

Mørupvej, Herning

Geoteknisk undersøgelse

HERNING KOMMUNE OG HERNING VAND A/S

1. AUGUST 2018

Projekt nr.: 10401050
Dokument nr.: 1229105570
Version 1
Revision 1

Udarbejdet af KHO
Kontrolleret af BAL
Godkendt af BMF

Sammenfatning

Der er planlagt udstykning af erhvervsgrunde i den sydvestlige del af Herning, hvor området omkring Mørupvej skal byggemodnes med første etape af vejanlæg samt afvandingssystem og regnvandsbassin.

Der er med Jysk Geoteknik som boreentreprenør blevet udført 19 geotekniske borer, hvori der under ca. 0,3 á 1,7 m muld og fyld er truffet senglaciale aflejringer af smeltevandssand og -ler samt glaciale aflejringer af moræneler til boringernes bund. Smeltevandsaflejringerne træffes primært i den vestlige del af projektområdet og under moræneleren i større dybde.

I borerne er der registreret vandspejl i 0,6 á 6,5 m u.t. Det vurderes at være sekundære vandspejl.

Vej

Veje vurderes at kunne funderes direkte efter afrømning af muld og vækstlag. Planum forventes overvejende at bestå af moræneler, der vurderes frosttvivlsom. Enkelte steder fremstår moræneleren fed og dermed frostfarlig. Hvor planum består af sand vurderes underbunden frostsikker. Leren karakteriseres som udblødningsfarlig og følsom overfor dynamiske påvirkninger i forbindelse med nedbør og overfladevand, hvorfor der skal sikres effektiv dræning af planum og bærelag.

Afvanding

De trufne intakte senglaciale og glaciale 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.

Ved udgravninger der sker i eller umiddelbart over lavpermeable aflejringer, kan sekundære vandspejl og tilstrømmende vand efter al sandsynlighed bortledes vha. et rallag i bunden af udgravningen hvori der kan foretages en direkte lænsning.

I enkelte borer er der risiko for bundbrud grundet højtstående vandtryk i nedre sandlag, hvorfor der skal trykaflastes inden udgravningerne påbegyndes.

Det skal undersøges om BaneDanmark stiller krav til en geoteknisk risikovurdering, dele af ledningstracéet og regnvandsbassinerne er placeret tæt ved jernbanen.

Regnvandsbassiner

Ved planlagt placering af regnvandsbassinerne, er der truffet moræneler til ca. 1,0 m under bassinbund og vandspejlet er registreret 0,7 m under bassinbund, hvorfor det forventes at udgravningen kan udføres uden grundvandsgener.

Regnvandsbassinerne forventes udført med bundkote over vandspejl, hvorfor der vurderes ikke at være risiko for bundbrud i bassinerne.

Hvor der træffes leraflejringer, vurderes disse at kunne danne bund og sider i bassinet, men såfremt der er krav til tætheden, bør permeabiliteten verificeres ved infiltrationsforsøg. Det vurderes dog, at der kan være behov for yderligere tætning, eftersom der er tale om moræneaflejringer, hvor der kan træffes regelløse sandlommer, -striber, -lag m.m. Tætning kan ske med eksempelvis ler-, bentonit- eller plastmembran.

Miljø

Denne undersøgelse har ikke haft til formål at undersøge miljøforholdene. Området er ikke omfattet af områdeklassificering og ej heller kortlagt, hvorfor jordflytning fra matriklen umiddelbart kan ske analysefrit og uden anmeldepligt til Herning Kommune.

Det anbefales dog at få dette verificeret ved Herning Kommune ligesom det anbefales om jordmodtageren stiller krav til miljøprøver, inden anlægningsfasens påbegyndelse.

Indhold

1	Indledning	5
1.1	Projektbeskrivelse	5
1.2	Formål	6
2	Undersøgelsens omfang	6
2.1	Geoteknisk arkivsøgning	6
2.2	Feltundersøgelser	6
2.3	Laboratorieundersøgelser	7
3	Resultater	7
3.1	Jordbundsforhold	7
3.2	Grundvandsforhold	7
4	Vurderinger	8
4.1	Funderings- og lægningsforhold	8
4.2	Vej og belægninger	9
4.3	Ledninger	10
4.4	Regnvandsbassiner	11
4.5	Projektering	11
4.6	Miljøforhold	12
5	Udførelse	12
5.1	Tørholdelsesforanstaltninger	12
5.2	Udgravningsforhold	12
5.3	Tilfyldning	13
5.4	Komprimering	13
5.5	Naboforhold	14
5.6	Tilsyn, kontrol og overvågning	14
6	Supplerende undersøgelser	14
7	Afsluttende bemærkninger	14

Bilag 1: Boreprofiler B1-B13, B15+B16 og R4-R7

Bilag 2: Geotekniske boringer fra DMR, 2008

Bilag A: Signaturer og definitioner

Bilag S: Geoteknisk situationsplan

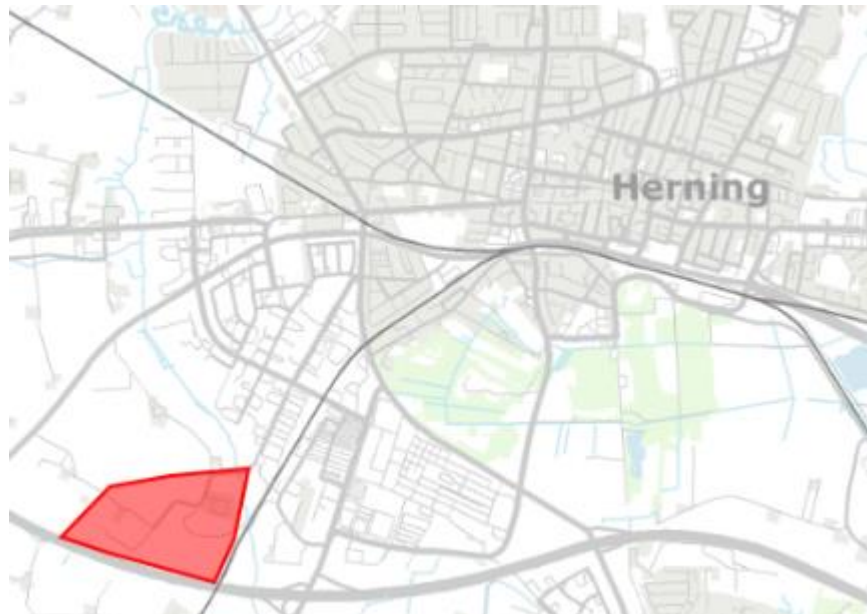
1 Indledning

1.1 Projektbeskrivelse

Undersøgelsen er udført i forbindelse med en byggemodning forud for udstykning af erhvervsgrunde ved Mørupvej i den sydvestlige del af Herning. Områdets første etape skal byggemodnes med regn- og spildevandsledninger, regnvandsbassiner samt vejanlæg. Byggemodningsområdets placering er indtegnet med rødt på figur 1.1. NIRAS har i den forbindelse udført en geoteknisk undersøgelse.

Figur 1.1: Oversigtskort, nordvendt orienteret.

Byggemodningsprojektet er angivet med rød.



DMR Geoteknik har i 2008 udført en geoteknisk undersøgelse for ca. 400 m af den østlige del af vejstrækningen, svarende til MidtConsults vejprojekt st. 1440-1840. For vurderinger og anbefalinger for strækningen henvises der til denne rapport. Boreprofiler er medtaget informativt som bilag 2.

Denne geotekniske rapport er dækkende for den resterende del af vejstrækningen, hvor NIRAS har udført geotekniske borer. Denne vejstrækning er i MidtConsults vejprojekt angivet som st. 1840-2060 og st. 0-700. Placering af borerne B1-B13 er fastlagt af MidtConsult. Størstedelen af overfladevandet fra vejanlægget ledes via en betonledning til eksisterende regnvandsbassiner ved Tyvkær bæk. En mindre del af overfladevandet fra vejanlægget ledes til 2 nye regnvandsbassiner, som etableres ved Messemotorvejen hvor jernbanen krydser.

Fremtidig vejkode er overvejende beliggende i nuværende terræn. Ved Mørupvej 41, st. 190 og 250, skal der dog fjernes to eksisterende jordvolde og ved Tyvkær bæk, st. 1500-1680, skal der etableres en dæmning med maks. dybde på 2,5 m og en tværgående Ø1600 betonledning, for at bevare vandløbet i Tyvkær bæk.

Denne rapport er desuden dækkende for projektering af regn- og spildevandsledninger til fremtidige erhvervsområde. Regnvandsledningerne løber til de to nye regnvandsbassiner og herefter videre langs jernbanen i nordlig retning mod udløbet ved Langvadskær bæk. Spildevandsledningerne løber via en trykledning udenom regnvandsbassinet, hvorefter den tilkobles det eksisterende spildevandssystem.

Vejanlægget samt ledninger og regnvandsbassinerne som angivet på bilag S etableres samtidig. Interne kloakering/afvanding pågår på et senere tidspunkt.

1.2 Formål

Formålet med denne geotekniske undersøgelse er at vurdere jordbunds- og grundvandsforhold for planlægning og udførelse af Herning Kommunes aktuelle byggemodningsprojekt, forud for udstykning af erhvervsgrunde.

2 Undersøgelsens omfang

2.1 Geoteknisk arkivsøgning

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

- Geologisk jordartskort (DGU)
- Historiske kort (herunder luftfotokort)
- Tidligere geoteknisk rapport fra DMR Geoteknik, 26.05.08, sagsnr.: 2008-0552

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

Ifølge historiske luftfotos tilbage til 1944, har arealet været anvendt til almindeligt landbrug og bebyggelse af enkelte landbrugsejendomme.

Boringerne og situationsplanen fra den tidligere geotekniske rapport er vedlagt som bilag 2 og boringernes omtrentlige placering er indtegnet på bilag S.

2.2 Feltundersøgelser

Med Jysk Geoteknik A/S som boreentreprenør, blev der fra d. 9. april og frem til den 11. april 2018 udført 13 geotekniske boringer benævnt B1-B13, boringernes placering blev bestemt med udgangspunkt i vejprojektet, og blev ført til 5,0 m u. t. Den 22. og 23. maj 2018 blev der udført 4 orienterende geotekniske boringer forud for projekteringen af regn- og spildevandssystemet, boringerne er benævnt R4-R7 og er ført til 8,0 m u. t.

Efter projekteringen af regn- og spildevandssystemet har det, grundet dybtliggende ledninger, været nødvendigt at uddybe enkelte boringer samt bore to ekstra boringer. Den 13. og 14. juni blev boring B7, B8 og B12 uddybet til 7,0 m u. t., boring B9 og B10 uddybet til 9,0 m u. t. og boring B11 uddybet til 11,0 m u. t. Den 3. juli blev der boret to ekstra boringer benævnt B15 og B16 og ført til 6,0 m u. t.

Alle boringer blev udført med mobilt boreværk, som 6" boringer med snegl, de fleste som forede boringer.

Boringerne er udført som geotekniske boringer, 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
- SPT-forsøg til bestemmelse af friktions aflejrings lejringsstæthed.
- Pejlerør: ø25 mm med 0,6-1,0 m slidsestrækning omgivet af filtersand

Koordinater og terrænkoten ved borerne er afsat og indmålt med GPS 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
- Bestemt det naturlige vandindhold, w (%)

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. 0,3 á 1,8 m muld og fyld generelt truffet senglaciale aflejringer af smeltevandssand og -ler samt glaciale aflejringer af moræneler til borerne slutdybde 5 á 11 m u. t. Dog er der ved jernbanen truffet muld til 1,7 m u. t. Smeltevandaflejringerne træffes primært i den vestlige del af projektområdet og under moræneleren i større dybde. I de fleste af borerne fremstår den trufne ler fed og meget fed.

Da der på nuværende tidspunkt er bebyggelse i form af landbrugsejendomme på planlagte vejstrækning, må der på de enkelte lokaliteter 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

Boringerne er udført af flere omgange fra den 9. april til den 3. juli 2018. Boring B7-B12 er uddybet i anden borerunde, hvorfor der er sat to pejlerør. Alle borer er pejlet umiddelbart efter borearbejdets afslutning samt ved flere pejlerunder udført mellem den 17. april og den 10 juli 2018, svarende til mindst 7 dage efter borerne er udført. Det højest registreret vandspejl fremgår af Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Resultat af udførte pejlinger.

Boring	Terræn	Højest registreret vandspejl	
	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)
B1	+49,9	3,4	+46,5
B2	+50,6	2,3	+48,3
B3	+51,4	>4,5	<+46,9

Boring	Terræn	Højest registreret vandspejl	
	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)
B4	+50,7	0,9	+49,8
B5	+51,2	1,2	+50,0
B6	+53,1	2,9	+50,2
B7 - Øvre pejlerør	+50,8	1,1	+49,7
- Nedre pejlerør		6,5	+44,3
B8 - Øvre pejlerør	+51,7	1,0	+50,7
- Nedre pejlerør		6,3	+45,4
B9 - Øvre pejlerør	+52,8	4,4	+48,4
- Nedre pejlerør		5,6	+47,2
B10 - Øvre pejlerør	+54,4	1,7	+52,7
- Nedre pejlerør		2,4	+51,9
B11 - Øvre pejlerør	+55,7	0,6	+55,1
- Nedre pejlerør		1,1	+54,6
B12 - Øvre pejlerør	+49,6	2,0	+47,6
- Nedre pejlerør		5,3	+44,3
B13	+50,6	4,5	+46,0
B15	+47,7	4,4	+43,4
B16	+46,7	3,4	+43,3
R4	+61,2	5,4	+55,8
R5	+55,4	2,6	+52,8
R6	+49,2	4,5	+44,6
R7	+46,9	3,3	+43,6

Det registrerede vandspejl er beliggende mellem kote +42,2 og kote +55,7 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.

4 Vurderinger

4.1 Funderings- og lægningsforhold

Afrømningsniveau for veje og terrænniveau er angivet i tabel 4.1 sammen med højest registreret vandspejl (VSP) og omtrentlige lægningskoter for ledninger under vej og ledninger til fremtidige erhvervsudstyknig.

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

Boring	Terræn	AFRN		VSP	Lægningskoter*
	(DVR90)	(m u.t.)	(DVR90)	(DVR90)	(DVR90)
B1	+49,9	0,3	+49,6	+46,5	+48,0 / -
B2	+50,6	0,3	+50,3	+48,3	+48,6 / -
B3	+51,4	0,3	+51,1	+46,9	+49,5 / -
B4	+50,7	0,6	+50,1	+49,8	+48,9 / -
B5	+51,2	0,7	+50,5	+50,0	-
B6	+53,1	0,8	+52,3	+50,2	-
B7	+50,8	0,8	+50,0	+49,7	+48,9 / +47,0
B8	+51,7	0,6	+51,1	+50,7	+50,0 / +47,8
B9	+52,8	0,5	+52,3	+48,4	+51,1 / +48,7
B10	+54,4	0,4	+54,0	+52,7	+52,3 / +50,5
B11	+55,7	0,4	+55,3	+55,1	+54,1 / +51,2
B12	+49,6	0,3	+49,3	+47,6	- / +45,7
B13	+50,6	0,3	+50,3	+46,0	-
B15	+47,7	1,7	+46,0	+43,4	- / +45,1
B16	+46,7	1,2	+45,4	+43,3	- / +43,6
R4	+61,2	0,8	+60,4	+55,8	-
R5	+55,4	0,3	+55,1	+52,8	- / +51,5
R6	+49,2	0,7	+48,5	+44,6	- / +46,5
R7	+46,9	0,4	+46,5	+43,6	- / +44,1

* Dybeste lægningskote for ledninger under vej / Dybeste lægningskote for ledning til erhvervsudstyknngen.

