

Sejrø grundvandsundersøgelser Vestsjællands Amt / Carl Bro as

Udførelse af geofysiske borehulslogs i 2 boringer
DGUnr. 189.96 (B1) og 189.97 (B2)

Per Rasmussen, Kurt Klitten & Per Jensen



Sejrø grundvandsundersøgelser Vestsjællands Amt / Carl Bro as

Udførelse af geofysiske borehulslogs i 2 boringer
DGUnr. 189.96 (B1) og 189.97 (B2)

Per Rasmussen, Kurt Klitten & Per Jensen

Indhold

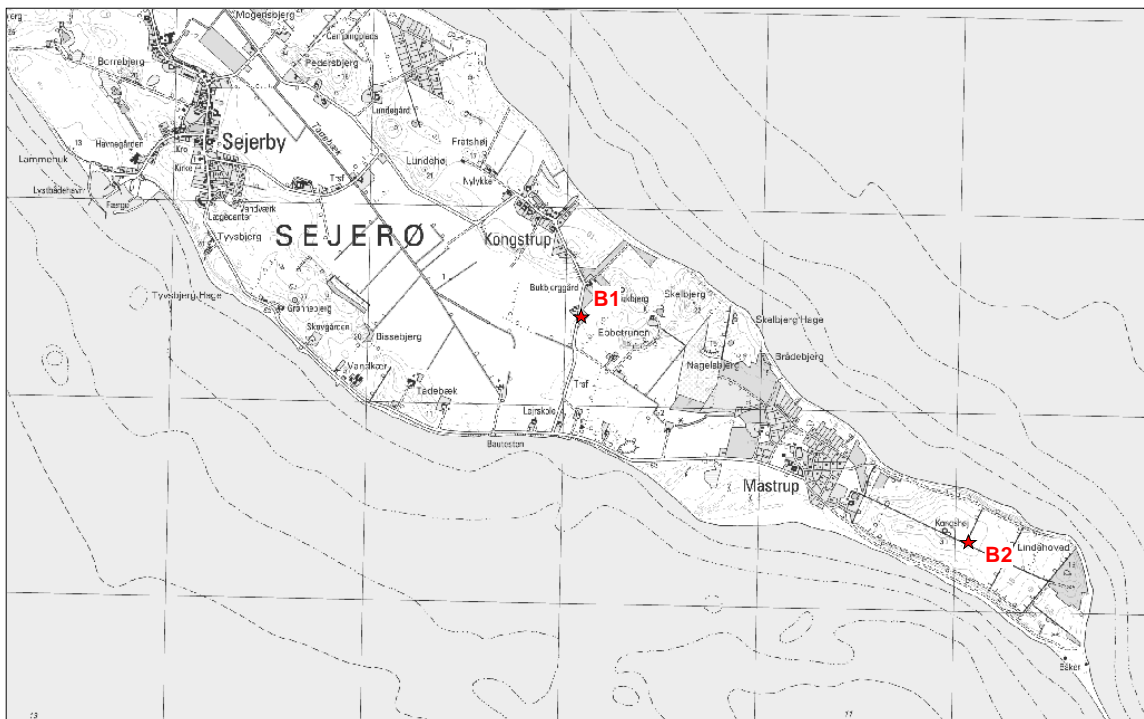
1.	Introduktion og undersøgelsesprogram	3
2.	Undersøgelsesresultater	5
2.1	Boring B1 (DGU nr. 189.96)	5
2.1.1	Tekniske forhold	5
2.1.2	Geologisk lagfølge.....	5
2.1.3	Temperaturlog uden og med pumpning.....	6
2.1.4	Ledningsevnelog uden og med pumpning.....	6
2.1.5	Flowlog og indstrømningsfordeling	7
2.2	Boring B2 (DGU nr. 189.97)	8
2.2.1	Tekniske forhold	8
2.2.2	Geologisk lagfølge.....	8
2.2.3	Temperaturlog uden pumpning.....	9
2.2.4	Ledningsevnelog uden pumpning.....	9
3.	Bilagsliste	10

1. Introduktion og undersøgelsesprogram

På foranledning af Carl Bro as gennemførte GEUS i november 2006 borehulslogging af 2 borer på Sejerø for Vestsjællands Amt.

Formålet med undersøgelserne var at dokumentere den geologiske lagfølge og at bestemme indstrømningsforholdene i borerne herunder eventuelt at opnå kendskab til risikoen for saltvandspåvirkning.

Boringernes placering fremgår af figur 1. Boring B1 (DGU nr. 189.96) er placeret centralt på øens sydlige del med en terrænkote på +2,6 m. Boring B2 (DGU nr. 189.97) er placeret på en bakke på den sydligste del af Sejerø med en terrænkote på +23,7 m.



Figur 1.1 Placering af de 2 undersøgte borer B1 (DGU nr. 189.96) og B2 (DGU nr. 189.97)

Boringerne blev boret og filtersat umiddelbart før gennemførelsen af de geofysiske borehulslogs, der blev foretaget henholdsvis den 20.11.2006 (B1) og den 29.11.2006 (B2).

Det normale GEUS logging program for vandindvindingsboringer omfatter en verifikation af den geologiske lagfølge i de enkelte borer 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 eventuel saltvandspåvirkning, indikation på intern strømning uden pumpning, samt identifikation af indstrømningszoner under pumpning.

