

Vejle. Vejle Lystbådehavn  
Opfyldning til ny klubø  
Geoteknisk undersøgelse

GEO projekt nr. 34533  
Rapport 1, 2011-04-05

## Sammenfatning

Projektet omfatter en opfyldning for en ny klubø i Vejle Havn. Opfyldningen, som skal udføres i et område, hvor vanddybden er ca. 0,5 – 1 meter, skal have færdigt terræn i kote 2,1.

Ved undersøgelsen har vi fra havbundsniveau i kote -0,8 a -1,1 truffet 7,0 – 7,7 meter stærkt sætningsgivende gytje, som underlejres af postglacialt og senglacialt sand. Den trufne gytje er meget slap og har så høje vandindhold, at den principielt bør betragtes som en viskos væske.

Med de trufne bundforhold vurderer vi, at opfyldningen til den nye klubø mest hensigtsmæssigt udføres som et fortrængningsprojekt, hvor den udlagte sandfyld fortrænger gytjen, kombineret med efterfølgende forbelastning. Det er sandsynligvis ikke muligt at fjerne al gytjen ved fortrængning, hvorfor der bør udføres supplerende undersøgelser – f.eks. som CPT-forsøg – når opfyldningen er udført.

Udarbejdet for  
NIRAS  
Att. Günther Hansen  
Postboks 615  
Åboulevarden 80  
8100 Århus C

Udarbejdet af Thomas Rye Simonsen,  
8741 2461, trs@geo.dk

Kontrolleret af Jan Dannemand Andersen

## Indhold

1	Baggrund og formål .....	3
2	Undersøgelser .....	3
3	Resultater.....	3
4	Vurderinger .....	4
4.1	Karakteristiske parametre.....	4
4.1.1	Gytje .....	4
4.1.2	Sand .....	4
4.2	Opfyldning.....	5

## Bilag

1.1 – 1.2	Boreprofiler, boring 1 og 2
1.3 – 1.6	Plasticitetsindeks
1.7	Situationsplan
GEO-Standard	Signaturer og forkortelser

## Appendiks

1.A	Boreprofil, boring GB20, JYSK GEOTEKNIK A/S
-----	---

## 1 Baggrund og formål

Umiddelbart nord for den eksisterende lystbådehavn i Vejle Havn skal der anlægges en ny klubø på knap 4.000 m<sup>2</sup> ud for den eksisterende kaj. Øen får terræn i kote 2,1, hvilket svarer til en opfyldning til på ca. 3 m oven på den eksisterende havbund. Opfyldningen planlægges udført som forbelastning i etaper med sand og geonet samt etablering af vertikaldræn i blødbund herunder.

Formålet med nærværende undersøgelse er at belyse bundforholdene med henblik på den planlagte opfyldning. Jysk Geoteknik A/S har tidligere udført en boring nær den planlagte opfyldning.

## 2 Undersøgelser

Undersøgelsen omfatter 2 boringer udført på lavt vand fra flydeflåde.

Undersøgelsespunkterne er placeret som vist med punkterne B1 og B2 på vedlagte situationsplan, bilag 1.7. På situationsplanen er ligeledes vist den tidligere udførte boring, GB20. Undersøgelsespunkterne er indmålt og koteret vha. GPS-udstyr i system DVR90/34J. Boringerne er ført ca. 14 meter i havbunden, hvilket svarer til kote ca. -15. Under borearbejdet er der registreret laggrænser, udtaget jordprøver samt udført vingeforsøg<sup>1</sup>. Jordprøverne er beskrevet geologisk<sup>2</sup> i laboratoriet. Der er udtaget intakte prøver i gytjen i form af B-rørsprøver (Ø42 mm) pr. meter og A-rørsprøver (Ø70 mm) fra kote ca. -5 til -6. Det blev i boring B1 forsøgt at udtage A-rør 1 meter under havbund, men det var ikke muligt at få materiale med op. På alle prøver af gytje er der bestemt vandindhold, og på alle prøver i B-rør er der udført rumvægtsbestemmelse. På udvalgte prøver i B-rør er der desuden udført forsøg til bestemmelse af plasticitetsindeks. Der er efter aftale ikke udført forsøg med prøverne i A-rør. Jordprøverne opbevares i 14 dage fra rapportdato.

Samtlige resultater, målinger og laboratorieforsøg er angivet i bilag 1.1 – 1.6. De benyttede signaturer og forkortelser på boreprofilerne er forklaret på vedlagte GEO-Standard.

## 3 Resultater

I boringerne er der truffet mellem 7,0 og 7,7 meter postglacialt, marint gytje. Herunder er der truffet ca. 2,5 meter postglacialt, marint sand, som underlejres af senglacialt smeltevandssand.

Den trufne gytje er i hele lagserien meget fed, og der er målt vandindhold imellem 145 – 344 % og plasticitetsindeks på  $I_p = 146 - 183$  % som gengivet i tabel 1.1.

---

<sup>1</sup> Dansk Geoteknisk Forening, Referenceblad for vingeforsøg (1999).

<sup>2</sup> Dansk Geoteknisk Forening, Bulletin 1: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995).

Boring nr.	Prøve nr.	Naturligt vandindhold $w$ (%)	Flydegrænse $w_L$ (%)	Plasticitetsgrænse $w_p$ (%)	Plasticitetsindeks $I_p$ (%)
1	7	284,7	254,1	73,8	180,4
1	11	244,0	225,1	67,4	157,7
2	3	211,6	213,6	67,6	146,0
2	6	343,7	271,2	88,6	182,5

Der henvises til bilagene for en detaljeret beskrivelse af de truffe bundforhold.

## 4 Vurderinger

### 4.1 Karakteristiske parametre

#### 4.1.1 Gytje

Den truffe gytje er meget slap. Ved tre af de fire plasticitetsforsøg er det naturlige vandindhold større end flydegrænsen, mens vandindholdet ved det fjerde forsøg svarer til flydegrænsen. Forsøgene indikerer, at gytjen principielt bør behandles som en viskos væske, dvs. de effektive styrkeparametre (friktionsvinkel  $\phi'$  og kohæsion  $c'$ ) bør sættes til 0. I praksis vil der formentlig kunne observeres små effektive styrker i gytjen, men disse styrker er utvivlsomt stærkt deformationskrævende og vanskelige at tage i regning.