4.2 Vej og belægninger

Overbygning for vejanlæg kan udlægges uden sætningsgener efter afrømning af samtlige muld og vækstlag, svarende til det niveau i tabel 4.1 anførte afrømningsniveau (AFRN) for vejopbygningen.

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. Leren karakteriseres som udblødningsfarligt og følsom overfor dynamiske påvirkninger i forbindelse med nedbør og overfladevand, hvorfor der skal sikres effektiv dræning af planum og bærelag.

4.2.1 Designgrundlag

Til dimensionering af vejopbygning, kan bundmodulet for de enkelte jordlag, på baggrund af den udførte undersøgelse, forsigtigt sættes til:

- Sand, Sm/Sg: $E_m = 20 \text{ MPa}$
- Ler, Sm/Sg: $E_m = 10\text{-}25 \text{ MPa}$
- Moræneler, Gl/Gc: $E_m = 10\text{-}30 \text{ MPa}$

Såfremt råjordsplanum forventes udnyttet til større bundmodul, foreslås der udført pladebelastningsforsøg til dokumentation heraf.

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

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.

I boring B15 er der målt vingestyrker ned til $C_u = 25\text{-}30 \text{ kN/m}^2$, hvorfor udlægning af ledninger kan medføre behov for at udlægge et stabiliserende sand-/gruslag under ledningen for at sikre et passende fast funderingsunderlag for ledningen og den generelle, nødvendige færdsel i ledningsgraven.

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.

Ledningerne til erhvervsudstyknngen ligger dybere end ledningerne under vejanlægget, hvorfor det har været nødvendigt at uddybe boringerne. Med filtersætning i de uddybede boringer, har vandspejlet vist sig at stå lavere, hvorfor de fleste ledninger kan lægges uden grundvandsgener.

Tørholdelsesforanstaltninger for de enkelte strækninger er beskrevet i afsnit 5.1.

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

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)
Sand, Sm/Sg	17/10	34-35	-	-	>30
Ler, Sm/Sg	20/10	25	7-15	70-150	15-30
Moræneler, Gl/Gc	20/11	30	2-20	25-200	4-40

*) 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 Regnvandsbassiner

Boring R7 er udført for at vurdere jordbund- og grundvandsforhold forud for projektering af 2 nye regnvandsbassiner.

I R7 er der under et 0,7 m muld- og sandlag truffet moræneler og smeltevandssler til 3,8 m u. t. Under leraflejringerne er der truffet smeltevandssand til 7,6 m u. t., hvori der er registreret vandtryk. Boringen afsluttes i smeltevandssler 8,0 m u. t. Vandspejlet er registreret 3,3 m u.t., svarende til kote +43,6.

Regnvandsbassinerne forventes udført med bundkote ned til kote +44,3, svarende til 2,6 m u.t., så der vurderes ikke at være risiko for bundbrud i bassinerne. Vandspejlet skal genpejles før udgravningen påbegyndes, for at verificere at vandspejlet står under bundkoten af bassinerne.

Det vurderes generelt, at det trufne ler og moræneler har en permeabilitetskoefficient i størrelsesordenen $k < 10^{-6}$ m/s, hvilket må betegnes som lavpermeabelt. Hvor der træffes leraflejringer, vurderes disse at kunne danne bund og sider i bassinet, men såfremt der er krav til tætheden, bør permeabiliteten verificeres ved infiltrationsforsøg.

Det vurderes dog, at der kan være behov for yderligere tætning, eftersom der er tale om moræneaflejringer, hvor der kan træffes regelløse sandlommer, -striber, -lag m.m. Tætning kan ske med eksempelvis ler-, bentonit- eller plastmembran.

4.5 Projektering

Med de trufne jordbundsforhold kan projektet placeres i geoteknisk kategori 2, jf. EC 7, del 1, afsnit 2.1 og DK-Anneks K.

Projektering af geotekniske konstruktioner skal ske iht. Eurocode 7 DS/EN 1997-1:2007 samt DK:NA 2015.

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.

Gældende krav for lægning af ledninger i jord skal overholdes.

4.6 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 anlægsfasens 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 Tørholdelsesforanstaltninger

Med de trufne jordbunds- og vandspejlsforhold forventes der varierende forbehold i forbindelse med udgravninger. I boring B4, B10, B11 og R5 er vandspejlet registreret over lægningskoten, hvorfor der vurderes at være behov for midlertidig grundvandssænkning.

Ved boring B4, 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 B10 og B11, kan der være risiko for bundbrud grundet højtstående vandtryk i nedre sandlag, hvilket skal trykflastes inden udgravningerne påbegyndes.

Ved boring R5, kan en grundvandssænkning tilvejebringes med sugespids i sandlagene under ledningernes bundkote. Sugespidsen tilsluttes et vakuumanlæg.

Generelt må der, specielt i våde perioder, forventes at være sekundære vandspejl i og over moræneleren. Sekundære vandspejl og tilstrømmende vand kan efter al sandsynlighed bortledes vha. et rallag i bunden af udgravningen, hvori der kan foretages en direkte lænsning.

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 skråninger er stabile med minimum:

- Anlæg 1,0 for midlertidig skråning i kohæsionsjord
- Anlæg 1,5 for midlertidige skråninger i friktionsjord

Ved skråninger under vandspejl, belastede eller permanente skråninger, 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, bortset fra ledningerne langs jernbanen, kan ske som frie udgravninger, men mængden af overskudsjord kan minimeres ved anvendelse af traditionel gravekasse.

Det må forventes at være nødvendigt at etablere afstivning i forbindelse med udgravninger til ledninger langs jernbanen og udgravninger til stikledningerne ved Mørupvej. Dette afhænger af den endelige placering af stikledningerne og afstanden til vejanlægget.

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 leraflejringer vurderes at have et naturligt vandindhold, der ligger over det optimale for indbygning, hvorfor det vurderes, at disse aflejringer kun er betinget egnede 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 frossen jord.

5.4 Komprimering

Under fremtidige belægninger 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, spunsning 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.

Regnvandsbassinerne er planlagt udført tæt på jernbanen og regnvandsledningerne lægges langs jernbanen, hvorfor det skal undersøges om Banedanmark stiller krav til geoteknisk risikovurdering og andre dokumentationskrav afhængigt af projektets indflydelse på jernbanen. Foranstaltninger og myndighedshåndteringen kan have væsentlig indflydelse på projektets tid og økonomi.

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 Supplerende undersøgelser

Når der foreligger et konkret projekt for erhvervsudstyknings, skal omfanget af supplerende geotekniske undersøgelser vurderes og tilpasses, jf. DS/EN 1997-2+AC:2011 og DS/EN 1997-1 DK NA: 2015, Anneks K2.

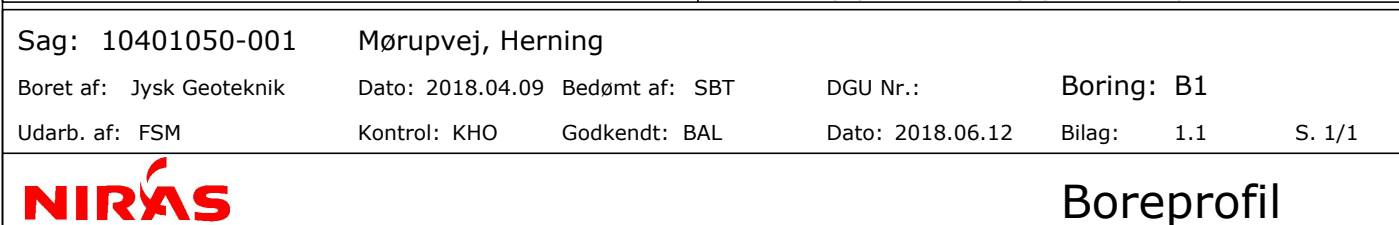
7 Afsluttende bemærkninger

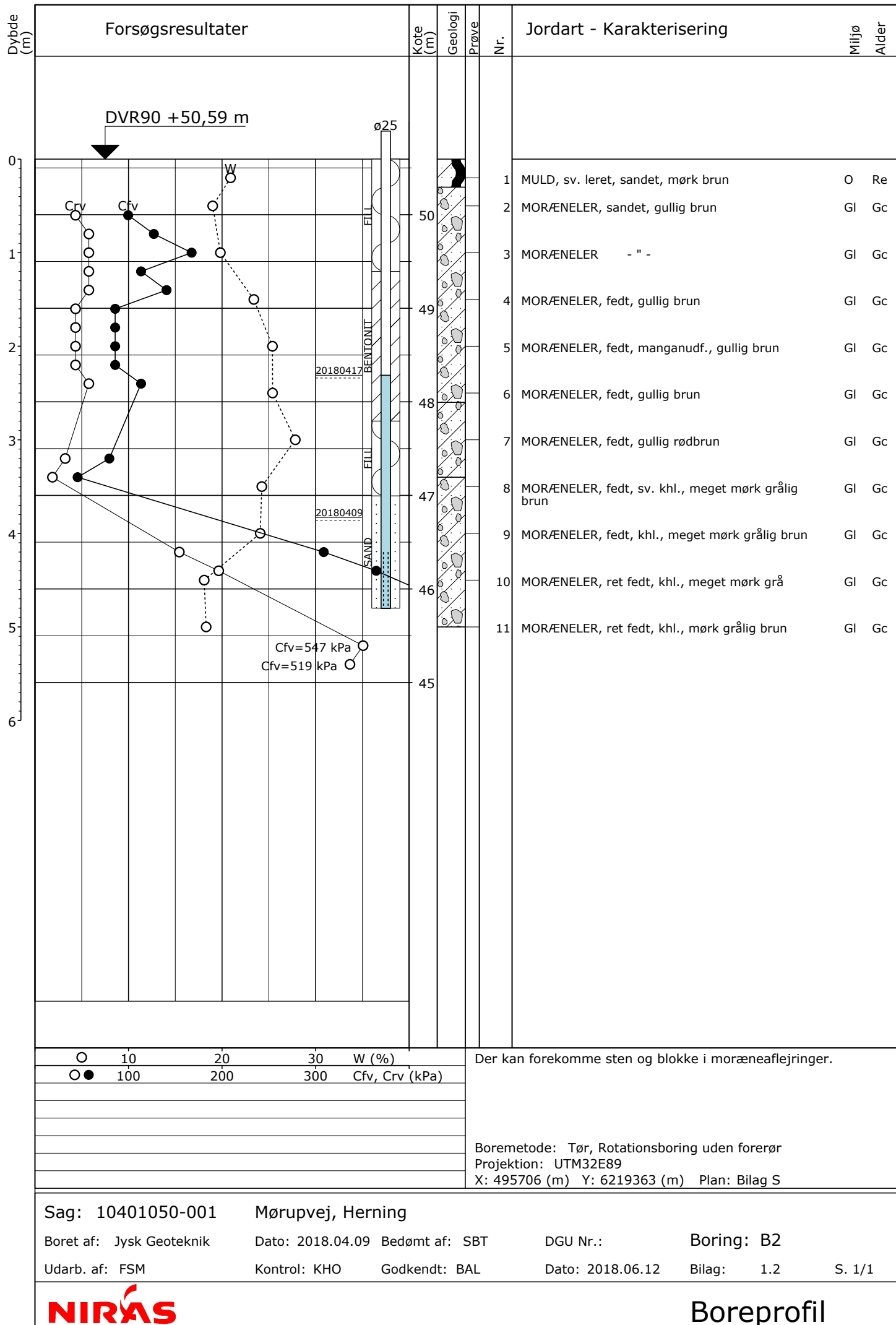
I det omfang det ønskes, står NIRAS selvsagt til rådighed for videre drøftelse af geotekniske/funderingsmæssige spørgsmål i sagen. NIRAS kan f.eks. være behjælpelig med:

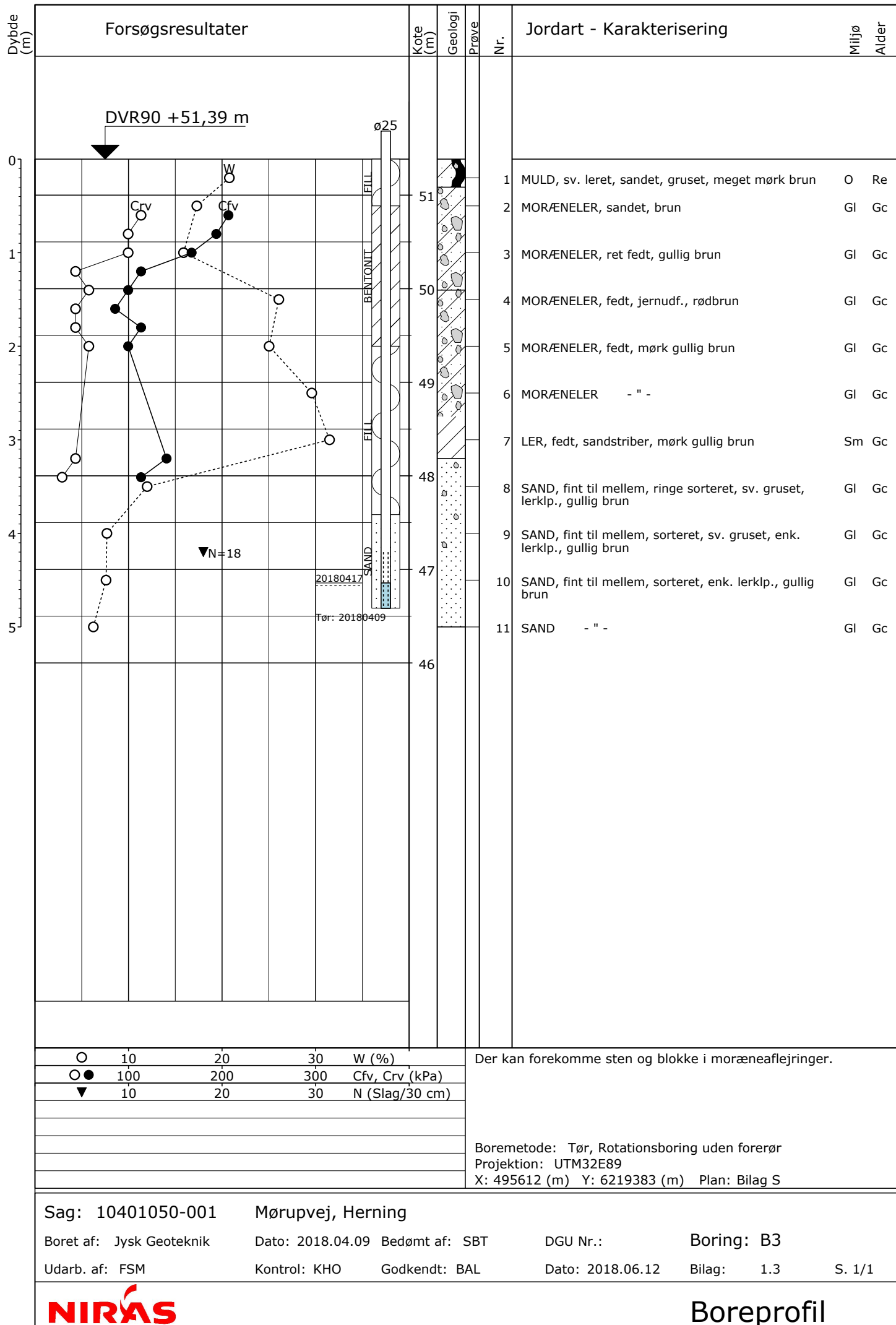
- Ansøgning om midlertidig grundvandssænkning
- Evt. supplerende geotekniske undersøgelser for udvidelse af vejanlægget, kloakprojektet og erhvervsudstyknings
- Geotekniske beregninger (afstivninger)
- Geoteknisk udgravningskontrol