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

I Tabel 1.1 ses det aktuelle undersøgelsesprogram, der blev udført i de 2 borer. Årsagen til at der ikke blev udført flowlog samt temperatur og ledningsevnelog under pumpning i boring B2 skyldes at rovandstanden i boringen kun var ca. 3,5 m over boringens bund. Med en vandsøjle på kun 3,5 m er det i praksis ikke muligt at foretage en logging, der er brugbar til en af vurdering af indstrømningsforholdene til boringen, da afsænkningen som følge af pumpning, samt placeringen af pumpe og logsonde vil optage en stor del af de 3,5 m.

Tabel 1.1 Logging undersøgelser af borerne B1 og B2 på Sejerø

	DGU nr. Lokalt nr. Logging dato:	189.96 B1 20.11.2006	189.97 B2 29.11.2006
<i>Log metoder:</i>			
Gamma		X	X
Induktion		X	X
Temp. & Ledningsevne uden pumpning		X	X
Temp. & Ledningsevne under pumpning		X	
Flow uden pumpning		X	
Flow under pumpning		X	

2. Undersøgelsesresultater

2.1 Boring B1 (DGU nr. 189.96)

2.1.1 Tekniske forhold

Boringen er foretaget ved indirekte skylleboring med en diameter på 320 mm til 44,5 m under terræn. Boringen er efterfølgende udbygget med 125 mm filter fra 39-42 m, med bentonitforsegling fra 36-38 m og med cementforsegling fra terræn til 36 m dybde. Terrænkoten ved boringen er +2,6 m (Bilag 1).

Boringen blev logget efter udbygning med filter. Rovandstanden blev pejlet til 1,30 m under terræn den 20. november 2006. Under udførelse af flow-log blev der pumpet med en kapacitet på 1,2 m³/t med en afsænkning på 3,0 m på 20 minutter.

2.1.2 Geologisk lagfølge

På grundlag af de udtagne sedimentprøver ved borearbejdet er der tolket følgende aflejningsmiljø og alder ned gennem boringen:

<i>m u. terræn</i>	<i>boreprøvebeskrivelse</i>	<i>aflejningsmiljø - alder</i>
0 - 0,3	muld	-
0,3 - 1,3	sand	marin - postglacial
1,3 - 1,5	(ingen prøve)	-
1,5 - 5,5	gytje, leret	marin - postglacial
5,5 - 26	ler, sandet, moræneler	glacigen - glacial
26 - 39	ler, ret fedt	ant. marin - ant. interglacial
39 - 41	sand, mellem, smeltevandssand	glaciofluvial - glacial
41 - 42	grus, groft, smeltevandsgrus	glaciofluvial - glacial
42 - 44,5	ler, fedt, plastisk ler	ant. marin - ant. eocæn

Den detaljerede beskrivelse af de enkelte sedimentprøver fremgår af Bilag 2 og er vist grafisk i Bilag 3 (kolonnen "Boreprofil").

Målingerne af formationens naturlige gammastråling og af formationsledningsevnen er præsenteret i Bilag 3. Gammaloggen viser et meget jævnt forløb fra terræn til 27 m dybde dog med en svag stigning fra 1,5 til 6 m dybde. Induktionsloggen (formationsledningsevnen) viser et jævnt fald fra 1,5 til 6 m dybde og et relativt konstant niveau fra 6 til 9 meter. Fra 9 m dybde stiger formationsledningsevnen fra 9 mS/m til et lokalt maksimum på 115 mS/m i 19 meter og falder derunder til 60 mS/m i 26 m dybde. Variationen i formationsled-

ningsevnen i dette interval skyldes en variation i porøsiteten og/eller porevandets ledningsevne, da gammastrålingen er konstant.

Fra intervallet fra 27 til 33 m ligger såvel gammastrålingen som formationsmodstanden på et relativt konstant og højere niveau end ovenover.

Ved at sammenholde boreprofil og gamma- og induktionslog tolkes følgende lag og laggrænser (Bilag 3, kolonnen "Logtolkning"): Et gytjelag fra 1,5 til 6 meter dybde, herunder et sandet / gruset morænelerslag til 27 m og et mere leret lag (interglacialt / interstadialt saltvandsler) fra 27 til 33 m dybde.

Såvel gammalog som induktionslog viser bentonitforsegling fra 33 til 38 m dybde, eventuelt afbrudt af et lerlag fra 36 til 37 m. Herunder falder gammastrålingen til det laveste niveau målet i boringen svarende til det beskrevne sand / grus lag.

Boringens forsegling med bentonit og cement kan påvirke målingerne af gammastrålingen og formationsledningsevnen og dermed tolkningen af disse, hvorfor tolkningerne må tages med forbehold for dette. F.eks. kunne de meget jævne niveauer i gammastrålingen fra terræn til 27 m dybde tyde på en dæmpende påvirkning fra cementforseglingen.

2.1.3 Temperaturlog uden og med pumpning

Såvel uden som med pumpning er temperaturen konstant 9,6 °C fra bund af filter i 42 m dybde til ca. 36 m. Under pumpning er temperaturen konstant i hele det målte interval. Uden pumpning er temperaturen omkring 10,5 °C fra 36 m til 7 m, sandsynligvis påvirket af varmeafgivelsen fra hærdningen af cementforseglingen. Temperaturen stiger yderligere i de øverste meter af vandsøjlen pga. påvirkningen fra atmosfæren (Bilag 3).

2.1.4 Ledningsevnelog uden og med pumpning

Grundvandets ledningsevne målt uden pumpning falder fra 280 mS/m i 41,5 m dybde til 240 mS/m i 40,5 m, herover er ledningsevnen konstant til ca. 34,5 m. Fra 33 m dybde til vandspejlet er ledningsevnen 250 mS/m, stigningen er sammenfaldende med stigningen i vandets temperatur. Vandets ledningsevne er vist ved aktuel temperatur, bemærk den anvendte skala er 200-300 mS/m (Bilag 3).

