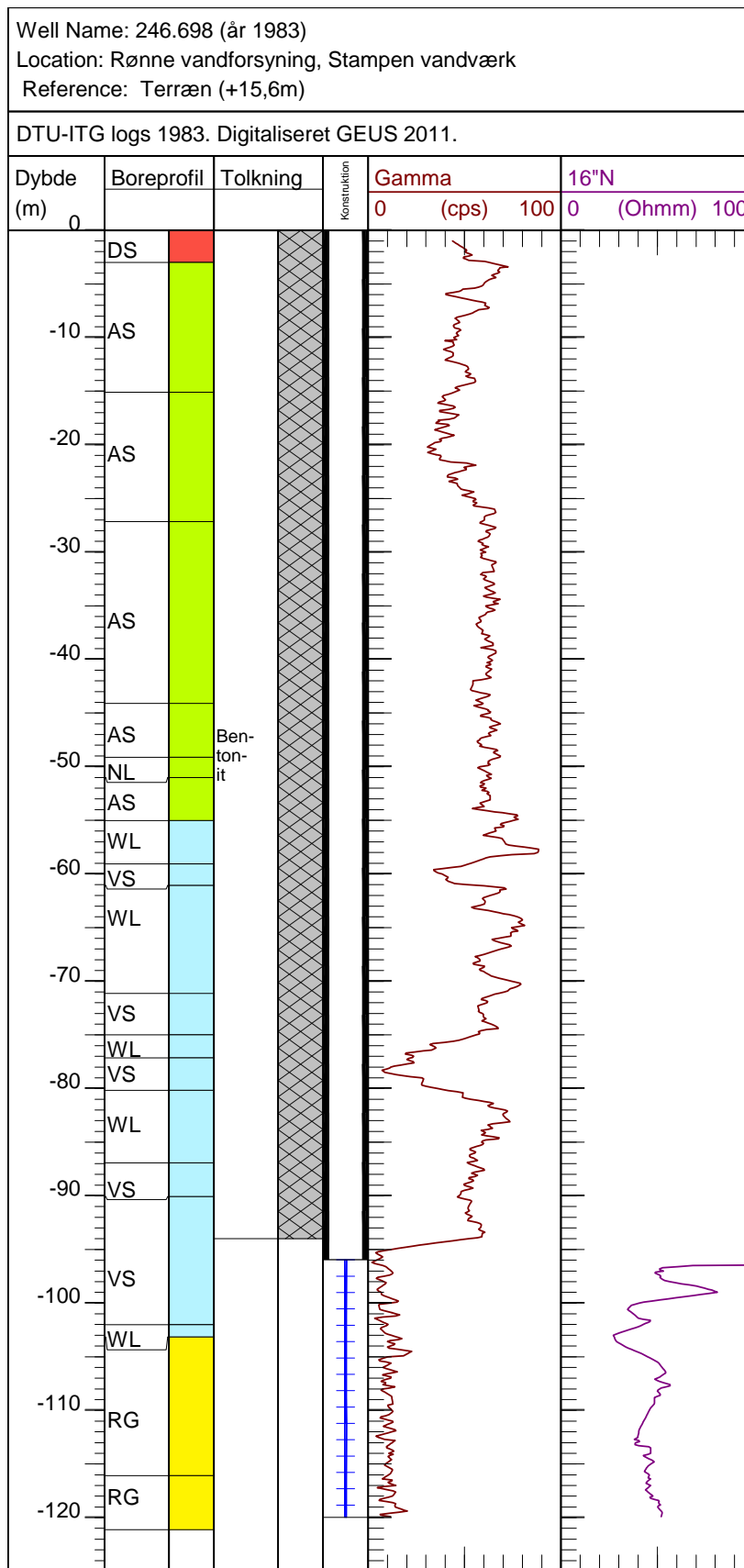
Bilag 2



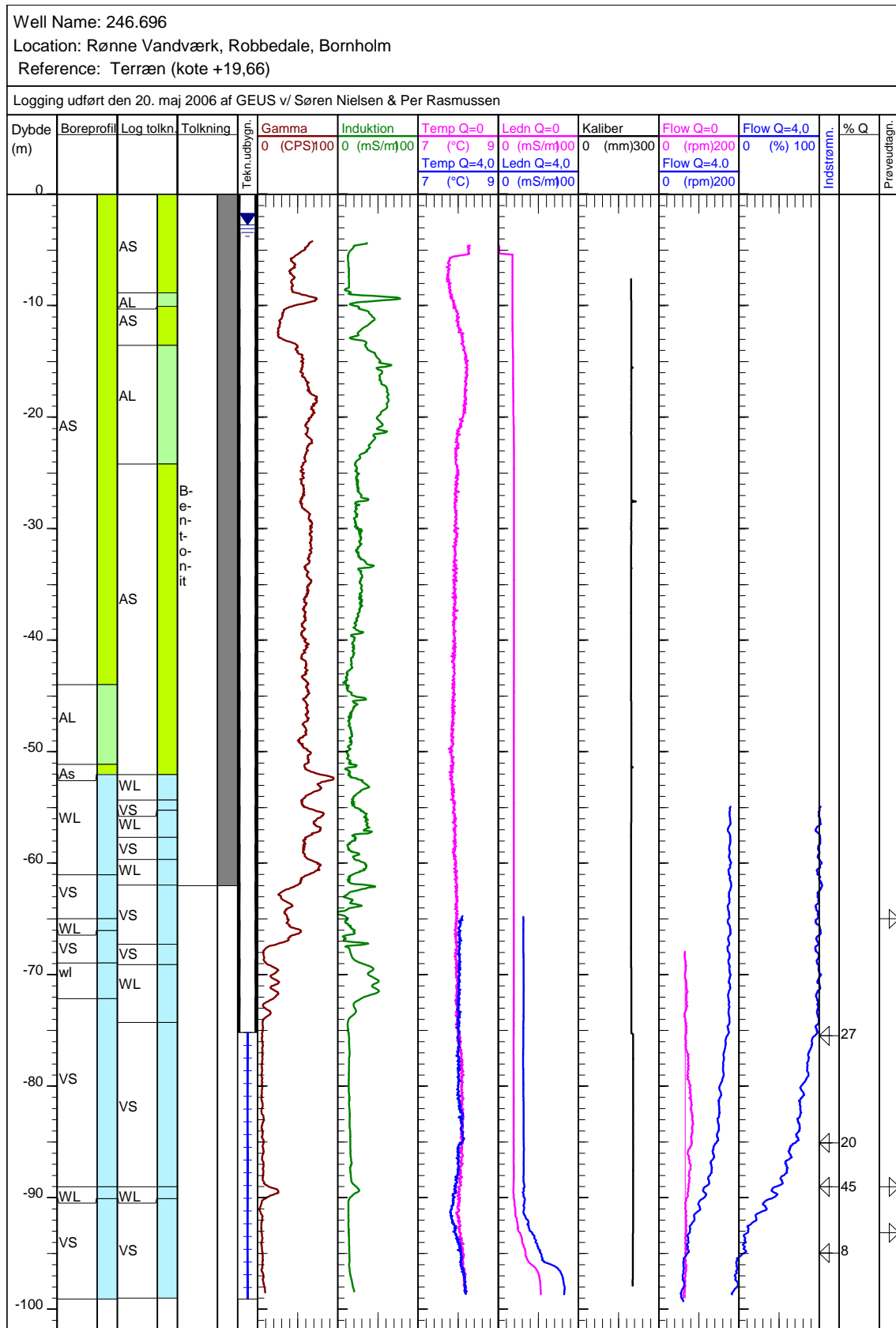
Bilag 3



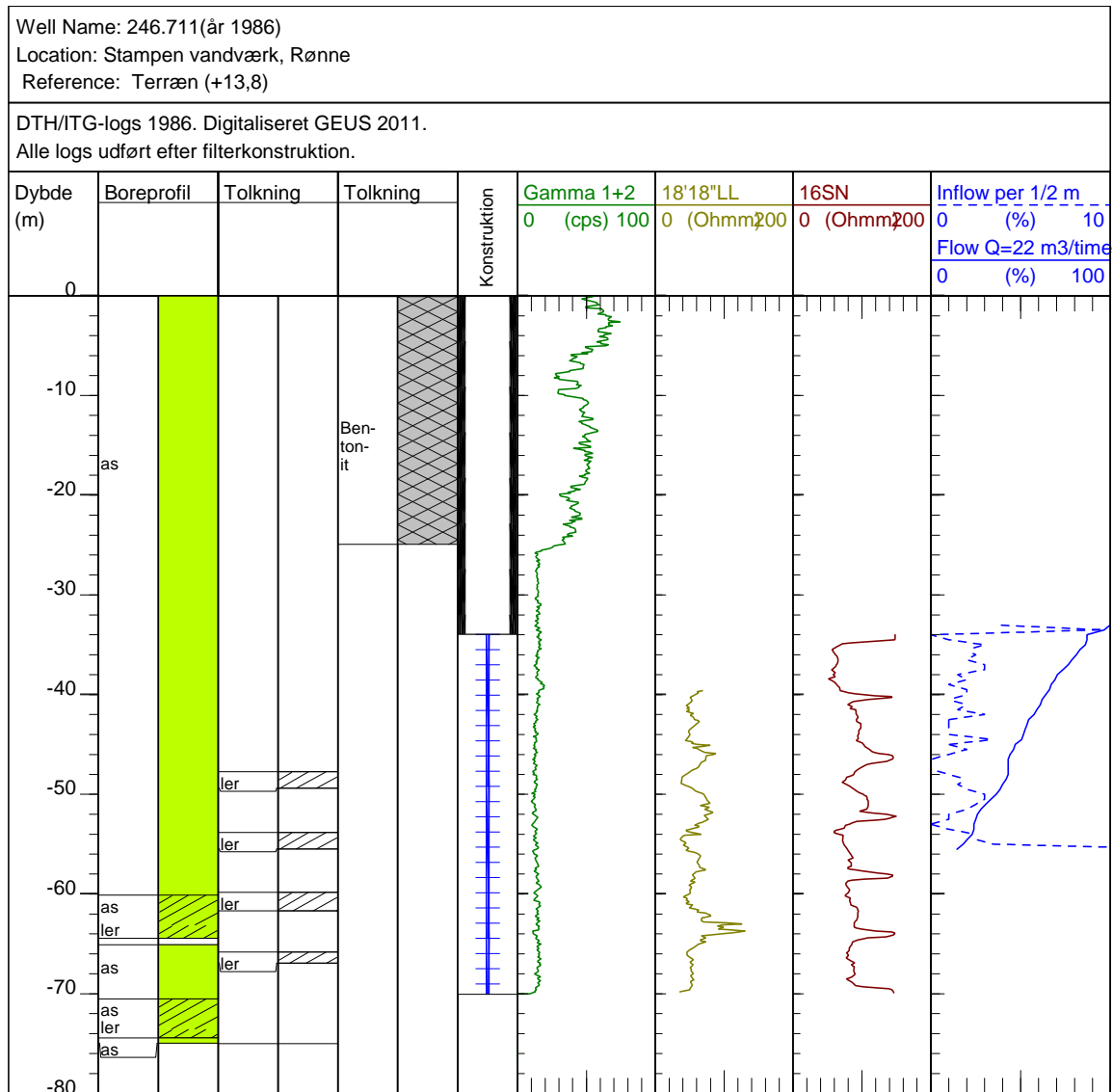
Bilag 4



Bilag 5

