



CPH - Fremtidig vandforsyning

Geoteknisk undersøgelsesrapport

Københavns Lufthavne A/S

Dato: 23. september 2025

Indhold

1.	Indledning.....	4
1.1.	Formål.....	4
1.2.	Projektbeskrivelse	5
2.	Undersøgelsens omfang	6
2.1.	Normgrundlag	6
2.2.	Arkivsøgning.....	6
2.2.1.	Geotekniske forhold	6
2.3.	Feltundersøgelser	7
2.3.1.	Geoteknik.....	7
2.4.	Laboratorieundersøgelser og databehandling	8
2.4.1.	Geoteknik.....	8
3.	Lokale forhold og områdets historik	8
4.	Geotekniske forhold	9
4.1.	Geologi og topografi.....	9
4.1.1.	Lokale jordbundsforhold	10
4.2.	Geotekniske forsøgsresultater	10
4.2.1.	Nordvestligt projektområde	11
4.2.1.1.	Vandindhold.....	11
4.2.1.2.	Vingeforsøg.....	11
4.2.1.3.	SPT-forsøg	12
4.2.2.	Sydligt projektområde	13
4.2.2.1.	Vandindhold.....	13
4.2.2.2.	Vingeforsøg.....	14
5.	Grundvandsforhold	15
6.	Vurderinger af geotekniske forhold	16
6.1.	Parameterudledning.....	16
6.1.1.	Udrænet forskydningsstyrke	16
6.1.2.	Friktionsvinkel og effektiv kohæsion for kohæsive jordarter	17

6.1.3.	Friktionsvinkel for friktionsaflejringer	17
6.2.	Funderingsforhold	17
6.2.1.	Direkte fundering	18
6.3.	Geoteknisk projektering	19
6.4.	Kontrol.....	19
7.	Udførelse.....	19
7.1.	Byggeloven.....	20
7.2.	Tørholdelse	20
7.3.	Fremtidige sætninger	20
7.4.	Udgravningsarbejder	20
7.5.	Kontrol ifm. Udførelse.....	21
8.	Afsluttende bemærkninger	21
8.1.	Sløjfning af boringer	21
9.	Referencer	22

BILAG

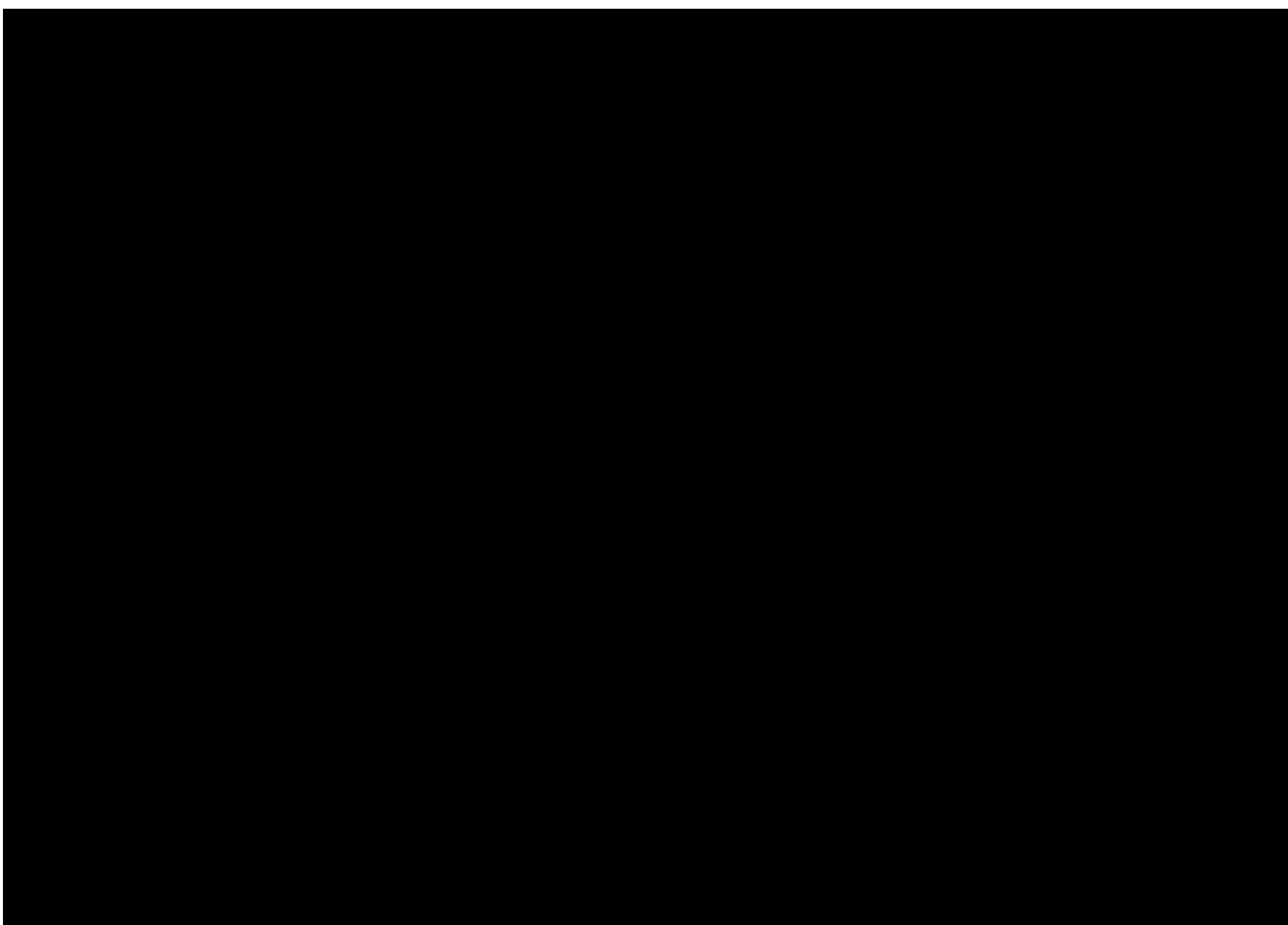
Bilag 1	Situationsplan
Bilag 2	Boreprofiler
Bilag 2-A	Signaturforklaring, boreprofiler

1. Indledning

I forbindelse med etableringen af to nye trykforøgerstationer og et nyt vandreservoir på Københavns Lufthavns område i Kastrup, har NIRAS forestået en geoteknisk undersøgelse med formål at undersøge jordbundsforholdene forud for projektering og fremtidigt anlægsarbejde.

I den forbindelse er der udført 4 geo- og miljøtekniske borer i fordelt på to projektområder i den nordvestlige og sydlige del af lufthavnen. Boringernes placering fremgår af Figur 1.1.

Den miljøtekniske del af undersøgelsen afrapporteres separat.



Figur 1.1: Ortofoto 2024 (©KDS) med udførte geo- og miljøtekniske borer i de to projektområder i den nordvestlige (GB01-GB03) og sydlige (GB04) del af Københavns Lufthavn.

1.1. Formål

Formålet med den geotekniske undersøgelse er at belyse jordbunds- og grundvandsforholdene, således at funderingsform og designforudsætninger kan fastlægges forud for projekteringen.

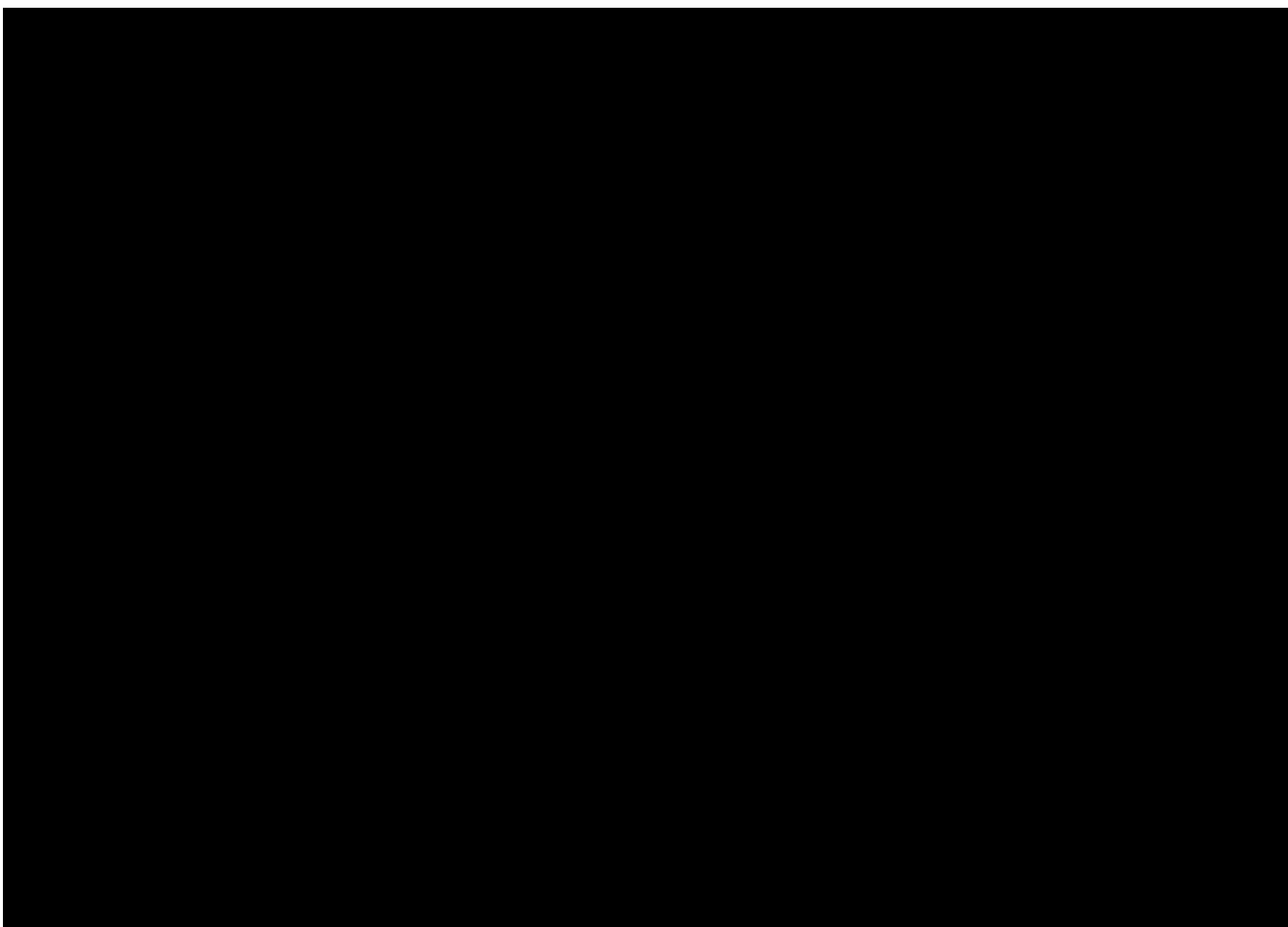
Denne rapport er udført, som en geoteknisk undersøgelsesrapport i henhold til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 [1] og det tilhørende nationale anneks DS/EN 1997-1 DK NA:2021 [2] og kan således danne grundlag for projektering om beskrevet i afsnit 1.2.