Under pumpning måles et fald i ledningsevnen fra ca. 300 mS/m i 41,5 m dybde til 255 mS/m i 40,3 m. Herover ses mindre variationer i ledningsevnen omkring 245 mS/m til ca. 37 m, hvorefter ledningsevnen er konstant 250 mS/m op gennem boringen. Ledningsevnen såvel uden som ved pumpning er væsentligt højere end normalt for fersk grundvand (30 – 50 mS/m) og indikere dermed en ikke ubetydelig saltvandspåvirkning (Bilag 3).

Formationsledningsevnen i det filtersatte sand er med induktionsloggen målt til 75-80 mS/m (svarende til en modstand på 12-13 ohmm), hvilket også indikere saltvand i porevandet i sandlaget.

I GEUS Rapport 2006/ 21¹ er der opstillet følgende overslagsmæssige sammenhæng mellem koncentrationen af klorid (kloridækvivalenter) og vandets elektriske ledningsevne ved 10 °C:

$$Cl \text{ (mg/l)} = 4 * EC \text{ (mS/m)}$$

Det beregnede klorid-indhold er "klorid-ækvivalent-indholdet" svarende til at alle ioner i vandet er klorid, og således en ikke en præcis måling af kloridindholdet. Ved ledningsevner over 100 mS/l begynder klorid at blive den dominerende ion, hvorfor højere ledningsevner i praksis vil afspejle kloridindholdet i vandet.

Benyttes denne sammenhæng fås følgende skøn over grundvandets kloridindhold (kloridækvivalenter) i forskellige dybder i boring B1:

Dybde	EC (mS/m) (10,5 °C)	EC (mS/m) (25 °C)	Cl (mg/l)	EC (mS/m) (25 °C) *
37,0	250	360	1000	388
40,3	255	378	1020	-
41,5	300	445	1200	-

* Ledningsevne målt af ROVESTA Miljø I/S den. 30.11.2006

Der ses at være god overensstemmelse mellem ledningsevнемålinger foretaget ved borehulslogging og ved feltmålinger foretaget i forbindelse med renpumpning af boringen.

Kvalitetskravet for klorid i drikkevand er et højst tilladeligt indhold på 250 mg Cl/l.

2.1.5 Flowlog og indstrømningsfordeling

Kontinuert propel flow-log blev målt i boringen med en nedsænkningshastighed på 3 m/min. Flow-log uden pumpning viser et basistælletal på 94 rpm. (rotationer per minut).

Tælletal fra flow-log under pumpning med $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{t}$ er reduceret med basistælltallet på 94 rpm., og derefter omregnet til procent af tælletal i forerør under antagelse af, at diameteren i filter- og forerør er den samme.

Over et stykke på ca. 3 meter fra top af filter ses en stigning i flowloggens rotationstal. Brøndboreren har bekræftet at der ikke er en indsnævring i rørdiameteren over filteret eller at filteret er længere end oplyst i borerapporten. Og da registreringen af log-hastigheden viser en konstant loghastighed kan der ikke umiddelbart gives nogen forklaring på den observerede stigning i flowloggens rotationstal over filteret. Det er derfor valgt at sætte indstrømningen til 100 % ved top af filter i 39 m dybde. Fra bund af filter i 42 m dybde til 40,3 m sker 65 % af indstrømningen og mellem 40,3 og 39,0 sker 35 % af indstrømningen (Bilag 3).

¹ Fl. Larsen et al., 2006: Saltvandsgrænsen i kalkmagasinerne i Nordøstsjælland, delrapport 6. GEUS Rapport 2006 / 21.

Men sammenholdes variationer i temperatur uden pumpning, ledningsevne under pumpning og flow-log under pumpning kunne det se ud som om top af filter er i ca. 36 m dybde.

2.2 Boring B2 (DGU nr. 189.97)

2.2.1 Tekniske forhold

Boringen er foretaget ved indirekte skylleboring med en diameter på 320 mm til 26,5 m under terræn. Boringen er efterfølgende udbygget med 125 mm filter fra 17,5-25,5 m. Under logging var boringen udbygget med bentonitforsegling fra 9,5-16,5 m. Boring B2 var ikke som Boring B1 bagforseglet med cement under loggingen, men kun afproppet med bentonit fra 9,5 til 16,5 m under logging. Efterfølgende er B2 forseglet med bentonit helt til terræn. Terrænkoten ved boringen er +26,5 m (Bilag 4).

Rovandstanden blev pejlet til 22,05 m under terræn den 23. november 2006. Da ro vandstanden i boringen dermed kun var ca. 3,5 m over boringens bund var det i praksis ikke muligt at udføre flowlog samt temperatur- og ledningsevnelog under pumpning

2.2.2 Geologisk lagfølge

På grundlag af de udtagne sedimentprøver ved borearbejdet er der tolket følgende aflejningsmiljø og alder ned gennem boringen:

<i>m u. terræn</i>	<i>boreprøvebeskrivelse</i>	<i>aflejningsmiljø - alder</i>
0 – 9	ler, sandet, moræneler	glacigen - glacial
9 – 18	ler, ret fedt	ant. marin - ant. interglacial - ant. eem
18 - 24,5	sand, groft, smeltevandssand	glaciofluvial - glacial
24,5 - 26,5	ler, fedt, smeltevandsler	glaciolakustrin - glacial

Den detaljerede beskrivelse af de enkelte sedimentprøver fremgår af Bilag 5 og er vist grafisk i Bilag 6 (kolonnen "Boreprofil").