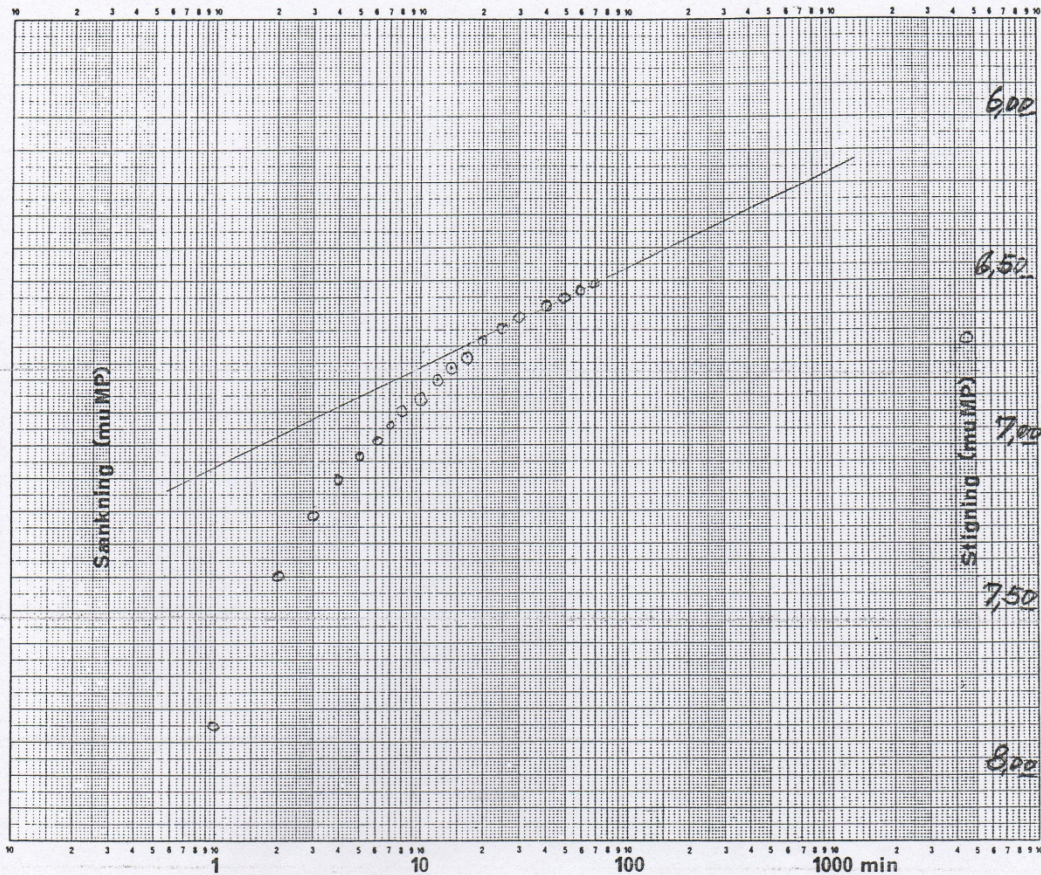


Bilag 6



Bilag7

Vandværk : Stampen 246.711 Dato: 16/10-86
 Pumpeboring : A3 Rovandstand : _____ m u MP



Vandstand v. stop : 11,47 m u MP

Ydelse Q = 22 m³/h = 6,11 × 10⁻³ m³/sek

Dekadehældning Sænkning , Stigning
 Δs = _____ , 0,31 [m]

Hydrauliske parametre

$T = \frac{0,183Q}{\Delta s}$ = _____ , 3,6 × 10⁻³ [m²/sek]