De udførte vingeforsøg indikerer en vis, om end meget lille, udrænnet forskydningsstyrke i gytjen. I den øverste halvdel af gytjen er der således målt vingestyrker  $c_{fv} = 5$  a  $6$   $\text{kN/m}^2$  og i den nederste halvdel  $c_{fv} = 6$  a  $14$   $\text{kN/m}^2$ . Vi skønner umiddelbart, at gytjen har en karakteristisk udrænnet forskydningsstyrke  $c_{u;k} = \text{maks. } 3$   $\text{kN/m}^2$ .

Rumvægten af gytjen foreslår vi forudsat til  $\gamma = 11$  a  $12$   $\text{kN/m}^3$ , dvs. en effektiv rumvægt under grundvandsspejlet  $\gamma' = 1$  a  $2$   $\text{kN/m}^3$ .

Dekadehældningen af gytjen foreslås skønsmæssigt ansat til  $Q \approx 40$  a  $50$  %.

#### 4.1.2 Sand

For det postglaciale sand foreslår vi forudsat en skønnet karakteristisk friktionsvinkel  $\phi'_k = 35^\circ$  og for det senglaciale sand  $\phi'_k = 38^\circ$ .

Den effektive rumvægt under grundvandsspejlet foreslår vi for både det senglaciale og postglaciale sand forudsat til  $\gamma' = 10$   $\text{kN/m}^3$ .

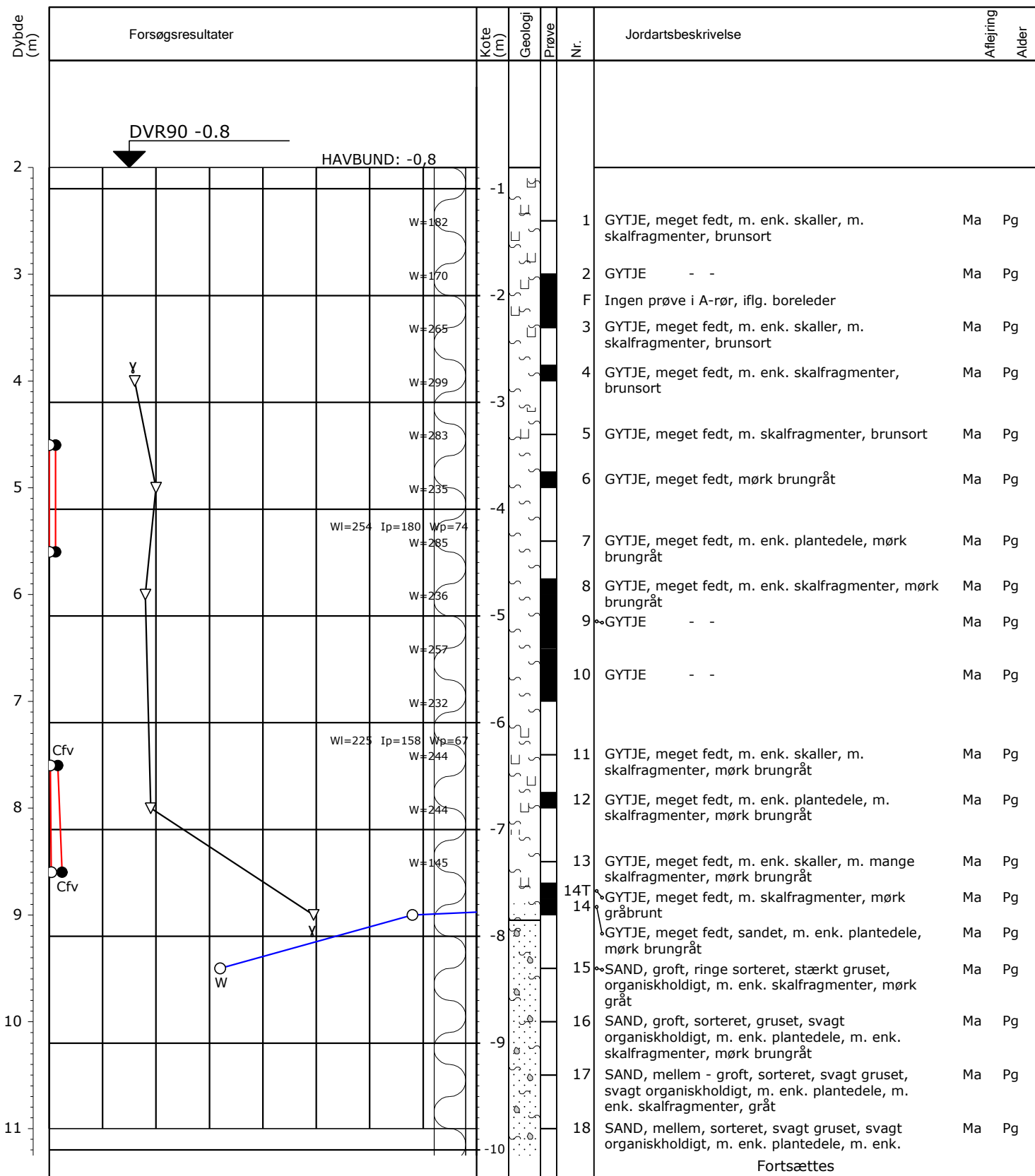
Sætninger i sandlagene er formentlig af underordnet betydning, men til eventuelle beregninger foreslår vi foreløbigt forudsat konsolideringsmoduler  $E_{oed} = 20.000$  og  $E_{oed} \geq 30.000$   $\text{kN/m}^2$  i hhv. postglaciale og senglaciale sand.

## 4.2 Opfyldning

Grundet de meget slappe gytjeflejringer vurderer vi, at en forbelastning ved udlægning af sandfyld skal udføres i mange etaper og med så begrænsede lagtykkelser, hvoraf størstedelen vil "forsvinde" igen som sætninger af gytjen, at opbygningen til den nødvendige højde vil tage uforholdsmæssig lang tid. Der må forudses risiko for bundvendinger med sammenblanding af materialer.