Gammaloggen viser en relativt høj og varierende gammastråling fra 1 til 9,5 m dybde. Også formationsledningsevnen (induktionsloggen) er varierende og relativt høj i dette interval. Sedimentbeskrivelserne for dette interval viser et sandet, svagt gruset morænelerlag. Hvor gammastrålingen er relativt høj tyder det på en mere leret moræneler og en lavere gammastråling indikerer lag af mere sandet / gruset moræneler. Hvor formationsledningsevne er højere er porøsiteten relativt større, dvs. laget er mere gruset.

Fra 9,5 til 16,5 m, hvor der ifølge brøndboreren var foretaget en bentonitafpropning er både gammastrålingen og formationsledningsevne høj. Dette interval er jf. sedimentbeskrivelsen stort set sammenfaldende med det interglaciale lag af fedt ler. Fra 16,5 til 24,3 m dybde falder såvel gammastråling som formationsledningsevne til det laveste niveau i boringen

svarende til det beskrevne smeltevandssandlag. Ifølge gamma- og induktionslog er toppen af smeltevandssandslaget mindst 1,5 m højere end beskrevet i borerapporten.

Fra 24,3 m dybde stiger såvel gammastråling som formationsledningsevne over de 1,5 meter der er målt svarende til toppen af smeltevandsleret (Bilag 6). Bemærk den lille stigning i formationsledningsevnen ved ca. 22 m dybde, hvilket skyldes overgangen til mættede forhold ved vandspejlet.

Gammalog og induktionslog for de 2 boreringer kan ikke umiddelbart sammenlignes som følge af forskellig forsegling / bagfyld, jævnfør afsnit 2.11. og 2.2.1

2.2.3 Temperaturlog uden pumpning

Grundvandets temperatur stiger svagt fra 9,5 °C i 26,5 m dybde til 9,7 °C i 23,2 m. Op til vandspejlet i 22,1 m stiger temperaturen yderligere under påvirkning af lufttemperaturen (Bilag 6).

2.2.4 Ledningsevnelog uden pumpning

Ved overgangen mellem smeltevandsleret og smeltevandssandet i 24,3 m dybde ses en markant ændring i ledningsevnegradienten. I smeltevandsleret i bunden af boringen er ledningsevnen omkring 430 mS/m, i 24,3 m er ledningsevnen faldet til 150 mS/m og i 22,1 m til 105 mS/m. Bemærk den anvendte skala er 0-600 mS/m (Bilag 6).

Jævnfør afsnit 2.1.4 er der opstillet følgende overslagsmæssige sammenhæng mellem koncentrationen af klorid (kloridækvivalenter) og vandets elektriske ledningsevne ved 10 °C:

$$Cl \text{ (mg/l)} = 4 * EC \text{ (mS/m)}$$

Benyttes denne sammenhæng fås følgende skøn over grundvandets kloridindhold (kloridækvivalenter) i forskellige dybder i boring B2:

Dybde	EC (mS/m) (9,6 °C)	EC (mS/m) (25 °C)	Cl (mg/l)	EC (mS/m) (25 °C) *
22,1	105	150	420	136
24,3	150	222	600	
26,5	430	640	1720	

* Ledningsevne målt af ROVESTA Miljø I/S den. 30.11.2006

Der ses at være god overensstemmelse mellem ledningsevнемålinger foretaget ved borehulsloging og ved feltmålinger foretaget i forbindelse med renpumpning af boringen.

Kvalitetskravet for klorid i drikkevand er et højst tilladeligt indhold på 250 mg Cl/l.