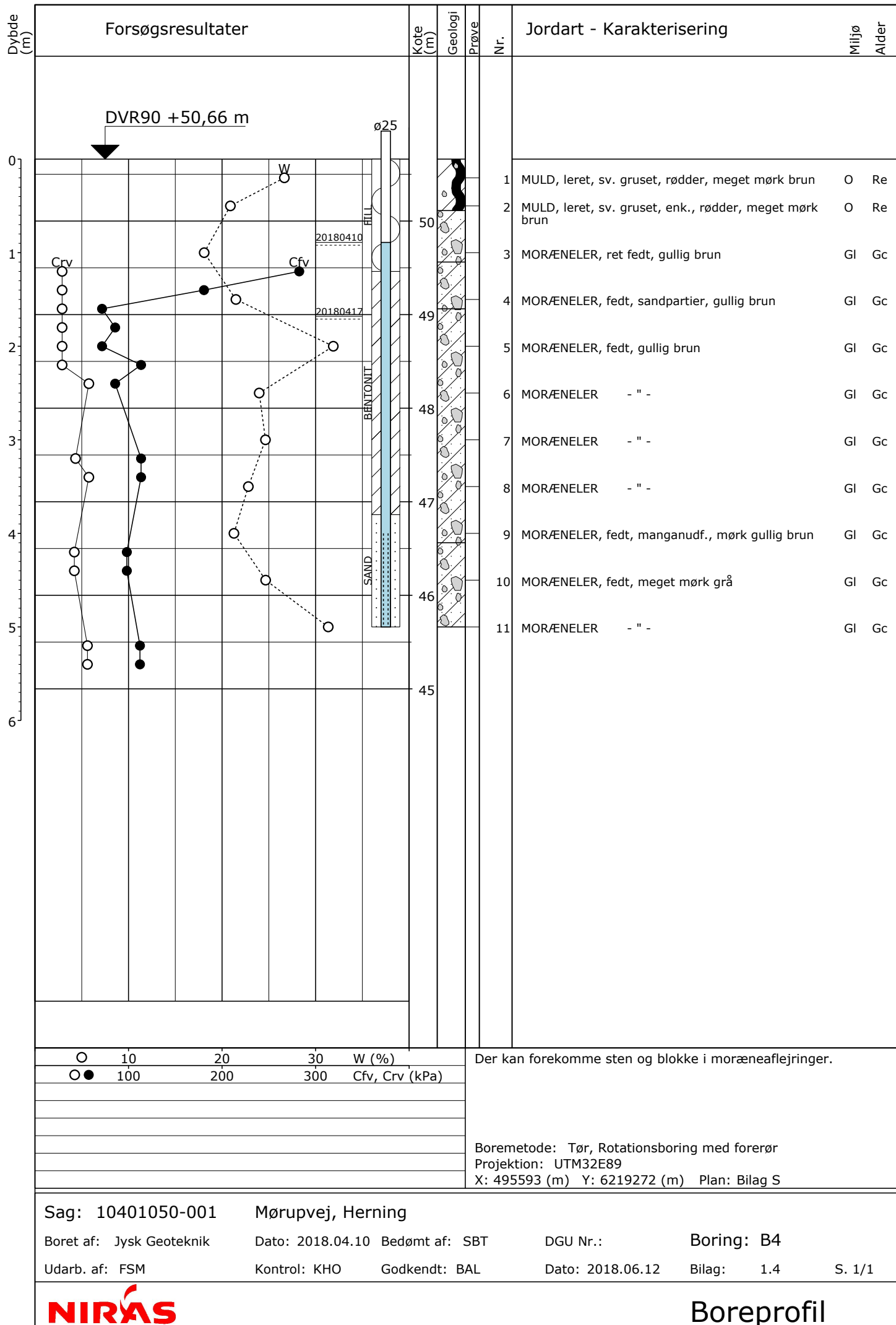
Boreprofiler, B1-B13, B15+B16 og R4-R7

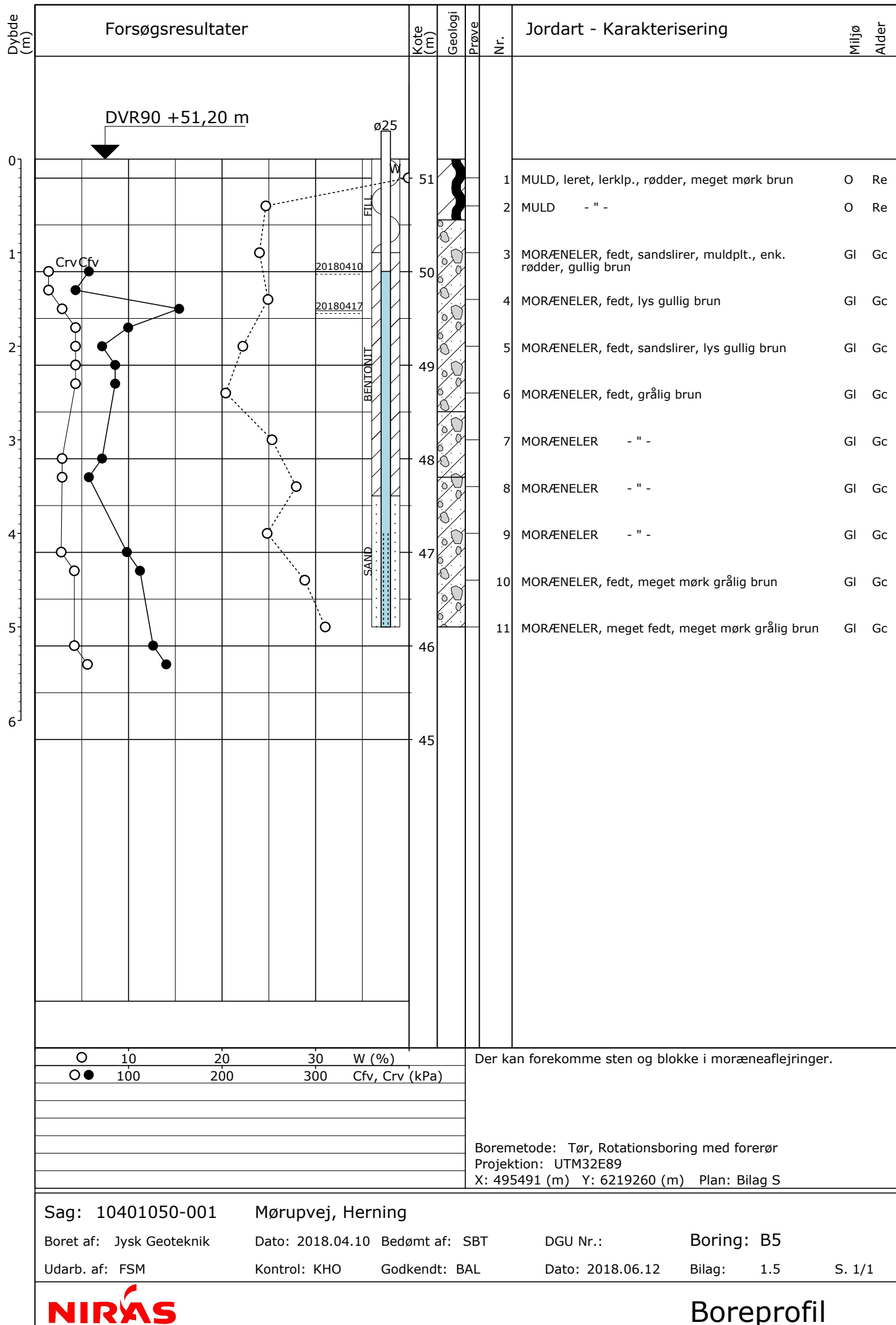
BILAG 1

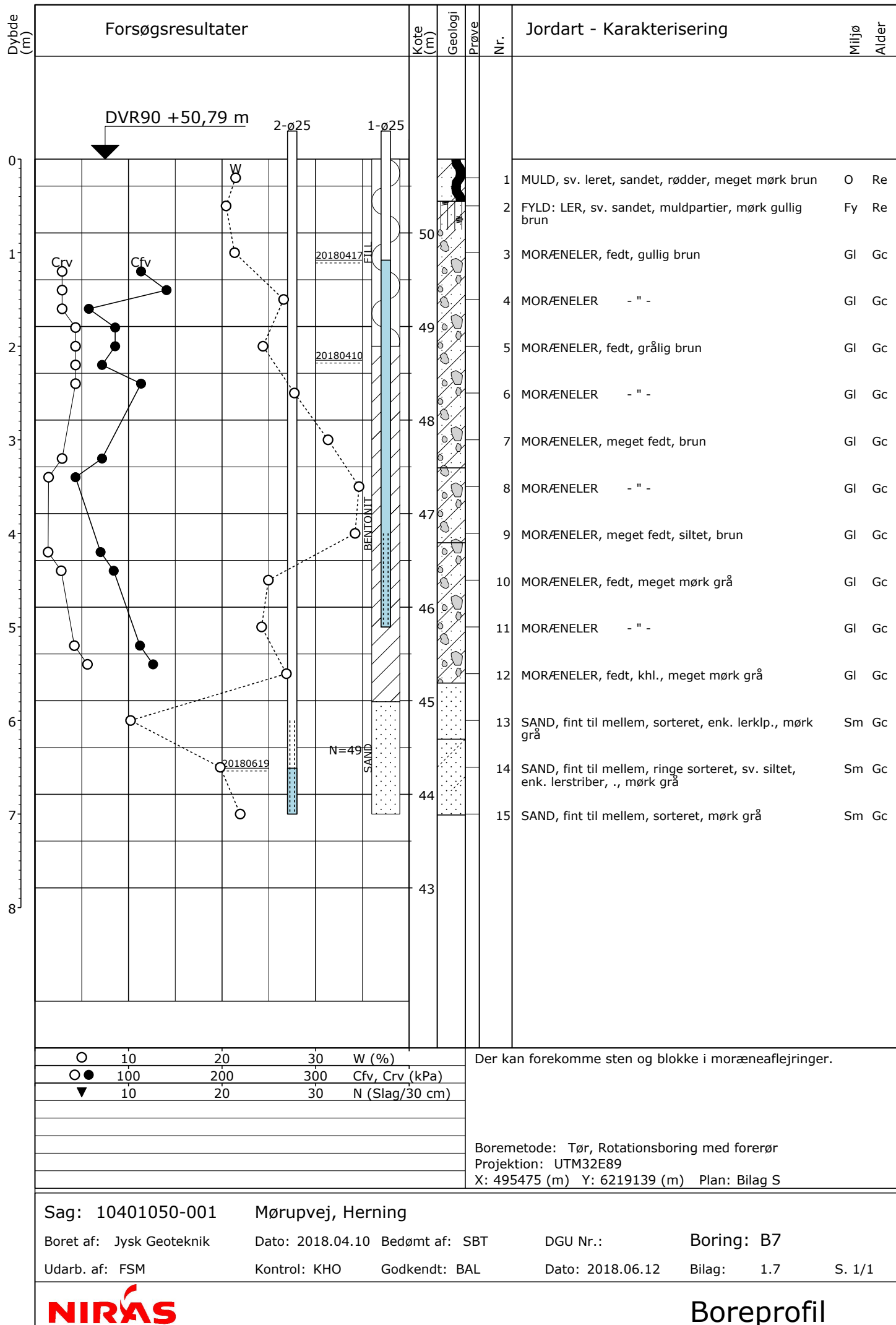


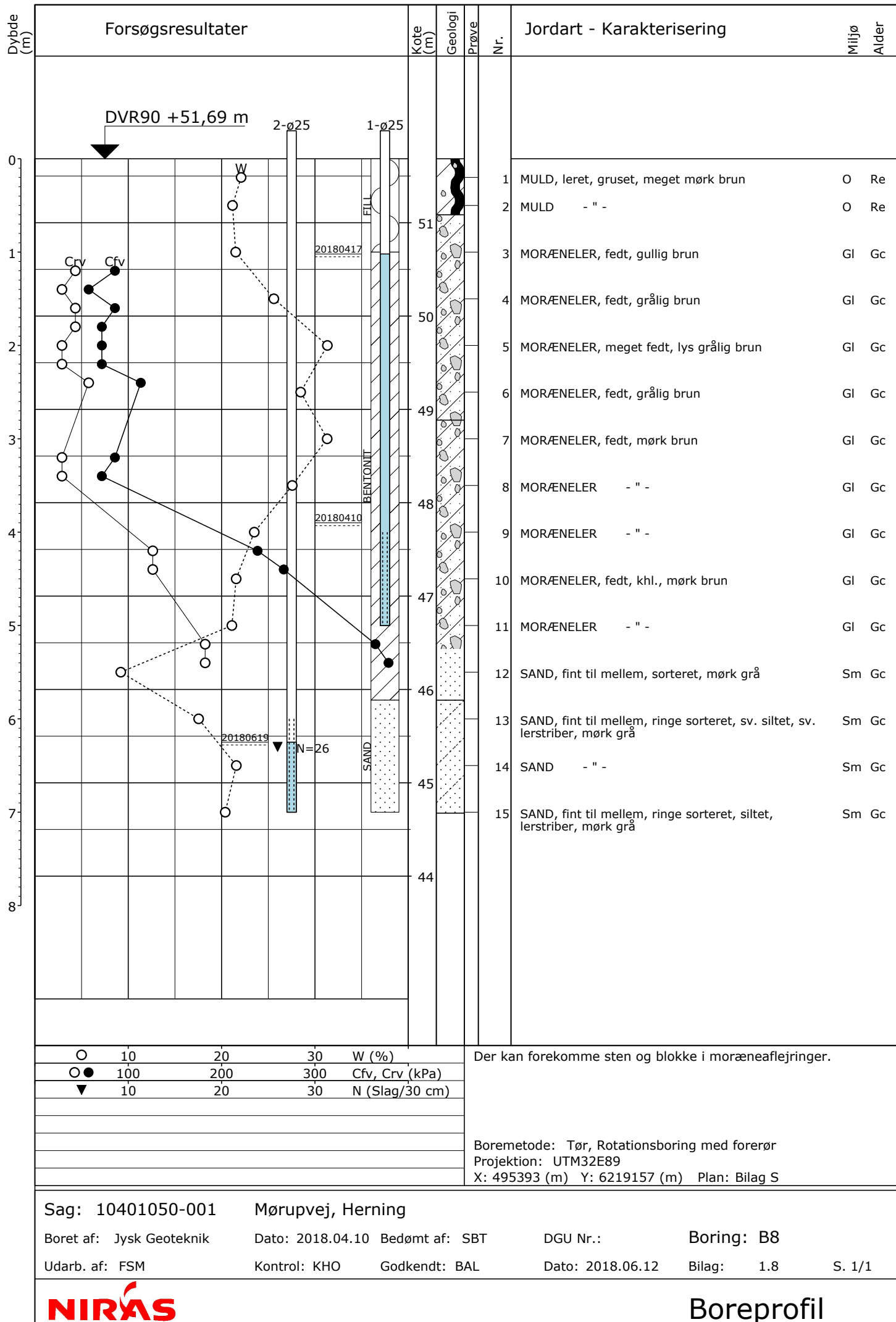


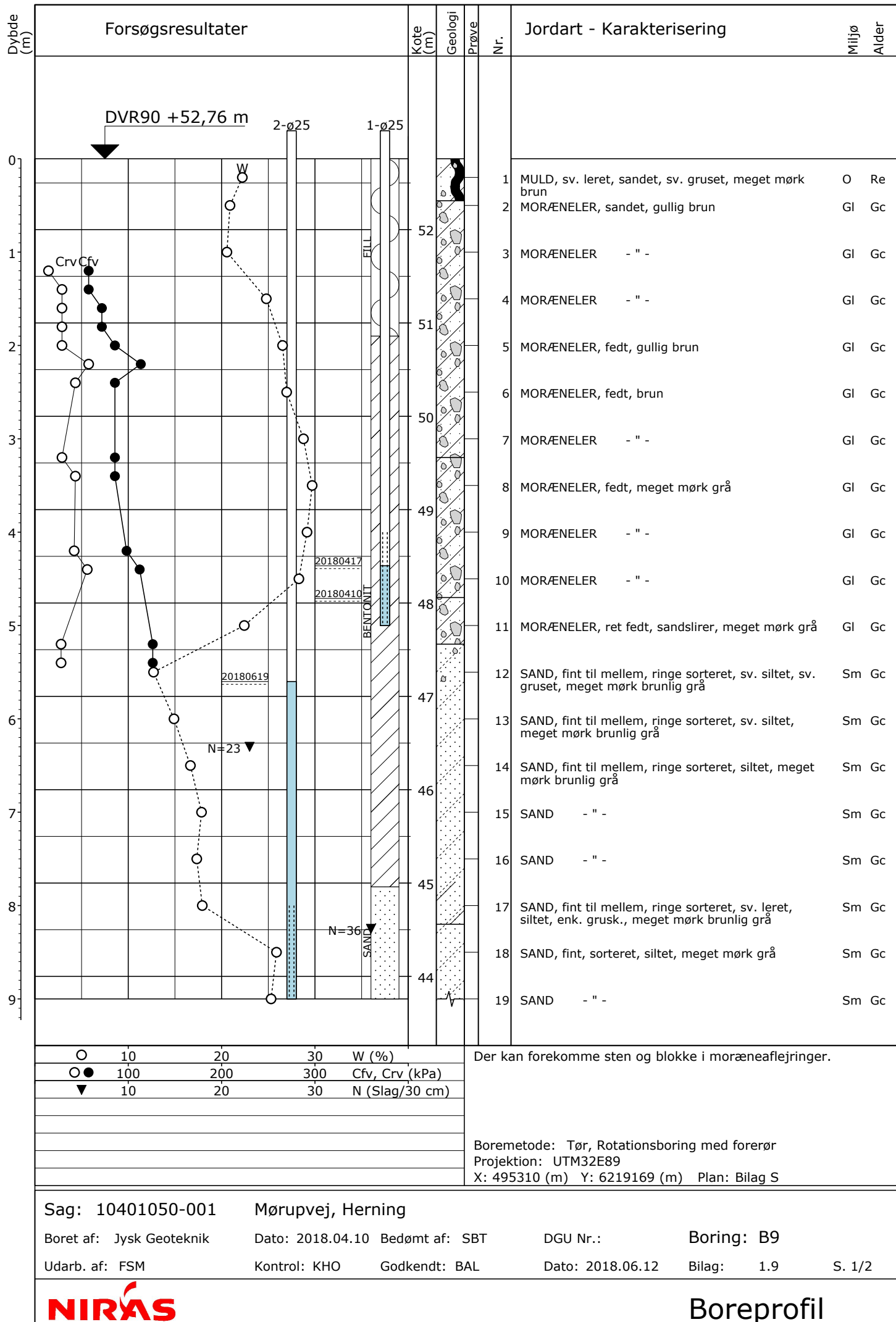




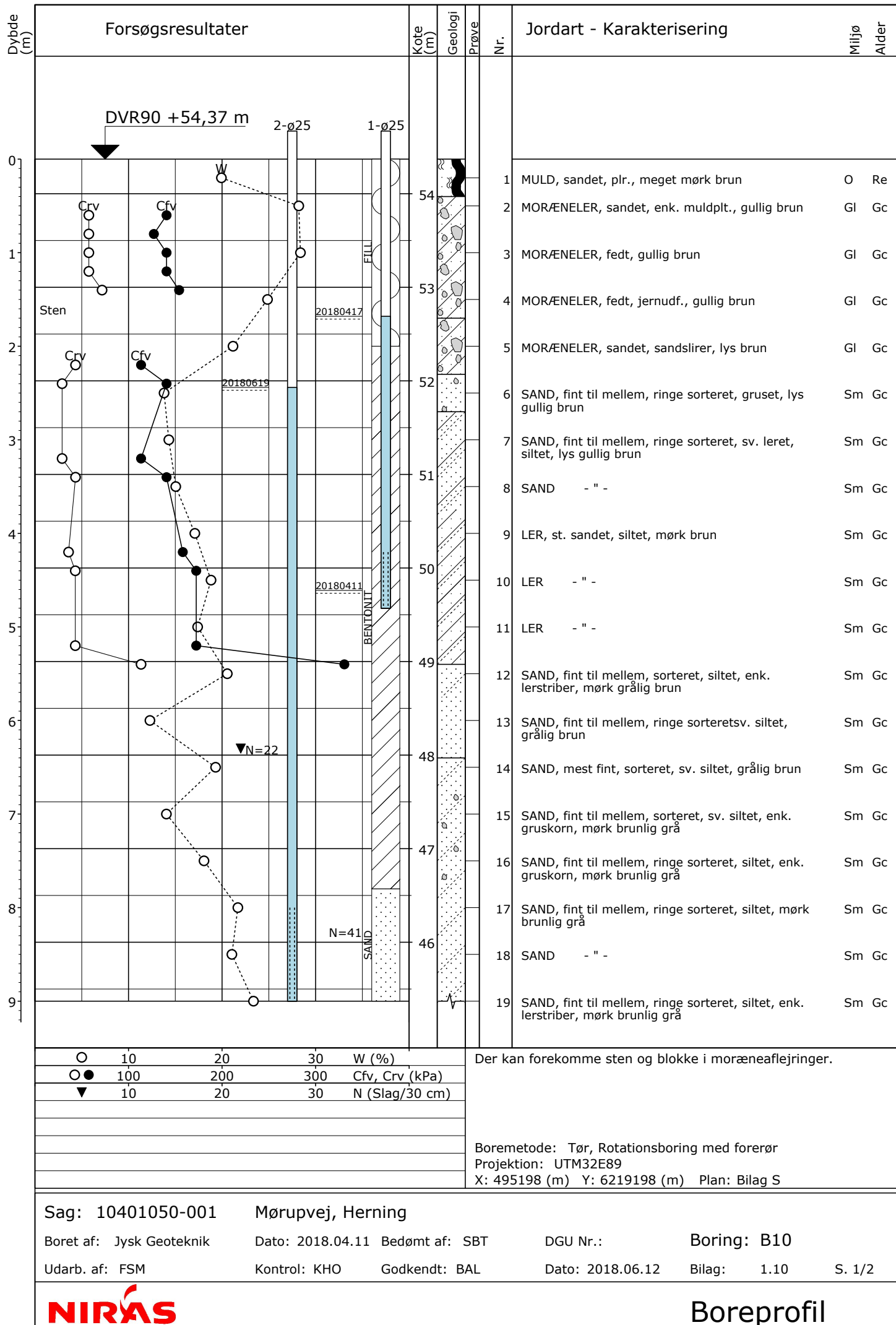




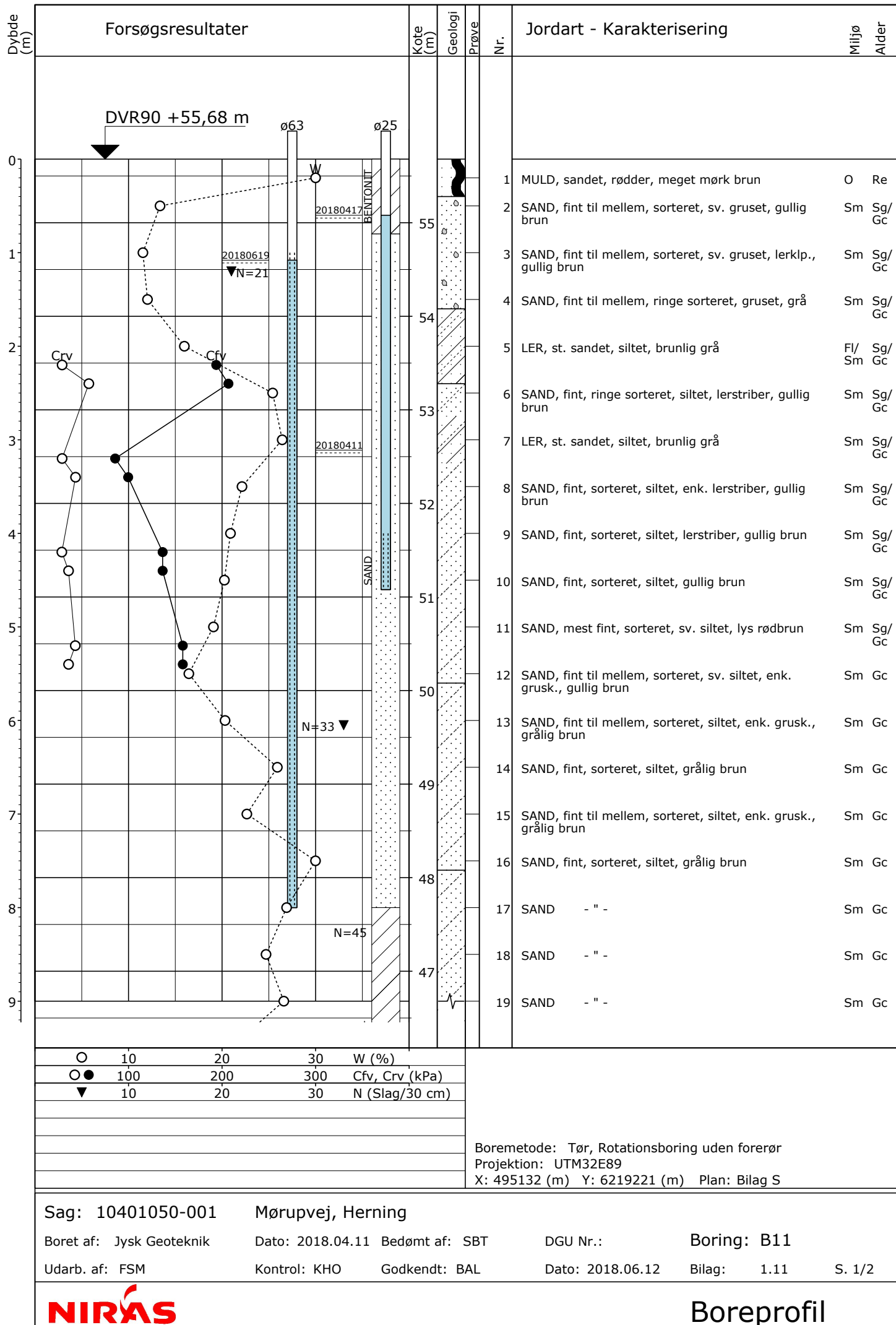


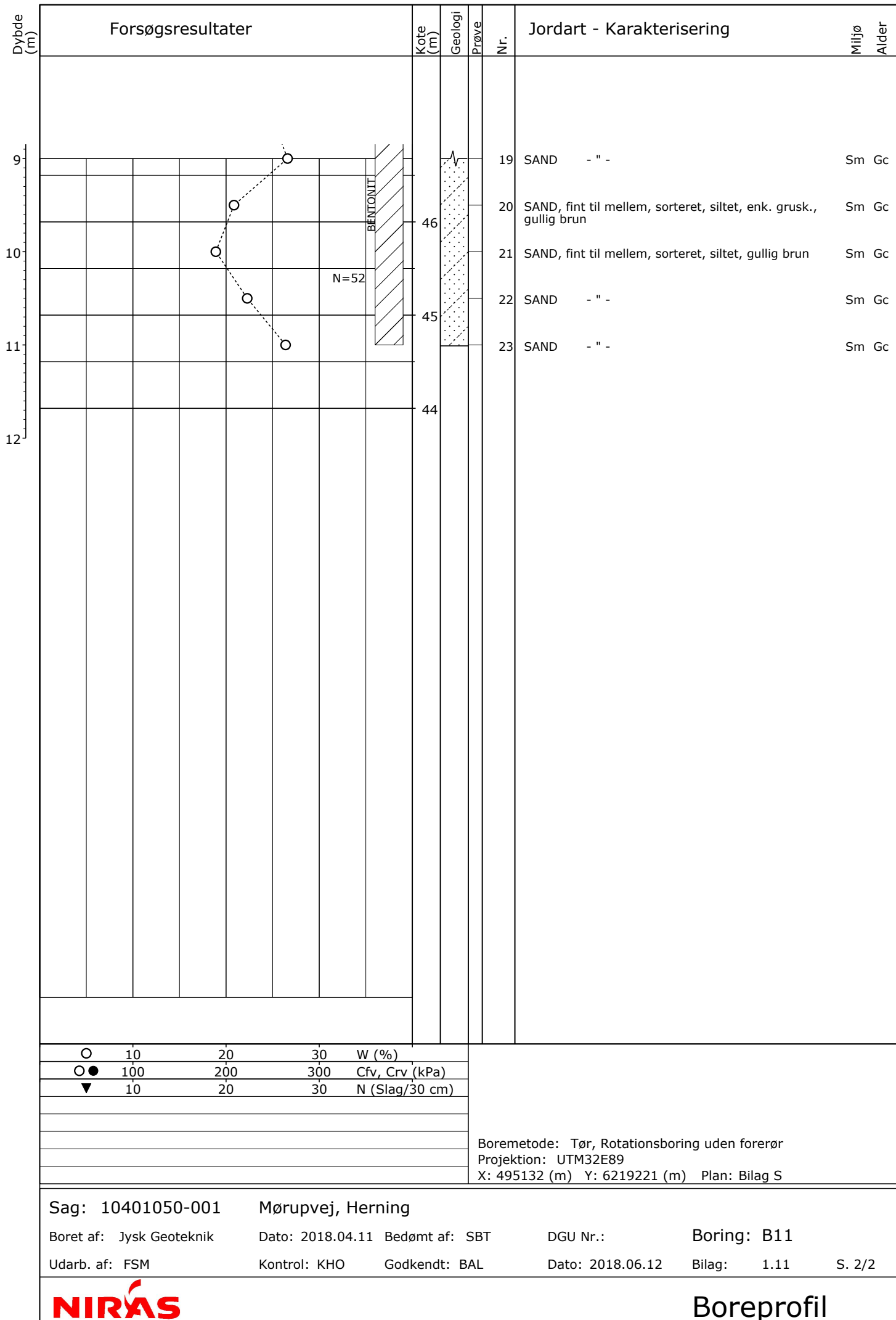


