



# Løssiheimen og Tollånes boligfelt

---

## Fagrapport områdestabilitetsutredning

Beiarn kommune

Dato: 25.09.2023

## SAMMENDRAG

Beiarn kommune planlegger å legge til rette for etablering av nye tomter og utbygging av industriområde i to områder i Løssiheimen og Tollånes i Beiarn kommune, Nordland fylke. I den forbindelse har NIRAS Norge AS (NIRAS) blitt engasjert av Beiarn kommune for å utrede områdestabiliteten i området.

Denne rapporten inneholder områdestabilitetsvurderinger etter NVE veileder 1/2019. Områdeskredfaren er utredet etter alle steg i NVE veileder 1/2019 Prosedyre for utredning av områdeskredfare. Planlagte tiltak plasseres i tiltakskategori K4. NVE veileder 1/2019 anbefaler uavhengig kvalitetssikring av utredning av områdestabilitet for tiltakskategori K4.

Prosjektspesifikke grunnundersøkelser ble utført av Mesta i regi av NIRAS, våren 2023. Løvlien Georåd har utført laboratoriearbeider på opptatte jordprøver. Sprøbruddmateriale ble sikkert påvist med konusforsøk i 2 av totalt 18 borpunkt. Mektigheten av sprøbruddmateriale er svært begrenset (<1 m) ved borpunktene og basert på nåværende grunnlag er det uklart om sprøbruddmateriale utgjør et sammenhengende lag eller mindre lokale lommer. Basert på en forsiktig antagelse om at sprøbruddmateriale kan utgjøre et sammenhengende lag i et område som oppfyller NVE sine kriterier for potensielt skredfarlig terreng, har det blitt tegnet opp en faresone for kvikkleireskred. Det vurderes som sannsynlig at supplerende grunnundersøkelser kan begrense utstrekning av faresonen eller mulighets utelukke fare for områdeskred for faresonen helhetlig.

Det sørlige tiltaksområde ligger delvis innenfor den nye faresonen. For at det skal kunne utbygges innenfor nåværende opptegnede faresone, må det utføres stabiliserende tiltak for faresonen for å kunne dokumentere tilfredsstillende sikkerhet i henhold til kap. 3.3.6 i NVE veileder 1/2019. Stabiliserende tiltak er ikke prosjektert på nåværende tidspunkt, men det er gjort overslagsberegninger for å illustrere omtrentlig omfang. Det nordlige tiltaksområde ligger ikke innenfor en faresone for kvikkleireskred og tiltaksområde tilfredsstiller dermed krav til områdestabilitet og utredningen for tiltaksområdet ble avsluttet i steg 8 i NVE veileder 1/2019 sin prosedyre for utredning av områdeskredfare. For deler av det sørlige tiltaksområde som ligger utenfor faresonen, er krav til sikkerhet mot områdeskred oppfylt.

Dersom det blir aktuelt å gå videre med planene om å bygge ut det sørlige tiltaksområde, anbefales det å utføre mer målrettede grunnundersøkelser i den kartlagte faresonen, slik at man har grunnlag for å redusere utstrekningen til faresonen. Supplerende grunnundersøkelser er også å anbefale for å få et bedre grunnlag for dimensjonering av eventuelle stabiliserende tiltak, dersom faresonen ikke kan begrenses slik at den ikke har påvirkning på det sørlige tiltaksområde.

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Verifisert av	Godkjent av
00	25.09.2023	Utredning av områdestabilitet	SOHJ	MAAG	JAJE

## REVISJONSHISTORIKK

Rev.	Beskrivelse av endring	Dato	Forfatter
00	Underlag for uavhengig kvalitetssikring	25.09.2023	SOHJ