1.2. Projektbeskrivelse

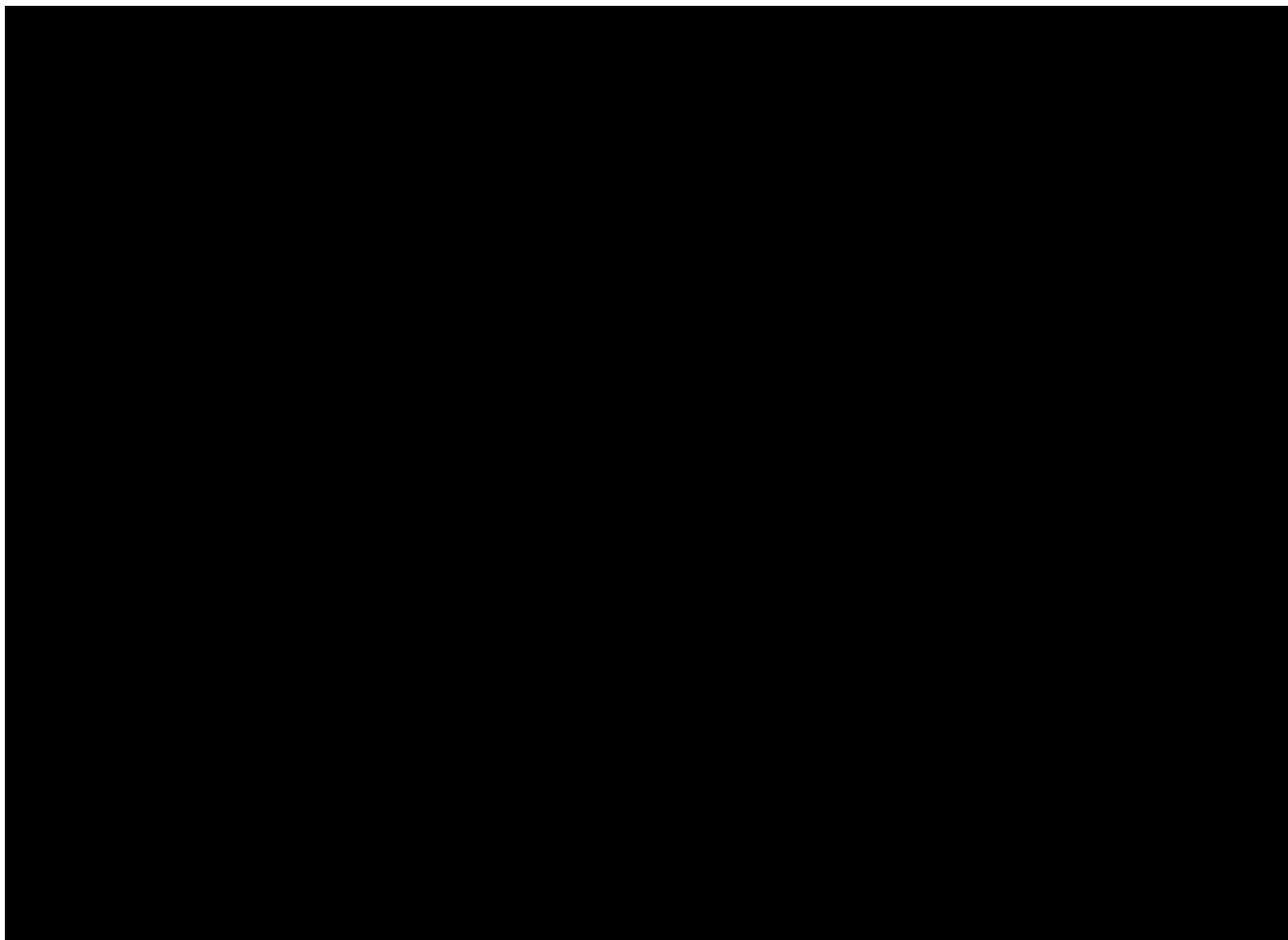
Undersøgelsen er opdelt i to projektområder – refereret til som ”syd” og ”nordvest”.

I projektområdet nordvest skal der opføres én trykforøgerstation, med en længde på 10 m og bredde på 4,5 m, og et nyt vandreservoir af to beholdere med en diameter på 8 m. I den forbindelse er der udført tre geo- og miljøtekniske boringer (GB01-GB03) til hhv. 10 m u.t. og 6 m. u.t. GB01 og GB02 er filtersat med ø25 pejlerør. Det bemærkes, at placeringerne af beholdere og trykforøgerstation er blevet ændret siden boringerne blev placeret, se Figur 1.2.

I projektområde syd skal der etableres en ny trykforøgerstation med et foreløbigt planlagt areal på 5-10 m² og en højde på 2,3 m, som skal kobles på en eksisterende vandledning. Hertil er der udført én geo- og miljøteknisk boring (GB04) til 6 m u.t., se Figur 1.3.



Figur 1.2: Projektområdet i den nordvestlige del af København Lufthavn (ortofoto 2024 @KDS). Beholdere med vandreservoir fremgår med blå og trykforøgerstation fremgår med orange. Det bemærkes, at placeringerne af beholdere og trykforøgerstation er blevet ændret siden boringerne blev placeret.



Figur 1.3: Projektområdet i den sydlige del af København Lufthavn (ortofoto 2024 @KDS). Trykforøgerstation fremgår med orange.

2. Undersøgelsens omfang

2.1. Normgrundlag

Undersøgelsen, laboratoriearbejdet og rapporteringen af de geotekniske undersøgelser er udarbejdet på grundlag af følgende gældende Eurocodes med tilhørende danske nationale annekser:

- DS/EN 1997-1:2007 Eurocode 7: Geoteknik – Del 1: Generelle regler [1]
- DS/EN 1997-1 DK NA:2021 Nationalt annekst til Eurocode 7: Geoteknik – Del 1: Generelle regler [2]
- DS/EN 1997-2 + AC:2011 Eurocode 7: Geoteknik – Del 2: Jordbundsundersøgelse og -prøvning [3]
- DS/EN 1997-2 DK NA:2013 Nationalt annekst til Eurocode 7: Geoteknik – Del 2: Jordbundsundersøgelse og prøvning [4]

2.2. Arkivsøgning

2.2.1. Geotekniske forhold

Forud for planlægningen og udførelsen af den geotekniske undersøgelse er oplysninger om jordbundsforhold mv. indsamlet og gennemgået fra følgende kilder:

- Geologisk jordartskort (©GEUS, 1:25.000)
- Nye og ældre topografiske kort, historiske ortofotos og Danmarks Højdemodel (DHM) (©KDS)
- GEUS' nationale boringsdatabase, Jupiter
- GeoAtlas Live
- Potentialekort for København

2.3. Feltundersøgelser

På foranledning af NIRAS har firmaet DJ Boringer i perioden den 25. til 27. august 2025 udført 4 geo- og miljøtekniske boringer, benævnt GB01–GB04, i henhold til Felthåndbogen [5]. De geo- og miljøtekniske boringer er udført med traditionelt hydraulisk boreværk som 6" forede snegleboringer til mellem 6,0 og 10,0 meter under terræn (m u.t.). Boringsoversigt over geo- og miljøtekniske boringer med terrænkoter, boreddybder og dimension af pejlerør fremgår af Tabel 2.1.

Boringernes placering er bestemt af NIRAS ud fra oplysninger om den planlagte bygnings forventede fodaftryk, pladsforhold samt kendte ledninger i jorden og er afsat med DGPS af DJ Boringer. Koordinater og koter er angivet i UTM32 ETRS89, DVR90 og fremgår af boreprofilerne, Bilag 2. Placering af boringerne fremgår af situationsplanen, Bilag 1.

2.3.1. Geoteknik

I boringerne er der udtaget omrørte jordprøver til ingeniørgeologisk jordartsbestemmelse pr. halve meter samt en terrænnær jordprøve 0,2 m u.t. Jordprøverne til ingeniørgeologisk bedømmelse er pakket i prøveposer med angivelse af dybde, boringsnummer samt projektnummer og leveret til NIRAS' geotekniske laboratorium. Prøverne er opbevaret køligt efter udtagelse.

Der er udført vingeforsøg (c_{fv} -værdi) til bestemmelse af kohæsive (lerede) jordarters udrænedede forskydningsstyrke (c_u) og SPT-forsøg i friktionsjord (sandede/grusede jordarter) til bestemmelse af lejringstætheden (N -værdi).

Boringerne GB01, GB02 og GB04 er filtersat med Ø25 mm pejlerør til efterfølgende pejling af grundvandsspejlet i ro.

Registrerede laggrænser, overordnede jordartsbeskrivelser, tilbagefyld, filtersætning samt resultater fra geotekniske forsøg er noteret på markjournaler under borearbejdet og tilsendt NIRAS.

Tabel 2.1: Boringsoversigt for geo- og miljøtekniske boringer.

Boring	Terrænkote [DVR90]	Diameter ["]	Boreddybde [m u.t.]	Pejlerør [mm]
GB01	+4,9	6	10,0	Ø25
GB02	+4,8	6	10,0	Ø25
GB03	+4,8	6	6,0	-
GB04	+2,1	6	6,0	Ø25

2.4. Laboratorieundersøgelser og databehandling

2.4.1. Geoteknik

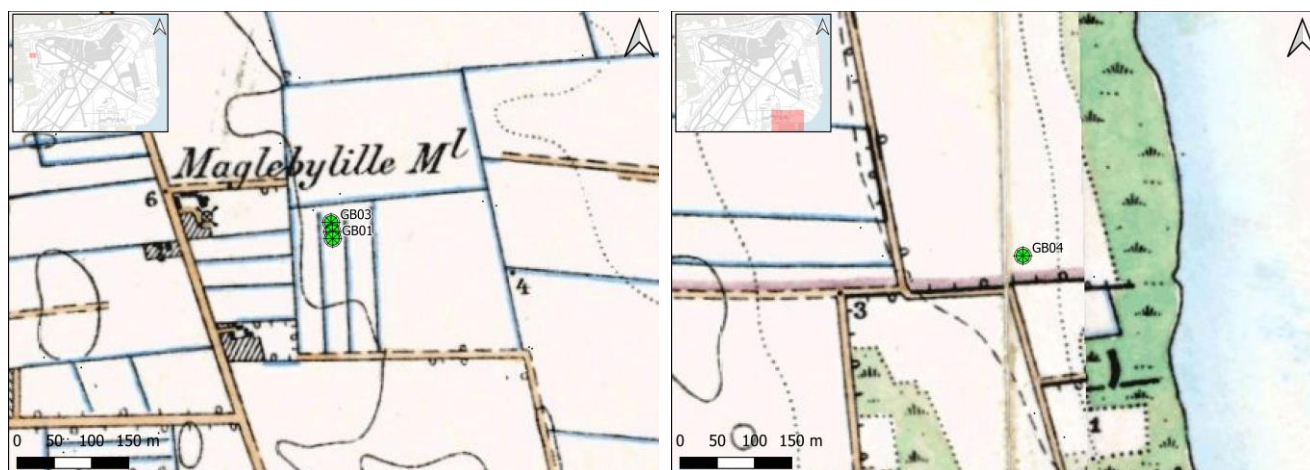
I NIRAS' geotekniske laboratorium er samtlige jordprøver fra de 4 geo- og miljøtekniske borer (GB01-GB04) ingeniørgeologisk bedømt i henhold til DGF-Bulletin 1, revision 2, december 2021 [6]. Derudover er det naturlige vandindhold, w [%], bestemt på alle prøver i henhold til DS/EN ISO 17892-1 [7].

Resultater af felt- og laboratorieundersøgelserne er behandlet og optegnet i GeoGIS og fremgår af boreprofilerne, Bilag 2. Signaturforklaring og definitioner fremgår af Bilag 2-A.

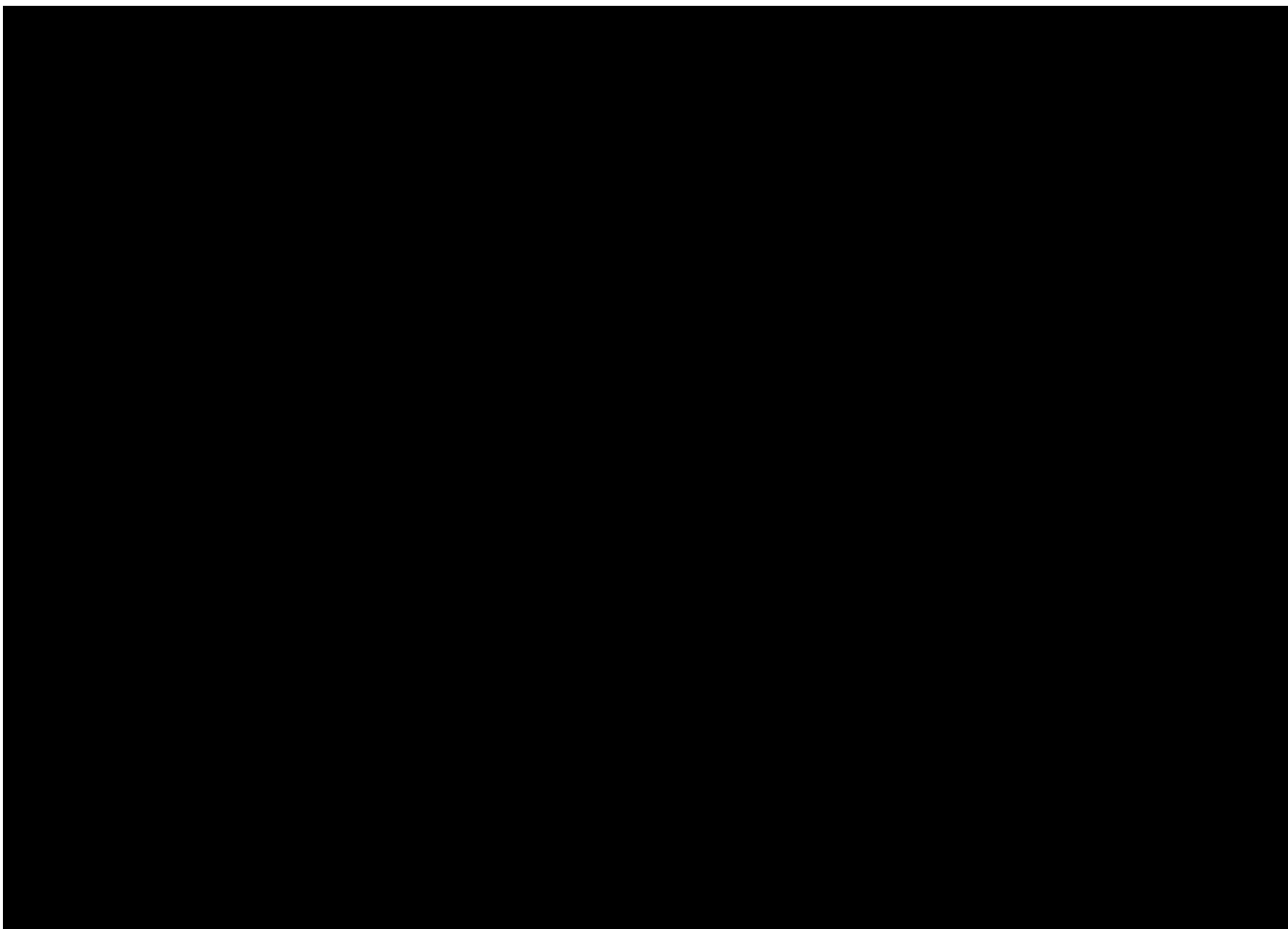
3. Lokale forhold og områdets historik

Undersøgelsesområdet er beliggende i Københavns Lufthavn på Amager. Ifølge historiske topografiske kort (høje og lave målebordsblade, hhv. 1842-1899 og 1901-1971) samt ældre ortofotos, har de to projektområder ikke tidligere været bebygget, og det nordvestlige projektområde har henligget som markområde, mens det sydlige projektområde er tidligere kystområde, Figur 3.1 og Figur 3.2.