Da projektet i øvrigt er underlagt en stram tidsplan, anses denne løsning ikke som gangbar. Vi foreslår i stedet, at opfyldningen udføres ved fortrængning af gytjen. Det er formentlig ikke muligt at fortrænge al gytjen, hvorfor fortrængningen skal kombineres med afsluttende forbelastning for at opnå tilfredsstillende sætningsforhold for den færdige klubø.

Vi anbefaler udført supplerende geotekniske undersøgelser, når opfyldningen er udført. F.eks. som CPT-forsøg igennem sandopfyldningen til en vurdering af omfanget og egen-skaberne af den efterladte gytje – herunder vurdering af restsætninger.

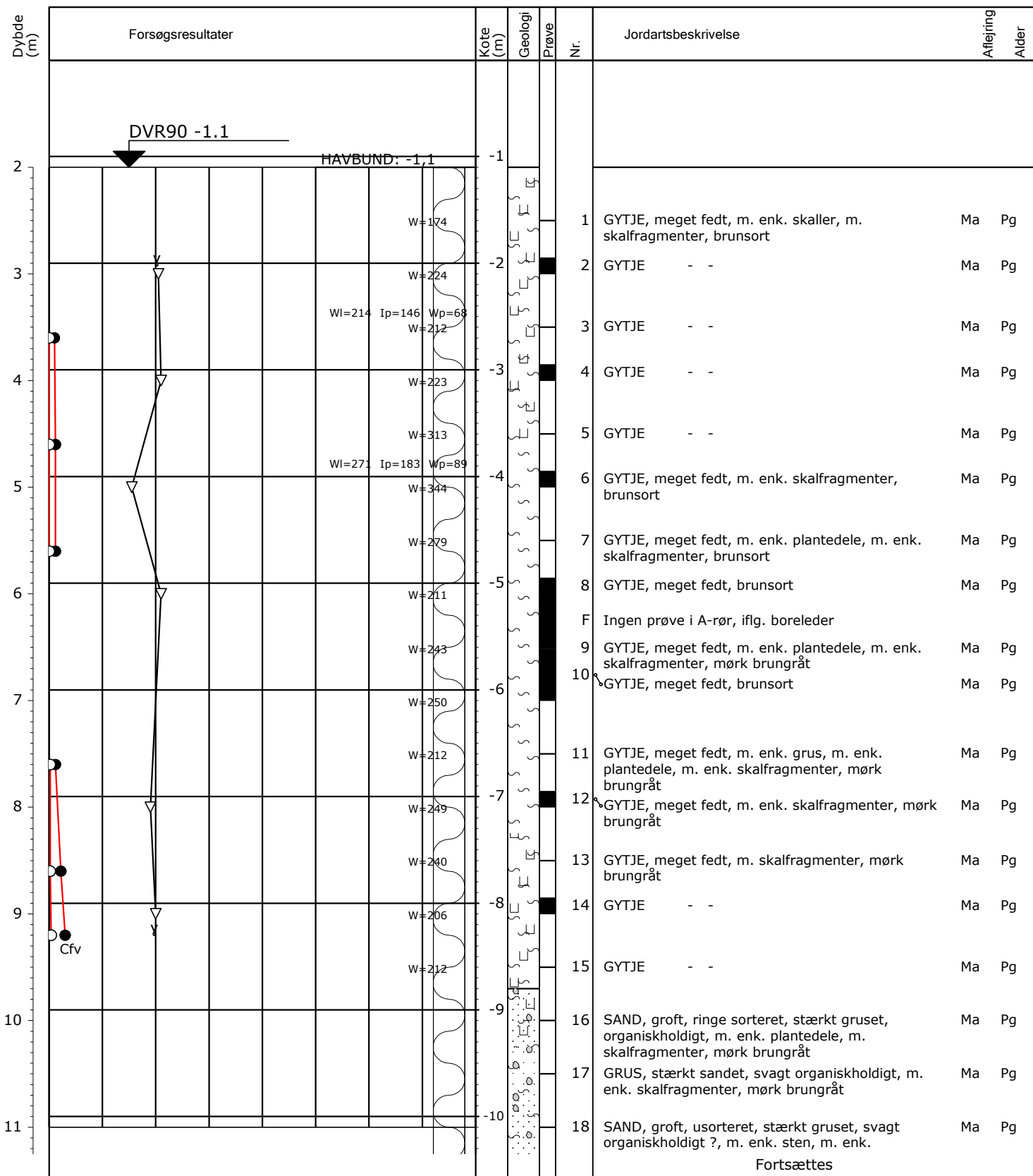


○	10	20	30	W (%)
▽	12	16	20	γ (kN/m <sup>3</sup> )
○●	100	200	300	Crv, Cfv (kN/m <sup>2</sup> )
Koordinatsystem : UTM32/E89				
X : 534995 (m) Y : 6173698 (m)				

Sag : 34533      Vejle. Vejle Lystbådehavn  
 Boret: GEO JBJ      Dato: 2011-03-15      Geologi : MAA      Boring : B1  
 Boremethode : Foret tørrotation 4"      DGU-nr :      Bilag : 1.1      S. 1/2

GeoGIS2005 2.1.76 - Geotlas\_geogis2010 - PSTGDK - 04-04-2011 10:55:02





Fortsættes

○	10	20	30	W (%)
▽	12	16	20	γ (kN/m <sup>3</sup> )
○●	100	200	300	Crv, Cfv (kN/m <sup>2</sup> )

Koordinatsystem : UTM32/E89  
X : 534963 (m) Y : 6173642 (m)

Sag : 34533 Vejle. Vejle Lystbådehavn

Boret: GEO JBJ Dato: 2011-03-16

Geologi : MAA

Boring : B2

Boremethode : Foret tørrotation 4"

DGU-nr :