Boringens virkningsgrad

Sænkning , Stigning

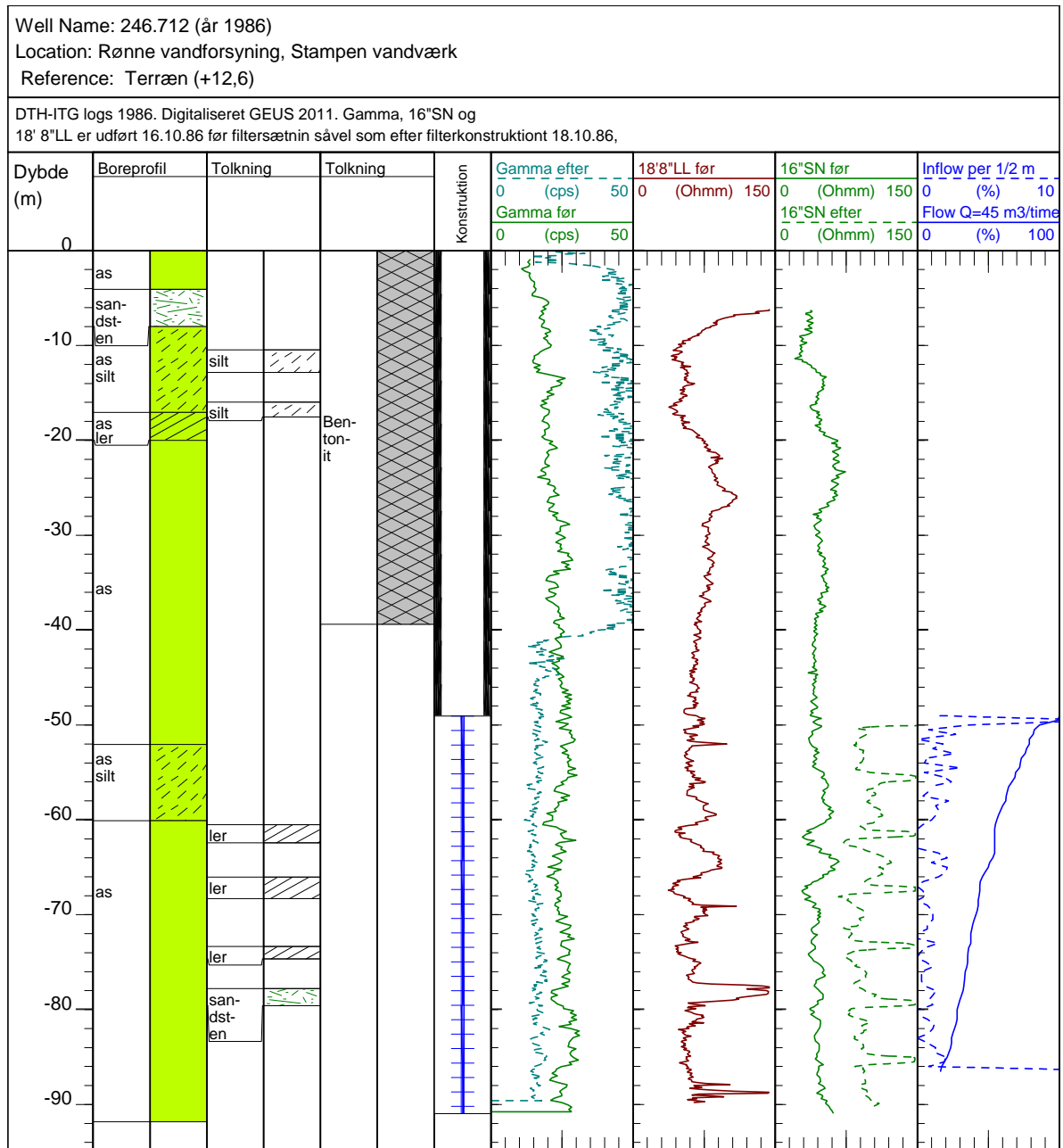
s_{60} = _____ , _____ [m]

Q/s_{60} = _____ , _____ [m³/h/m]

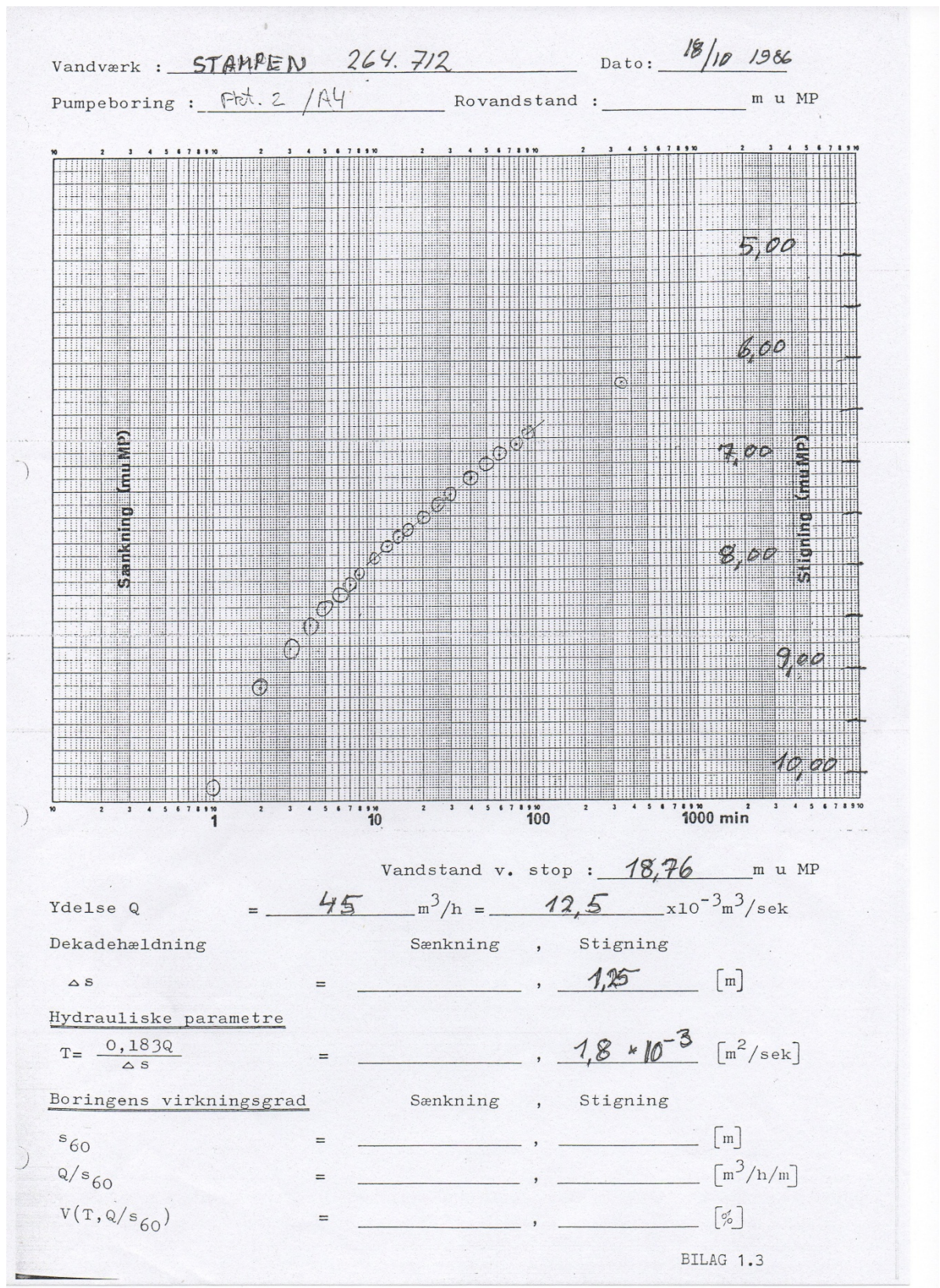
$V(T, Q/s_{60})$ = _____ , _____ [%]