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>2</b>
<b>REVISJONSHISTORIKK</b> .....	<b>3</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>2 REGELVERK OG KRAV FOR PLANLAGTE TILTAK</b> .....	<b>6</b>
2.1 REGELVERK .....	6
2.2 KRAV TIL SIKKERHET OG KVALITETSSIKRING .....	6
2.2.1 Tiltakskategori.....	6
2.2.2 Krav til sikkerhet.....	6
<b>3 GRUNNLAG</b> .....	<b>7</b>
3.1 GRUNNLAG .....	7
<b>4 TERRENG OG GRUNNFORHOLD</b> .....	<b>8</b>
4.1 TOPOGRAFI .....	8
4.2 MARIN GRENSE .....	10
4.3 KVARTÆRGEOLOGI .....	11
4.4 TIDLIGERE KARTLEGGING .....	14
4.5 IDENTIFISERING AV KRITISKE SKRÅNINGER OG POTENSIELLE LØSNEOMRÅDER .....	14
<b>5 BEFARING</b> .....	<b>15</b>
<b>6 UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER</b> .....	<b>24</b>
6.1 METODE FOR KLASSIFISERING AV SPRØBRUDDMATERIALE OG KVIKKLEIRE .....	24
6.2 PÅVISTE FOREKOMSTER AV SPRØBRUDDMATERIALE OG KVIKKLEIRE .....	25
6.3 PORETRYKKSFORHOLD .....	26
6.4 SPESIALFORSØK OG FORSØKSKVALITET AV GRUNNUNDERSØKELSER.....	26
6.4.1 Treksialforsøk .....	26
6.4.2 Ødometerforsøk.....	26
6.4.3 CPTu-sonderinger.....	27
<b>7 AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE</b> .....	<b>28</b>
<b>8 KLASSIFISERING AV FARESONE</b> .....	<b>30</b>
<b>9 KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE</b> .....	<b>32</b>
<b>10 STABILITETSVURDERINGER</b> .....	<b>33</b>
10.1 MODELLERING AV ANISOTROPIFORHOLD (ADP).....	33
10.2 RESULTATER AV STABILITETSBEREGNINGER.....	35
<b>11 STABILISERENDE TILTAK</b> .....	<b>36</b>
<b>12 KONKLUSJON</b> .....	<b>37</b>
<b>13 REFERANSER</b> .....	<b>38</b>
<b>VEDLEGG</b>	
Vedlegg A (Plan- og profiltegninger).....	A1-A3
Vedlegg B (CPTu-tolkningsark).....	B1-B36
Vedlegg C (Stabilitetsberegninger).....	C1-C3

