



Forlængelse af Mørupvej Herning

Geoteknisk undersøgelse

HERNING KOMMUNE

29. NOVEMBER 2019

Projekt nr.: 10406957

Version 1

Revision 1

Udarbejdet af JZKR

Kontrolleret af ELMY

Godkendt af BMF

Sammenfatning

Der er planlagt udvidelse af Mørupvej i den sydvestlige del af Herning. I den forbindelse har NIRAS udført en geoteknisk undersøgelse for projektet.

Undersøgelsen omfatter 7 geotekniske borer, hvori der under 0,2 á 0,3 m muld truffet dæmningsfast bund som består af smeltevandssand og moræneler.

I borerne er der registreret vandspejl i 0,6 á 2,6 m under terræn og vurderes til at være sekundære vandspejl.

Veje vurderes at kunne udlægges efter afrømning af muld og vækstlag, således at vejopbygningen etableres på intakte aflejringer bestående af smeltevandssand og moræneler.

Planum forventes overvejende at bestå af moræneler, der vurderes frosttvivlsom, men enkelte steder fremstår moræneleren fed og dermed frostfarlig. Hvor planum består af sand vurderes underbunden frostsikker.

De trufne intakte senglaciale og glacialle aflejringer vurderes at være bæredygtige for ledningerne og med de anførte lægningsdybder, vurderes det, at ledningerne overvejende kan lægges uden sætningsgener, såfremt de lægges i intakte aflejringer.

Overvejende del af udgravning til ledninger kommer at udføres i sand og under vandspejlsniveau, hvorfor der er nødvendigt at udføre en midlertidig grundvandssænkning. Grundvandssænkningen kan udføres med sugespidsanlæg. Ved udgravninger i lavpermeable aflejringer, kan tilstrømmende vand efter al sandsynlighed bortledes med direkte lænsning.

Indhold

1	Indledning	4
1.1	Projektbeskrivelse	4
1.2	Formål	4
2	Undersøgelsens omfang	5
2.1	Geoteknisk arkivsøgning	5
2.2	Feltundersøgelser	5
2.3	Laboratorieundersøgelser	5
3	Resultater	6
3.1	Jordbundsforhold	6
3.2	Grundvandsforhold	6
4	Vurderinger	6
4.1	Funderings- og lægningsforhold	6
4.2	Vej og belægninger	7
4.3	Ledninger	7
4.4	Miljøforhold	8
5	Udførelse	9
5.1	Midlertidig tørholdelse	9
5.2	Udgravningsforhold	9
5.3	Tilfyldning	9
5.4	Komprimering	10
5.5	Naboforhold	10
5.6	Tilsyn, kontrol og overvågning	10
6	Afsluttende bemærkninger	11

Bilag 1: Boreprofiler B17-B23

Bilag A: Signaturer og definitioner

Bilag S: Geoteknisk situationsplan

1 Indledning

1.1 Projektbeskrivelse

Undersøgelsen er udført forud for forlængelsen af Mørupvej i den sydvestlige del af Herning. NIRAS har i den forbindelse udført en geoteknisk undersøgelse.

Projektområdets placering fremgår af figur 1.1.

Figur 1.1: Oversigtskort, nordvendt orienteret.

Projektlokaliteten er angivet med rød



Denne geotekniske rapport omhandler vejstrækningen st. 2060-3040 i MidtConsults vejprojekt. Placeringen af de udførte geotekniske borer, B17-B23, er fastlagt af NIRAS med godkendelse af MidtConsult.

1.2 Formål

Undersøgelsen er udført som en geoteknisk parameterundersøgelse i henhold til Eurocode 7, DS/EN1997-1 og kan således danne grundlag for projektering af det aktuelle anlægsprojekt. Resultaterne af parameterundersøgelsen fremgår af denne geotekniske undersøgelsesrapport. Når projektdetaljer med mere er fastlagte, skal der udarbejdes en geoteknisk projekteringsrapport hvori der kan henvises til den geotekniske undersøgelsesrapport.

Formålet med den udførte geotekniske undersøgelse er at tilvejebringe et grundlag for:

- vurdering af jordbunds- og grundvandsforhold indenfor anlægsområdet
- valg af funderingsmetode for vejanlægget
- opstilling af projekteringsgrundlag for vej
- vurdering af behovet for og eventuelt omfang af særlige udførelsesmæssige metoder

2 Undersøgelsens omfang

2.1 Geoteknisk arkivsøgning

NIRAS har indsamlet oplysninger om jordbundsforhold mv. fra disse kilder:

- Geologisk jordartskort (DGU)
- Historiske kort (herunder luftfotokort)

Ifølge geologisk jordartskort 1:25000 kan der i den østlige del af projektområdet forventes aflejringer af glacialt moræneler i den øverste meter. I den vestligste del af området, kan der forventes aflejringer af glacialt smeltevandssand og enkelte steder kan der forventes postglacialt flyvesand.

Ifølge historiske luftfotos tilbage til 1954, har arealet været anvendt til almindeligt landbrug og bebyggelse af en enkelt landbrugsejendom.

2.2 Feltundersøgelser

Med Franck Geoteknik AS som boreentreprenør, blev der d. 7. november 2019 udført 7 geotekniske borer benævnt B17-B23. Boringernes placering blev fastlagt med udgangspunkt i at belyse vejprojektet. Alle borer blev udført med mobilt boreværk, som uforede 6" borer og blev ført til 4,0 å 5,0 m under terræn (m u. t.).

Boringerne er udført som geotekniske borer, iht. DGF Bulletin no. 14, og der er foretaget følgende ifm. borearbejdet:

- Udtagning af omrørte prøver i 0,2 og 0,5 m u.t., herefter for hver 0,5 m
- Laggrænser er registreret
- Vingeforsøg til bestemmelse af kohæsive jordarters udrænedes forskydningsstyrke
- Let rammesondering til bestemmelse af friktionsaflejringeres lejringsstæthed
- Pejlerør i dimensionen ø25 mm med 1,0 m slidsestrækning for at bestemme grundvandets beliggenhed

Koordinater og terrænkoten ved borerne er afsat og indmålt af NIRAS med DGPS og fremgår af de respektive boreprofiler, Bilag 1. Koter referer til DVR90 og koordinater til UTM32EUREF89.