BILAG 1.2

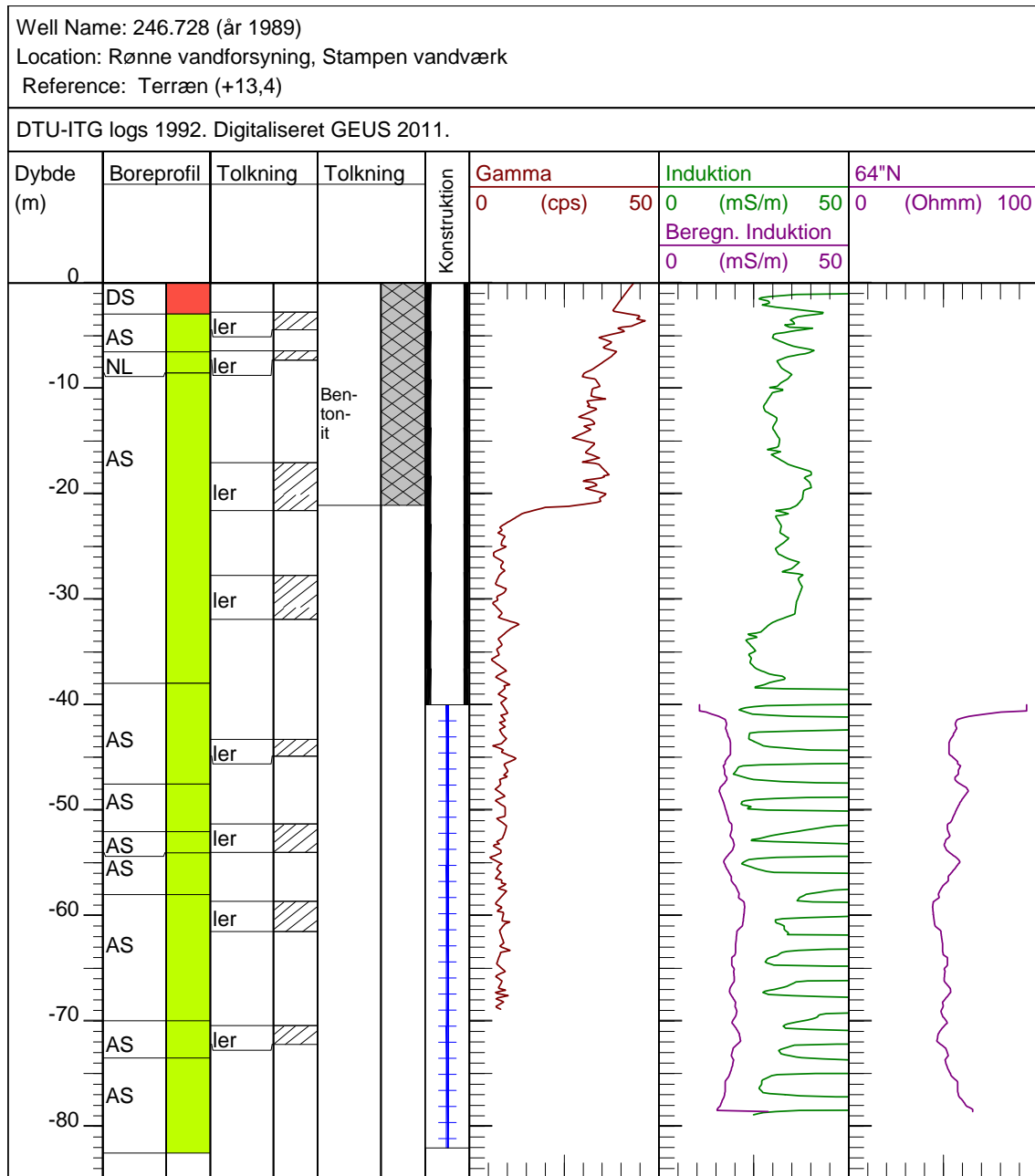
Bilag 8



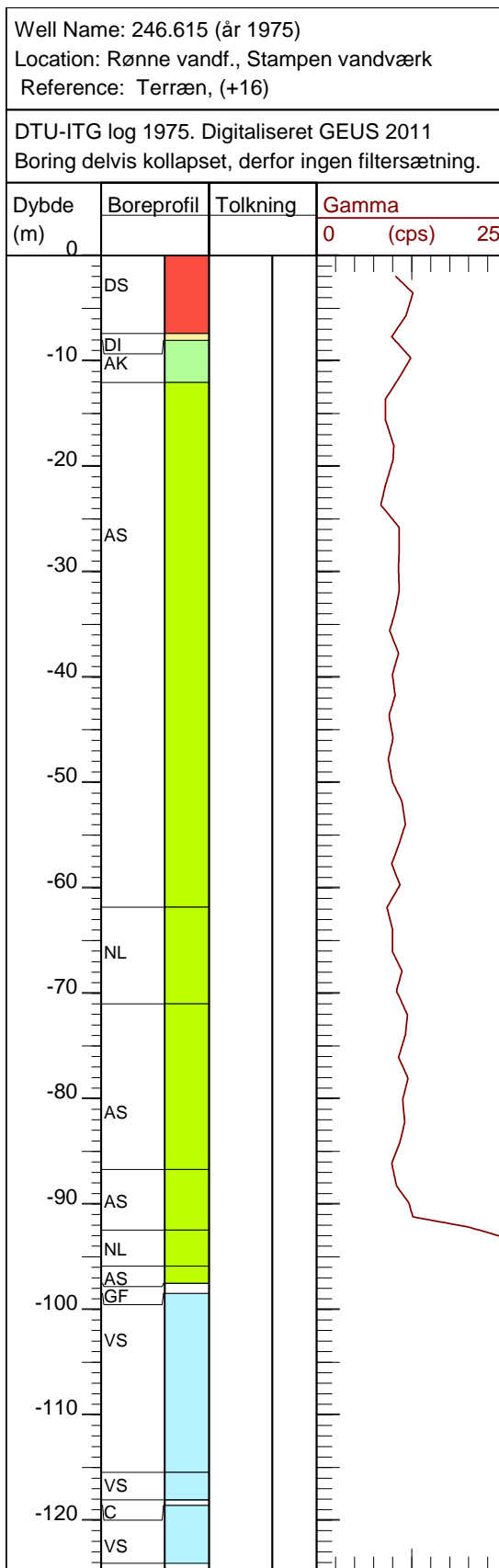