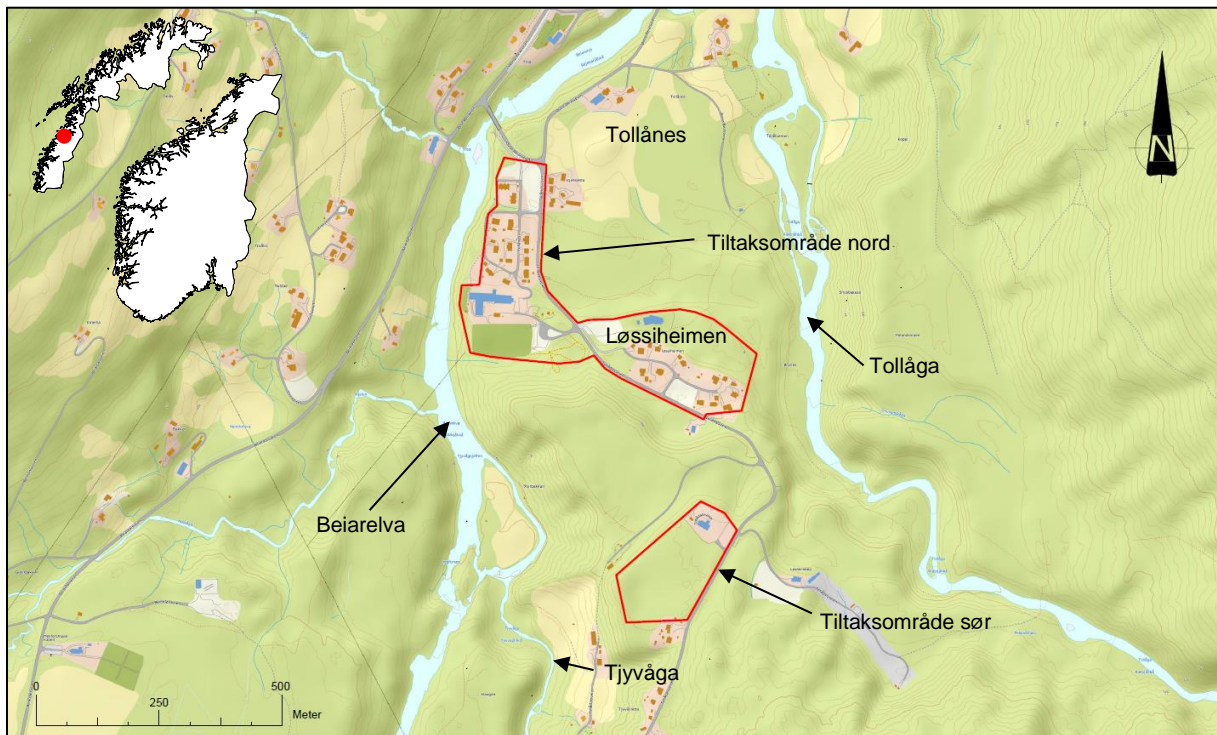
# 1 INNLEDNING

Denne rapporten inneholder områdestabilitetsvurderinger for eksisterende boligfelt og nye boligtomter samt vurderinger rundt tomt for næringsbygg i Løssiheimen og Tollånes i Beiarn kommune, Nordland fylke. Figur 1.1 viser de to områdene som planlegges å bygge ut. NIRAS Norge AS har blitt engasjert som rådgivende ingeniør geoteknikk (RIG) av Beiarn kommune.

Områdestabilitetsvurderingene som presenteres i denne rapporten er utført for tiltak i tiltakskategori K4 i henhold til prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner for områdeskred beskrevet i NVE veileder 1/2019 [1].

Utredningen av områdeskredfare er utført fra steg 1 til 11 i henhold til prosedyren gitt i tabell 3.1 i NVE veileder 1/2019 [1].

Rapporten følger kapittelinnstillingen gitt i vedlegg 1 til NVE veileder 1/2019 [1].



Figur 1.1 Oversiktskart over tiltaksområdene (vist i rødt)

## 2 REGELVERK OG KRAV FOR PLANLAGTE TILTAK

### 2.1 Regelverk

Områdestabilitetsvurderingene som presenteres i denne rapporten er utført i henhold NVE veileder 1/2019 [1]. Veilederen utdyper byggteknisk forskrift (TEK § 7-3) [2] med tilhørende veiledning og NVEs retningslinjer 2/211 «Flaum- og skredfare i arealplaner» [3].

NVEs veileder 1/2019 gjelder som veileder til TEK17, som er teknisk forskrift til Plan & Bygningslovens (PBL) § 28-1: «Krav til byggetomta og ubebyggt areal».

Ved å følge NVEs veileder 1/2019 innfris kravet i PBL vedrørende gjennomføring av skredfareutredning i forhold til kvikkleireskred.

### 2.2 Krav til sikkerhet og kvalitetssikring

#### 2.2.1 Tiltakskategori

Krav til sikkerhet i områdestabilitetsberegninger avhenger av valgt tiltakskategori i henhold NVE veileder 1/2019 [1]. Tiltakskategorien (TEK § 7-3) fastsettes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred. Avhengig av tiltakskategori vil også krav til uavhengig kvalitetssikring variere.

Planlagte tiltak omfatter utbygging av boligfelt og næringsbygg. I henhold til tabell 3.2 i NVE veileder 1/2019 [1] vil planlagte tiltak ut ifra ovenstående opplysninger kunne plasseres i tiltakskategori K4 (Figur 2.1).

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Figur 2.1 Beskrivelse av typer tiltak som kan plasseres i tiltakskategori K4 i henhold til NVE veileder 1/2019 [1].

#### 2.2.2 Krav til sikkerhet

For tiltak i tiltakskategori K4 er krav til sikkerhet som følger [1]:

- Avgrensning og utredning for områdeskredfare av faresone som kan berøre planlagt tiltak.
- Forebygging av erosjon som kan ramme tiltaket.
- Dersom stabiliteten forverres av planlagt tiltak skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , hvor  $f_s$  er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.
- For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ . Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$  økes prosentvis i henhold til føringene gitt i.
- For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet  $F_{c\phi} \geq 1,25$  og krav til robusthet  $F_{cu} \geq 1,20$ .