Bilag : 1.2

S. 1/2

**Boreprofil**



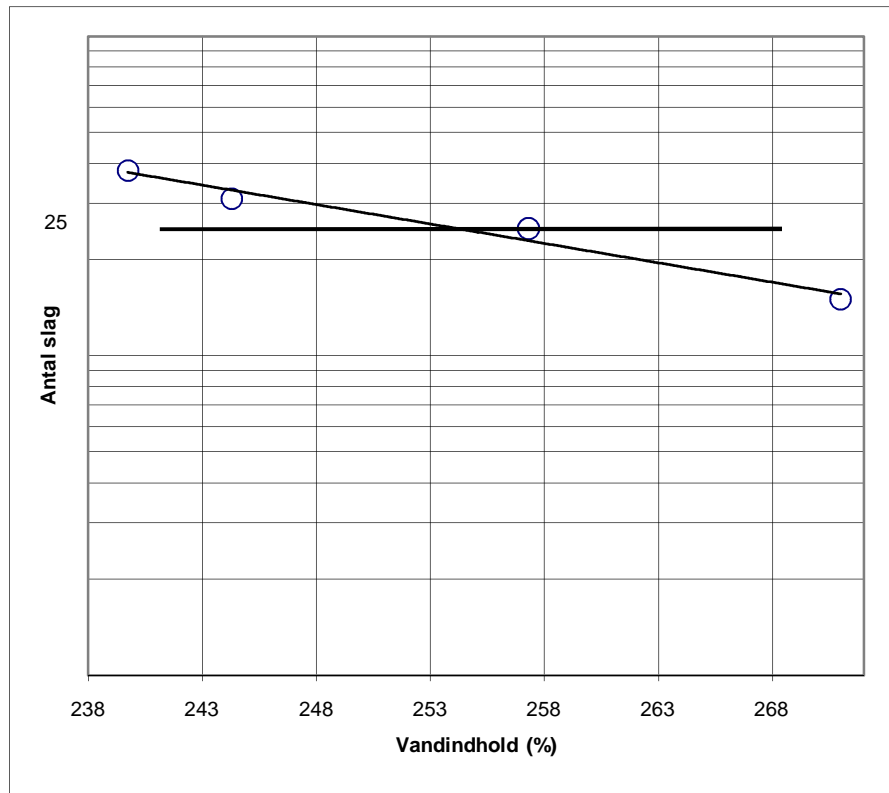
Sødalsparken 12, DK-8220 Brabrand  
Tlf.: +45 8627 3111, www.geo.dk





### FLYDEGRÆNSE

Forsøg nr.	1	2	3	4
Vandindhold w %	239,7	244,3	257,3	271,0
Antal slag	38	31	25	15



### Plasticitetsgrænse

Forsøg nr.	1	2
Vandindhold w %	73,7	73,8

### Resultatoversigt

Bor. Nr.	1	Lab. Nr.	7
Vandindhold før forsøg w %			284,7
Flydegrænse w <sub>L</sub> %			254,1
Plasticitetsgrænse w <sub>p</sub> %			73,8
Plasticitetsindeks I <sub>p</sub> %			180,4



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
Tlf: 86273111 www.geo.dk

Projekt: 34533

Vejle, Vejle Lystbådehavn

Udført : MAA

Dato : '2011-03-29

Emne: Plasticitetsindeks

Kontrolleret : MME

Dato : '2011-03-30

Side 1/1

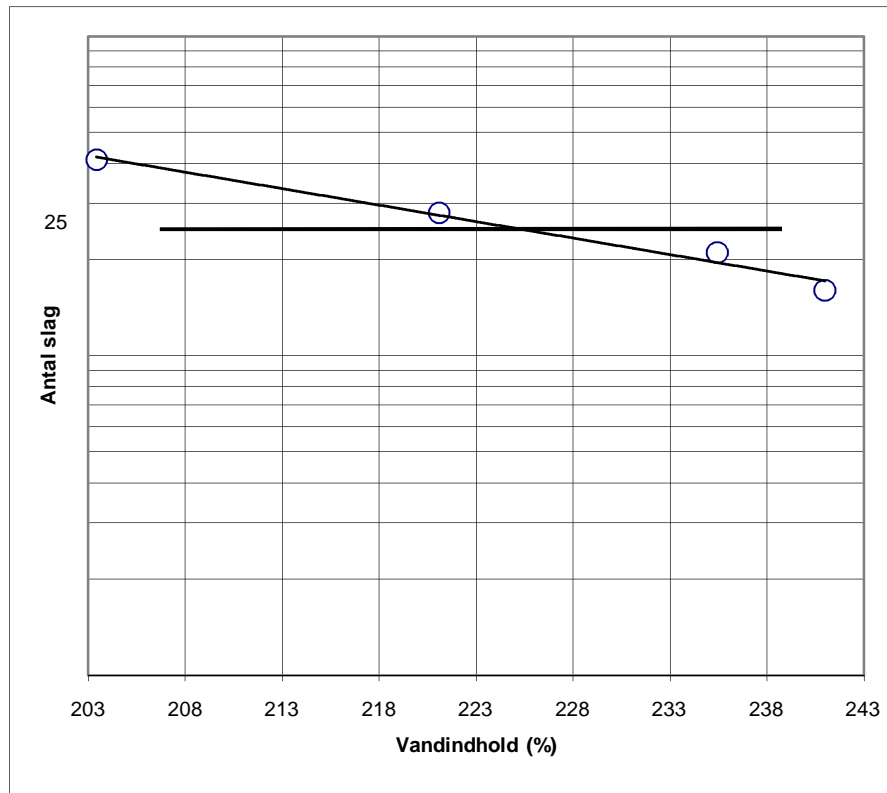
Godkendt : TRS

Dato : 2011-03-31

Rapport: 1 Bilag 1.3

### FLYDEGRÆNSE

Forsøg nr.	1	2	3	4
Vandindhold w %	203,4	221,1	235,4	241,0
Antal slag	41	28	21	16



### Plasticitetsgrænse

Forsøg nr.	1	3
Vandindhold w %	67,2	67,7

### Resultatoversigt

Bor. Nr.	1	Lab. Nr.	11
Vandindhold før forsøg w %			244,0
Flydegrænse w <sub>L</sub> %			225,1
Plasticitetsgrænse w <sub>p</sub> %			67,4
Plasticitetsindeks I <sub>p</sub> %			157,7