Bilag 9



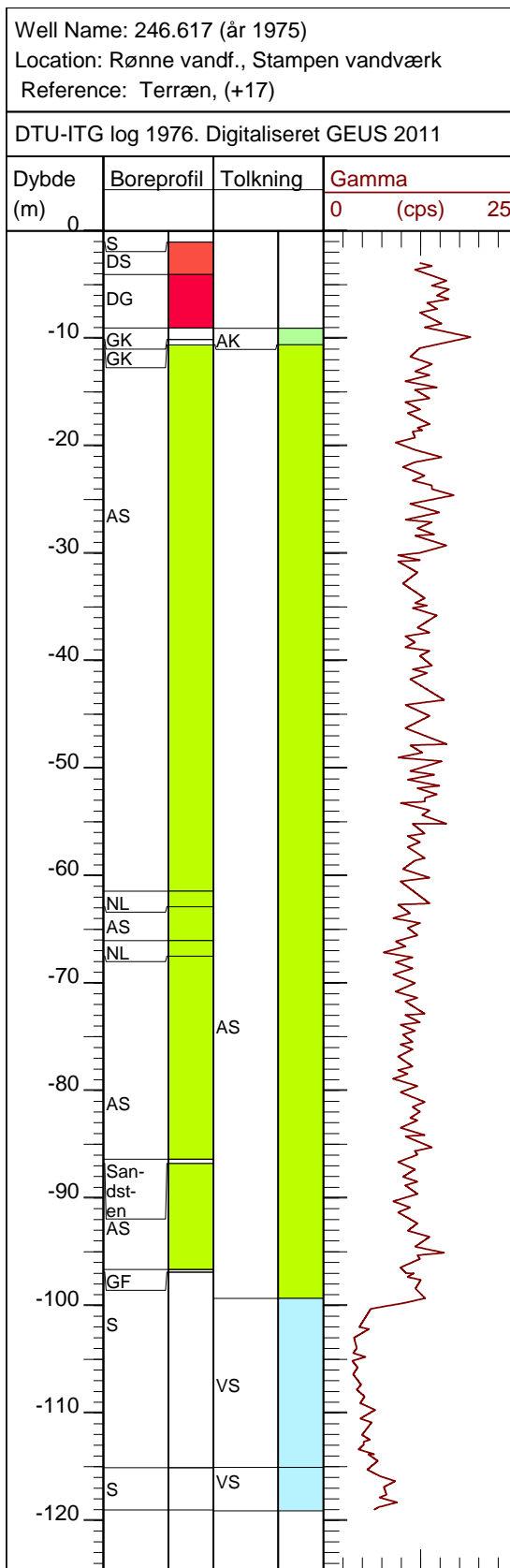
Bilag 10