Ifølge Historisk Atlas har Københavns Lufthavn været i brug siden 1925 og er sidenhen blevet udvidet.



Figur 3.1: Høje målebordsblade, 1842-1899 (©KDS). Til højre: det nordvestlige projektområde. Til venstre: det sydlige projektområde.



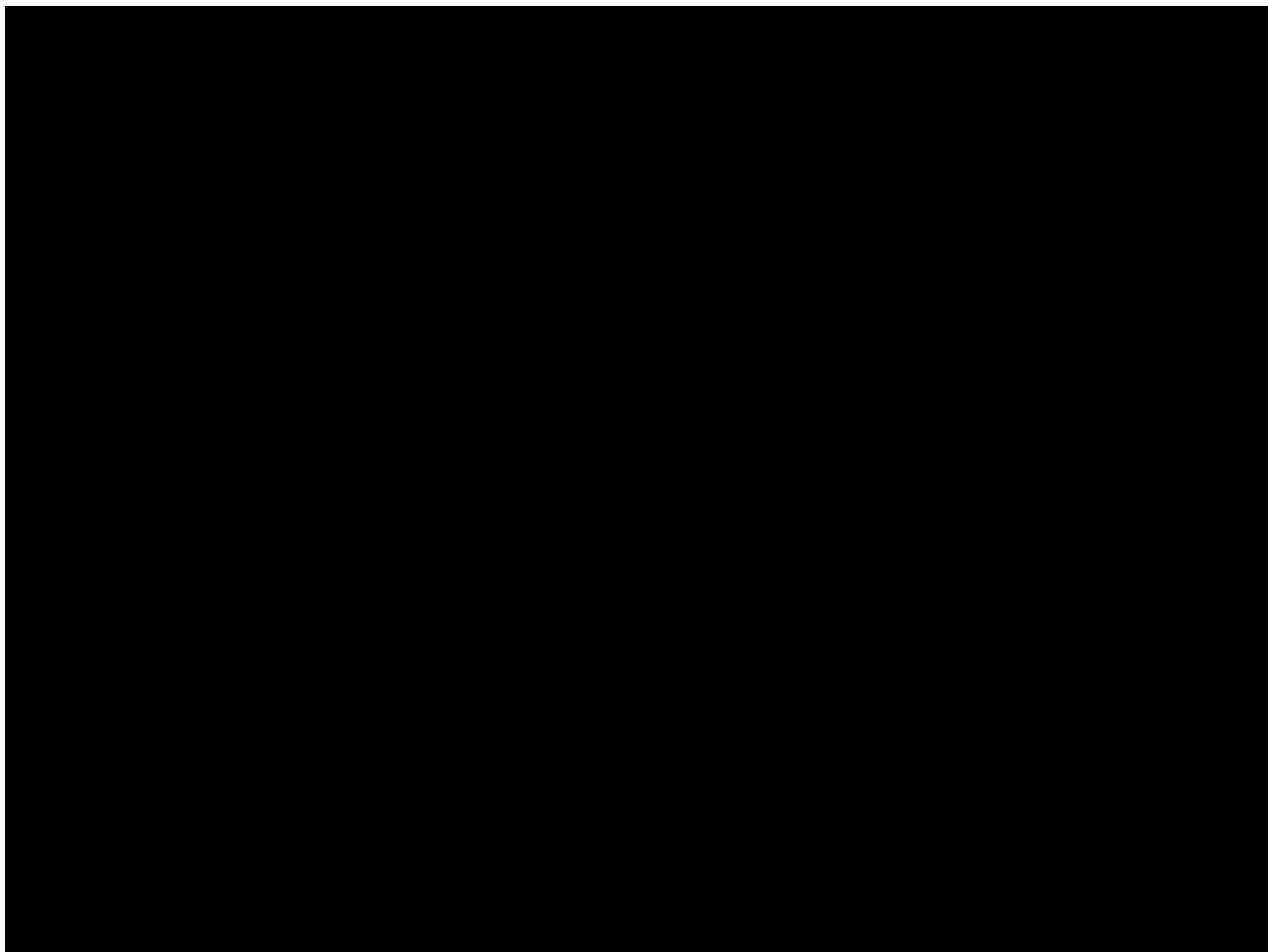
Figur 3.2: Ortofoto fra 1954 (DDO), hvor det fremgår, at lufthavnen er bygget og taget i brug, men at projektområderne endnu er beliggende uden for lufthavnens område.

4. Geotekniske forhold

4.1. Geologi og topografi

Det nordvestlige projektområde er beliggende i kote +4,5 til +5 m DVR90. Selve undersøgelsesområdet skrånede nedad mod øst. Det sydlige projektområde er beliggende i kote +2.

Ifølge jordartskortet forventes de terrænnære jordarter at bestå af moræneler i det nordvestlige projektområde og postglacialt saltvandssand i det sydlige projektområde med bælter af saltvandssand, Figur 4.1. Geomorfologisk set er det nordvestlige projektområde en del af en bundmoræneflade, mens det sydlige projektområde er en del af en marin flade.



Figur 4.1: Jordartskort (GEUS, 1:25.000) overlagt ortofoto 2024 (©KDS). Projektets boringer fremgår med grøn. De terrænnære jordlag forventes at bestå af moræneler i det nordvestlige projektområde og saltvandssgrus i det sydlige projektområde.

4.1.1. Lokale jordbundsforhold

I boringerne GB01-GB03, beliggende i det nordvestlige projektområde i kote +4,8 til +4,9 m DVR90, er der truffet fyld til mellem 0,6 og 0,9 m u.t. Fyldet består af muld og muldet ler, og herunder træffes moræneler til mellem 6,7 og 7,3 m u.t. I GB03 træffes moræneler til boringens bund 6 m u.t. I GB01 og GB02 træffes glacialt smeltevandssand under moræneleret til hhv. 9,8 og til boringens bund 10 m u.t. I GB01 træffes under smeltevandssandet meget magert, stærkt sandet moræneler til boringens bund 10 m u.t.

I boringen GB04, beliggende i det sydlige projektområde i kote +2,1 m DVR90, er der truffet fyld til 2,3 m u.t. bestående af muld og ler og herunder marint postglacialt saltvandssand og meget magert, stærkt sandet ler til 3,2 m u.t. Herunder træffes moræneler til bunden af boringen 6,0 m u.t. med et indslag af morænesand fra 4,3 til 4,8 m u.t.

4.2. Geotekniske forsøgsresultater

Nedenstående afsnit indeholder punktdiagrammer og opsummeringer af geotekniske forsøgsresultater fra projektets udførte boringer.

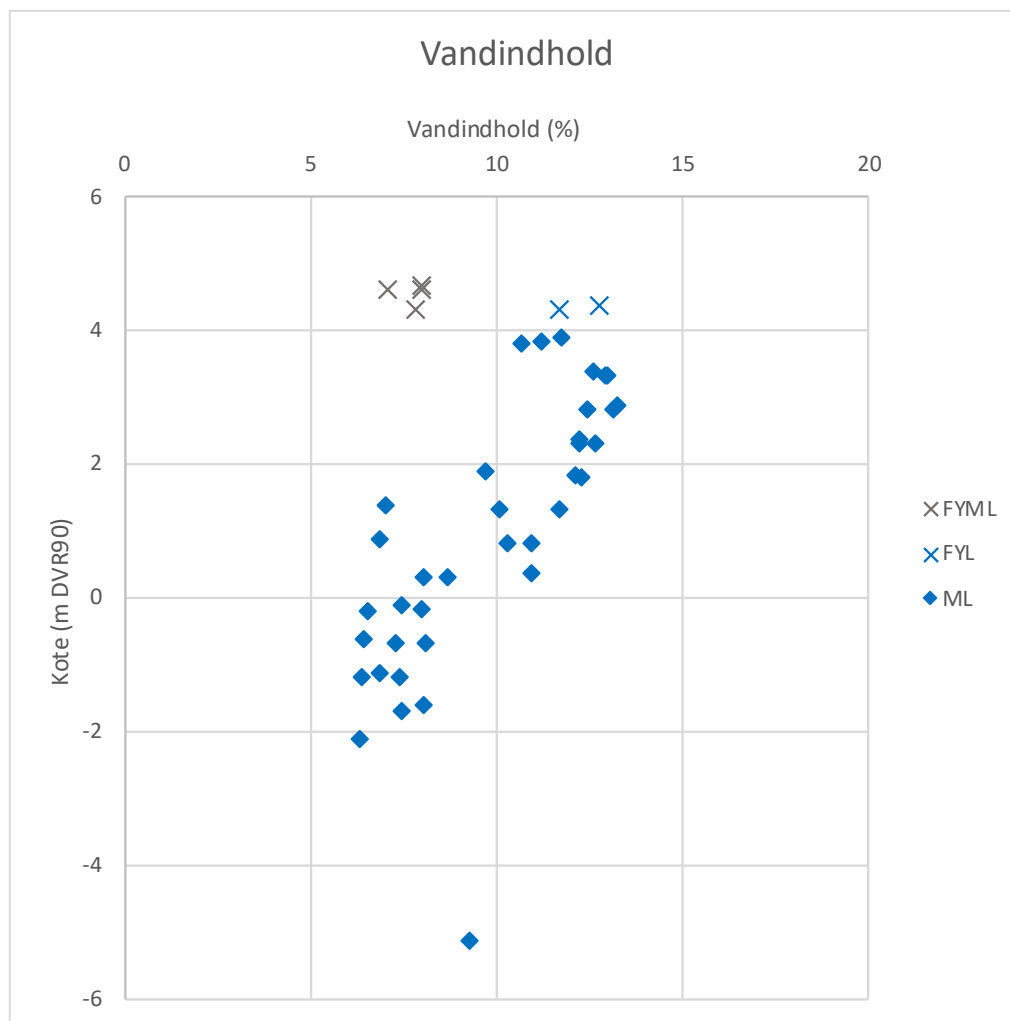
Forsøgsresultaterne omfatter data fra målte vandindhold, udførte vingeforsøg og SPT. Alle resultater fremgår også af boreprofilerne, Bilag 2.