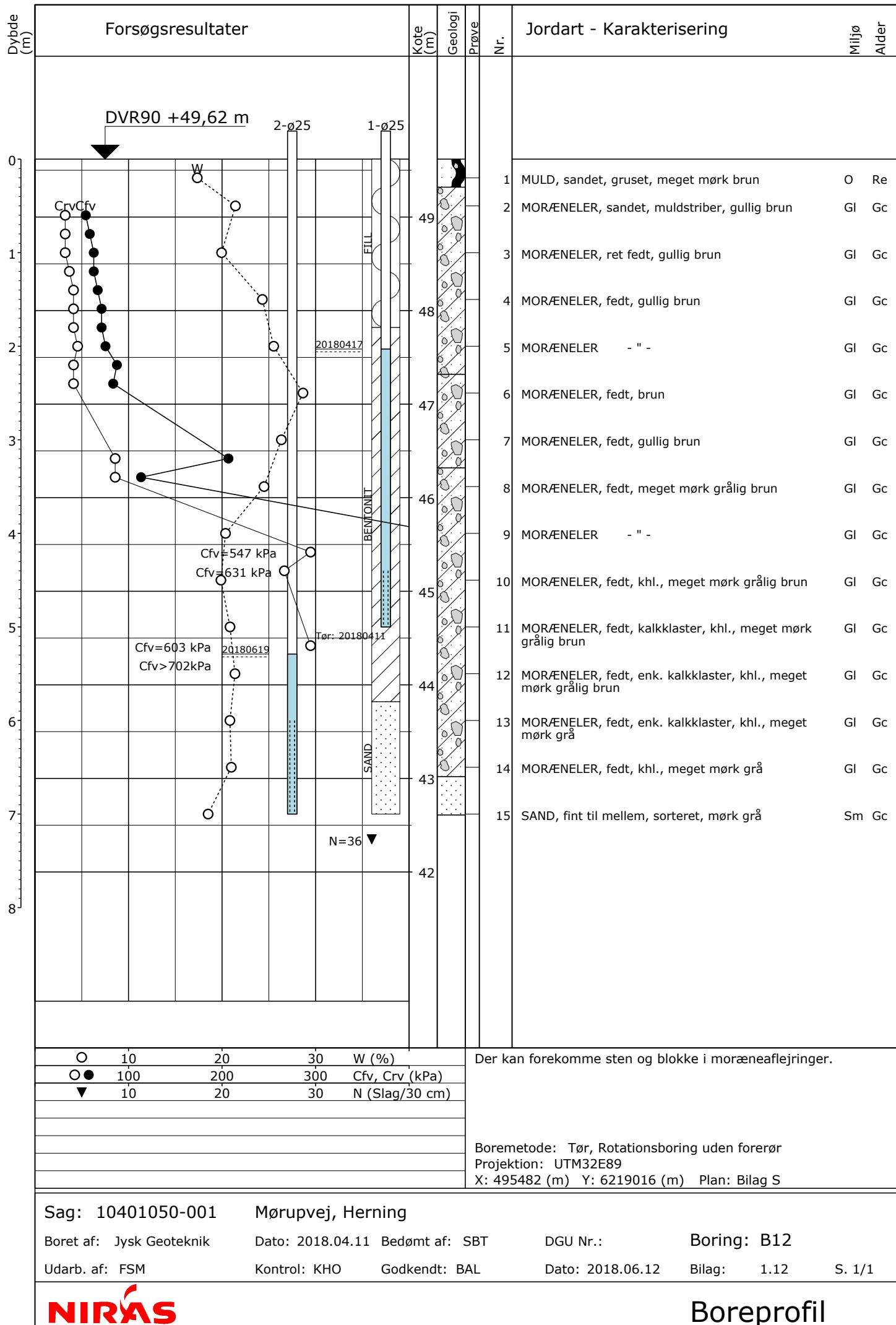
Dybde (m)	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordart - Karakterisering	Miljø	Alder
9										19	SAND - " -	Sm	Gc
10							43						
O ● ▼ 10 100 10 20 200 20 30 300 30 W (%) C_fv, C_rv (kPa) N (Slag/30 cm)							Der kan forekomme sten og blokke i moræneaflejringer. Boremetode: Tør, Rotationsboring med forerør Projektion: UTM32E89 X: 495310 (m) Y: 6219169 (m) Plan: Bilag S						