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
Tlf: 86273111 www.geo.dk

Projekt: 34533

Vejle, Vejle Lystbådehavn

Udført : MAA

Dato : '2011-03-29

Emne: Plasticitetsindeks

Kontrolleret : MME

Dato : '2011-03-30

Side 1/1

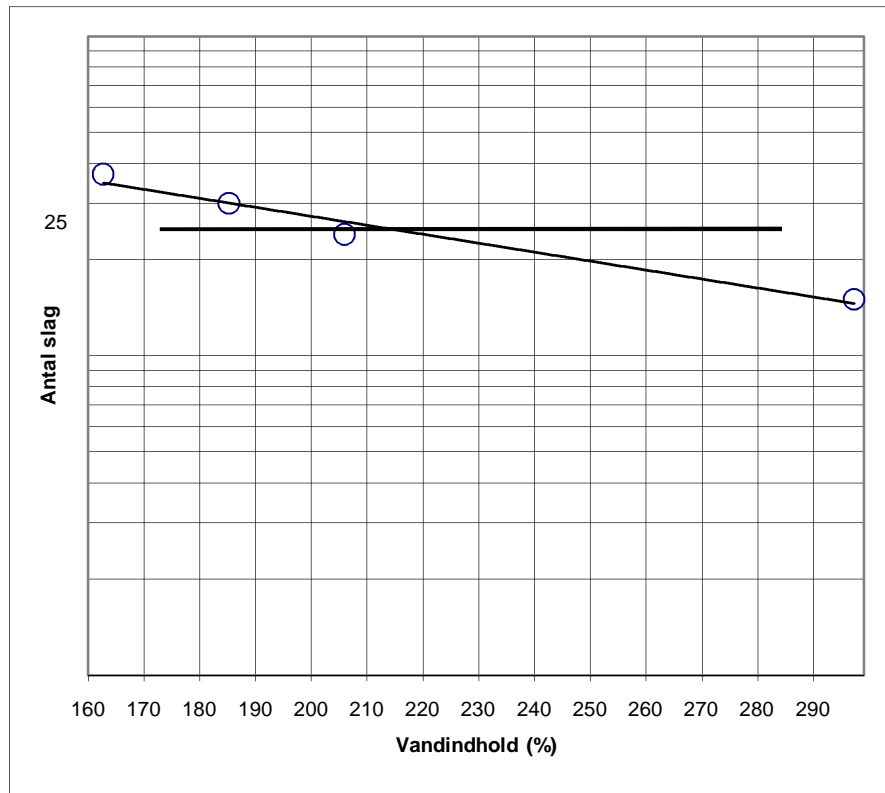
Godkendt : TRS

Dato : 2011-03-31

Rapport: 1 Bilag 1.4

### FLYDEGRÆNSE

Forsøg nr.	1	2	3	4
Vandindhold w %	162,7	185,2	206,0	297,2
Antal slag	37	30	24	15



### Plasticitetsgrænse

Forsøg nr.	1	3
Vandindhold w %	67,9	67,3

### Resultatoversigt

Bor. Nr.	2	Lab. Nr.	3
Vandindhold før forsøg w %			211,6
Flydegrænse w <sub>L</sub> %			213,6
Plasticitetsgrænse w <sub>p</sub> %			67,6
Plasticitetsindeks I <sub>p</sub> %			146,0



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
Tlf: 86273111 www.geo.dk

Projekt: 34533

Vejle, Vejle Lystbådehavn

Udført : MAA

Dato : '2011-03-30

Emne: Plasticitetsindeks

Kontrolleret : MME

Dato : '2011-04-04

Side 1/1

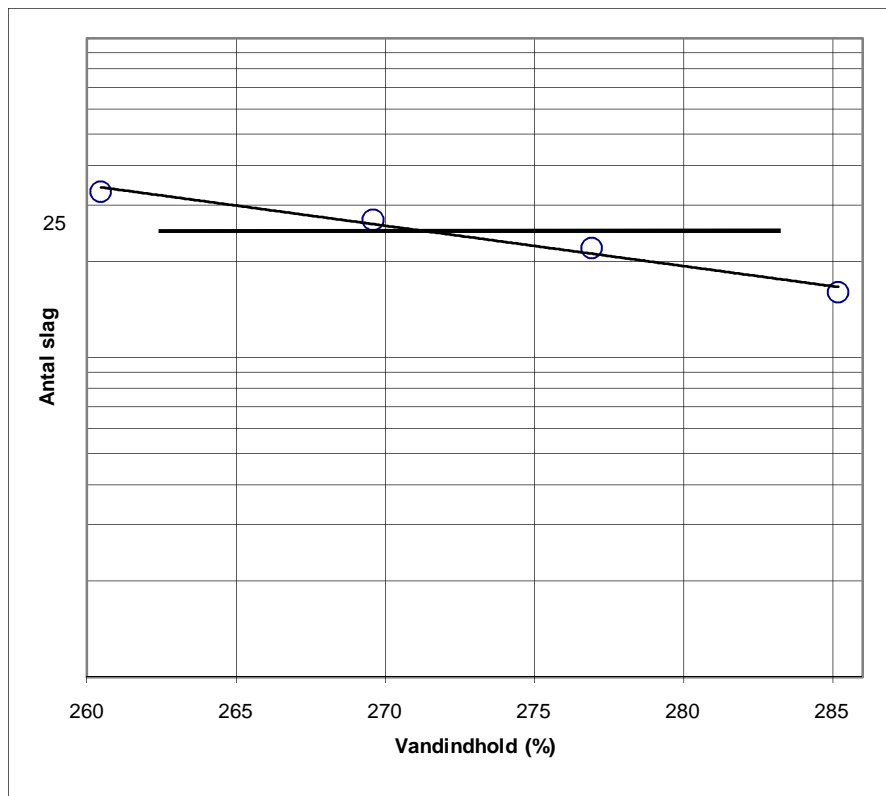
Godkendt : TRS

Dato : 2011-04-04

Rapport: 1 Bilag 1.5

### FLYDEGRÆNSE

Forsøg nr.	1	2	3	4
Vandindhold w %	260,5	269,6	276,9	285,2
Antal slag	33	27	22	16