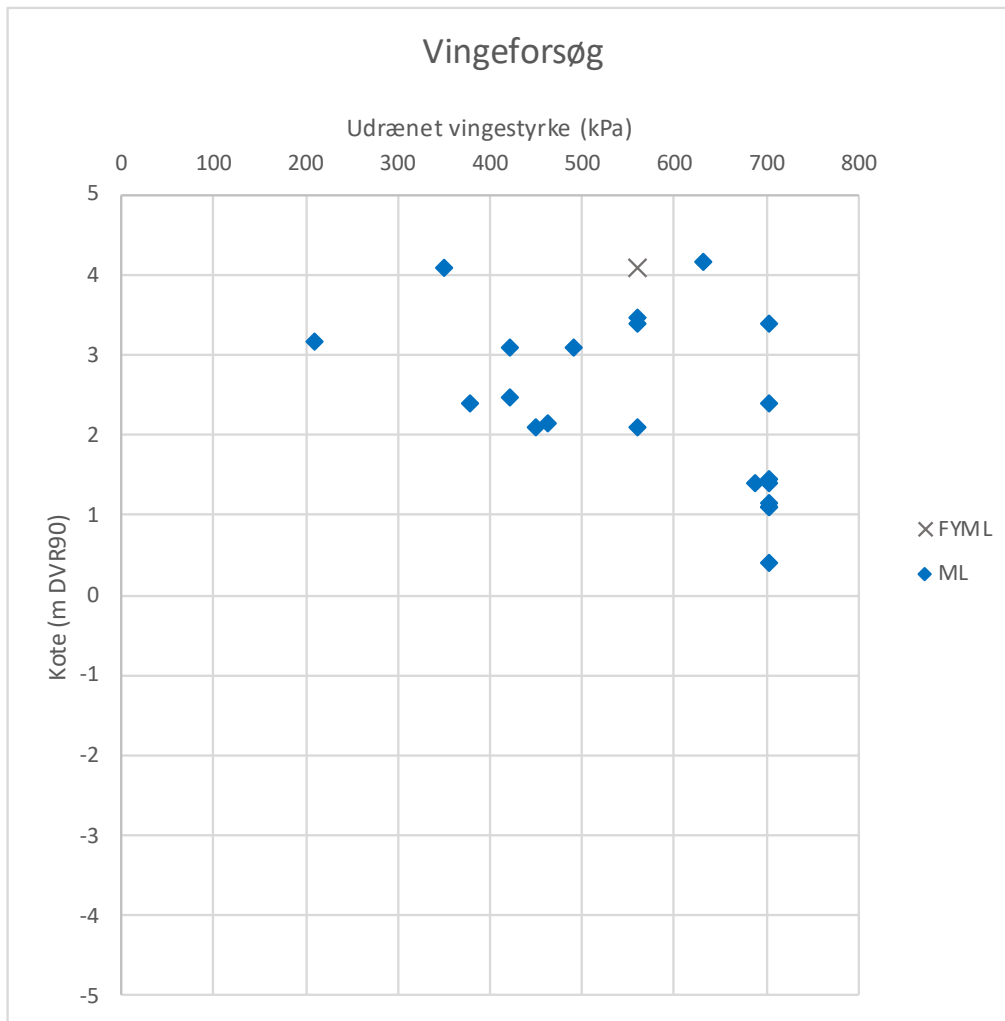
4.2.1. Nordvestligt projektområde

4.2.1.1. Vandindhold

Det naturlige vandindhold, w [%] er bestemt i laboratoriet og vist på Figur 4.2 for alle prøver af kohæsionsjord. Vandindhold målt på friktionsjordarter er udeladt.

I moræneleret er der målt vandindhold mellem 6,3 og 13,2 %.

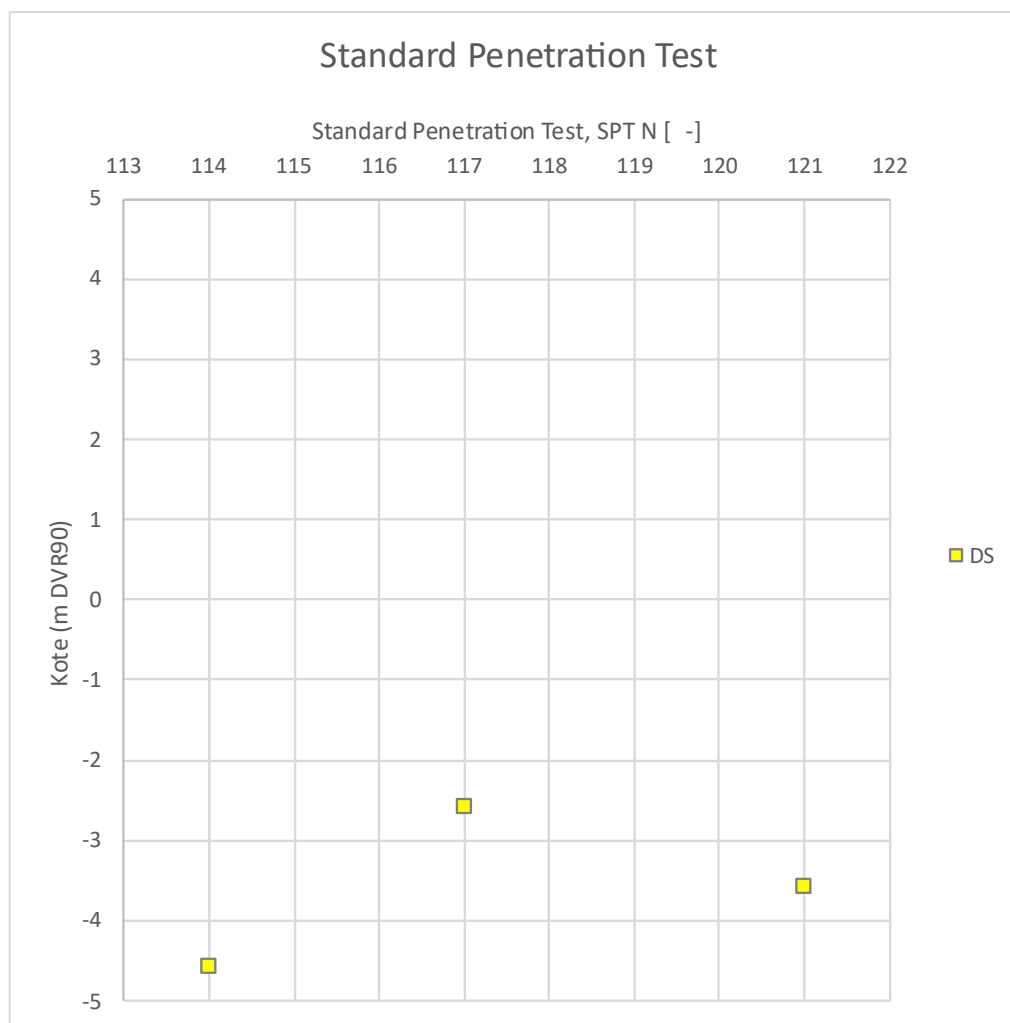




Figur 4.3: Målte vingestyrker (kPa) plottet i forhold til kote (m DVR90). Geologiske koder: FYML: lermuldfyld, ML: moræneler.

4.2.1.3. SPT-forsøg

Figur 4.4 viser SPT-forsøg udført i friktionsjord. Der er foretaget 3 forsøg i smeltevandssand.



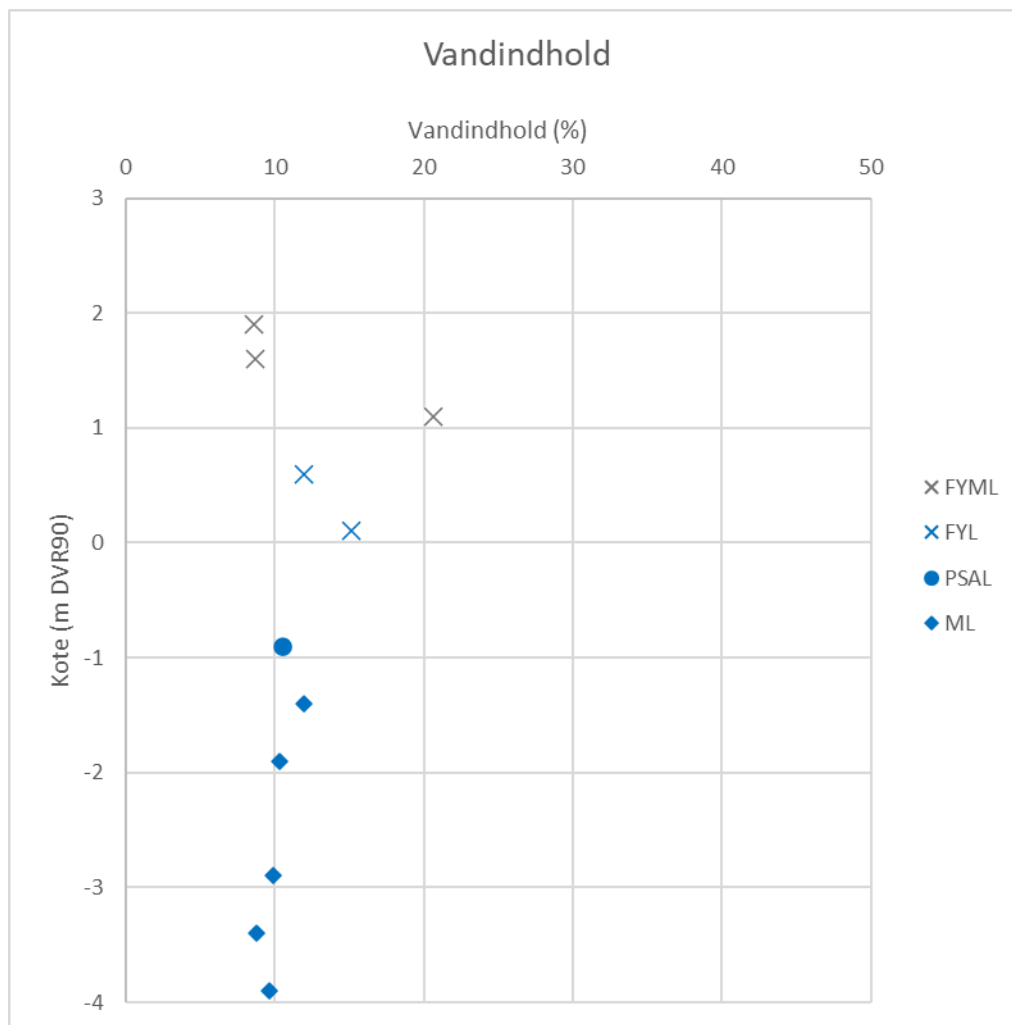
Figur 4.4: Målte N-værdier plottet i forhold til kote (m DVR90). Geologiske koder: DS: glacialt smeltevandssand.

4.2.2. Sydligt projektområde

4.2.2.1. Vandindhold

Det naturlige vandindhold, w [%] er bestemt i laboratoriet og vist på Figur 4.5 for alle prøver af kohæsionsjord. Vandindhold målt på friktionsjordarter er udeladt.

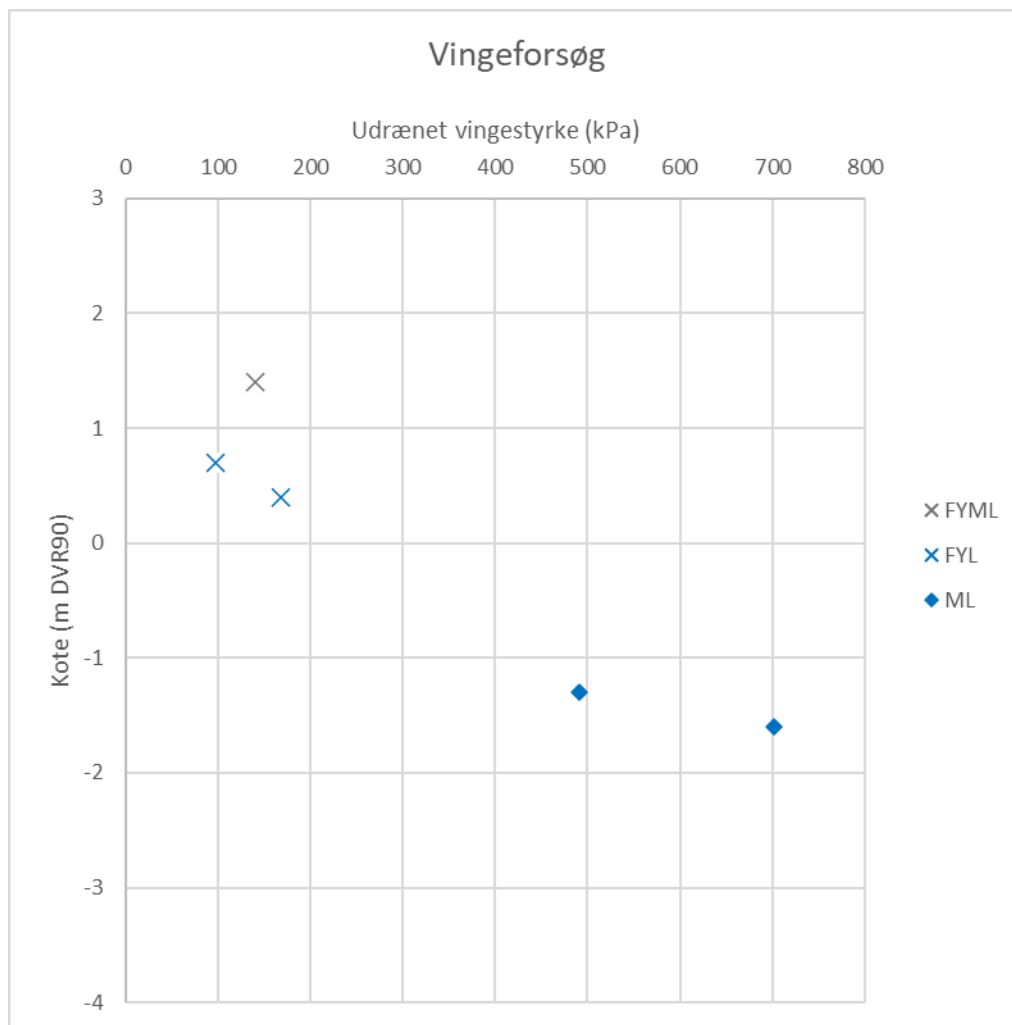
I moræneleret er der målt vandindhold mellem 8,8 og 12,0 %. I en enkelt prøve af saltvandsler/moræneler er der målt vandindhold på 10,5 %.