Boringernes placering fremgår af situationsplanen i Bilag S.

2.3 Laboratorieundersøgelser

NIRAS har udført laboratorieundersøgelser og har foretaget følgende:

- Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse i henhold til DGF Bulletin 1, rev. 3. februar 2009, på alle prøver
- Standard klassifikationsforsøg på udvalgte prøver

Resultaterne af felt- og laboratoriearbejdet er optegnet af NIRAS på geotekniske boreprofiler, der er vedlagt som Bilag 1. Signaturer og definitioner fremgår af Bilag A.

3 Resultater

3.1 Jordbundsforhold

Ved de udførte borerne er der under ca. 0,2 á 0,3 m muld generelt truffet senglaciale aflejringer af smeltevandssand og glacielle aflejringer af moræner til borerne bund 4,0 á 5,0 m u. t. Smeltevandsaflejringerne træffes primært i den vestlige del af projektområdet og stedvist underlejres af moræner. I de fleste af borerne fremstår den trufne ler ret fedt til fedt.

Da der før har været bebyggelse i form af en landbrugsejendom på planlagte vejstrækning, beliggende imellem B21 og B22, må der forventes vekslende mægtigheder af fyld evt. med indhold af beton, tegl, asfalt og lign., obstruktioner som brønde, ledninger m.m., som skal håndteres i forbindelse med jordarbejdet.

3.2 Grundvandsforhold

Alle borer er pejlet umiddelbart efter borearbejdets afslutning samt ved synkronpejlerunde d. 15 november svarende til mindst 7 dage efter borerne er udført. Resultatet fremgår af Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Resultat af udførte pejlinger.

Boring	Terræn	Vandspejl (efter borearbejde)		Vandspejl (ved synkronpejlerunde)	
	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)
B17	+52,1	0,7	+51,4	0,8	+51,3
B18	+53,5	0,7	+52,8	0,6	+52,9
B19	+55,5	2,6	+52,9	2,6	+52,9
B20	+57,0	2,1	+54,9	1,9	+55,1
B21	+56,7	0,9	+55,8	0,8	+55,9
B22	+56,2	1,3	+54,9	1,3	+54,9
B23	+56,8	2,4	+54,4	1,6	+55,2

Det registrerede vandspejl er beliggende mellem kote +51,3 og kote +55,9 og vurderes at være sekundære vandspejl.

Da der er truffet lavpermeable aflejringer, må der forventes årstids- og nedbørsafhængige, sekundære grundvandsspejl eller nedsivningshorisonter, hvorfor der kan være højere liggende og sekundære vandspejl. Højeste vandspejl registreres ofte i februar/marts måned og det anbefales derfor at foretage supplerende pejlinger.

4 Vurderinger

4.1 Funderings- og lægningsforhold

Dæmningsfast bund for veje og terrænniveau er angivet i tabel 4.1 sammen med højest registreret vandspejl (VSP) og omtrentlige lægningskoter for ledninger under vej.

Tabel 4.1: Terrænniveau samt niveau for dæmningsfast bund, vandspejl og lægningskoter for ledninger under vej.

Boring	Terræn	Dæmningsfast bund		VSP	Lægningskoter*
	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)	(DVR90)	(DVR90)
B17	+52,1	0,2	+51,9	+51,3	+50,4
B18	+53,5	0,2	+53,3	+52,9	+51,9
B19	+55,5	0,2	+55,3	+52,9	+52,8
B20	+57,0	0,2	+56,8	+55,1	+53,6
B21	+56,7	0,3	+56,4	+55,9	+54,2
B22	+56,2	0,2	+56,0	+54,9	+54,7
B23	+56,8	0,2	+56,6	+55,2	+55,5

* Dybeste lægningskote for ledninger under vej

4.2 Vej og belægninger

Veje kan udlægges uden sætningsgener efter afrømning af samtlige muld og vækstlag, svarende til det anførte niveau i tabel 4.1 for dæmningsfast bund, med forhold som truffet ved boringerne. Planum forventes overvejende at bestå af moræneler, der vurderes frosttvivlsom, men enkelte steder fremstår moræneleret som ret fed og dermed frostfarlig. Hvor planum består af smeltevandssand vurderes underbunden frostsikker. Leret karakteriseres som udblødningsfarligt og følsom overfor dynamiske påvirkninger i forbindelse med nedbør og overfladevand, hvorfor der skal sikres effektiv dræning af planum og bærelag.

Risikoen for frosthævning afhænger af jordens frostfølsomhed i planum og grundvandsforholdene. Af hensyn til risikoen for frosthævninger må der ikke findes frostfarlige aflejringer af overjord nærmere end 1,0 m under færdig vej.

Til dimensionering af vejopbygning, kan bundmodulet for intakte og uforstyrrede aflejringer i råjordsplanum sættes følgende:

- Smeltevandssand: $E_m \sim 20$ MPa
- Moræneler: $E_m \sim 15$ -20 MPa

Såfremt der ønskes anvendt højere bundmoduler end det ovenfor anførte, er det muligt at en opkomprimering af råjordsplanum kan øge bundmodulet. Dette skal dog eftervises ved feltforsøg som f.eks. statiske pladebelastningsforsøg eller mini faldlodsmålinger.

Befæstede arealer anbefales dimensioneret i henhold til vejregler for "Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger" (november 2013).

Der henvises til boreprofilerne for mere detaljerede parametre.

4.3 Ledninger

Projektering af geotekniske konstruktioner skal ske i henhold til Eurocode 7 DS/EN 1997-1:2007 samt tilhørende nationalt anneks DS/EN1997-1 DK:NA 2015. Ud fra de foreliggende oplysninger vurderer NIRAS, at fundering af konstruktionen skal henføres til geoteknisk kategori 2.

Jævnfør DS/EN 1997-1, Afsnit 2.8 skal der udarbejdes en projekteringsrapport, med bl.a. forudsætninger, anvendte parametre og geotekniske beregninger, hvortil denne rapport er et bilag.