### Plasticitetsgrænse

Forsøg nr.	1	3
Vandindhold w %	89,1	88,2

### Resultatoversigt

Bor. Nr.	2	Lab. Nr.	6
Vandindhold før forsøg w %			343,7
Flydegrænse w <sub>L</sub> %			271,2
Plasticitetsgrænse w <sub>p</sub> %			88,6
Plasticitetsindeks I <sub>p</sub> %			182,5



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
Tlf: 86273111 www.geo.dk

Projekt: 34533

Vejle, Vejle Lystbådehavn

Udført : MAA

Dato : '2011-03-31

Emne: Plasticitetsindeks

Kontrolleret : MME

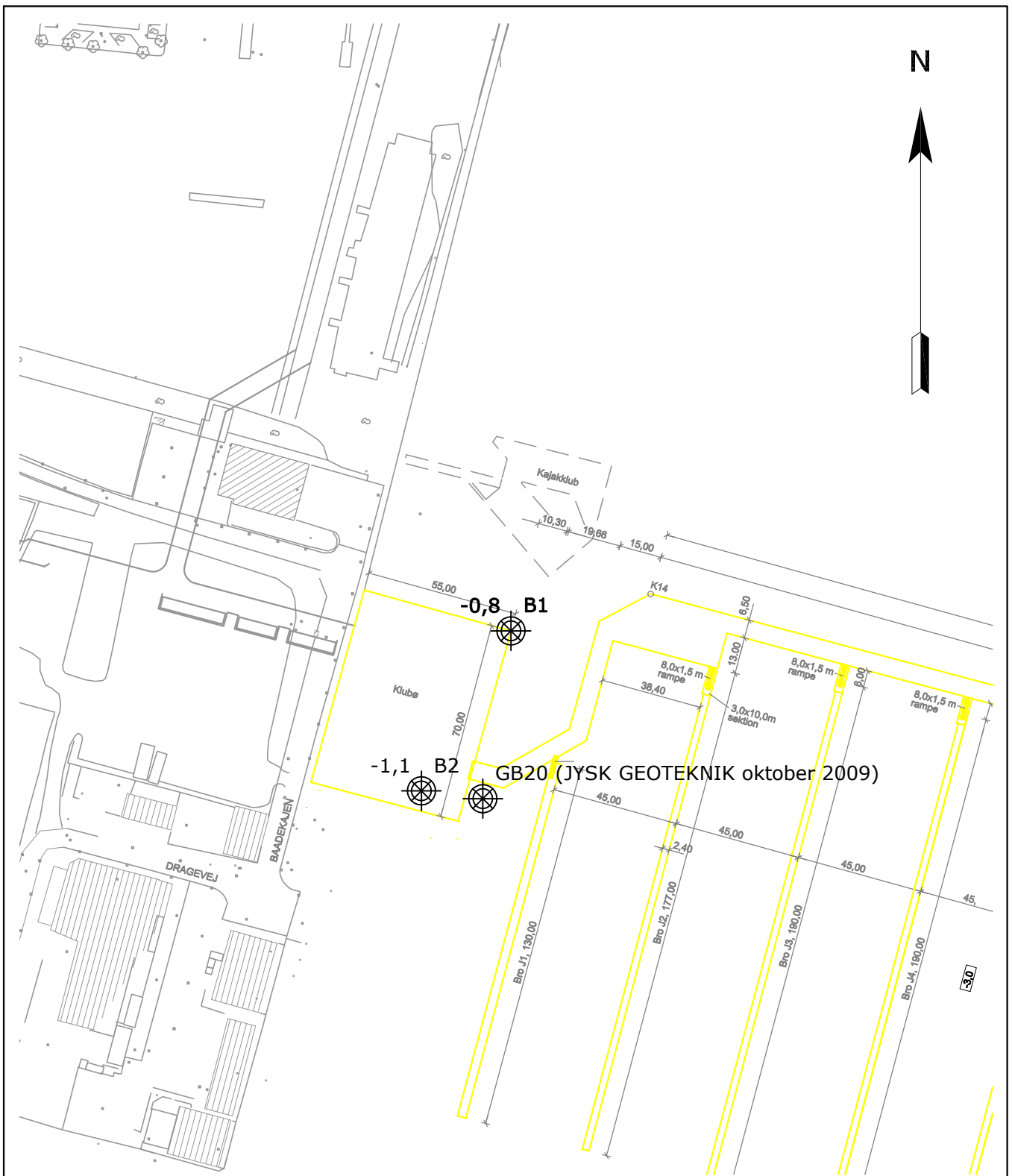
Dato : '2011-04-04

Side 1/1

Godkendt : TRS

Dato : 2011-04-04

Rapport: 1 Bilag 1.6



**Signatur:**

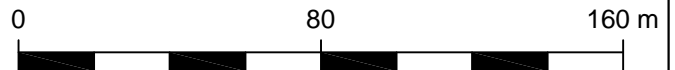
Geoteknisk boring

a: Punkt nr.

b: Kote til havbund



(koter er i DVR90)



Projekt: 34533 Vejle. Vejle Lystbådehavn  
 Emne: Situationsplan

Mål 1:2000

Rapport 1

Side 1/1

Bilag 1.7

Rev. 0



Sødalsparken 12, 8220 Brabrand  
 Tlf.: +45 8627 3111, www.geo.dk

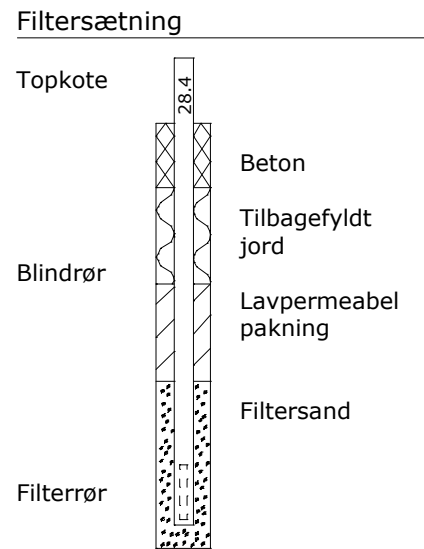
# GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