3. Bilagsliste

Bilag 1 Borerapport, brøndborer, DGU nr. 189.96 / boring B1

Bilag 2 Borerapport, prøvebeskrivelse, DGU nr. 189.96 / boring B1

Bilag 3 GEUS borehulslogs, DGU nr. 189.96 / boring B1

Bilag 4 Borerapport, brøndborer, DGU nr. 189.97 / boring B2

Bilag 5 Borerapport, prøvebeskrivelse, DGU nr. 189.97 / boring B2

Bilag 6 GEUS borehulslogs, DGU nr. 189.97 / boring B2

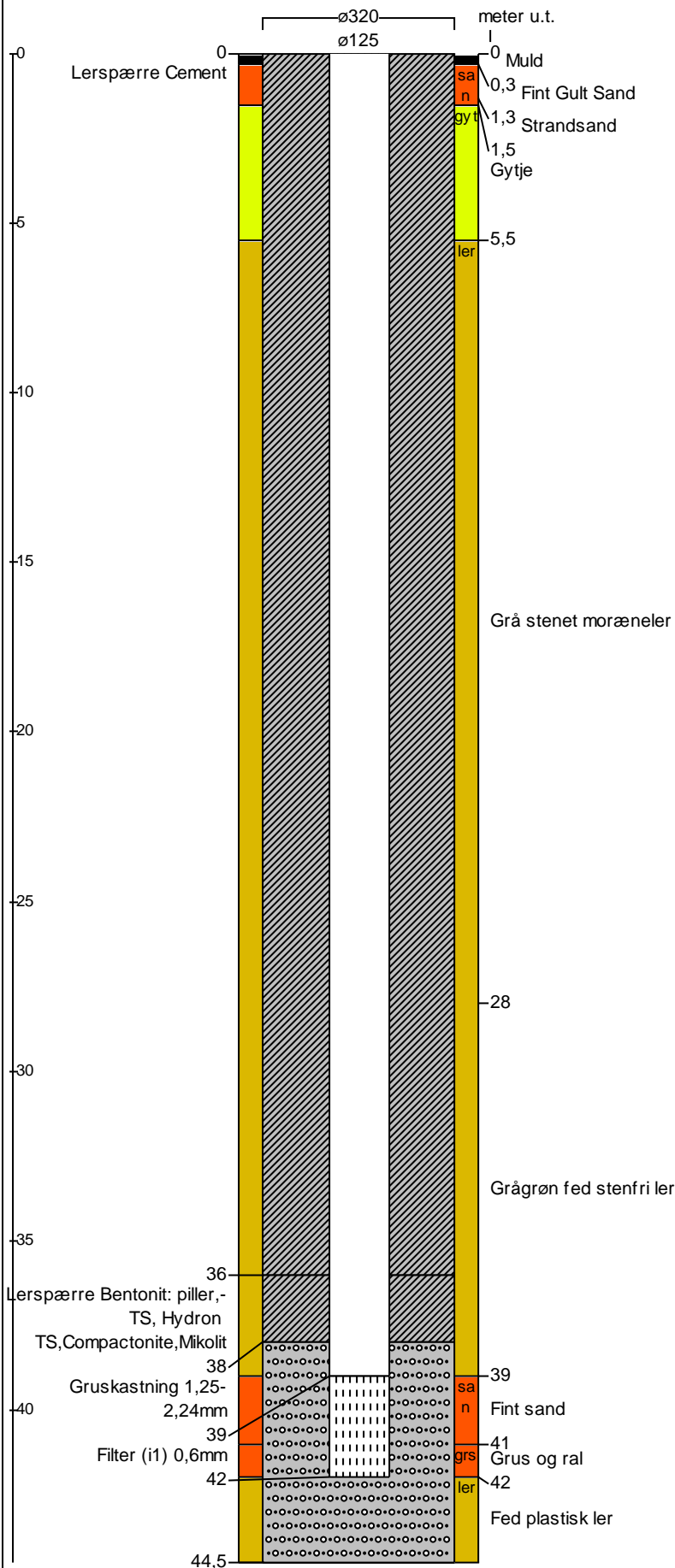
Borerapport, brøndborer, DGU nr. 189.96 / boring B1

Bilag 1

BRØNDBORER-BORERAPPORT

DGU arkivnr: 189. 96

Lokal nr:



Rekvirent : Vestsjællands Amt
Borested : Kongstrupvej
Kommune : Bjergsted
UTM-koord. : 635996, 6194215, zone 32
Boringsdato : 10/11 2006
Brøndborer : Thomas Brøker, Holbæk
BB-journr : 257-06
Terrænkote : 2,6 meter o. DNN
Formål : Vandforsyningsboring
Boremetode : Indirekte skyllebor

Dimension : 320 mm til 44,5 m

Udbygning :

0-39 m: 125mm pvc (7,5mm), Gevind
 39-42 m: 125mm pvc (7,5mm), Gevind

Vandstand og Ydelse :

Vandstand i ro 1,8 meter u.t. 10/11 2006
 2,5 m³/t ved 10 m. sænkning

BB Firma : Brøndboringsfirmaet Brøker
Adresse : Spånnebæk 7, 4300 Holbæk
Telefon : 59 44 04 06
Fax : 59 44 69 00
E-mail : thomas@broeker.dk

Borerapport, prøvebeskrivelse, DGU nr. 189.96 / boring B1 Bilag 2

BORERAPPORT
DGU arkivnr: 189. 96
Borested : Kongstrupvej
4592 Sejerø

Kommune : Bjergsted
Amt : Vestsjælland

Boringsdato : 10/11 2006

Boringsdybde : 44,5 meter

Terrænkote : 2,6 meter o. DNN

Brøndborer : Thomas Brøker, Holbæk

Prøver
MOB-nr :
BB-journr : 257-06
BB-bornr :

- modtaget : 21/11 2006 **antal** : 23
- beskrevet : 21/11 2006 **af** : TC
- antal gemt : 1

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1414IIISØ

Datum : EUREF89

Anvendelse :