De trufne intakte senglaciale og glacialle aflejringer vurderes generelt at være bæredygtige for ledningerne og det vurderes at ledningerne kan lægges uden sætningsgener, såfremt de lægges i intakte aflejringer svarende til de angivne niveauer, jf. tabel 4.1.

Med de anførte lægningsdybder for ledninger og registrerede vandspejl, vurderes der ikke at være behov for opdriftssikring af ledninger. Der skal dog foretages en konkret vurdering af behovet for opdriftssikring for terrænnære og/eller store ledninger, brønde m.m.

Det fede moræneler, vurderes uanvendeligt og for moræneler vurderes betinget anvendeligt til genindbygning i ledningsgrav og under vejanlægget. For betinget egnede aflejringer som moræneler ($15\% < w < 20\%$) har vejrlig og årstid stor indflydelse på materialets egnethed for genindbygning. Det anbefales derfor, at genindbygning af disse materialer kun foretages i tørvejr. Smeltevandssandet vurderes at være anvendeligt til genindbygning.

4.3.1 Designgrundlag

For dimensionering af udgravning til afvandingsledninger kan der generelt anvendes styrke- og deformationsparametrene som angivet i tabel 4.2.

Fastsættelse af designparametre er dels fremkommet ved tolkning af direkte målinger og dels ud fra erfaringsregler.

Tabel 4.2: Styrke- og deformationsparametre for de enkelte jordlag.

Jordlag	γ/γ' (kN/m ³)	Drænet		Udrænet	Deformation
		$\phi'_{k,pl}^{*)}$ (°)	$c'_{k}^{*)}$ (kN/m ²)	$c_{u,k}$ (kN/m ²)	$K^{*)}$ (MPa)
Smeltevandssand	18/10	36	-	-	30
Moræneler, sandet	21/11	35	10	100	20
Moræneler, ret fedt til fedt	21/11	30	4-20	40-200	10

*) Værdierne er skønnet.

Til omkringfyldning omkring ledninger anbefales det at anvende velkomprimeret sandfyld. Der kan for velkomprimeret sandfyld almindeligvis anvendes karakteristisk plan friktionsvinkel på minimum $\phi'_{k,pl}=37^\circ$ samt en rumvægt på γ/γ' på 18/10 kN/m³. Dette er leverandørafhængigt.

4.4 Miljøforhold

Ifølge tilgængeligt kortmateriale er området ikke kortlagt og/eller områdeklassificeret og er derfor ikke omfattet af jordflytningsbekendtgørelsen.

Det anbefales at få ovenstående verificeret, før arbejdets igangsætning. Ligeledes anbefales det, inden anlægsfasen påbegyndelse, at få klarlagt om modtageren af jorden vil stille krav til miljøprøver.

Der er ikke i forbindelse med prøvebedømmelsen konstateret tegn på forurening, men det skal understreges, at denne undersøgelse ikke har haft til formål at undersøge forureningsforholdene.

5 Udførelse

5.1 Midlertidig tørholdelse

Med de trufne jordbunds- og vandspejlsforhold forventes der varierende forhold i forbindelse med udgravninger. I boring B17, B18, B19, B20, B21 og B22 er vandspejlet registreret over lægningskoten for ledningerne, hvorfor der vurderes at være behov for midlertidig grundvandssænkning.

Ved boring B17 og B18, kan sekundære vandspejl og tilstrømmende vand efter al sandsynlighed bortledes vha. et rallag i bunden af udgravningen, hvori der kan foretages en direkte lænsning.

Ved boring B19, B20, B21 og B22, kan en midlertidig grundvandssænkning tilvejebringes med sugespidsen i sandlagene cirka 1-2 m under ledningernes bundkote.

5.2 Udgravningsforhold

Det skal sikres at råjordsplanum ikke bliver opblødt og opkørt. Der bør derfor etableres et passende underlag til køretøjer, f.eks. et lag singels.

Ved kortvarige udgravninger (½-1 måned) over vandspejl og uden belastning vurderes det, at skråningsanlæg kan stå stejlt (anlæg <0,7), i fastlejret friktionsjord og ret faste kohæsive aflejringer, så længe kravene iht. arbejdsmiljølovgivningen er overholdt. Der henvises i øvrigt til SBI 231, afsnit 8.1.

Ved længerevarende udgravninger over vandspejl, vurderes det, at ubelastede skrån timer er stabile med minimum:

- Anlæg 1,0 for midlertidig skrån timer i kohæsionsjord
- Anlæg 1,5 for midlertidige skrån timer i friktionsjord

Ved skrån timer under vandspejl, belastede eller permanente skrån timer, skal udgravningsanlæg projekteres således, at der er sikkerhed mod brud iht. Eurocode 7: Geoteknik (DS/EN 1997-1:2007).

Det vurderes, at alle udgravninger til ledninger under veje og hovedledninger, kan ske som frie udgravninger.

5.3 Tilfyldning

Hvor der fremover skal være vej/belægninger skal bundsikringslag samt stabilt grus leveres og indbygges i henhold til Vejdirektoratets krav for vejmaterialer.

5.3.1 Genindbygning

Trufne muld og muldholdige materialer kan ikke genanvendes i befæstede arealer, hvor der stilles krav til komprimering.

De trufne intakte sandaflejringer vurderes at kunne genindbygges over ledninger og op til underside af vej kassen.

De trufne intakte leraflejringer vurderes at have et naturligt vandindhold, der ligger over det optimale for indbygning, hvorfor det vurderes, at disse aflejringer kun er betinget egnet som genindbygning. For at kunne genindbygge mest muligt af de opgravede materialer, kan jorden med fordel udtørres og indbygges i en tør periode. Alternativt genindbygges materialerne som en "sandwich" opbygning med skiftevis udlægning af ler og sand.

Der må ikke indbygges frosne materialer eller tilfyldes på frosen jord.

5.4 Komprimering

Under fremtidige belægnings anbefales det at anvende komprimeringskrav som angivet i Tabel 5.1. Det forudsættes, at materialets densitet måles med isotopsonde, og referenceværdi bestemmes ved laboratorieforsøg efter standardiserede metoder, Standard Proctor (SP) eller Vibrationsindstampning (VIB).