## Geotekniske og miljøtekniske boringer

Situationsplan		Prøver		Jordarter					
	Boring		Drejesondering		Lille pose eller glas		Fyld		Sten
	Boring med Prøvetagning		Rammesondering		Stor pose		Muld		Grus
	Vingeforsøg		Tryksondering (CPT)		Rørprøve		Tørv		Sand
	Boring med prøvetagning/vingeforsøg		Belastningsforsøg		Udtag fra SPT sonde		Tørvedynd		Silt
	Gravning med prøvetagning/vingeforsøg		Geelektrisk punktprofil		Kerneprøve		Gytje (dynd)		Ler
	Filterboring		Liniemodstandsmåling				Organiskholdig		Kalk
							Skaller		Klippe/Beton
							Moræneler (sandet, gruset)		Morænesand (leret, gruset)

Note: I morænejordarter må der forventes varierende indhold af sten og blokke

Forsøg		Filtersætning	
w	Vandindhold	$C_v$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
$w_L$	Flydegrænse	$C_{vr}$	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
$W_p$	Plasticitetsgrænse	N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
$I_p$	Plasticitetsindeks	$q_c$	Spidsmodstand (CPT)
$I_k$	Kvældindeks	$f_s$	Kappemodstand (CPT)
e	Poretal	u	Poretryk (CPT)
$e_{max}$	Poretal i løseste standardlejring	R	Drejesonderingsmodstand, WST
$e_{min}$	Poretal i fasteste standardlejring	S	Sigte- og slemmeanalyse #
$I_D$	Tæthedsindeks (relativ lejrings-tæthed)	K	Konsolideringsforsøg #
$\rho$	Rumvægt	T	Tryk- eller triaxialforsøg #
$\rho_s$	Kornrumvægt	SP	Standard Proctor forsøg #
gl	Glødetab	MP	Modificeret Proctor forsøg #
ka	Kalkindhold	A	Kemisk specialanalyse #
PID	Photoionisations-detektormåling		#: Se resultat i rapport eller på separat bilag



Note: Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forenings, Referenceblad for vingeforsøg, revision 3, august 1999. Omsætningstabellerne er ved tolkningen tilnærmet med en ret linie gennem 0-punktet og punktet, der svarer til  $2/3 \cdot P_{max}$ .

## GEO-Standard: Signaturer og forkortelser

### Geotekniske og miljøtekniske boringer

Dannelsesmiljø		Geologisk alder		Henvisninger
Br	Brakvandsaflejring	Re	Recent	Dansk Standard: "Norm for fundering" (DS415)
Fe	Ferskvandsaflejring	Pg	Postglacial	
Fl	Flydejord	Sg	Senglacial	
Fy	Fyld	Gc	Glacial	Dansk Geoteknisk Forening: "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" (1995)
Gl	Gletsjeraflejring	Ig	Interglacial	
Ma	Marin aflejring	Is	Interstadial	
Ne	Nedskylsaflejring	Te	Tertiær	
Ov	Overjord	Mi	Miocæn	
Sk	Skredjord	Ol	Oligocæn	Dansk Geoteknisk Forening: "Markundersøgelsesmetoder" (1990)
Sm	Smeltevandsaflejring	Eo	Eocæn	
Vi	Vindaflejring	Pl	Palæocæn	
Vu	Vulkansk bjergart	Sl	Selandien	
Gr	Grundfjeld	Da	Danien	
		Kr	Kridt	
		Ju	Jura	
		Pk	Prækambrium	
		Generelt	* Se rapport	