Figur 4.5: Målte vingestyrker (kPa) plottet i forhold til kote (m DVR90). Geologiske koder: FYML – lermuldfyld, FYL – lerfyld, PSAL – postglacialt saltvandsler, ML – moræner.

4.2.2.2. Vingeforsøg

Figur 4.6 viser udførte vingeforsøg i kohæsionsjord. Der er udført i alt 5 vingeforsøg fordelt på 2 forsøg i moræner, 1 forsøg i lermuldfyld og 2 forsøg i lerfyld. Vingeforsøg udført i friktionsaflejringer er udeladt.



Figur 4.6: Målte vingestyrker (kPa) plottet i forhold til kote (m DVR90). Geologiske koder: FYML: lermuldfyld, FYL: lerfyld, ML: moræneler.

5. Grundvandsforhold

De filtersatte boringer (GB01, GB02 og GB04) er pejlet ved en samlet pejlerunde d. 27. august 2025. Pejleresultaterne fremgår af Tabel 5.1. GB04 er pejlet samme dag som den er udført, hvilket kan betyde at rovandstand på pejletidspunktet endnu ikke havde indfundet sig.

I det nordvestlige projektområde træffes grundvandsmagasinet ifølge potentialekortet for Region Hovedstaden (2008) i kote -4 m DVR90, svarende til omtrent 9 m u.t. Ifølge nyt foreløbigt potentialekort fra 2024 ligger det i kote -6 m, svarende til 11 m u.t.

Det sydlige projektområde ligger ifølge potentialekortene i kote 0 m DVR90, svarende til omtrent 2 m u.t.

Det terrænnære grundvandsspejl må forventes at være styret af såvel årstid som nedbørsmængder, hvorfor et højere eller lavere grundvandsspejl vil kunne forekomme.

Tabel 5.1: Oversigt over pejlinger og filtersætninger.

Boring	Ter-rænkote [DVR90]	Filterinter-val [m u.t.]	Pejling [m u.t.p.*]	Pejling [m u.t.]	Vandspejl-skote [DVR90]	Jordart ved filter
GB01	+4,87	4,0-4,6	Tør	Tør	-	Moræneler (Gl/Gc)
GB02	+4,80	9,4-10,0	7,4	7,4	-2,6	Sand (Sm/Gl, Gc)
GB04* *	+2,10	3,0-3,6	1,4	1,5	+0,6	Ler (Ma/Gl, Pg/Gc) Moræneler (Gl/Gc)

*m u.t.p. = meter under top af pejlerør

**Pejling udført samme dag som boringens udførelse.

6. Vurderinger af geotekniske forhold

I forbindelse med dimensionering af fundamenter etc. Skal der jævnfør Eurocode 7, DS/EN 1997-1 [1] udarbejdes en geoteknisk projekteringsrapport, hvor anvendte parametre og lagfølger angives. Dimensionsgivende lagfølger og parametre skal fastlægges under hensyn til den specifikke konstruktion og dens geotekniske virkemåde.

Der henvises generelt til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 [1] og det tilhørende nationale anneks DS/EN 1997-1 DK NA [2].

6.1. Parameterudledning

De præsenterede parametre er baseret på fortolkningerne af resultater fra afsnit 4.2 og kan benyttes som grundlag for valg af karakteristiske værdier til projektering af funderingen.

For kohæsive jordarter og overgangsjordarter, der både kan opføre sig drænet og udrænet, er angivet både drænedede og udrænedede parametre. Hvor der ikke er målte data, er parametrene estimeret baseret på erfaring.

Parametrene udledes kun for intakte bæredygtige jordlag.

Bemærk at parametrene er karakteristiske uden hensyntagen til deformationsafhængighed, og at effektiv kohæsion c' ikke nødvendigvis må tages i regning. Der henvises til gældende normer herunder særligt Anneks K.4 i [2].

6.1.1. Udrænet forskydningsstyrke

Den udrænedede forskydningsstyrke c_u vurderes på baggrund af vingeforsøg foretaget i kohæsive aflejringer under borearbejdet. Der anvendes følgende sammenhæng mellem karakteristisk, udrænet forskydningsstyrke, c_u , udledt af vingestyrken, c_{fv} :

$$c_u = \mu \cdot c_{fv}$$

hvor $\mu = 1$ for moræneler (ML). For jordlag med et betydeligt indhold af organisk indhold (FYML og FYL) skønnes μ til 0,8. De udrænedede forskydningsstyrker udledt ved vingeforsøg fremgår direkte af boreprofilerne, se Bilag 2.

Vingeforsøgene i det nordvestlige område under ca. kote +1,0 m DVR90 og i det sydøstlige område under kote -2,0 m DVR90 blev afvist efter at have opnået max vingestyrke ved de foregående forsøg. Grundet områdets historik og erfaringer vurderes det, at være repræsentativt at anvende de målte vingeforsøgene fra morænelerlagene til de morænelerlag, hvor vingen blev afvist.

6.1.2. Friktionsvinkel og effektiv kohæsion for kohæsive jordarter

Friktionsvinklen for kohæsive aflejringer er baseret på erfaringer som blandt andet beskrevet i [8].

Den effektive kohæsion, c' , for kohæsive aflejringer er estimeret ud fra den udrænedede forskydningsstyrke som

$$c' = k_1 \cdot c_u$$

hvor $k_1 = 0,1$. c' er dog begrænset til maksimalt 20 kPa.

6.1.3. Friktionsvinkel for friktionsaflejringer

Relative lejringsstætheder er udledt via tabelværdier fra Eurocode 7: Geoteknik – Del 2 [3] og baseret på fortolkning af SPT-data i Bilag 2.

SPT-resultaterne benyttes ikke direkte til fastsættelse af karakteristiske styrkeværdier, da antallet af resultater er utilstrækkeligt til vurdering af den statistiske usikkerhed.

6.2. Funderingsforhold

For de udførte boringer er der i

Tabel 6.1 angivet terrænniveau, overside bæredygtige lag (OSBL) bestemt som overside af glaciale aflejringer samt jordart ved OSBL.

Tabel 6.1: Dybde til OSBL og jordart ved OSBL.

Boring	Terrænkote [DVR90]	OSBL [m u.t.]	OSBL [DVR90]	Jordart ved OSBL
GB01	+4,87	0,6	+4,3	Moræneler (Gl, Gc)
GB02	+4,80	0,9	+3,9	Moræneler (Gl, Gc)
GB03	+4,81	0,6	+4,2	Moræneler (Gl, Gc)
GB04	+2,10	3,2*	-1,1	Moræneler (Gl, Gc)

*) OSBL kan evt. hæves ved udførelse af geoteknisk tilsyn.

OSBL angiver højest mulige funderingsniveau for fremtidige fundamenter, idet alle udvendige fundamenter dog som minimum skal føres til frostsikker dybde, hvilket for opvarmende bygninger svarer til 0,9 m og 1,2 m for uopvarmede.

Der er i boring GB04 truffet et tyndt lerlag der både er angivet som post- og eller glacialt aflejret. Ved udførelse af en skærpet geoteknisk udgravningskontrol kan det verificeres om jordlaget kan vurderes som bæredygtigt. Det skal yderligere dokumenteres, at jordlaget ikke indeholder organisk materiale.

Der er ikke udført en geoteknisk boring ved kommende placering af det nordlige vandreservoir, se Bilag 1. Det vurderes dog stadigt, at være repræsentativ at anvende boring GB01 til eftervisning af det nordlige vandreservoir, grundet de trufne jordbundsforhold samt tidligere udførte borer, der også indikerer relativt terrænære glaciale aflejringer (DGU208.3107 og DGU208.3106).

De i Tabel 6.2 præsenterede parametre er baseret på fortolkningerne i afsnit 6.1 og kan benyttes som grundlag for valg af karakteristiske værdier til projektering af funderingsløsningen.

Hvor der ikke er målte data, er parametrene estimeret baseret på erfaring og prøvebeskrivelse. Bemærk at parametrene er karakteristiske uden hensyntagen til deformationsafhængighed, og at den effektive kohæsion, c' , ikke nødvendigvis må tages i regning. Der henvises til annek K.4 i det danske nationale annek [2].

Endeligt valg af parametre skal foretages i forbindelse med projektering, og er den projekterende ingeniørs ansvar. Der skal ved parameterfastlæggelse tages højde for jordbundsforholdene i de berørte dybder samt den geotekniske konstruktions virkemåde.

Tabel 6.2: Anbefalede parametre for bæredygtige aflejringer.

Jordart	Kode	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	K [kPa]
Saltvandsler	PSAL	18/8	26	0	100	15
Moræneler	ML	21/11	32	20	>200	>40
Morænesand	MS	20/11	38	-	-	>40
Smeltevandssand	DS	18/10	38	-	-	40

6.2.1. Direkte fundering

Med udgangspunkt i de trufne jordbundsforhold vurderes kommende bygværker ved det nordvestlige område at kunne direkte funderes i/under niveauet for OSBL eller efter udskiftning af samtlige aflejringer over OSBL med velkomprimeret sandfyld- såkaldt sandpudéfundering. Dette gælder både for teknikbygningen (trykforøgerstationerne) og vandtankene (vandreservoir). Grundet store belastninger fra vandtankene kan pladefundering også blive en realitet, som en metode til at reducere fremtidige sætninger – både totale- og differenssætninger.

Ved det sydlige område må funderingen forventes udført som en dyb direkte fundering grundet relativ stor dybde til OSBL eller efter udskiftning af samtlige aflejringer over OSBL med velkomprimeret sandfyld. Det indbyggede sandfyld skal kontrolleres fra OSBL til underside af terrændæk/gulv. Der anbefales at udføre komprimeringskontrol på de første udlagte lag, til fastsættelsen af maksimal tykkelse, antal overkørsler samt komprimeringsmateriel.

Der kan for velkomprimeret sandfyld anvendes karakteristisk plan friktionsvinkel på $\phi'_{k,pl} = 37^\circ$ samt en rumvægt på γ/γ' på 18/10 kN/m³, dog er dette leverandørafhængigt.

Sandet til sandpuden anbefales at være fri for organisk indhold (glødetab < 0,5 %) samt ler og silt, idet der højst bør være 9 % med kornstørrelse mindre end 0,063 mm. Det anbefales at sandet udlægges i lag af højst 30 cm tykkelse, dog afhængig af komprimeringsmaterialet, og komprimeres omhyggeligt efter fornøden vanding i tørre perioder.

Ved eventuelle niveauforskel i funderingsniveau anbefales dette at ske ved fundamentsaftrapning i vertikale spring på maksimalt 0,6 meter med resulterende hældning fladere end anlæg $a = 1,0$.

6.3. Geoteknisk projektering

De endelige geotekniske konstruktioner samt geotekniske parametre til projektering vælges og fastlægges som en del af projekteringen. Alle geotekniske konstruktioner skal udføres og projekteres i henhold til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 [1] med tilhørende gældende danske nationale anneks [2].

Med de trufne bundforhold kan projektet placeres i geoteknisk kategori 2. Afhængigt af belastningerne fra vandtankene kan disse skulle projekteres i geoteknisk kategori 3, jf. Eurocode 7, DS/EN 1997-1, afsnit 2.1 [1].

Projektering af geotekniske konstruktioner skal udføres i brudgrænsetilstanden, anvendelsesgrænsetilstanden og ulykkestilstanden, og skal omfatte såvel korttids- som langtidstilstanden og iht. Eurocode 7 DS/EN 1997-1: [1] samt national anneks [2]. Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer som anført i nationale anneks [2].

I henhold til Eurocode 7, DS/EN 1997-1, afsnit 2.8 [1] skal der udarbejdes en geoteknisk projekteringsrapport, hvor forudsætninger, beregninger og resultater m.m. skal dokumenteres, og hvor krav til kontrol og tilsyn under udførelse fastlægges. Denne aktuelle geotekniske undersøgelsesrapport kan indgå som bilag til den geotekniske projekteringsrapport.

Med mindre projektet ændres væsentligt, vurderes nærværende undersøgelser at være tilstrækkelige til at danne baggrund for design af fundamenter for det kommende byggeri.

6.4. Kontrol

I henhold til Eurocode 7, DS/EN1997-1, afsnit 2.8, (4)P [1] skal der som del af den geotekniske projekteringsrapport udarbejdes en plan for geoteknisk tilsyn af projektet, så det sikres, at de geotekniske forudsætninger i designet er opfyldt.

Kravene til kontrol under og efter udførelse skal angives i den geotekniske projekteringsrapport, tilsyns-kontrolplan samt på arbejdstegninger for at sikre, at de givne forudsætninger for designet eftervises ved geoteknisk tilsyn.

7. Udførelse

Gravearbejde, komprimering, grundvandssænkning mv. kan indebære en vis risiko for beskadigelse af nærliggende bygninger og anlæg. Dette kan forstærkes af dårlig/mangelfuld fundering af nabobygninger og konstruktioner. Bygværket i det nordvestlige område placeres op ad en eksisterende skråning, hvorfor det skal sikres at der ikke foretages dybde udgravninger ved skråningsfod og dermed reducerer skrånin-gens stabilitet.