Sag: 10401050-001 Mørupvej, Herning													
Boret af: Jysk Geoteknik				Dato: 2018.04.10 Bedømt af: SBT				DGU Nr.:		Boring: B9			
Udarb. af: FSM				Kontrol: KHO Godkendt: BAL				Dato: 2018.06.12		Bilag: 1.9		S. 2/2	
							Boreprofil						

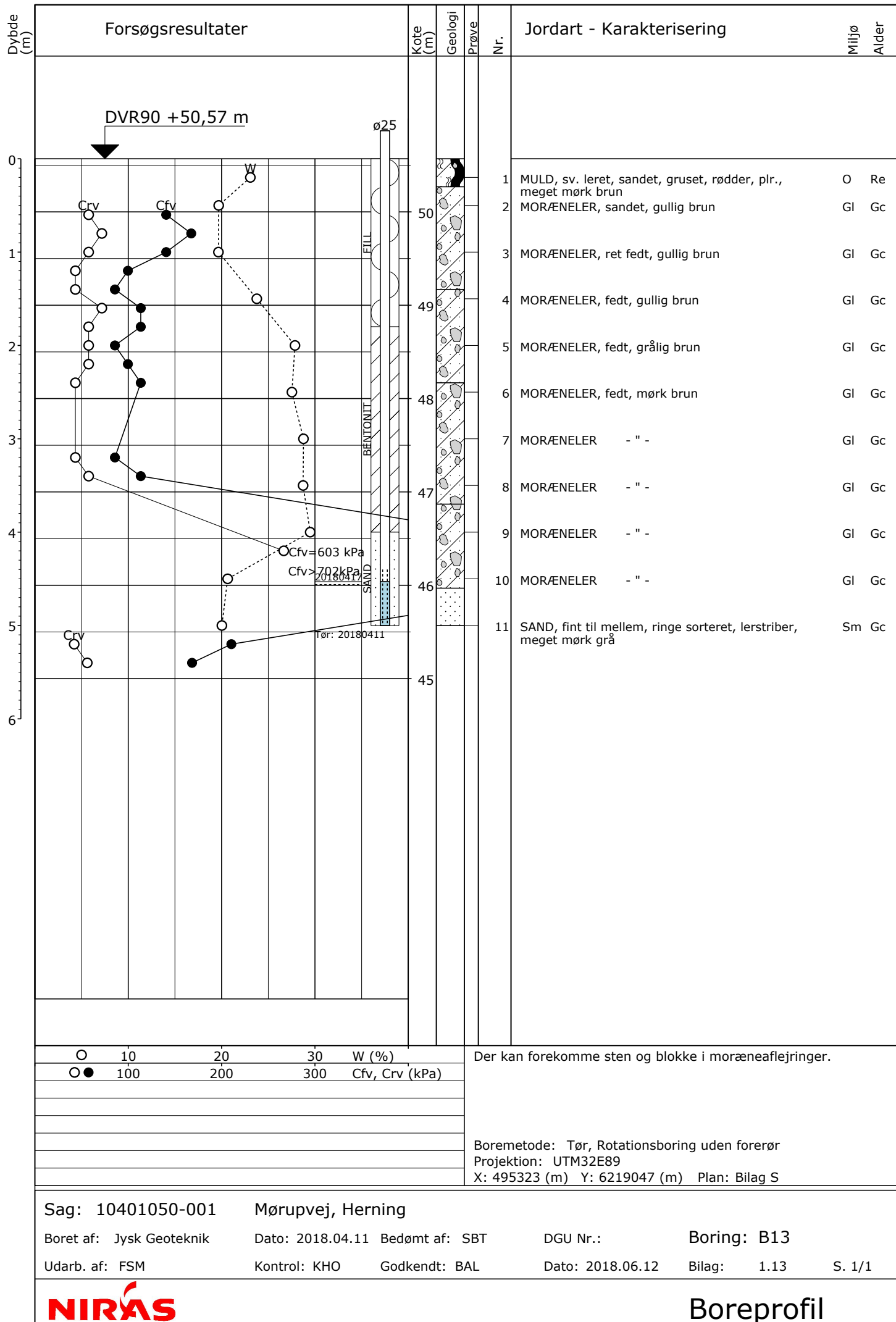


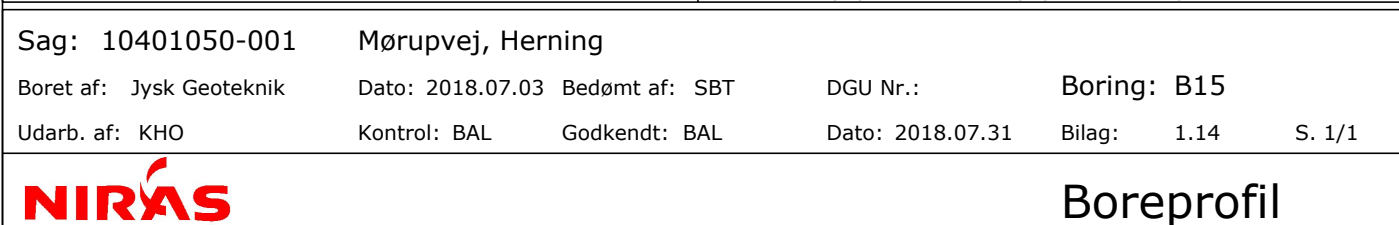
[illegible]