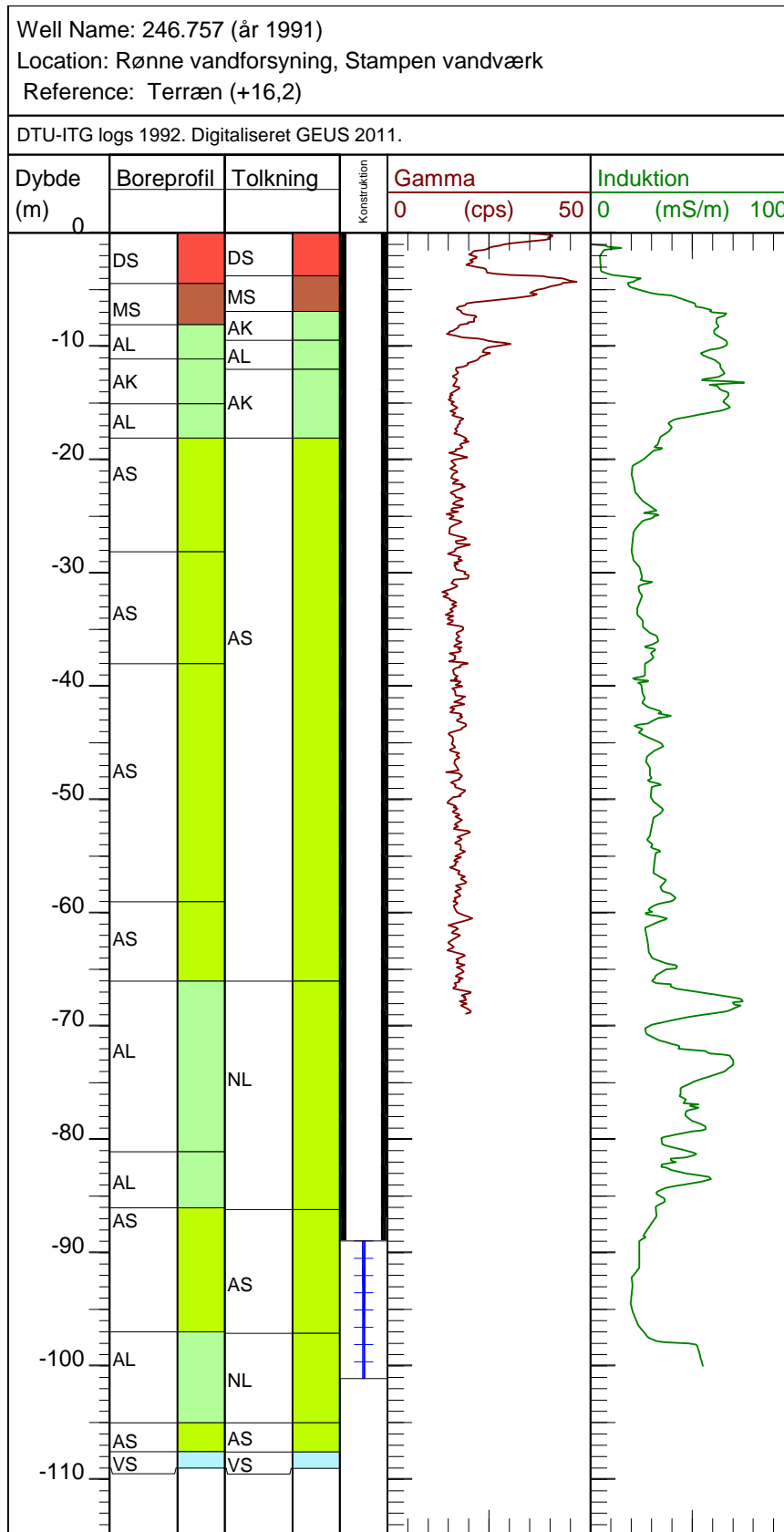
Bilag 11



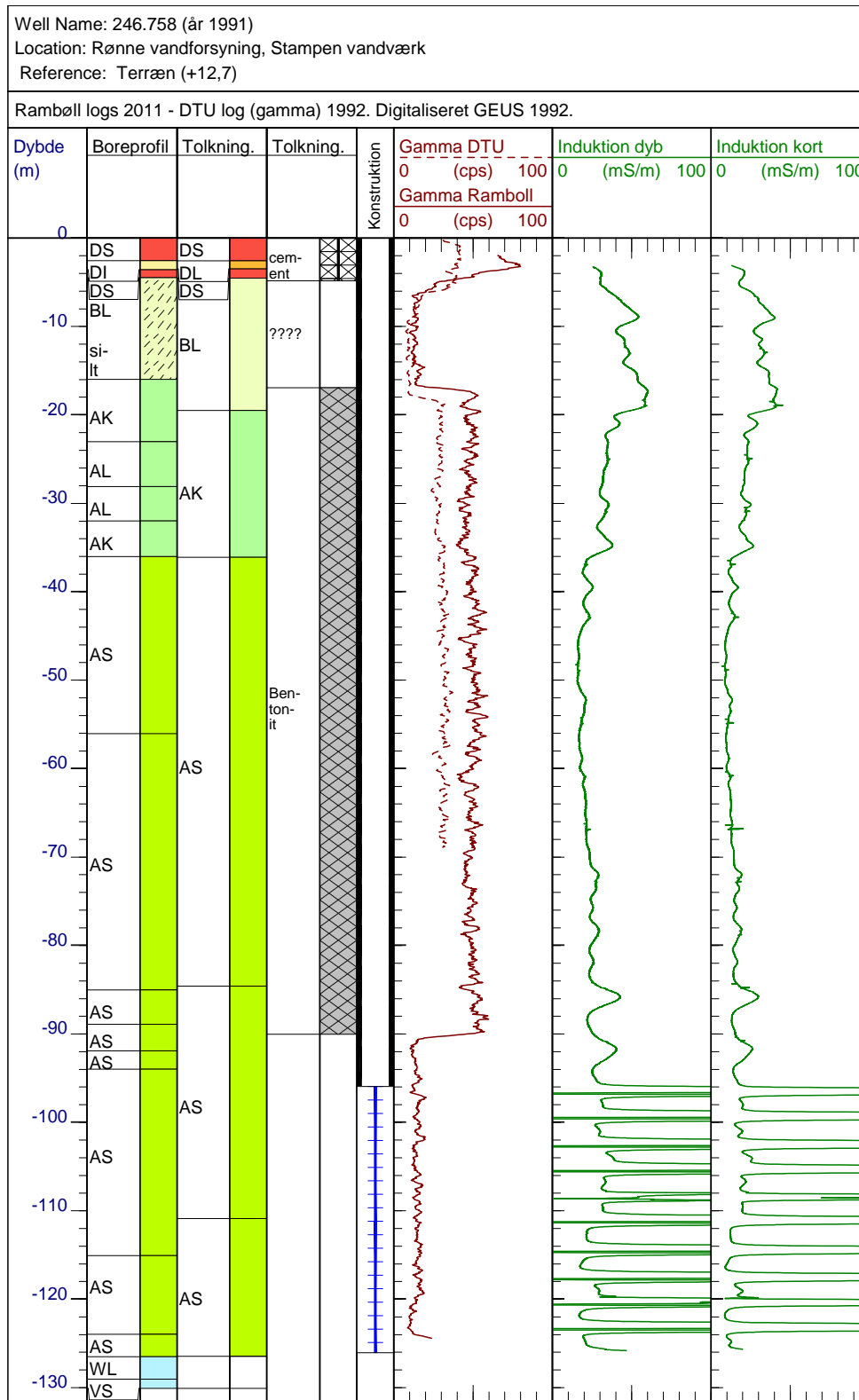
Bilag 12