UTM-zone : 32

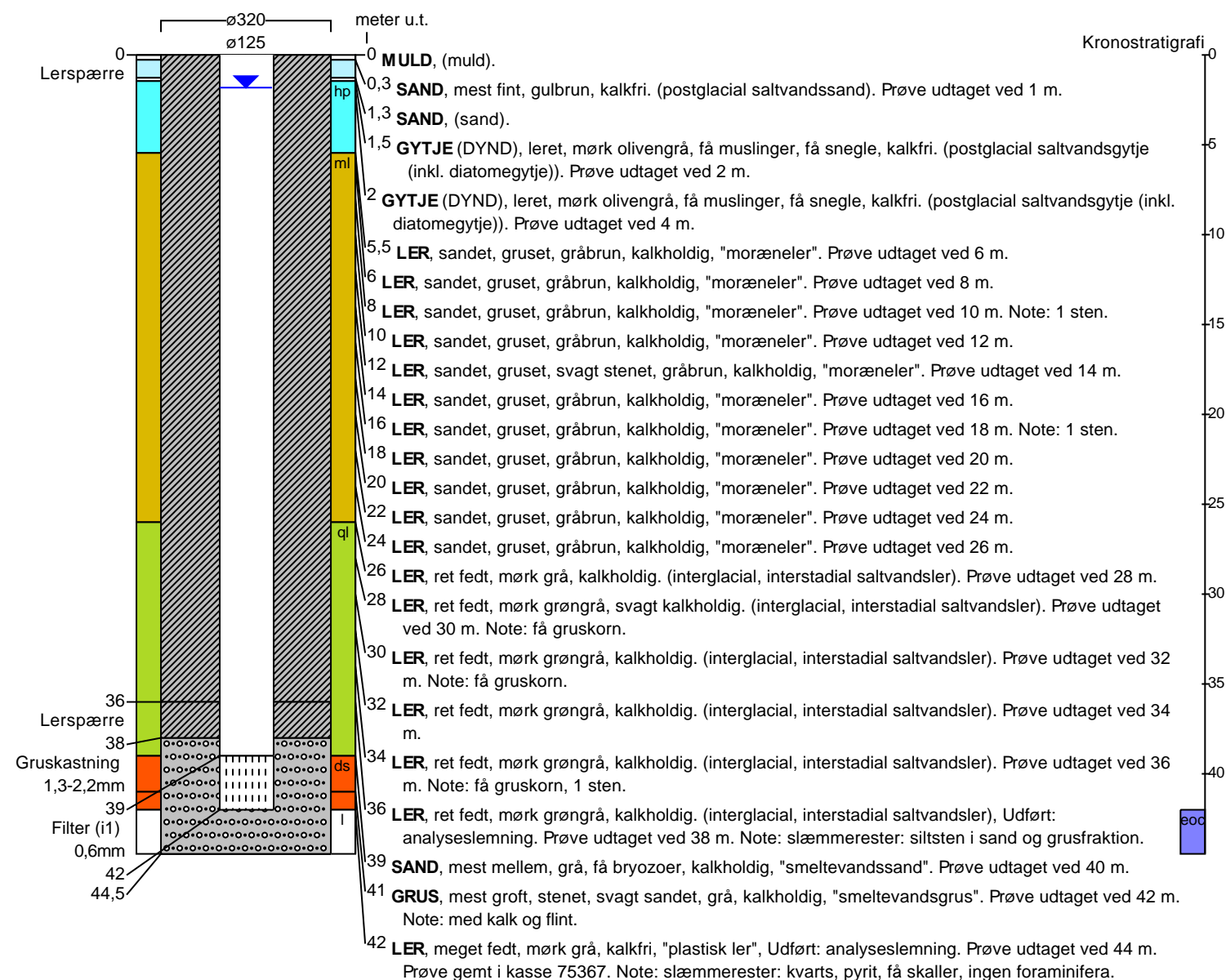
Koordinatkilde : Brøndborer

Boremethode : Indirekte skyllebor

UTM-koord. : 635996, 6194215

Koordinatmetode : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	1,8 meter u.t.	10/11 2006	2,5 m ³ /t	10 meter	

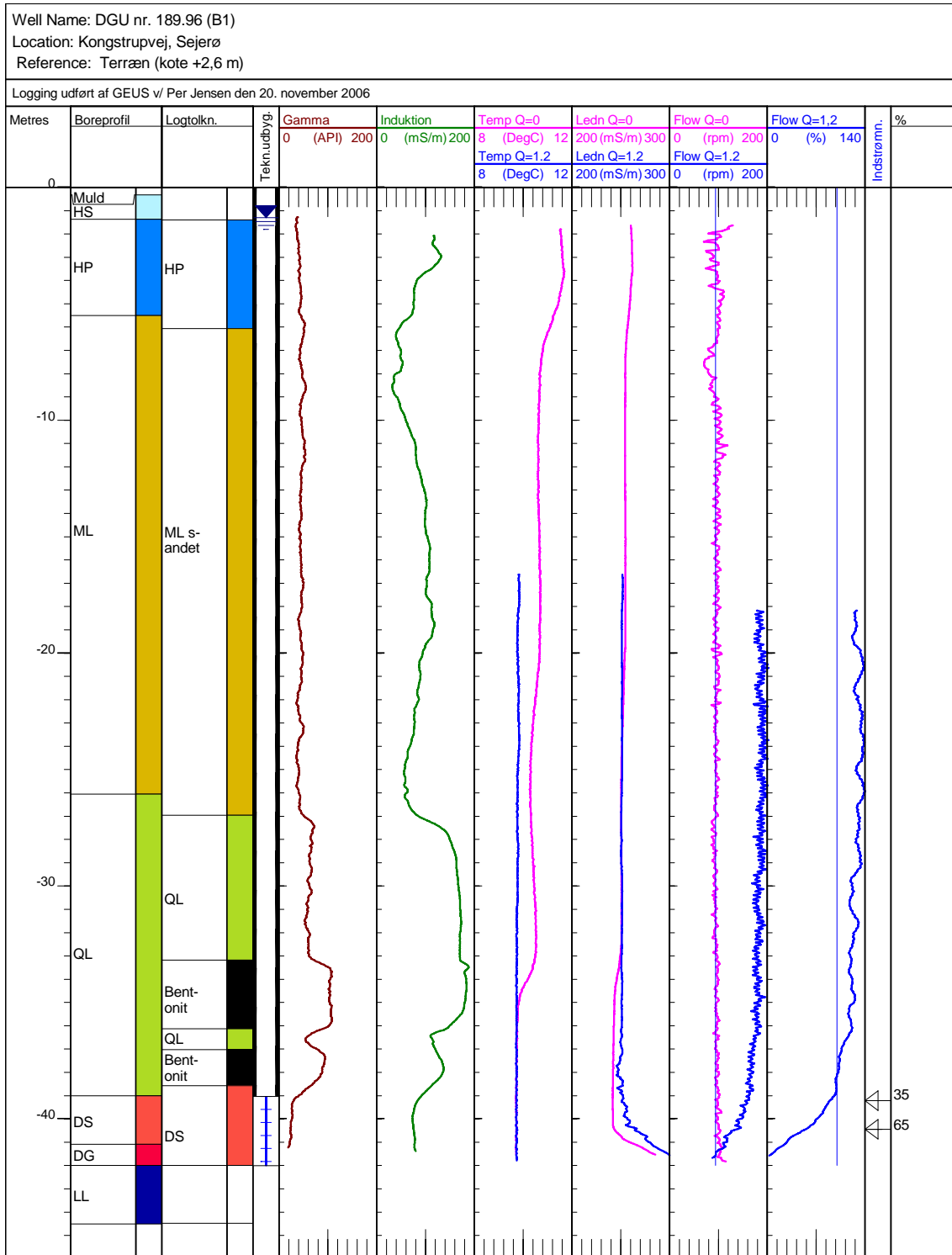
Notater : Prøvedybder stammer fra poser, ikke fra borejournal.(21/11/2006 TC)