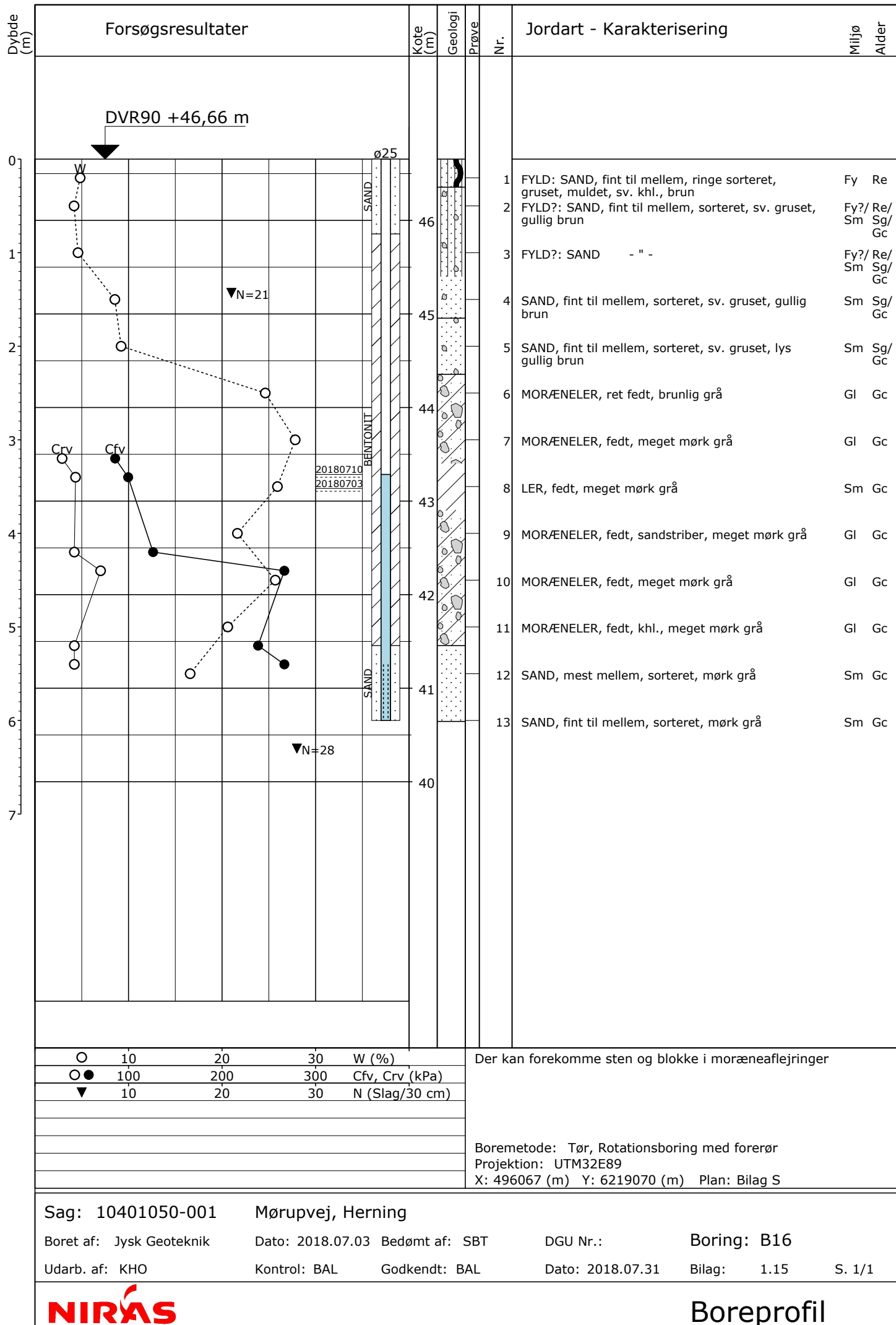


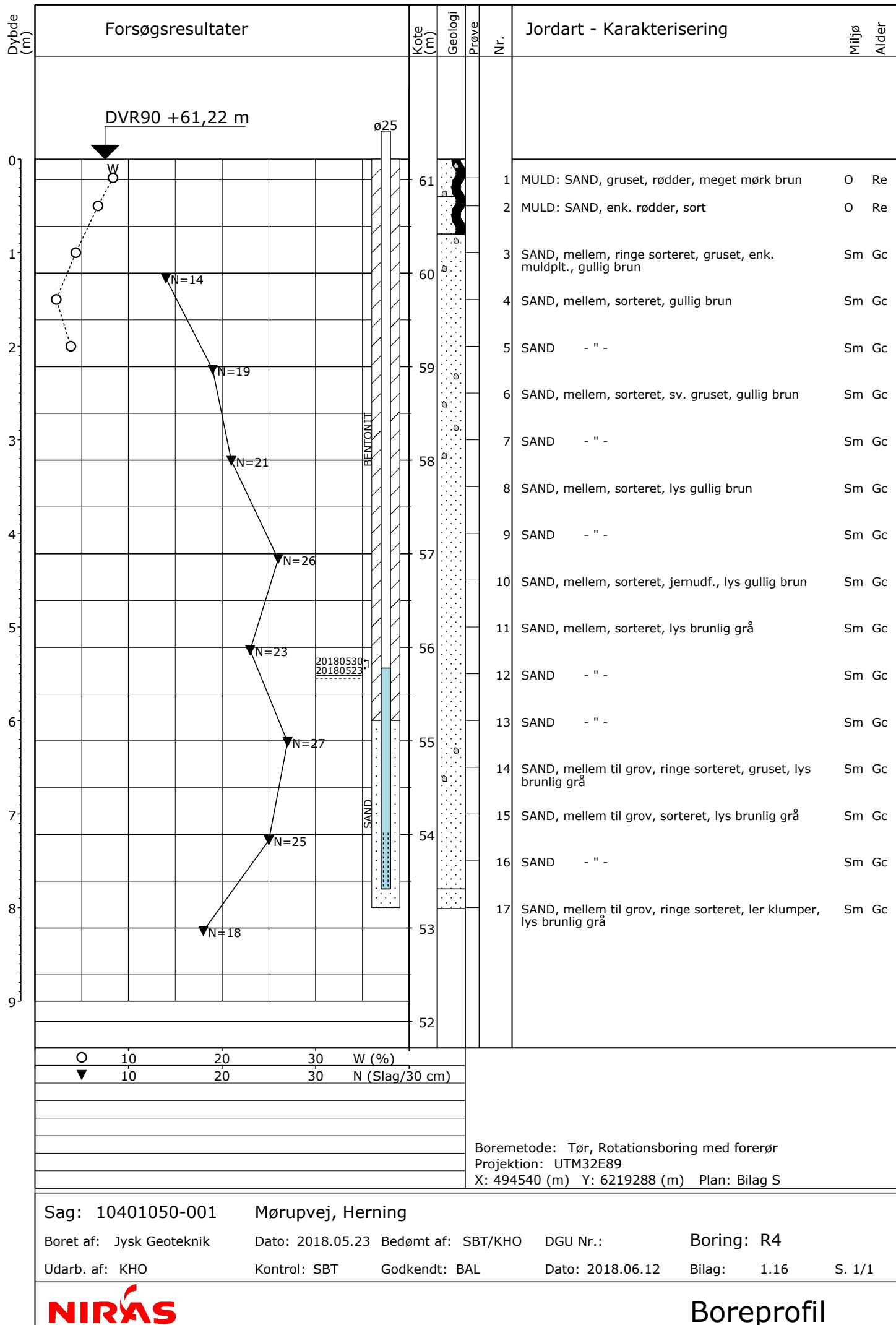


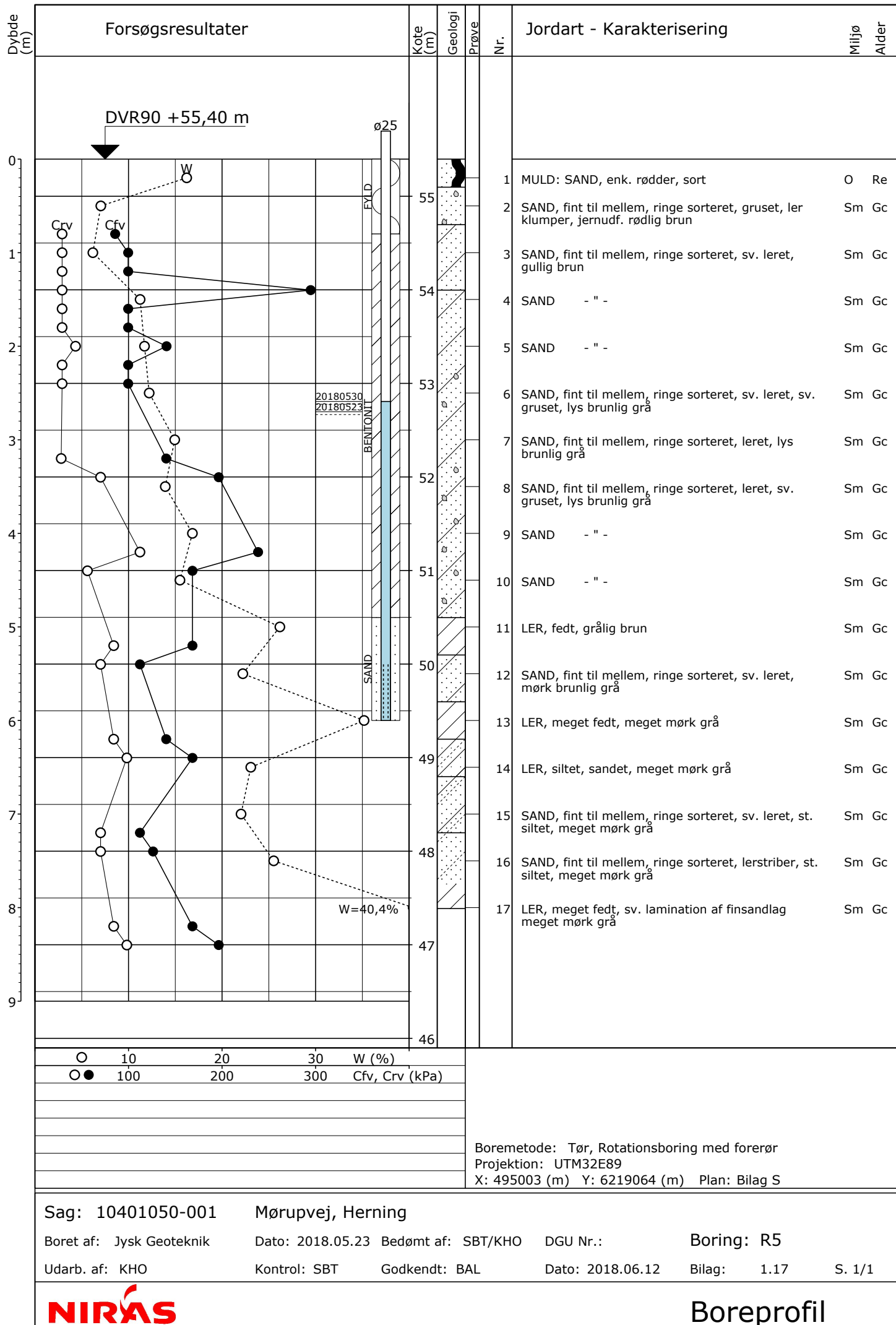


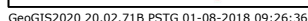


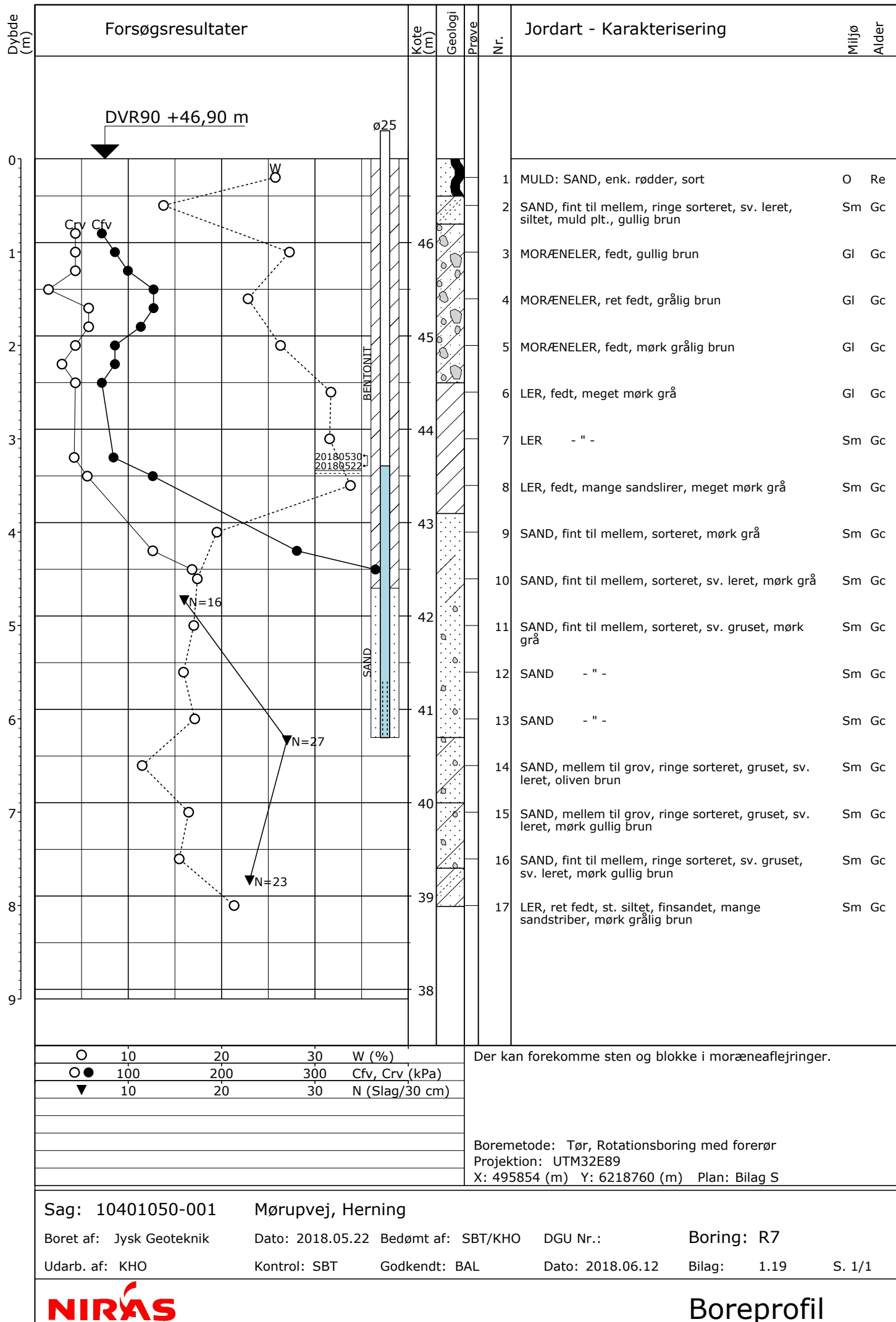






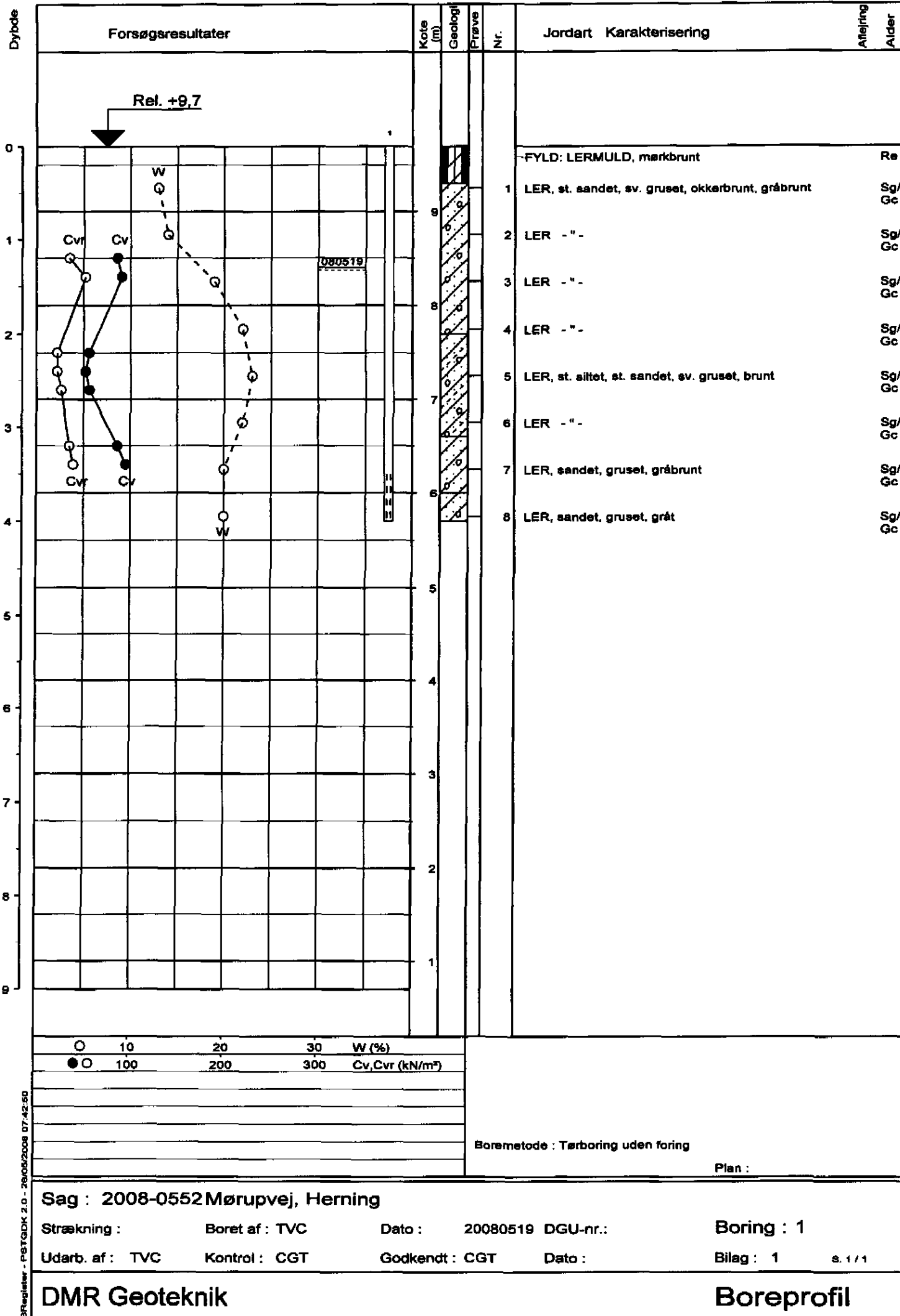


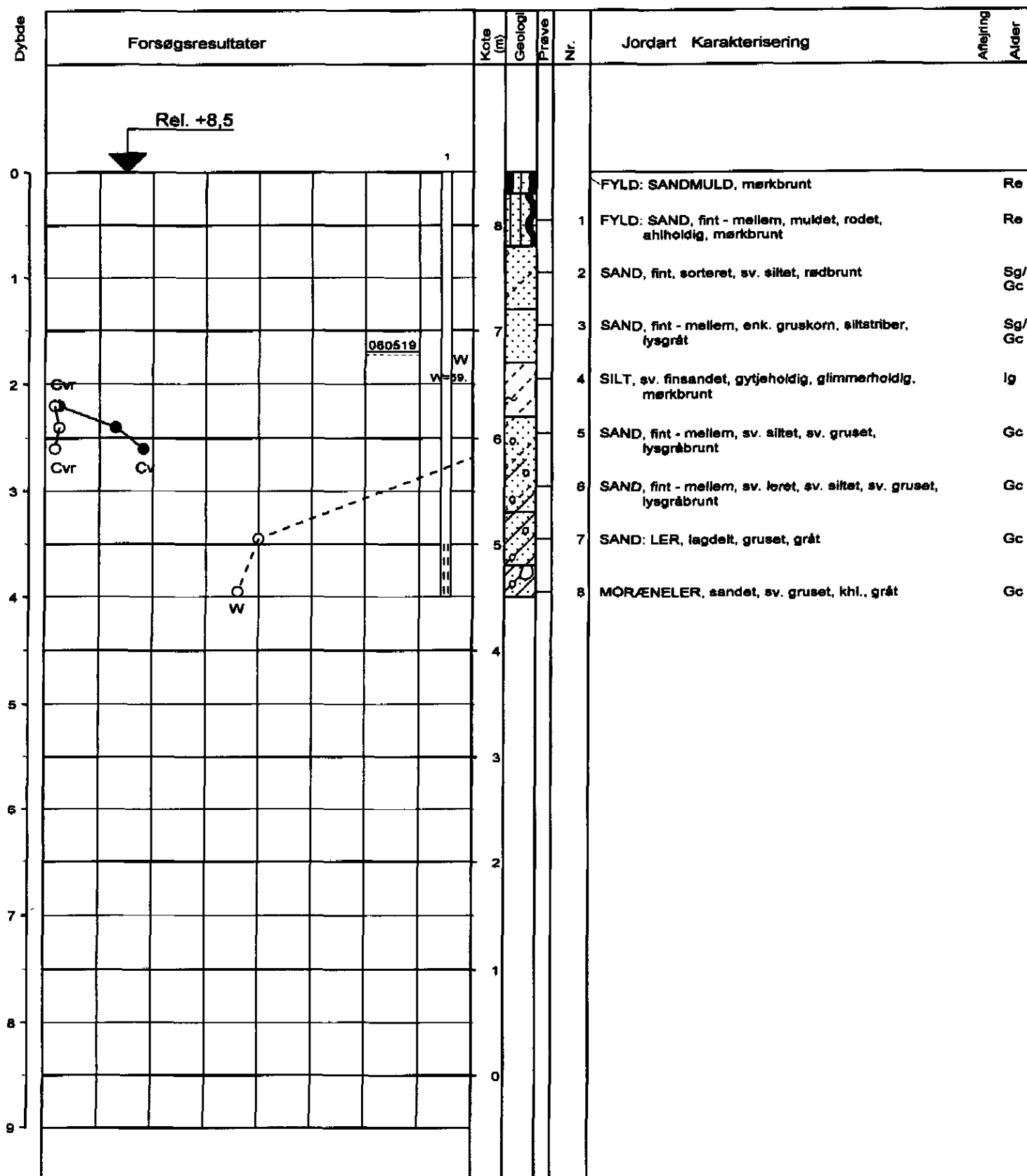




Geotekniske boringer fra DMR, 2008

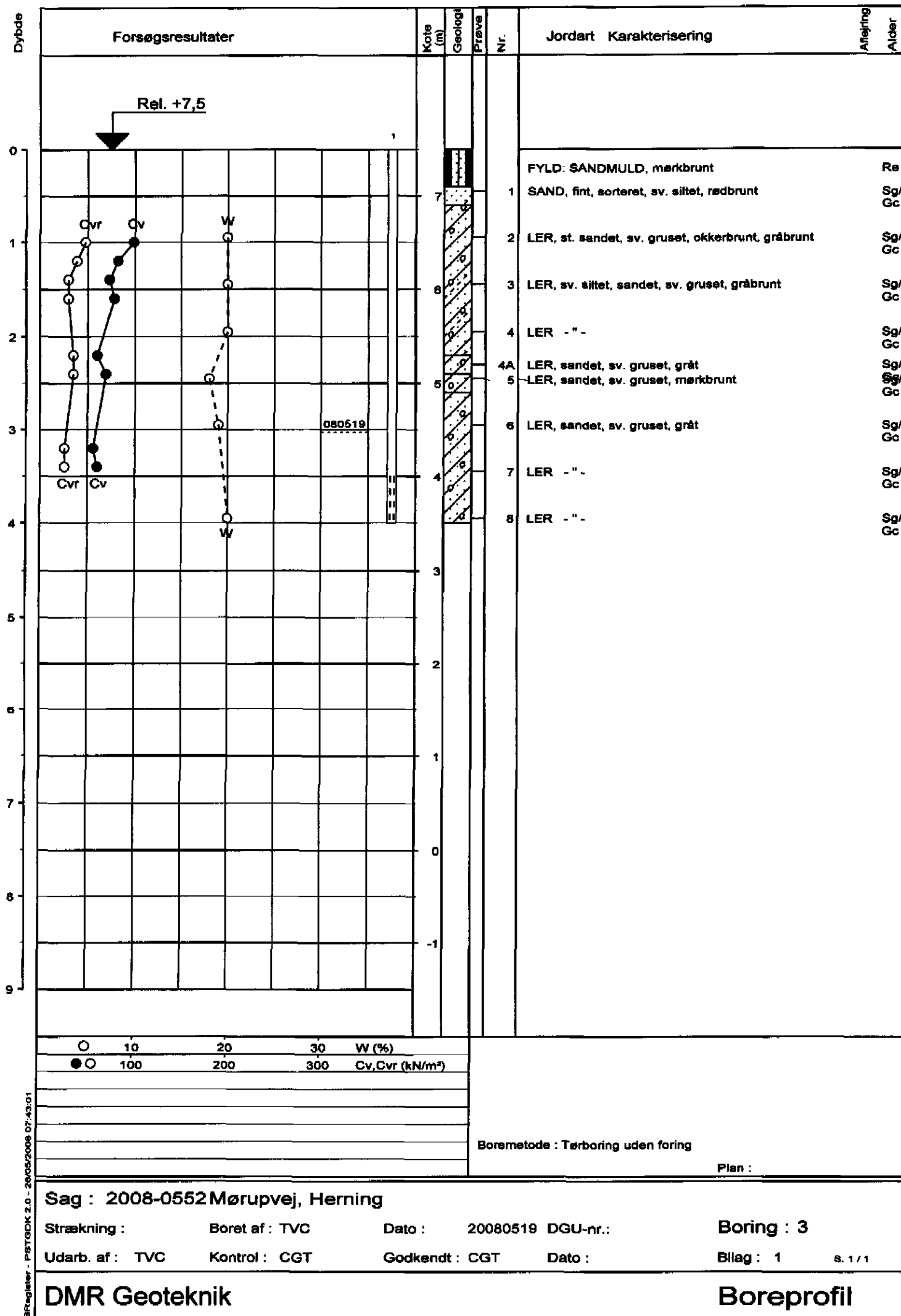
BILAG 2

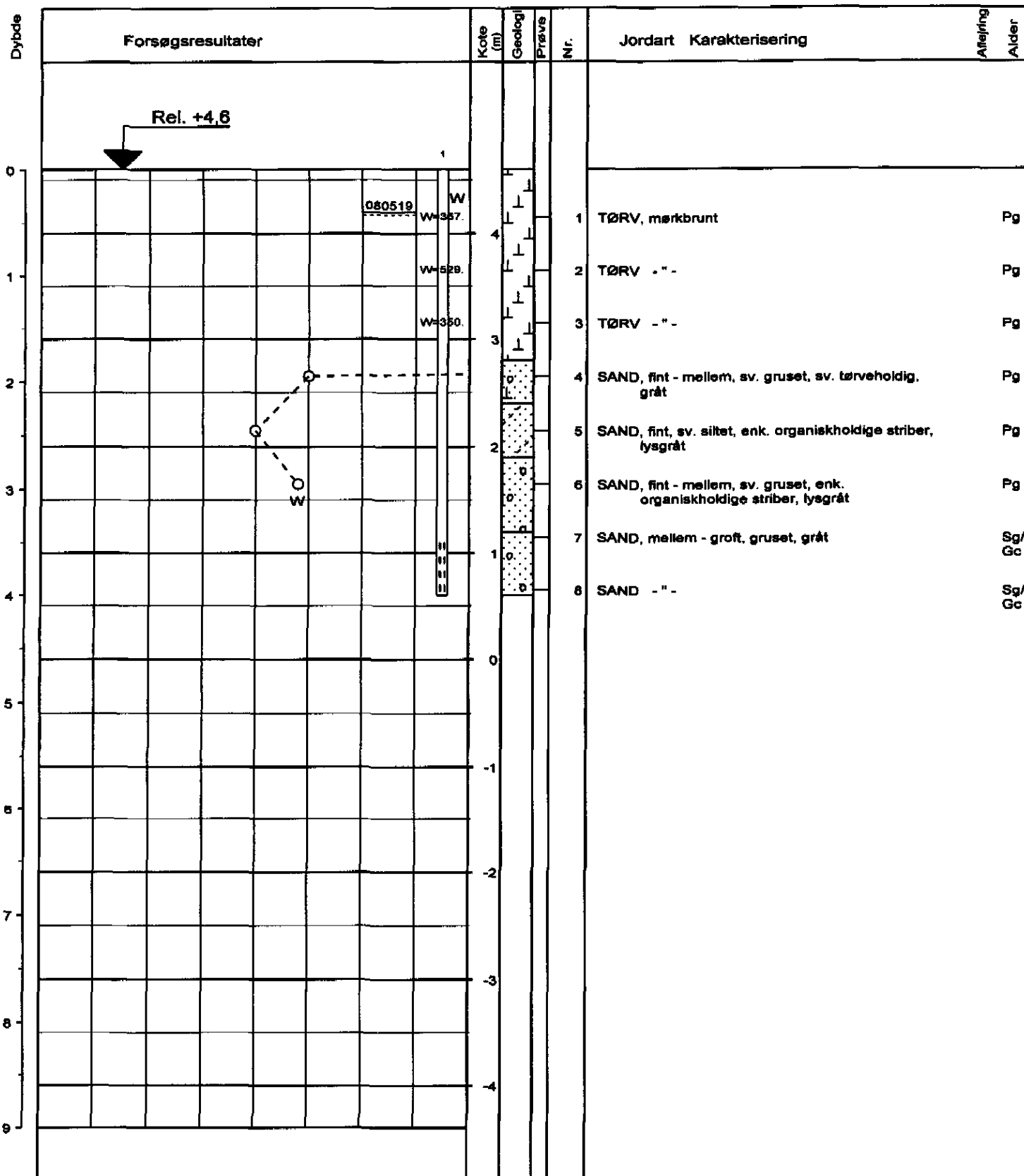