## 3 GRUNNLAG

### 3.1 Grunnlag

I forbindelse med utredning av områdestabilitet i Løssiheimen og Tollånes har det blitt utført grunnundersøkelser. NIRAS har satt opp borprogram og fulgt opp både felt- og laboratorieundersøkelser. Grunnundersøkelsene ble utført av Mesta i april og mai 2023 og Løvlien georåd har utført laboratorieundersøkelser på opptatte jordprøver. Hensikten med grunnundersøkelsene var å påvise eventuelle forekomster av sprøbruddmateriale i prosjektområdet. Utførte grunnundersøkelser er rapportert i datarapport ref. [4]. Grunnundersøkelsene omfattet 18 totalsonderinger, 6 CPTu og 6 prøveserier i form av poseprøver og sylinderprøver (Ø54).

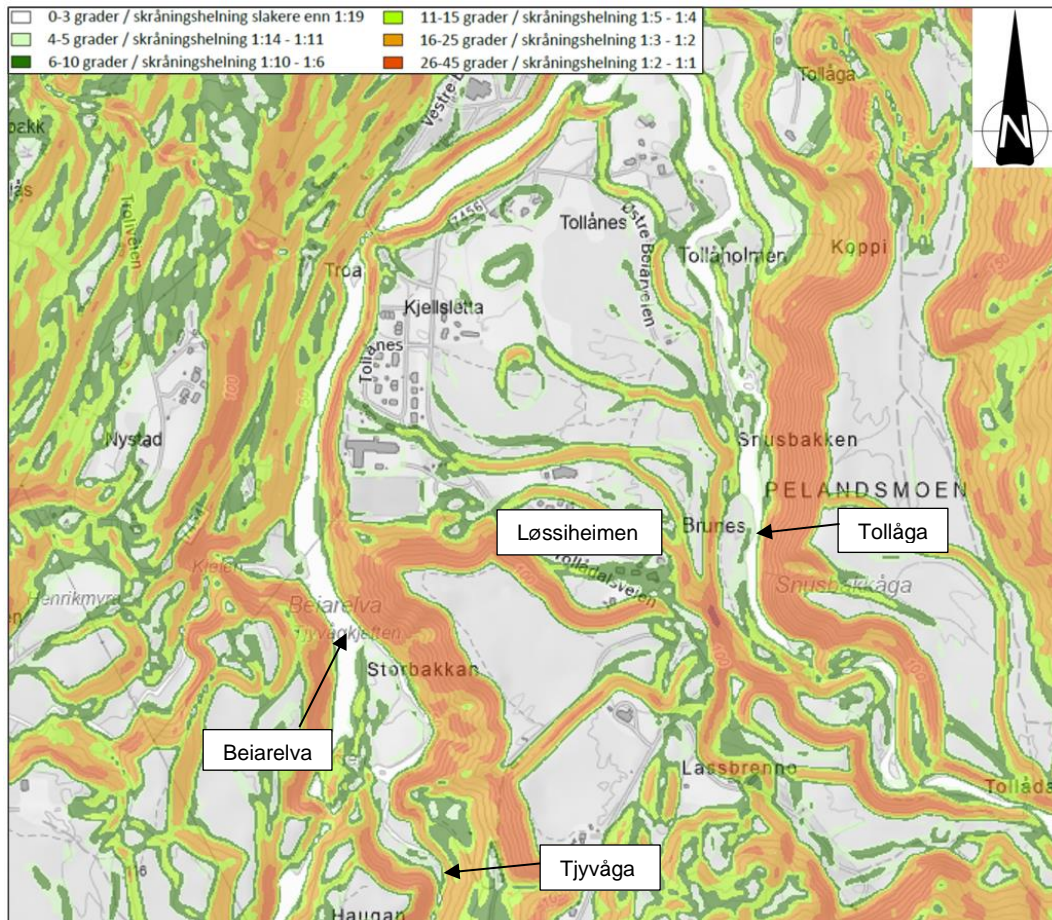
Per 13.09.2023 er det ikke registrert tidligere utførte grunnundersøkelser i og i nærheten av Løssiheimen og Tollånes i Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG).