fortsættes..

BORERAPPORT**DGU arkivnr: 189. 96****Aflejringsmiljø - Alder** (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)**meter u.t.**

0	-	0,3	mangler
0,3	-	1,3	marin - postglacial
1,3	-	1,5	mangler
1,5	-	5,5	marin - postglacial
5,5	-	26	glacigen - glacial
26	-	39	ant. marin - ant. interglacial
39	-	42	glaciofluvial - glacial
42	-	44,5	ant. marin - ant. eocæn

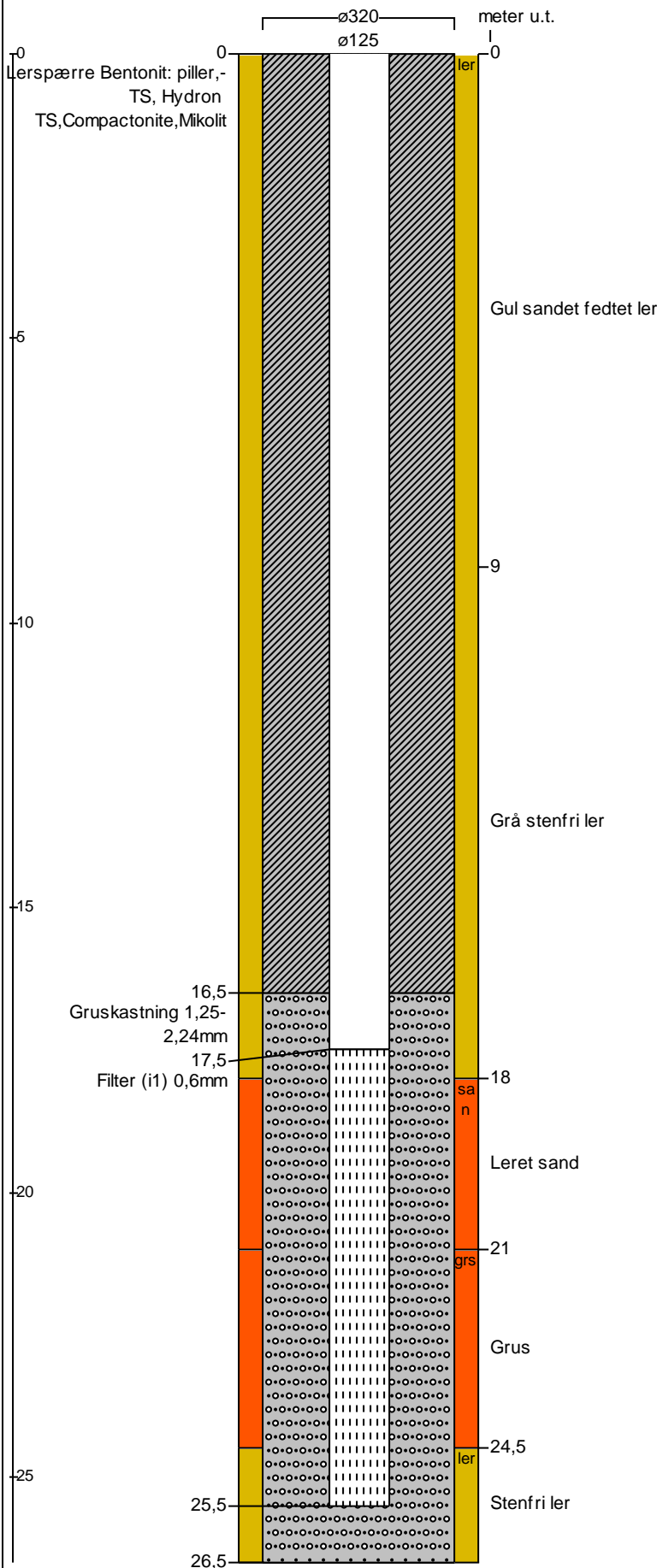
Bilag 3



BRØNDBORER-BORERAPPORT

DGU arkivnr: 189. 97

Lokal nr:



Rekvirent : Vestsjællands Amt
Borested : Sejerø, Kongshøj
Kommune : Bjergsted
UTM-koord. : 637957, 6193156, zone 32
Boringsdato : 24/11 2006
Brøndborer : Thomas Brøker, Holbæk
BB-journr : 257-06
Terrænkote : 23,7 meter o. DNN
Formål : Vandforsyningsboring
Boremethode : Indirekte skyllebor

Dimension : 320 mm til 26,5 m

Udbygning :

0-17,5 m: 125mm pvc (7,5mm), Gevind
 17,5-25,5 m: 125mm pvc (7,5mm), Gevind

Vandstand og Ydelse :