Anlægsarbejdet skal mindst 14 dage før arbejdets opstart varsles iht. Byggeloven §12.

7.1. Byggeloven

Byggeloven §12 stk. 1. "Ved fundering, udgravning, ændring af terrænhøjde eller anden terrænen ændring på en grund skal, uanset om arbejdet i øvrigt er omfattet af loven, træffes enhver foranstaltning, der er nødvendig for at sikre omliggende grunde, bygninger og ledningsanlæg af en enhver art."

7.2. Tørholdelse

Det kræves, at konstruktioner funderes på en sådan måde, at regn og sne samt overfladevand, grundvand, jordfugt, kondensvand og luftfugtighed ikke medfører fugtskader og fugtgener. Overfladevand skal bortledes ved eksempelvis at udføre et tilstrækkeligt fald på terrænet bort fra bygningen.

Ved udgravning til OSBL i det nordvestlige område må det forventes, at gravearbejdet kan udføres uden gener fra grundvand. Udføres udgravningen i meget nedbørsrige perioder kan der være risiko for ophobning af overfladevand i udgravning. Dette forventes at kunne fjernes via lænsning.

Planlægges funderingen ved det sydvestlige område at blive udført som en direkte fundering vil det blive nødvendigt at udføre grundvandssænkning, grundet registrering af grundvand over angivet OSBL. Grundvandssænkning anbefales udført som en kombination af sugespids og lænsning. Sugespidsen installeret med spidsen i det trufne postglaciale sand, og lænsningen fra udgravningsbund.

Tilfyldning ved jorddækkede konstruktioner gennemføres med drænende materialer og konstruktionen tætnes mod fugt. Der henvises til Norm for dræning af bygværker mv., DS436:1993.

7.3. Fremtidige sætninger

Fremtidige sætninger skal ubetinget vurderes vha. beregninger. Det anbefales umiddelbart at anvende skønnede deformationsmoduler som angivet i afsnit Tabel 6.2. For almindelige bygninger gælder at der ved fundering på trufne aflejringer af intakt glaciale aflejringer, vurderes at være tale om begrænsede fremtidige sætninger.

Ved de tunge bygværker, så som vandreservoir, eller særligt sætningsfølsomme bygninger skal sætningerne under disse bygværker undersøges i større dybder. Den dybde hvortil sætningerne undersøges, kan normalt sættes til dybden, hvor spændingstilvæksten af de lodrette effektive spændinger ikke overstiger 20% af de effektive in situ spændinger.

7.4. Udgravningsarbejder

Udgravningsarbejdet skal udføres under hensyntagen til eventuelle ledninger og konstruktioner i jorden. Aflejringer af moræneler kan indeholde store sten og blokke, hvilket kan vanskeliggøre udførelse af gravearbejde.

Ved kortvarige (< 1 måned) udgravninger ned til 2,5 m u.t. over vandspejlet og uden belastning vurderes det, at skråningsanlæg er stabile med:

- Anlæg $a \geq 1,5$ for muld og fyldjord
- Anlæg $a \geq 0,6$ for meget fast kohæsionsjord ($c_u \geq 150 \text{ kN/m}^2$)

Ved længerevarende (> 1 måned) udgravninger ned til 2,5 m u.t. over vandspejlet og uden belastning vurderes det, at skråningsanlæg er stabile med:

- Anlæg $a \geq 1,5$ for muld og fyldjord

- Anlæg $a \geq 0,6$ for meget fast kohæsionsjord ($c_u \geq 150 \text{ kN/m}^2$)

Ovenstående gælder kun, så længe kravene iht. arbejdsmiljølovgivningen er overholdt. Der henvises i øvrigt til SBI 231, afsnit 8.1.

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).

7.5. Kontrol ifm. Udførelse

I henhold til Eurocode 7, DS/EN1997-1, afsnit 2.8, (4)P [1] skal der udarbejdes en plan for geoteknisk tilsyn af projektet, så det sikres, at de geotekniske forudsætninger i designet er opfyldt. Ligeledes skal alle opfyldninger (i tilfælde heraf) kontrolleres og komprimeres lagvis og komprimeringsgraden skal kontrolleres.

I forbindelse med udgravning til fundamenter og anlægsarbejderne skal udgravningsniveau undersøges grundigt, så det sikres, at der funderes på aflejringer, som har de geotekniske egenskaber svarende til de valgte forudsætninger ved dimensioneringen.

Umiddelbart før støbning af fundamenter, skal det sikres, at udgravningsplanum er frit for alt løst, frosent eller opblødt materiale/jord. Kravene til kontrol og udførelse skal angives i den geotekniske projekteringsrapport og tegninger for at sikre, at de givne forudsætninger for designet eftervises ved geoteknisk tilsyn.

8. Afsluttende bemærkninger

NIRAS opbevarer opboret prøvemateriale i 30 dage fra rapportdato, hvorefter det vil blive bortskaffet, medmindre der forinden foreligger anden aftale.

Data fra boreprofiler kan udleveres i GeoGIS-format ved forespørgsel.

I det omfang det ønskes, står NIRAS til rådighed for videre drøftelse af geotekniske, funderingsmæssige, grundvandsmæssige samt miljømæssige spørgsmål i sagen.

8.1. Sløjfning af boringer

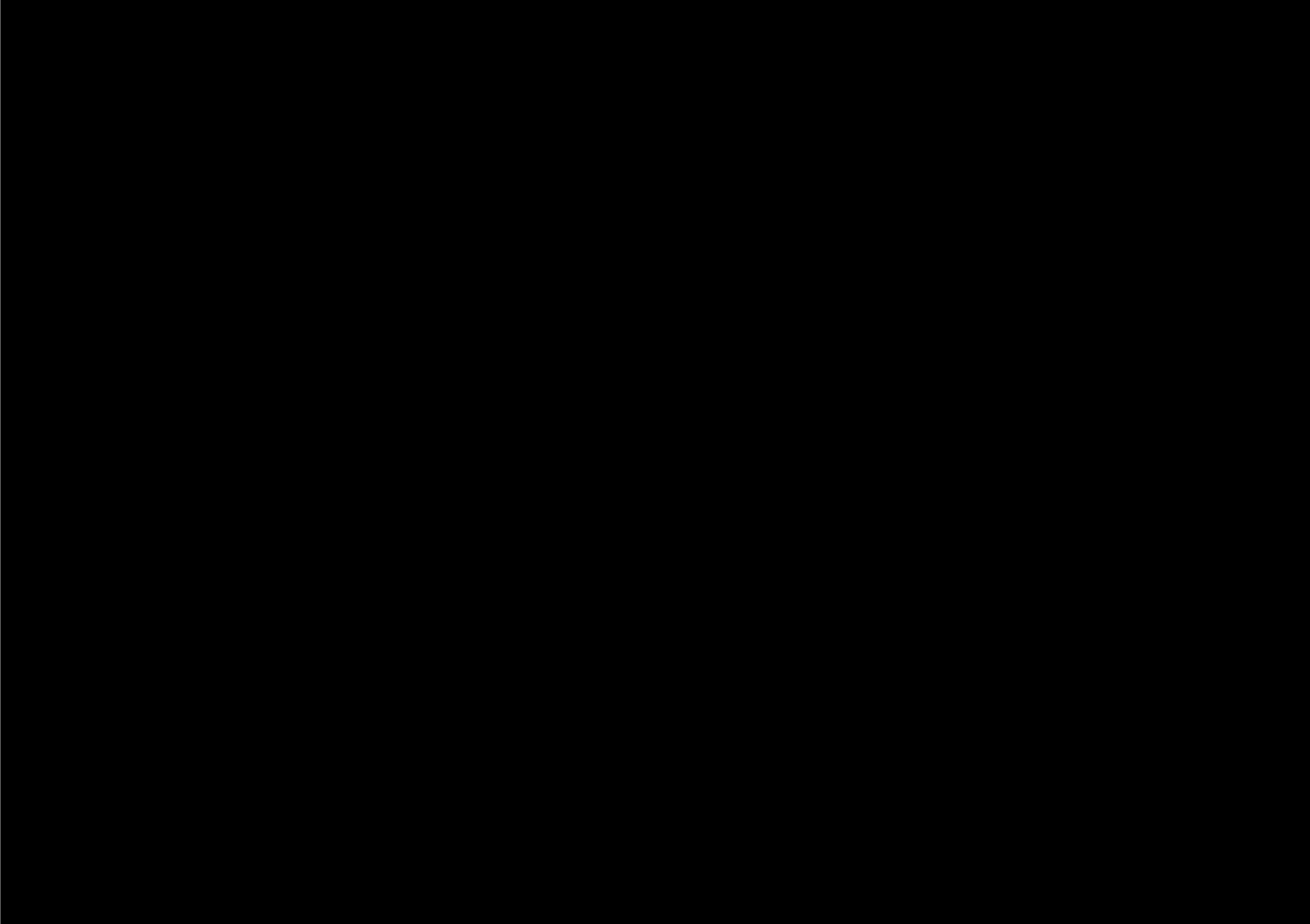
Ejeren af boringerne, dvs. bygherren, har jf. "Brøndborerbekendtgørelsen" BEK nr. 1260 af 28/10/2013 [9], ansvaret for, at filtersatte boringer bliver sløjfet senest 1 måned efter ophørt brug. Sløjfning af boringer skal anmeldes til Tårnby Kommune mindst 2 uger før arbejdet udføres. Sløjfningen skal udføres i henhold til reglerne i Brøndborerbekendtgørelsen.