## 4 TERRENG OG GRUNNFORHOLD

Utenom utførte grunnundersøkelser er det søkt og innhentet geologisk og topografisk informasjon fra NVE og NGU sine karttjenester og registre. Dette er gjort for å få en overordnet oversikt og forståelse av området. Relevant informasjon om terrengforhold og grunnforhold med tanke på utredning av områdestabilitet er presentert i dette kapittelet.

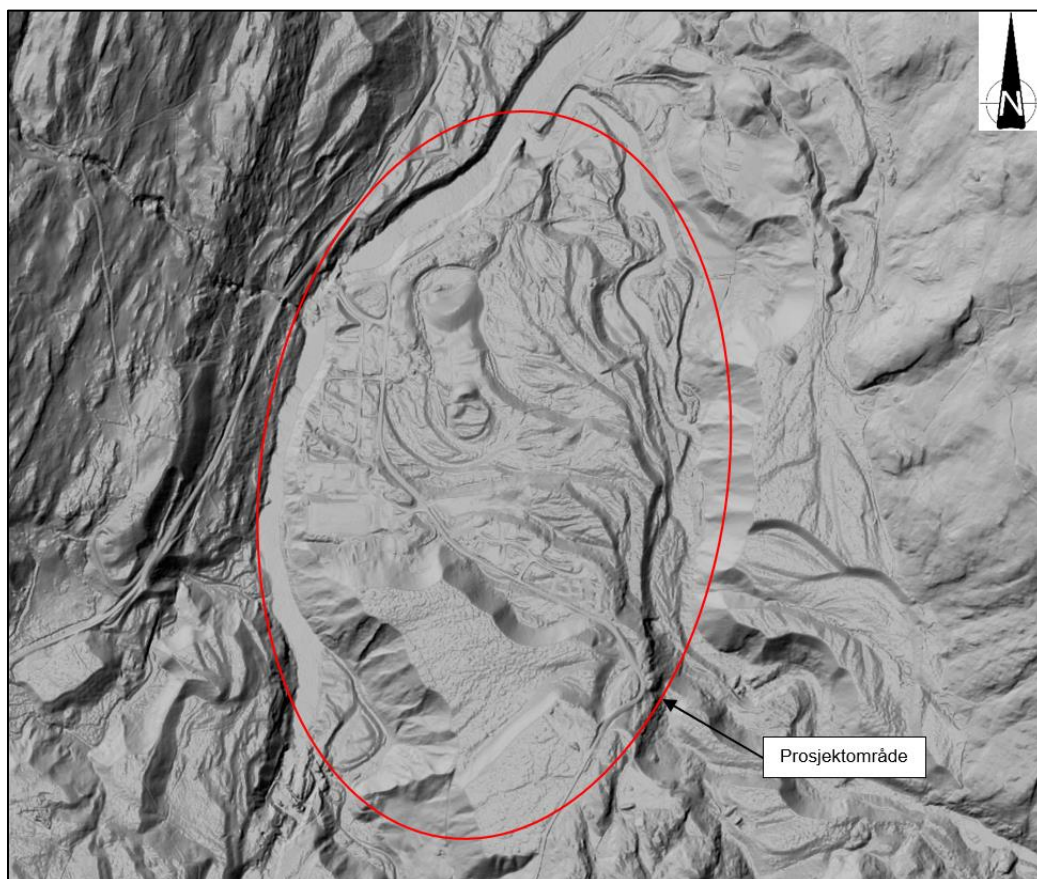
### 4.1 Topografi

Terrenget i område rundt Løssiheimen og Tollånes er typisk trappetformet med bratte skråninger og flate platå i ulike høyder. Fra kartet som viser terrenghelning i område i Figur 4.1, kan man se at det finnes flere bratte skråninger. Flere av skråningene har en helning på rundt 1:1,5, som vurderes å være tilnærmet naturlig rasvinkel for massene i området. Fra Figur 4.2 der terrenget kommer klarere frem, er det tydelig at Tollåga har byttet løp og erodert seg ned i løsmassene flere ganger. Tollåga ser ut til å tidligere ha gått mot vest ved Løssiheimen og gradvis dreiet i nordlig retning til dagens posisjon.