Vandstand i ro 18,35 meter u.t. 23/11 2006
 0,5 m³/t ved 5,3 m. sænkning

BB Firma : Brøndboringsfirmaet Brøker
Adresse : Spånnebæk 7, 4300 Holbæk
Telefon : 59 44 04 06
Fax : 59 44 69 00
E-mail : thomas@broeker.dk

Borerapport, prøvebeskrivelse, DGU nr. 189.97 / boring B2 Bilag 5

15

GEUS

BORERAPPORT
DGU arkivnr: 189. 97
Borested : Kongshøj, Sejerø
4592 Sejerø

Kommune : Bjergsted
Amt : Vestsjælland

Boringsdato : 24/11 2006

Boringsdybde : 26,5 meter

Terrænkote : 23,7 meter o. DNN

Brøndbore : Thomas Brøker, Holbæk

MOB-nr :
BB-journr : 257-06
BB-bornr :

Prøver
- modtaget : 6/12 2006 **antal** : 13
- beskrevet : 7/12 2006 **af** : TC
- antal gemt : 3

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1414IIISØ

Datum : EUREF89

Anvendelse :

UTM-zone : 32

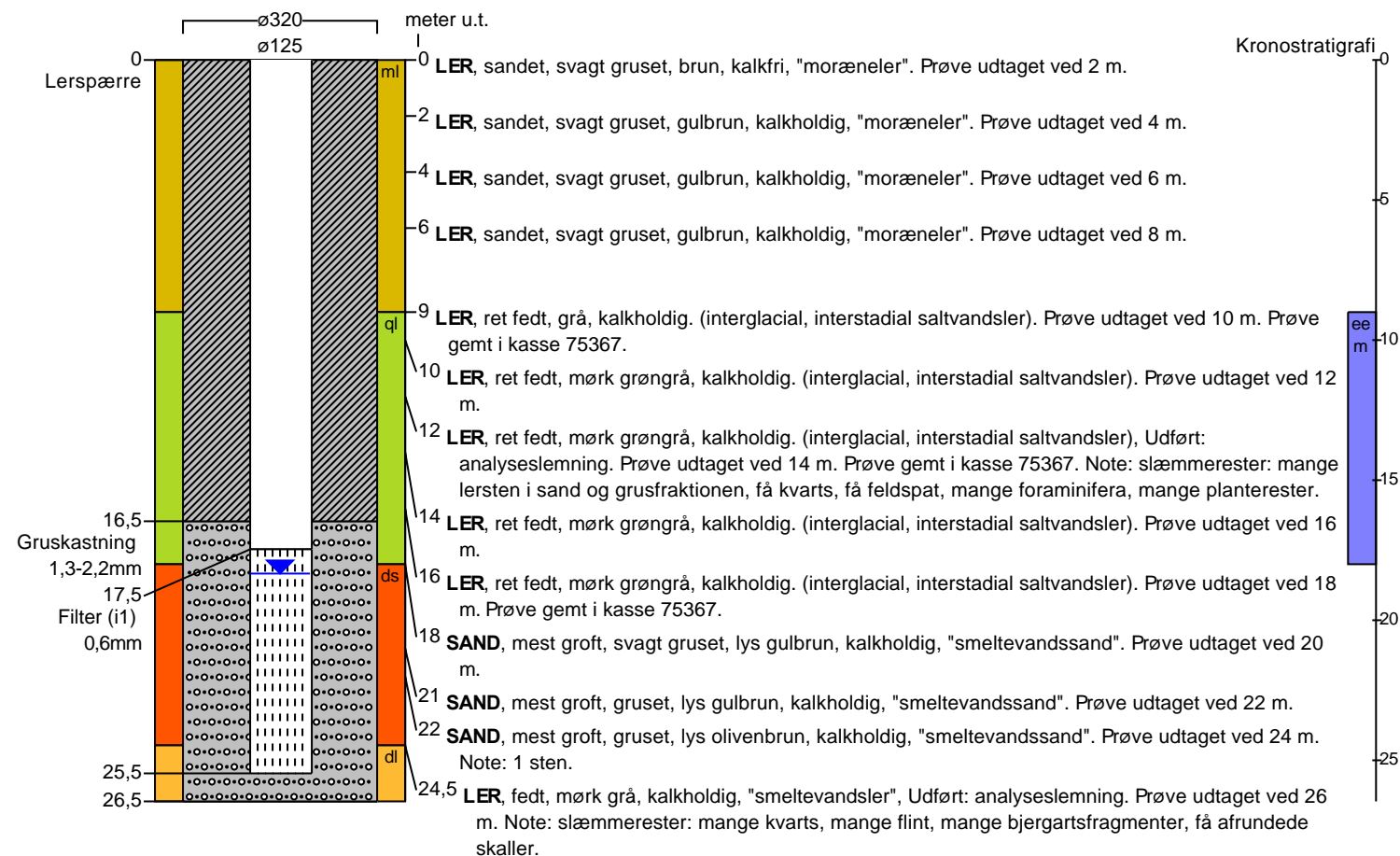
Koordinatkilde : Brøndbore

Boremethode : Indirekte skyllebor

UTM-koord. : 637957, 6193156

Koordinatmetode : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	18,35 meter u.t.	23/11 2006	0,5 m ³ /t	5,3 meter	


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

meter u.t.		
0	- 9	glacigen - glacial
9	- 18	ant. marin - ant. interglacial - ant. eem
18	- 24,5	glaciofluvial - glacial
24,5	- 26,5	glaciolakustrin - glacial

Bilag 6