[illegible]

Sag : 2008-0552 Mørupvej, Herning

DMR Geoteknik





O 10 20 30 W (%)

Boremetode : Tørboring uden foring

Plan :

Sag : 2008-0552 Mørupvej, Herning

Strækning :

Boret af : TVC

Dato : 20080519 DGU-nr.:

Boring : 4

Udarb. af : TVC

Kontrol : CGT

Godkendt : CGT

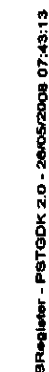
Dato :

Bilag : 1

s. 1 / 1

DMR Geoteknik

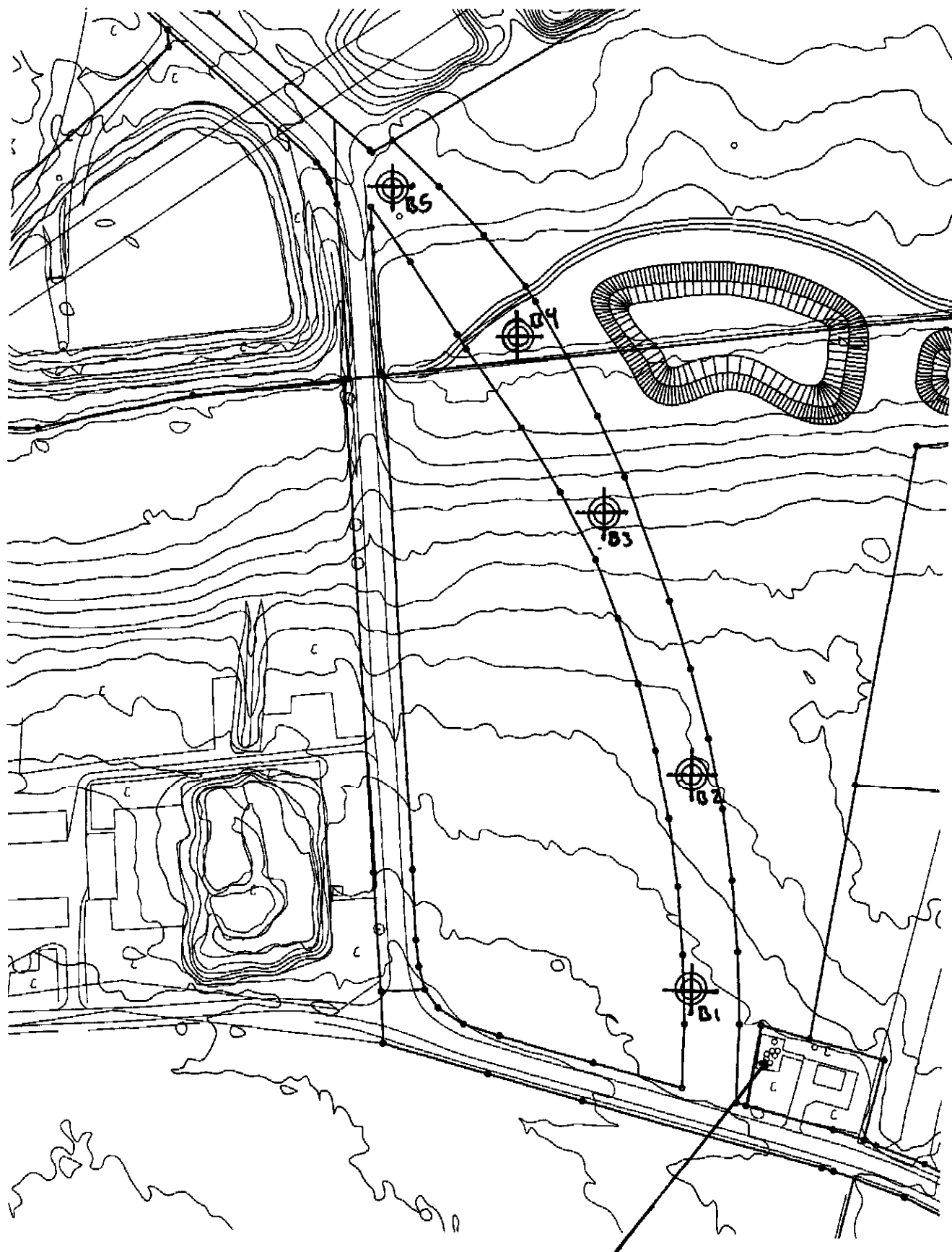
Boreprofil



Plan :