Figur 4.1 Kartet viser terrenghelning i området rundt Løssiheimen og Tollånes. Kartet er hentet fra atlas.nve.no

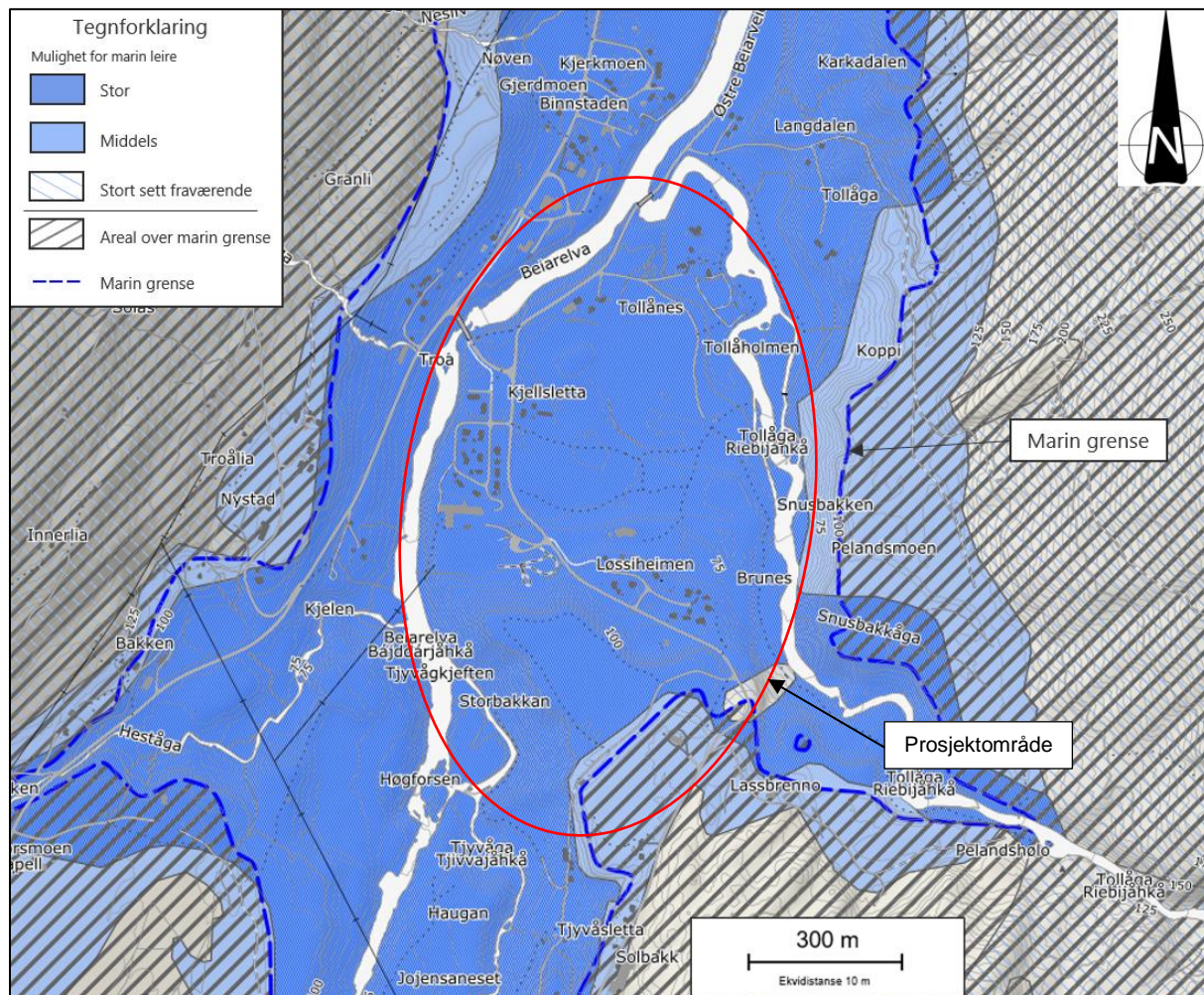




Figur 4.2 Skyggerelieffkart av digital terrengmodell fra høydedata.no

## 4.2 Marin grense

Marin grense (MG) i området er ifølge NGU på rundt kote +120 og nesten hele prosjektområdet ligger dermed under marin grense ifølge NGU sitt kart over mulighet for marin leire. I følge NGU er muligheten for at det befinner seg marin leire rundt prosjektområdet stor.