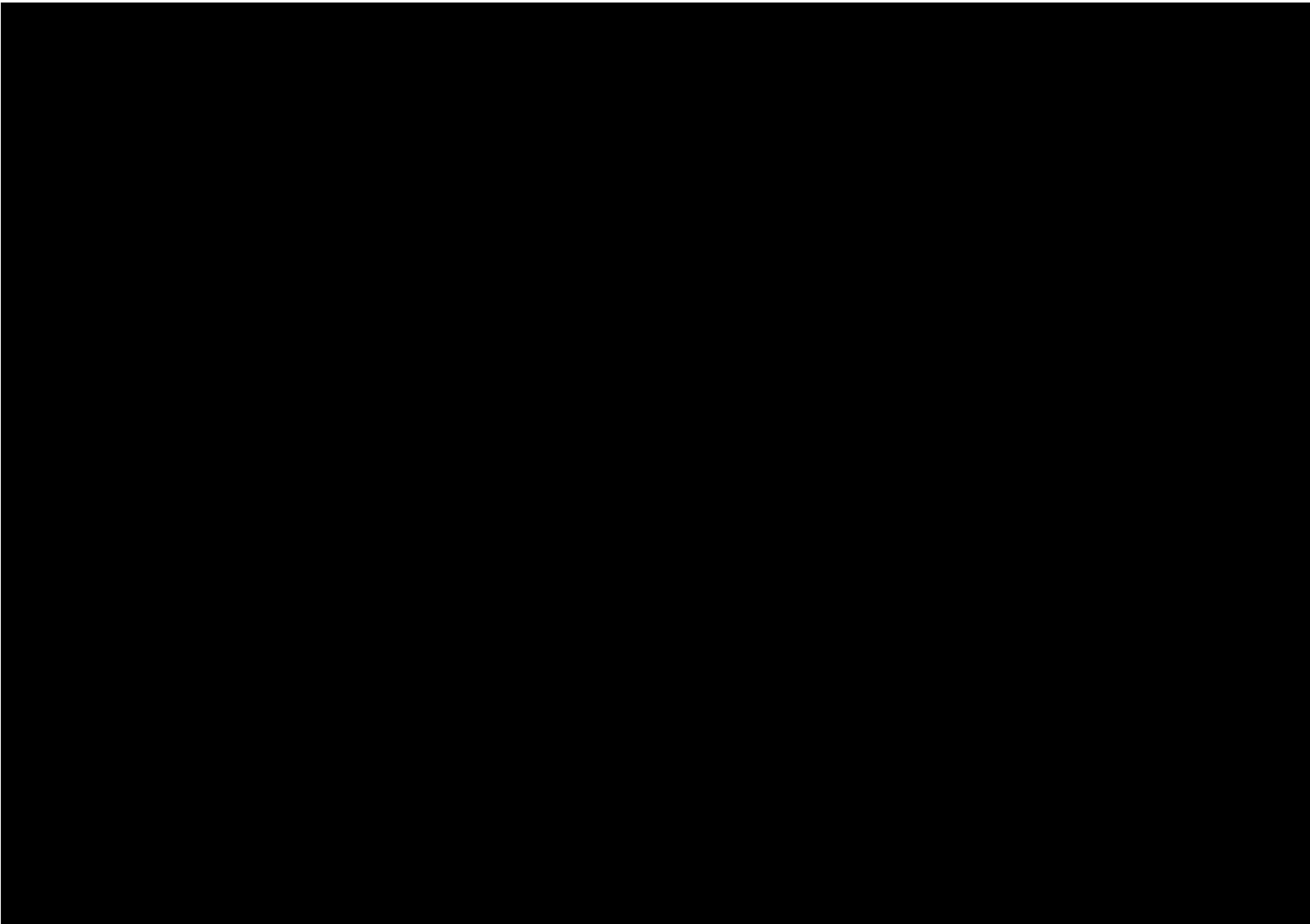
9. Referencer

- [1] »Eurocode 7: Geoteknik - Del 1: Generelle regler, DS/EN 1997-1, 2. udgave,« Dansk Standard, 2007-06-22.
- [2] »Nationalt annekst til Eurocode 7: Geoteknik - Del 1: Generelle regler, DS/EN 1997-1 DK NA:2021,« Dansk Standard, 2020-12-02.
- [3] »Eurocode 7: Geoteknik - Del 2: Jordbundsundersøgelse og -prøvning, DS/EN 1997-2 + AC,« Dansk Standard, 2011-06-29.
- [4] »Nationalt annekst til Eurocode 7: Geoteknik - Del 2: Jordbundsundersøgelse og prøvning, DS/EN 1997-2 DK NA:2013,« Dansk Standard.
- [5] Dansk Geoteknisk Forening, Dansk Geoteknisk Forening (DGF), DGF's Feltkomite, dgf-Bulletin 14: Felthåndbogen, 1999.
- [6] Dansk Geoteknisk Forening, Dansk Geoteknisk Forening (DGF), dgf-Bulletin 1, Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse, revision 2, 2021-12.
- [7] »Geoteknisk undersøgelse og prøvning - laboratorieprøvning af jord - Del 1: Bestemmelse af vandindhold, DS/EN ISO 17892-1:2014,« Dansk Standard, 2014-12-19.
- [8] K. K. Sørensen og N. Okkels, »Correlation between drained shear strength and plasticity index of undisturbed overconsolidated clays,« i *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, 2013.
- [9] Miljøministeriet, »Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af borer og brønde på land (BEK nr 1260 af 28/10/2013),« 2013.