Tabel 5.1: Komprimeringskrav

Komprimeringskrav		Isotopmåling*)	
		Standard Proctor (SP)	Vibrationsindstampning (VIP)
Råjord >2 m under færdig vejoverflade	Ler	>92 %	-
	Sand	>95 %	> 92 %
Råjord <2 m under færdig vejoverflade	Ler	>96 %	-
	Sand	>98 %	>95 %
Bundsikringslag (BL)		>98 %	>95 %
Stabilt grus (SG)		-	>95 %

*) Mindste værdier må maksimalt være 3% mindre end de angivne værdier

5.5 Naboforhold

Grundvandssænkning, komprimering m.v. kan indebære en vis risiko for beskadigelse af nærliggende bygninger og anlæg. Dette kan forstærkes af dårlig/mangelfuld fundering af nabobygninger. Anlægsarbejdet skal derfor mindst 14 dage før arbejdets opstart varsles iht. Byggelovens § 12.

Det anbefales derfor, at der foretages en besigtigelse, evt. suppleret med en fotoregistrering, for at klarlægge nærliggende konstruktioners tilstand og funderingsforhold, hvorved der kan foretages de nødvendige foranstaltninger.

5.6 Tilsyn, kontrol og overvågning

Jævnfør DS/EN 1997-1, 2.8, (4)P skal projekteringsrapporten indeholde en plan for geoteknisk tilsyn, så det kan eftervises, at de geotekniske forudsætninger er opfyldt. Der skal ligeledes foretages nødvendig overvågning/monitoring og eventuelle kontrolundersøgelser.

Det anbefales, at der for det konkrete projekt foretages følgende:

- Udgravningskontrol efter afrømning af fyld og ikke bæredygtige aflejringer
- Løbende kontrol af trykniveau i nedre sandlag
- Løbende komprimeringskontrol for vejanlæg