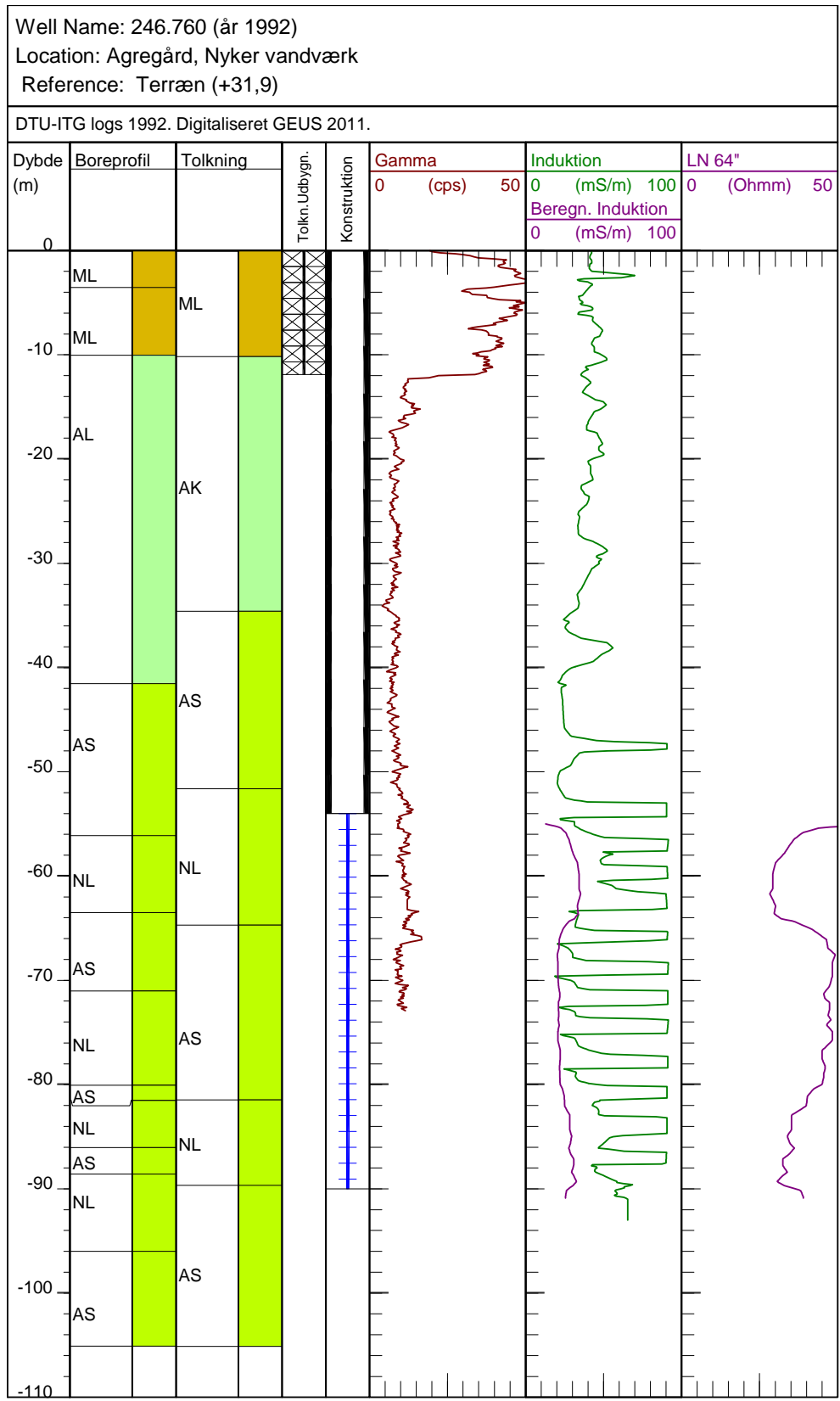
Bilag 13



Bilag 14



Bilag 15



Bilag 16