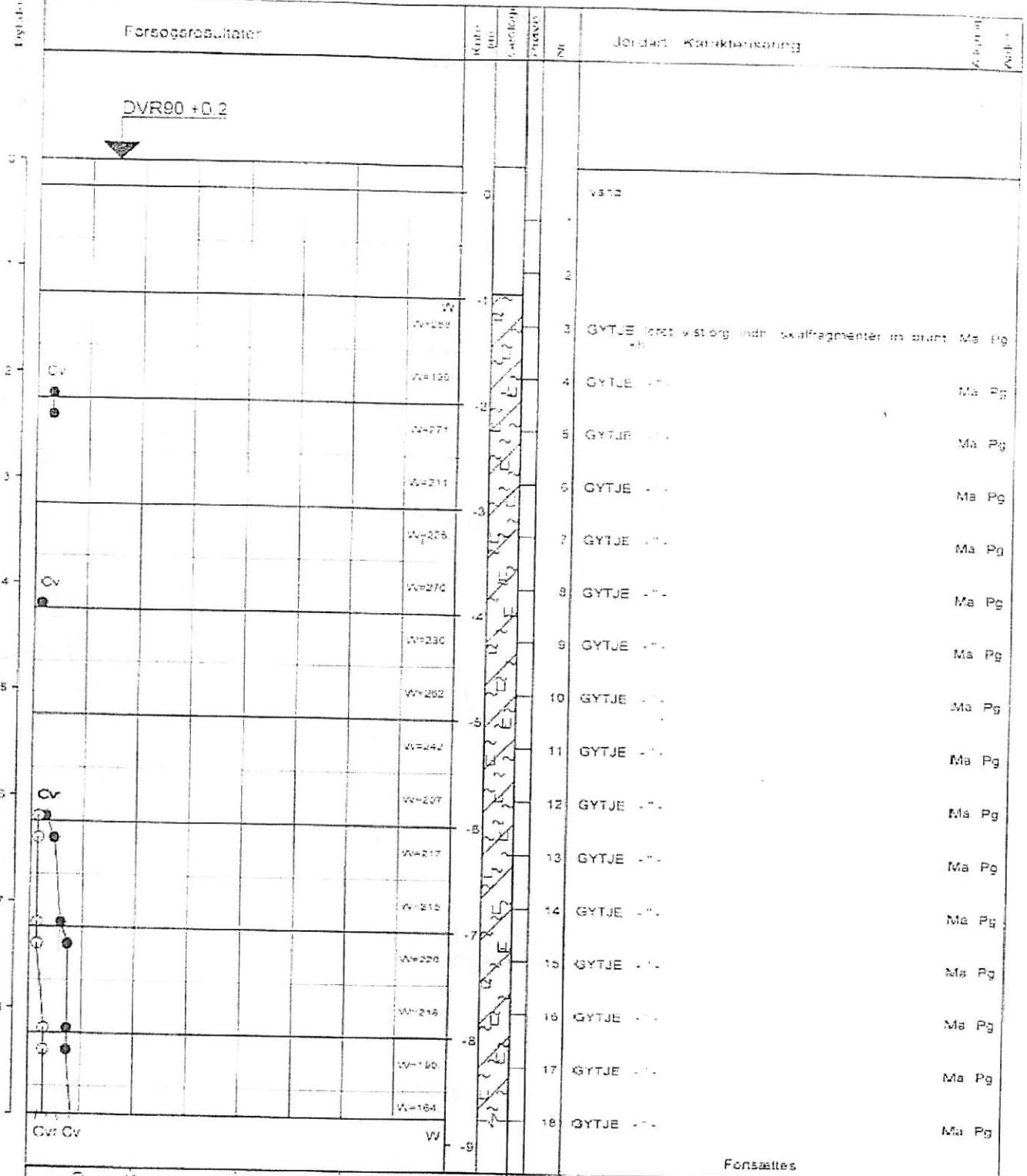


# **Appendiks 1.A**

**Geoteknisk boring udført af JYSK GEOTEKNIK A/S**

Boreprofil GB20

Projekt nr. 34533 Vejle. Vejle Lystbådehavn



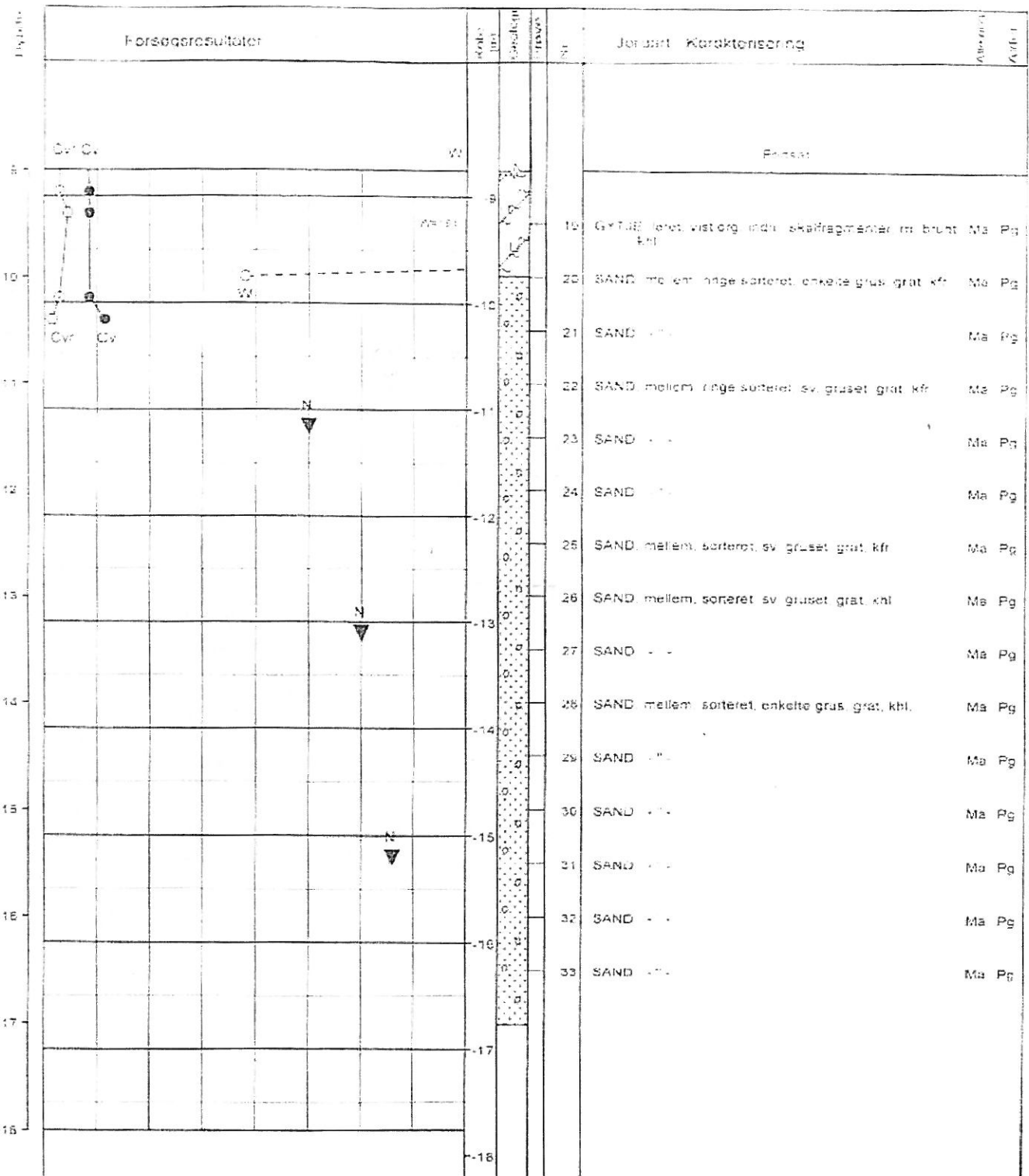
○	10	20	30	W (%)
●	100	200	300	Cv (kN/m²)
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)

Boremetode: Tor rotationsboring med foring og snegl  
 X 534985 (m) Y 6173639 (m) Plan UTM32/EUREF89

Sag : 09.4029.02 Lystbådehavn, 7100 Vejle.  
 Strækning : Boret af JGA/SHN      Dato : 20091028      DGU-nr. :  
 Udarb af JFC/KB      Kontrol : HH      Godkendt : HH      Dato : 20091112      Boring : GB20  
 Bilag 2



Boreprofil



Boremetode: Torrotationsboring med foring og snejl  
 X: 634985 (m) Y: 6173639 (m) Plan: UTM32/EUREF89

Sag: 09.4029.02 Lystbådehavn, 7100 Vejle.  
 Strækning: Boret af: JGA/SHN Dato: 20091026 DGU-nr.: Boring: GB20  
 Udarb af: JFC/KB Kontrol: HH Godkendt: HH Dato: 20091112 Bilag: 2 8 2 2

**JYSK GEOTEKNIK A/S**

Boreprofil