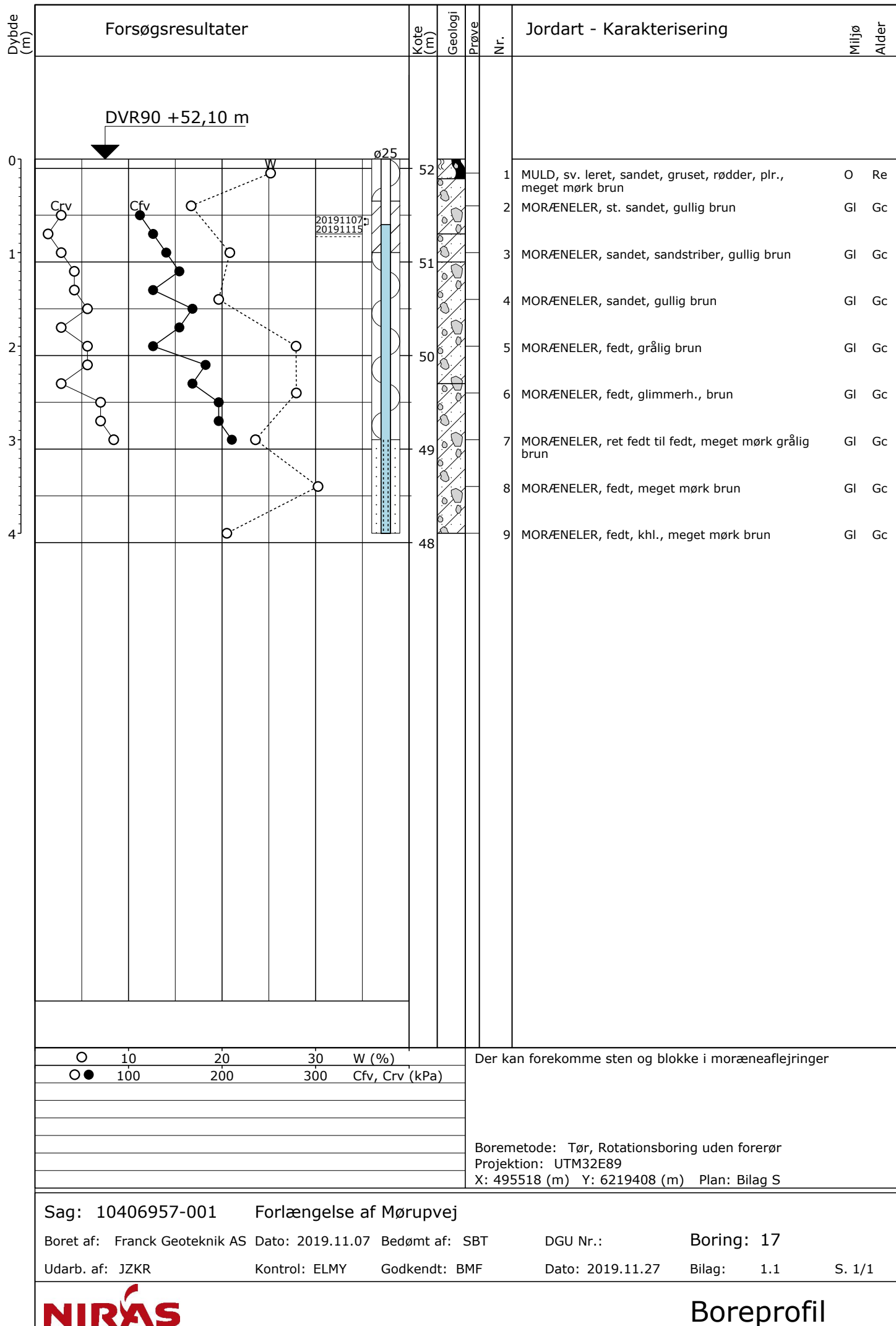
6 Afsluttende bemærkninger

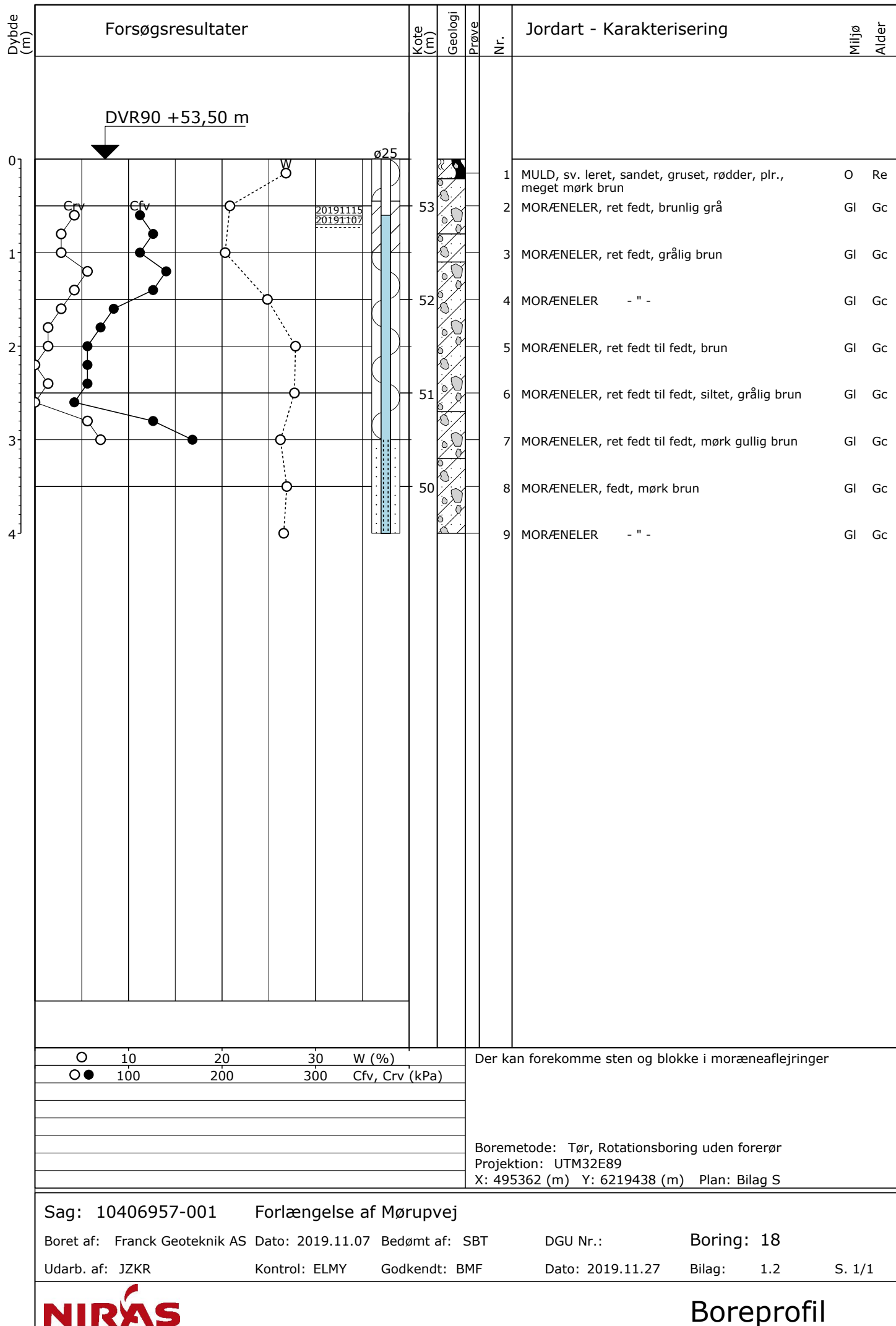
Ejeren af boringerne, dvs. bygherren, har ansvaret for, at boringerne bliver sløjfet senest 1 måned efter, at brugen af boringerne er ophørt. Sløjfningen skal udføres i henhold til reglerne i Miljøministeriets "Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land".

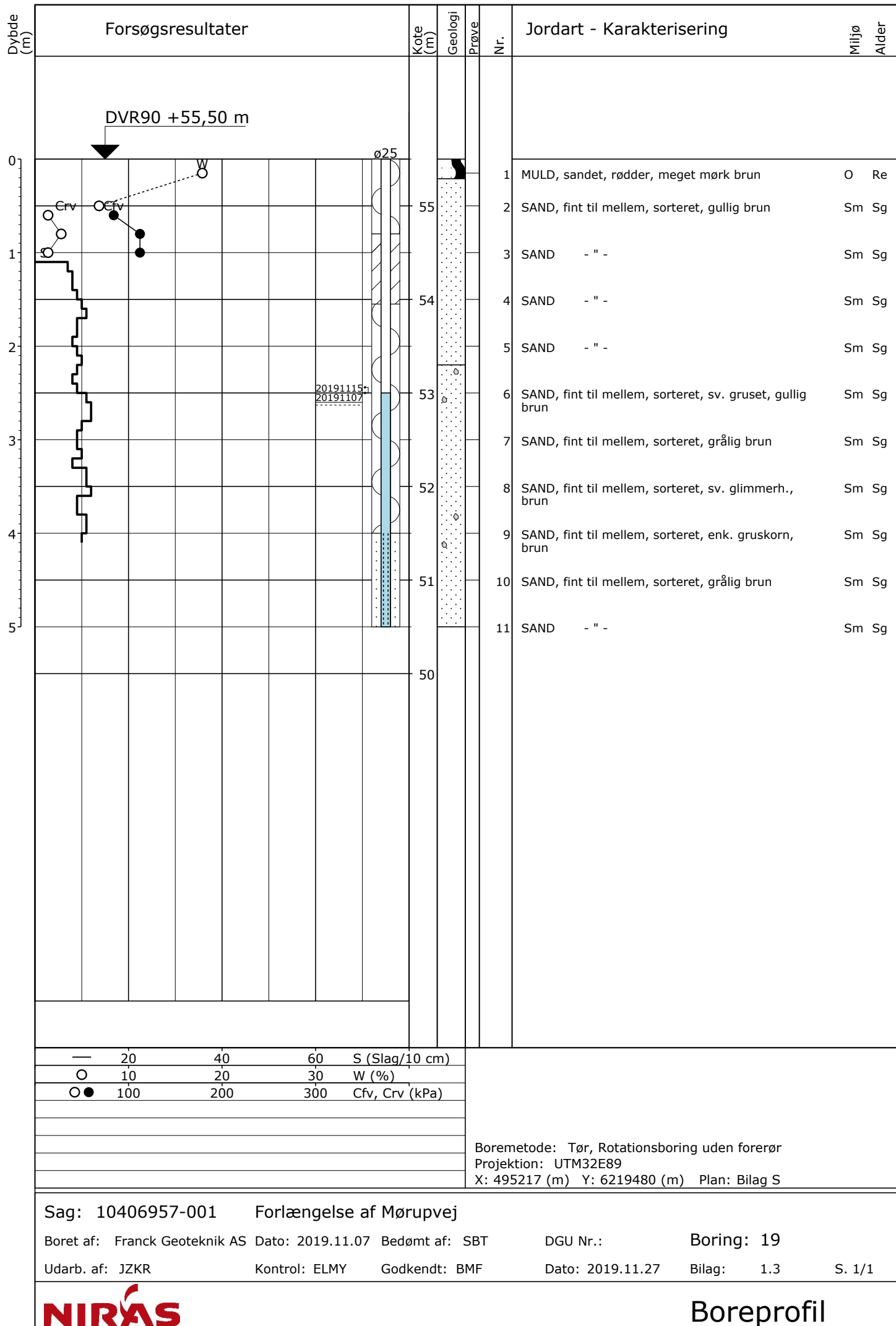
NIRAS opbevarer opboret prøvemateriale i 14 dage fra rapportdato, hvorefter det vil blive bortskaffet.