Bilag 1

Situationsplan

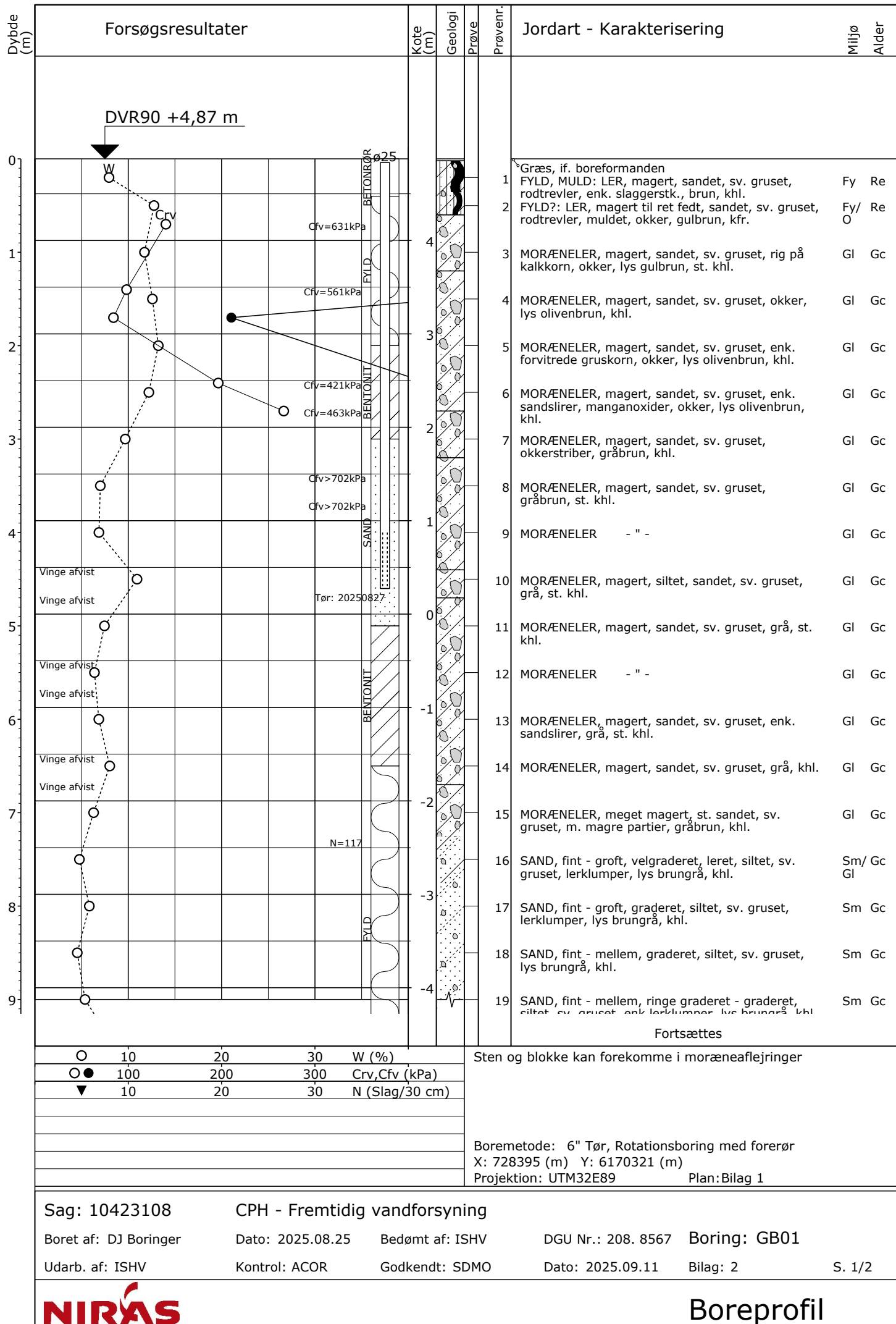


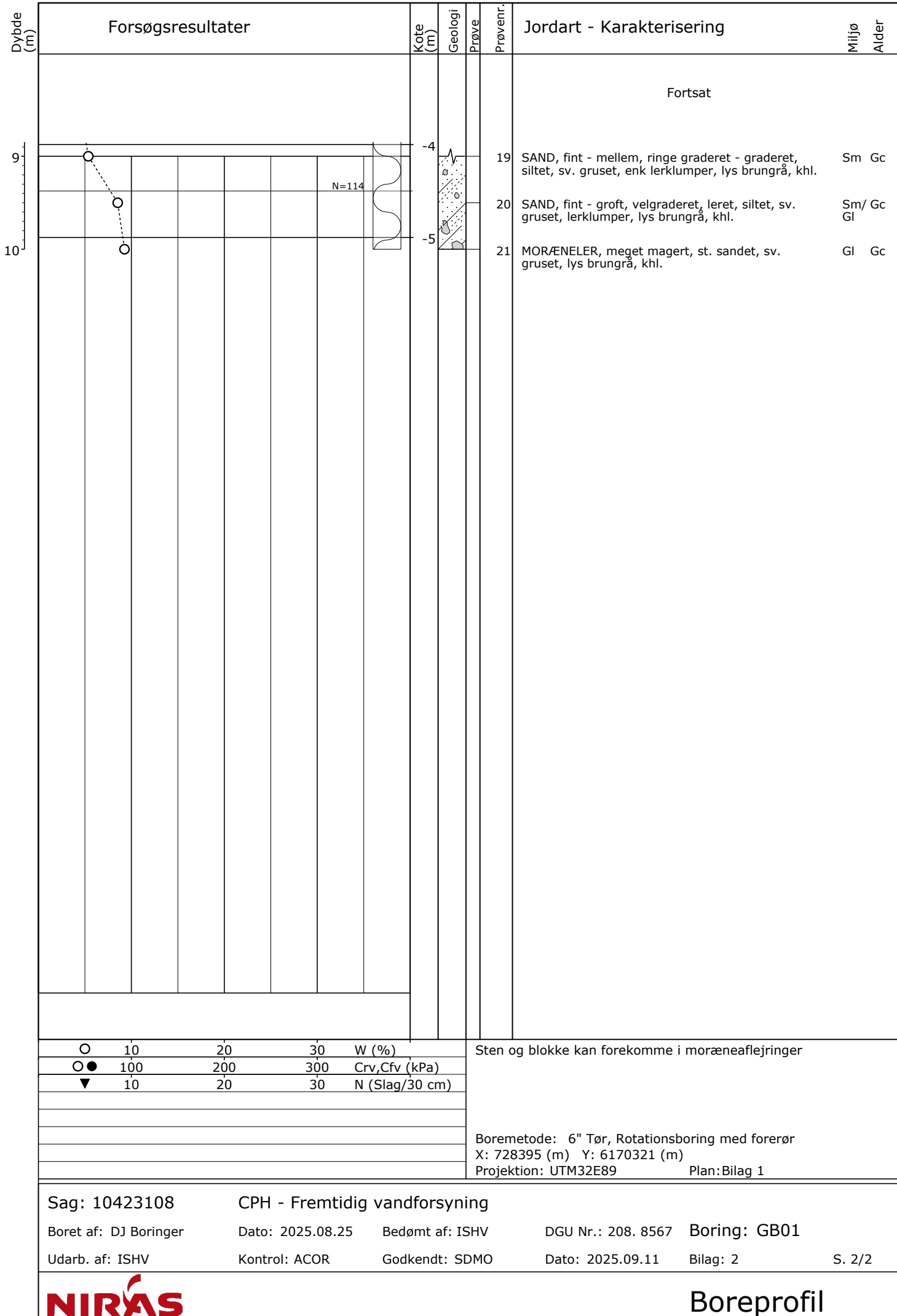


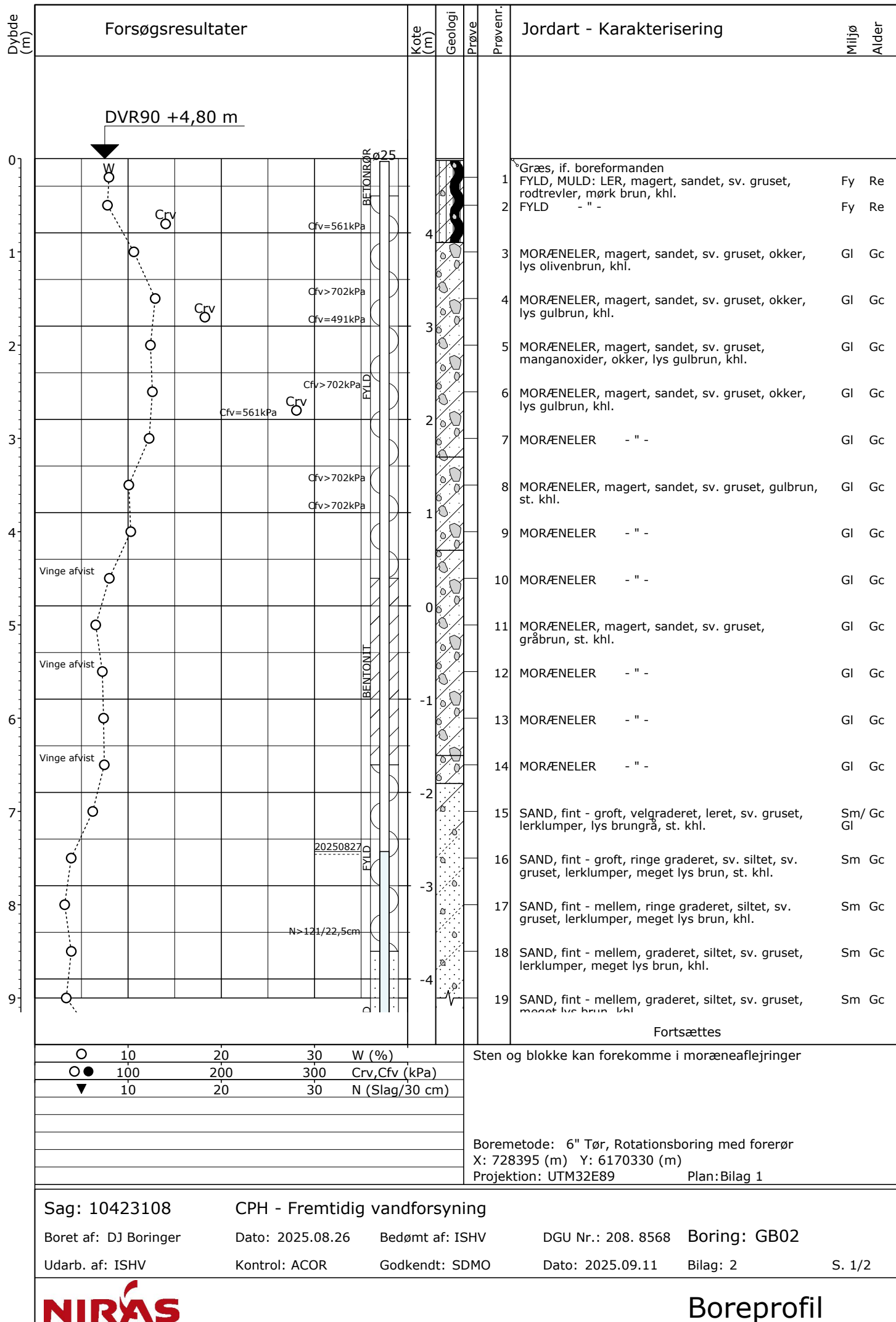
Bilag 2

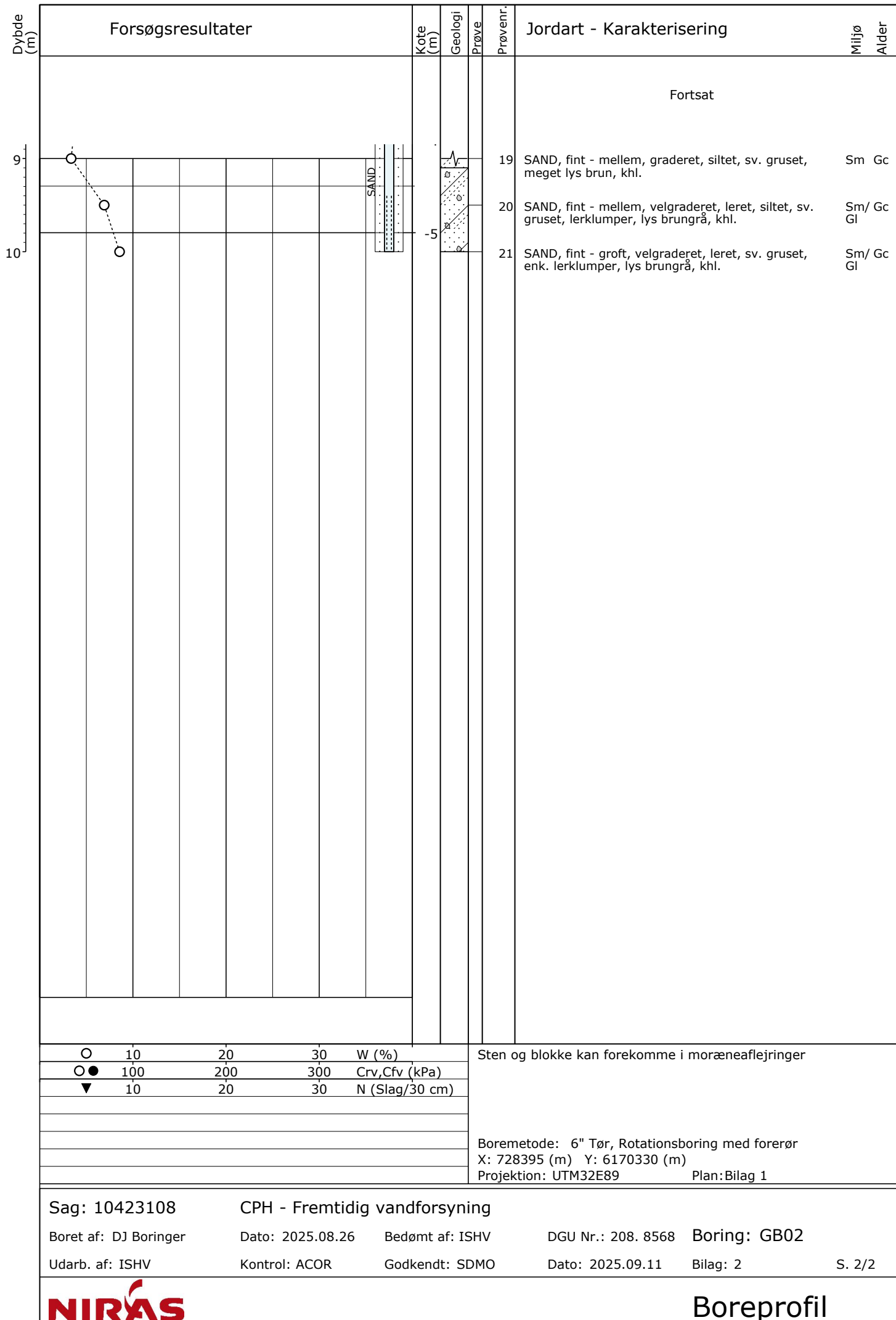
2: Boreprofiler

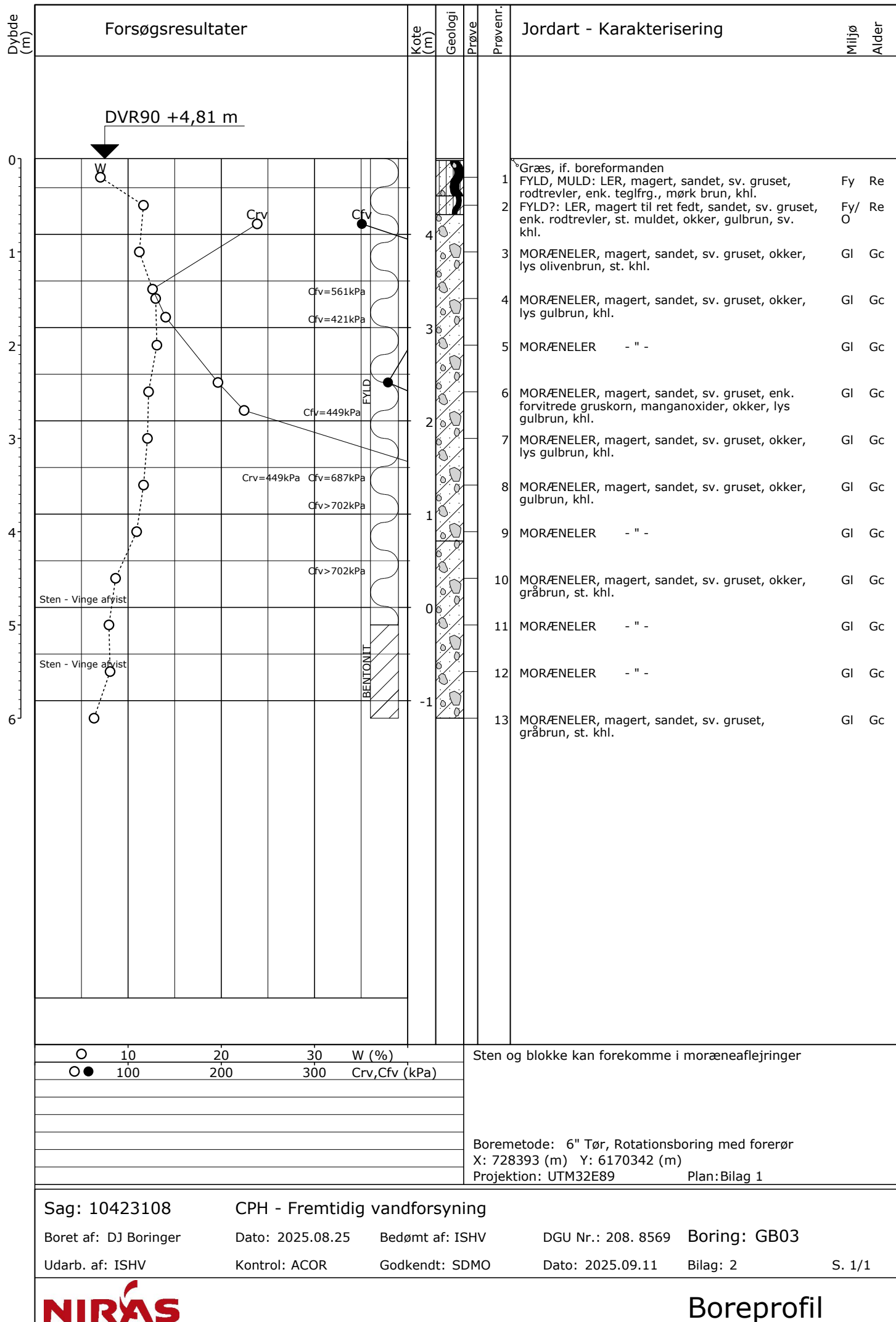
2-A: Signaturforklaring

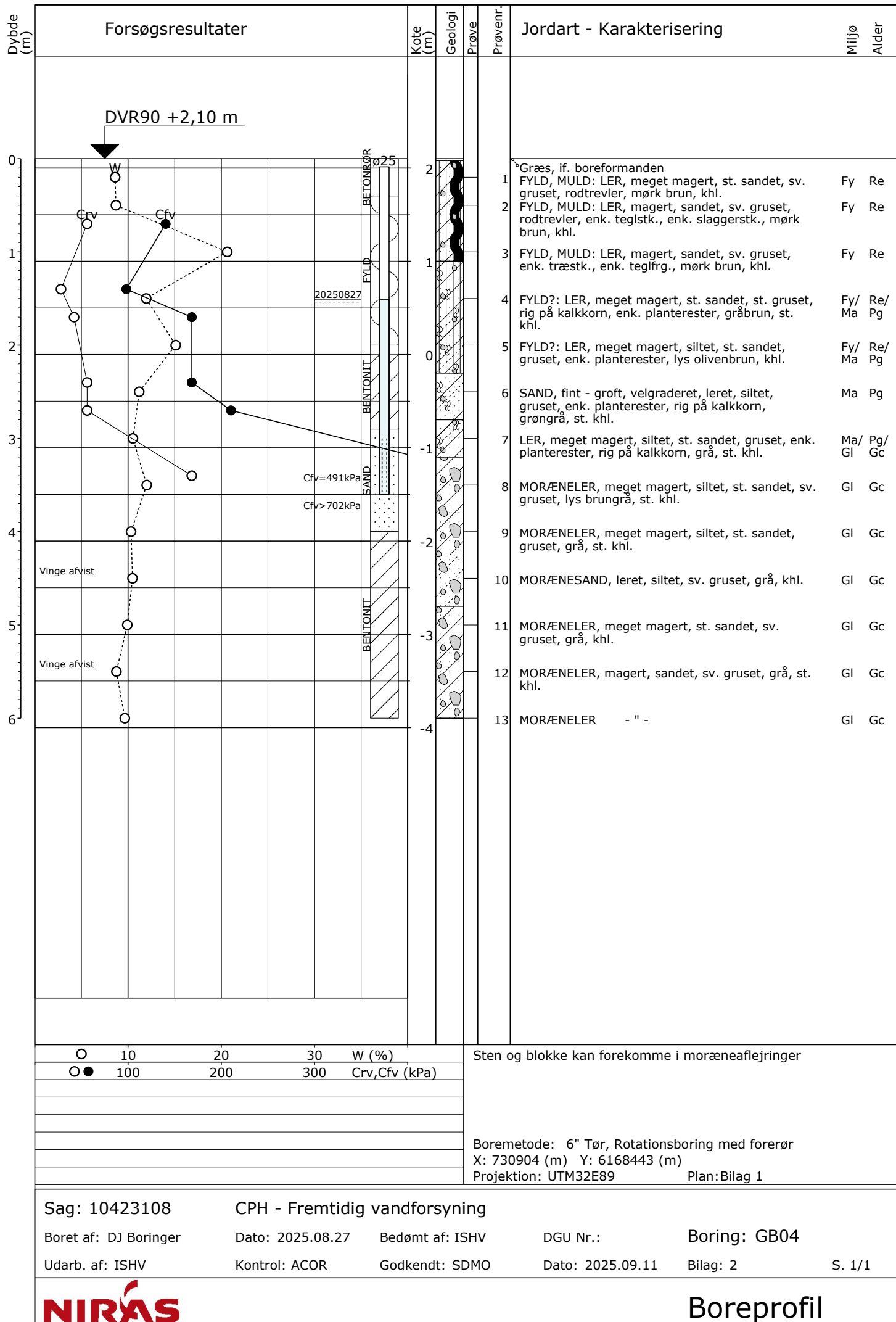












Forsøgsresultater

Jordartssignatur	Situationsplan	Boreprofil
MORÆNESAND MORÆNESILT MORÆNELER KALK (KRIDT) FLINT KLIPPE GYTJE SKALLER TØRV TØRVEDYND PLANTERESTER 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 Vindaflejret Vu Vulkansk	Alder Pg Postglacial Sg Senglacial Al Allerød Gc Glacial Ig Interglacial Is Interstadial Te Tertiær Ng Neogen Pn Palæogen Pi Pliocæn Mi Miocæn Oi Oligocæn Eo Eocæn Pl Palæocæn Sl Selandien Da Danien Kt Kridt Ms Maastrichtian Se Senon Re Recent	Terrænkote Top Bund af filterrør Pejling 2022.01.03 Længde Afstand 1 Indtagsnr. Topkote / Ref. kote Beton Fyld GVS Bentonit Filtergrus Filterrør

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		
○	Vingestykke, intakt	cfv	[kN/m²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
○	Vingestykke, 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			