S. 1 / 1

Boreprofil



Fix = overkant af dæksel på gasstation
= relativ kote +10,00

Signaturer og Definitioner

BILAG A

GEOLOGISKE FORKORTELSER

DANNELSESMILJØ

Br	Brakvand	Sm	Smeltevand
Fe	Ferskvand	VI	Vindaflejret
FI	Flydejord	Vu	Vulkansk
GI	Gletscher		
Ma	Marin		
Ne	Nedskyl		
O	Overjord		
SK	Skredjord		

ALDER

Kv	Kvartær	Te	Tertiær	Kt	Kridt
Pg	Postglacial	Pl	Pliocæn	Se	Senon
Sg	Senglacial	Mi	Miocæn		
Al	Allerød	Ol	Oligocæn		
Gc	Glacial	Eo	Eocæn		
Ig	Interglacial	Pl	Palæocæn		
Is	Interstadial	Sl	Selandien		
Re	Recent	Da	Danien		

KORNSTØRRELSER

fint	Finkornet
mellem	Mellemkornet
groft	Grovkornet

SORTERINGSGRADER

usort.	Usorteret	U>7
ringe sort.	Ringe sorteret	3,5<U>7
sort.	Sorteret	2<U<3,5
velsort.	Velsorteret	U<2

HÆRDNINGSGRADER

H1	Uhærdnet
H2	Svagt hærdnet
H3	Hærdnet
H4	Stærkt hærdnet
H5	Forkislet

BIKOMPONENTER

gytjeh.	Gytjeholdig(t)	pir.	Planterester
kfr.	Kalkfri	rodgn.	Rodgang
khl.	Kalkholdig(t)	rodtr.	Rødtrævler
muldstr.	Muldstriber	skalb.	Skalholdig(t)
organiskh.	Organiskholdig(t)	tørveh.	Tørveholdig(t)

ØVRIGE FORKORTELSER

enk.	Enkelte	kip.	Klumper	part.	Partier	udb.	Udblødt
hom.	Homogent	m.	Med	sil.	Slirer/striber	u.t.	Under terræn
ifig.	Ifølge	misf.	Misfarvet	stk.	Stykker	vs.	Vandspejl
indh.	Indhold	omdan.	Omdannet	st.	Stærk(t)	veks.	Vekslede
inhom.	Inhomogent	o.t.	Over terræn	sv.	Svag(t)	v.f.	Vandførende

DEFINITIONER

Vandindhold (%)	W	= Vandvægt i procent af tørstofvægten
Flydegrænse (%)	W _l	= Vandindhold ved flydegrænsen
Plasticitetsgrænse (%)	W _p	= Vandindhold ved plasticitetsgrænsen
Plastivtetsindeks (%)	I _p	= W _l - W _p
Rumvægt (kN/m ³)	γ	= Forholdet mellem totalvægten og totalvolumen
Kornrumvægt (kN/m ³)	γ _s	= Middelværdien af tørstoffets rumvægt
Poretal	e	= Forholdet mellem porevolumen og tørstofvolumen
Løs/fast lejrning	e _{max} /e _{min}	= Poretallet i løseste/fasteste standardlejrning i laboratoriet
Tæthedsindeks	I _D	= Relativ lejrningstæthed (e _{max} - e)/(e _{max} - e _{min})
Glødetab	gl	= Vægttabet ved glødning (3 timer 550°C) i procent af tørstofvægten
Kalkindhold (%)	ka	= Vægten af Ca CO ₃ i procent af tørstofvægten
Vingestyrke (kN/m ²)	c _v	= Den udrænedes forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
Vingestyrke (kN/m ²)	c _{vr}	= Den udrænedes forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg efter omrøring (10x360°)
SPT-forsøg	N	= Antal slag pr. 300mm nedsynkning ved standardpenetrationsforsøg
Rammesonderingsmodstand	r ₁₀	= Antal slag pr. 0,1m nedsynkning af ø5cm ² kogle-sonde med rammeenergi h×G = 0,50m × 0,1 kN
Drejesonderingsmodstand (WST)	R	= Antal halve omdrejninger pr. 0,2m nedtrængning af spidsbor med last 1 kN
Kornkurve	S	= Sigte/siemmeanalyse

SIGNATURFORKLARING OG DEFINITIONER

Bilag A



NIRAS

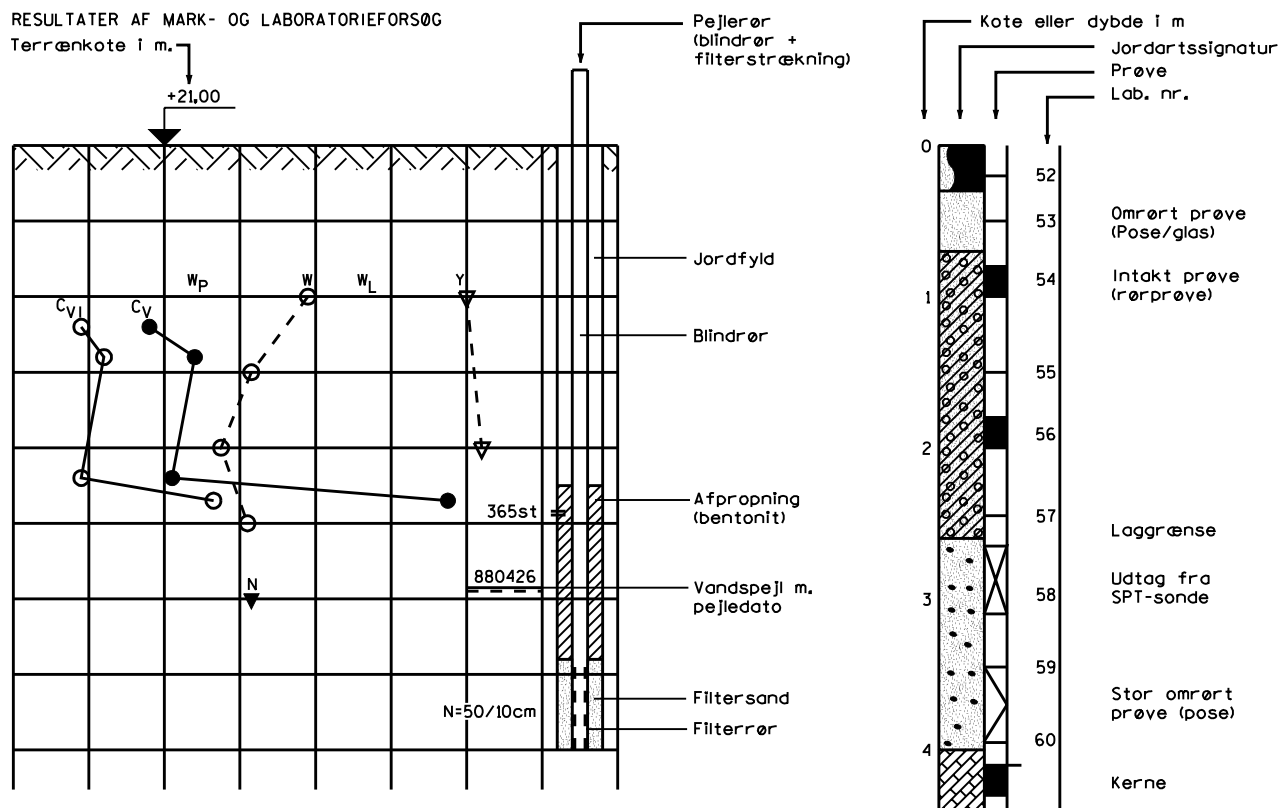
Ceres Allé 3
8000 Aarhus

Telefon: 8732 3232
www.niras.dk

BOREPROFIL

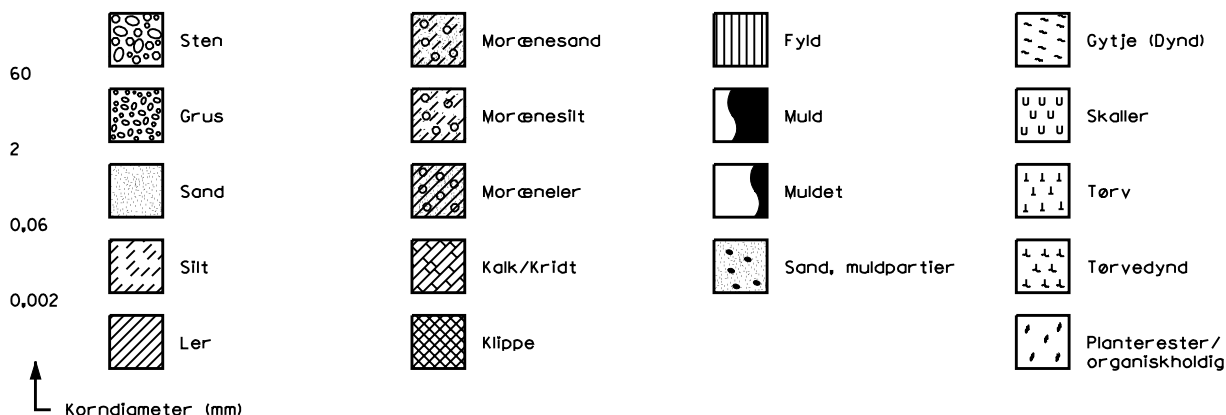
RESULTATER AF MARK- OG LABORATORIEFORSØG

Terrænkote i m.



Definitioner, se bagside.

JORDARTSSIGNATURER



SIGNATURER PÅ SITUATIONSPLAN

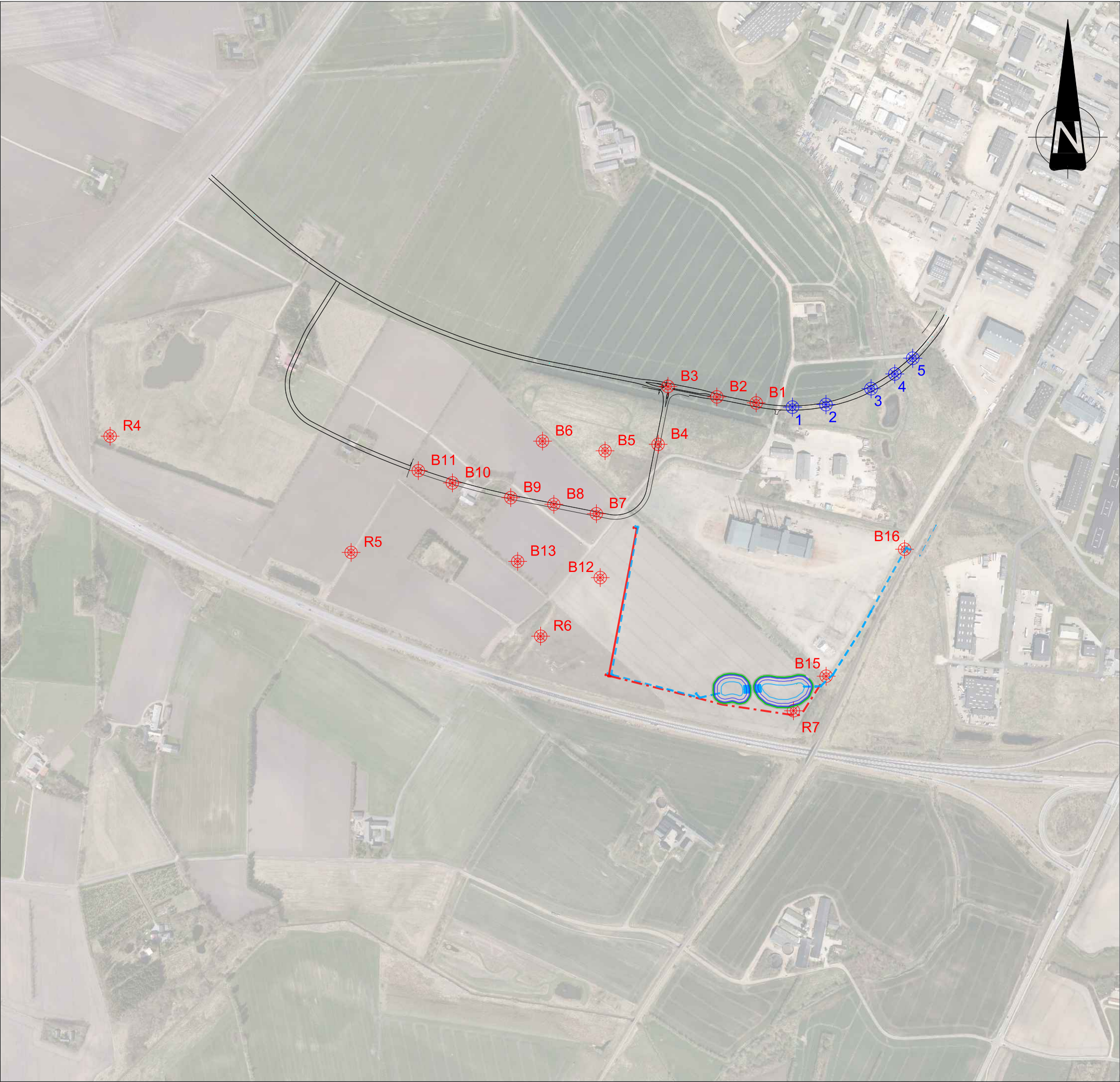


SIGNATURFORKLARING OG DEFINITIONER

Bilag A

Geotechnisk Situationsplan

BILAG S



SIGNATURER:

-  **B2** Geotekniske boringer
-  **2** Omtrentlig placering af tidligere geotekniske boringer fra geoteknisk rapport af DMR Geoteknik, 27.05.08

Bilag S

Mørupvej, Herning
Placering af geotekniske boringer

Dato 2018.07.10 Målestok 1:7500 Sag nr.: 10401050

NIRAS NIRAS A/S Ceres Allé 3 8000 Aarhus Telefon 8732 3232 E-mail niras@niras.dk