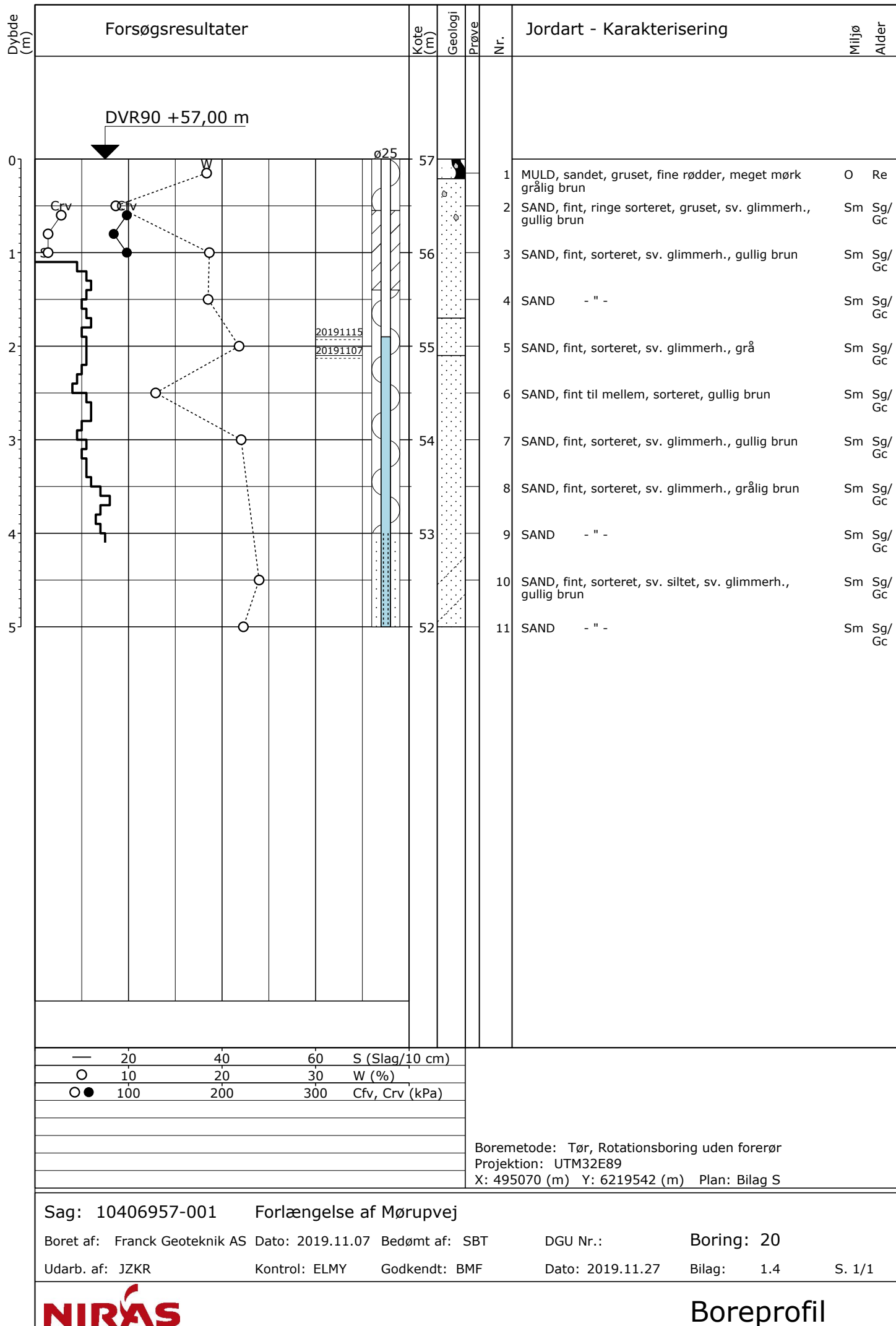
I det omfang det ønskes, står NIRAS selvsagt til rådighed for videre drøftelse af geotekniske/funderingsmæssige spørgsmål i sagen. NIRAS kan f.eks. være behjælpelig med:

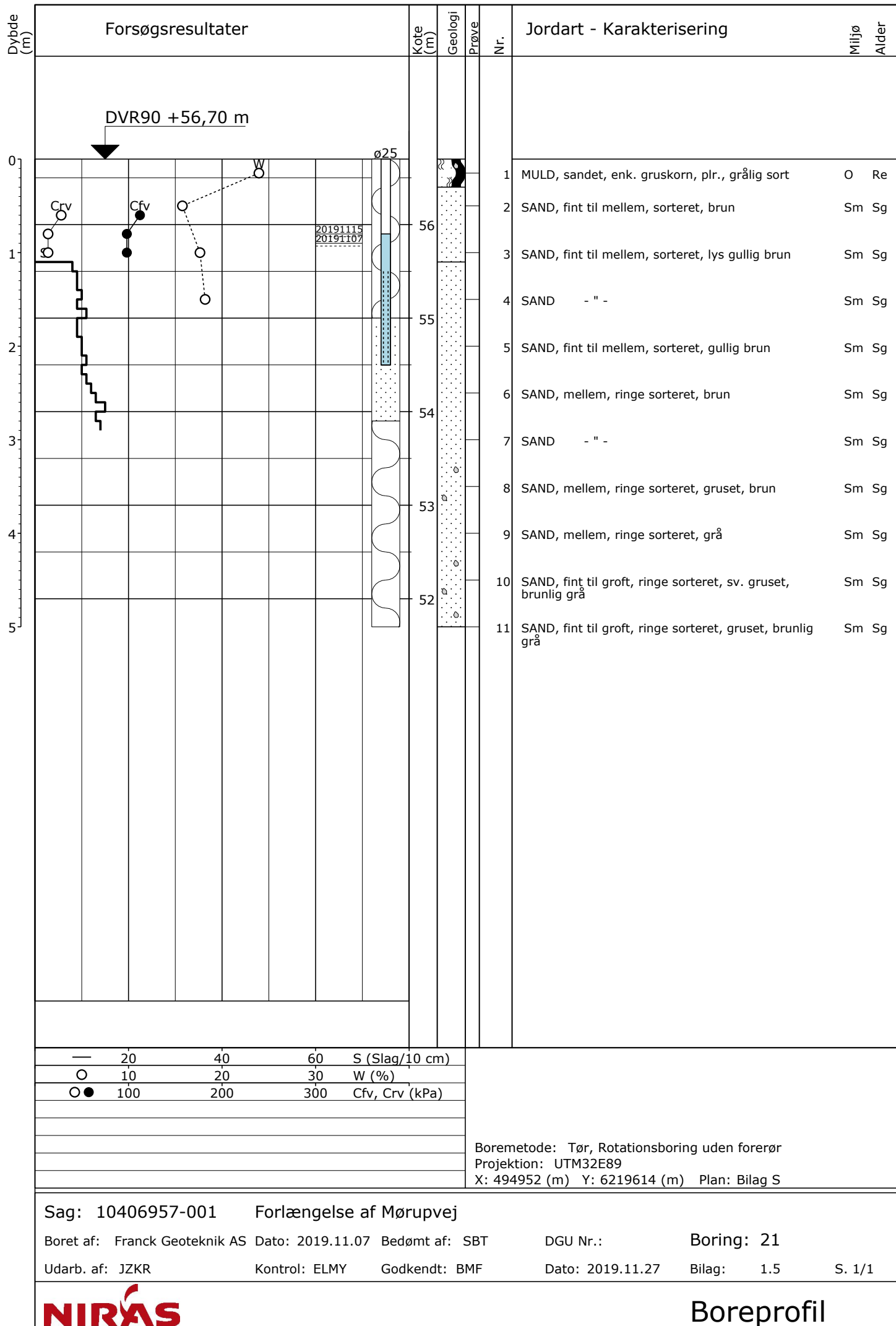
- Ansøgning om midlertidig grundvandssænkning
- Evt. supplerende geotekniske undersøgelser for udvidelse af vejanlægget
- Geotekniske beregninger (afstivninger)
- Geoteknisk tilsyn

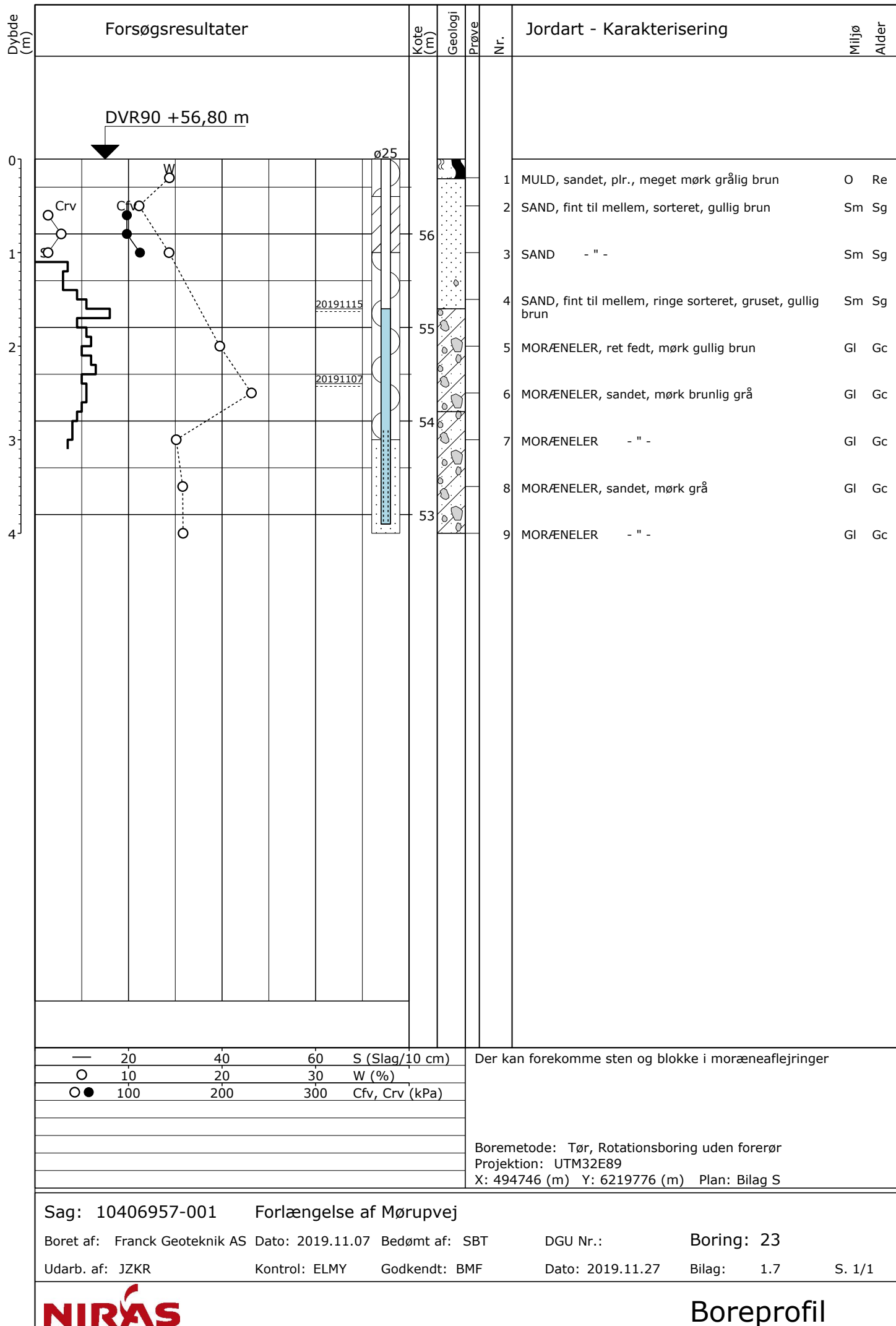










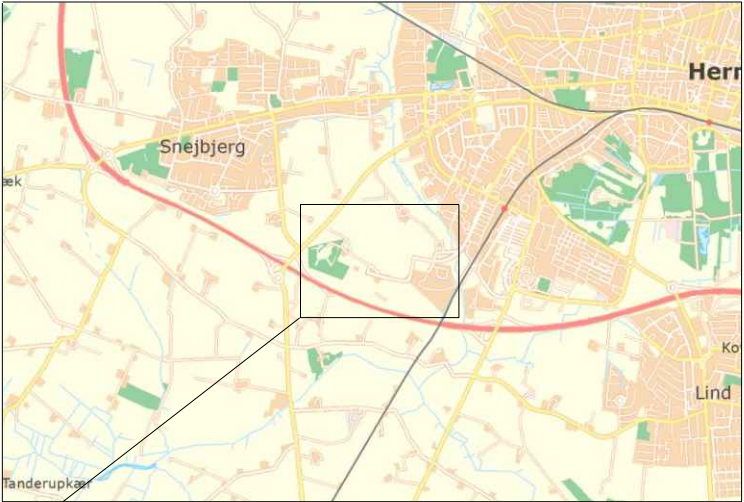


Forsøgsresultater

Jordartssignatur	Situationsplan	Boreprofil
I moræneaflejringer kan der forventes sten og blokke, der ikke ses i borerne.		
	Geologiske forkortelser	Pejlerør
	Miljø Br Brakvand Fe Ferskvand Fl Flydejord Gl Gletscher Ma Marin Ne Nedskyl O Overjord Sk Skredjord Sm Smeltevand Vi Vindaflejet Vu Vulkansk Alder Pg Postglacial Sg Senglaciel Al Allerød Gc Glacial Ig Interglaciel Is Interstadial Te Tertiær Ng Neogen Pn Palæogen Pi Pliocæn Mi Miocæn Ol Oligocæn Eo Eocæn Pl Palæocæn Sl Selandien Da Danien Kt Kridt Ms Maastrichtian Se Senon Re Recent	

Definitioner

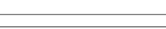
Signatur	Emne	Fork.	Enhed	Beskrivelse
○	Vandindhold	W	[%]	Vand i % af tørstofvægt
—	Flydegrænse	WL	[%]	Vandindhold ved flydegrænser
—	Plasticitetsgrænser	WP	[%]	Vandindhold ved plasticitetsgrænse
—	Plasticitetsgrænser	IP	[%]	IP = WL - WP
▽	Rumvægt	γ	[kN/m³]	Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
■	Poretal	e		Forhold mellem porevolumen og kornvolumen
+	Glødetab	gl	[%]	Vægttab ved glødning i % af tørstofvægten
x	Reduceret Glødetab	glr	[%]	gl - ka
⊕	Kalkindhold	ka	[%]	Vægt af CaCO ₃ i % af tørstofvægten
~/(+)/+/-/+	Kalkprøve	kp		Reaktion med saltsyre: - kf.: kalkfrit, (+) sv.khl.: svagt kalkholdigt, + khl.: kalkholdigt, ++ st. khl.: stærkt kalkholdigt
++/+/+/-/-/?/?/?	Frost			++ Opfrysningssfarlige under alle betingelser + Opfrysningssproblemer, selv under korte frostperioder (+) Opfrysningssproblemer, under længere frostperioder - Ikke opfrysningssfarlig -- Absolut ingen opfrysningssfare ? Frostfaren kan ikke bedømmes ~/?/? Frostfaren er vanskelig at bedømme
H1,H2,H3,H4,H5	Hærdningsgrader			H1: Uhærdnet, H2: Svagt hærdnet, H3: Hærdnet, H4: Stærkt hærdnet, H5: Meget stærkt hærdnet
●	Gradering	U<3: Sorteret, 3<U<6: Ringe graderet, 6<U<15: Graderet, U>15: Velgraderet		
●	Vingestyrke, intakt	cfv	[kN/m²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
○	Vingestyrke, omrørt	crv	[kN/m²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i omrørt jord
		vr.		Vinge afvist
		vd.		Forsøg med defekt vinge
		st.		Forsøg påvirket af sten
	Sonderingsmodstand	RSP	N200	Antal halve omdrejninger pr. 200 mm nedsynkning
	- Belastet spidsbor	RRS	N200	Antal slag pr. 200 mm nedsynkning
	- Svensk rammesonde	RLSD	N200	Antal slag pr. 200 mm nedsynkning
	- Let rammesonde	SPT	N300	Antal slag pr. 300 mm nedsynkning
	- SPT-sonde, lukket/åben			



SIGNATURER:

 **B2** Geotekniske boringer

 **B2** Boringer med prøveoptagning

 Projekteret vej