Figur 4.3 Kart over mulighet for marin leire fra NGU

### 4.3 Kvartærgeologi

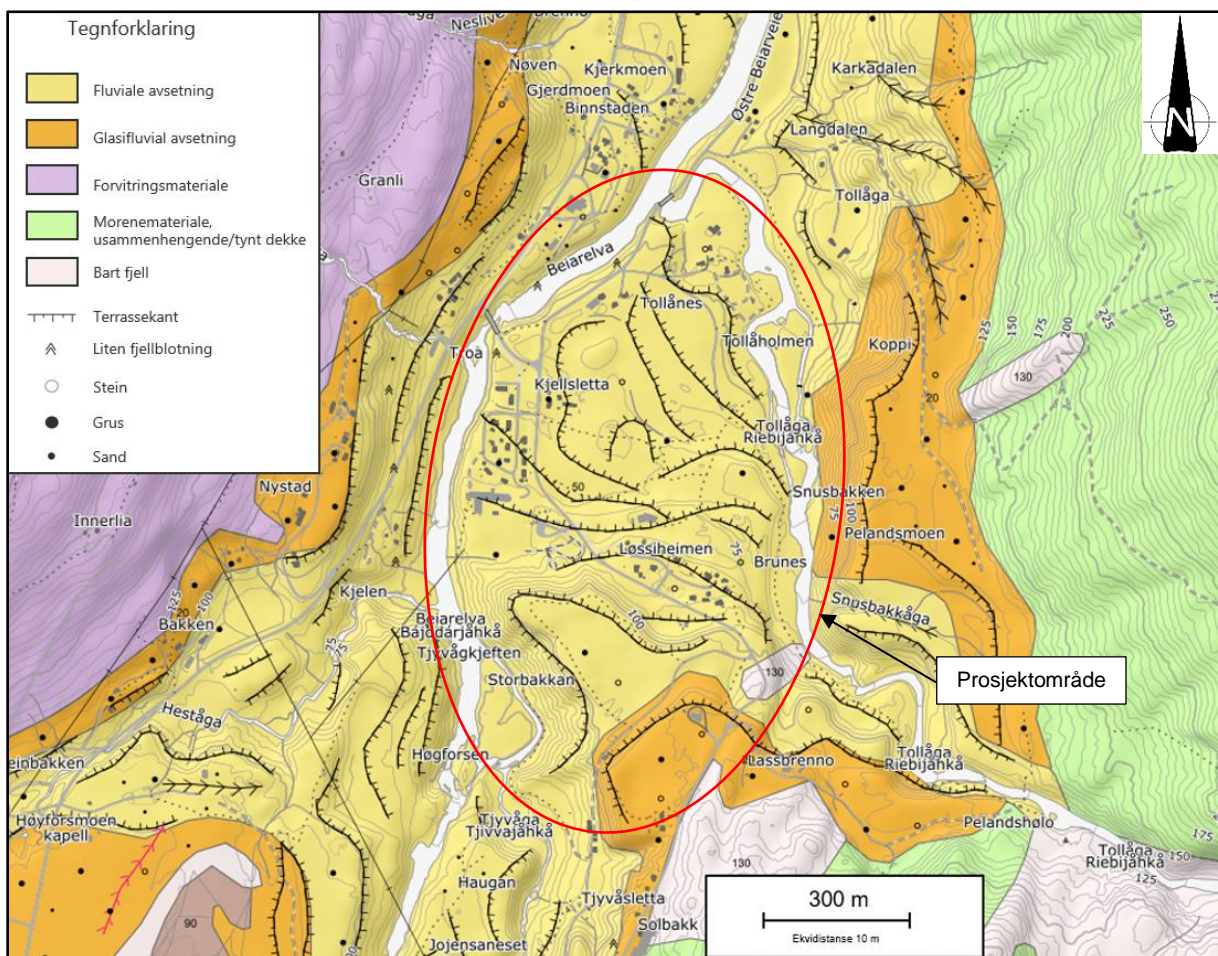
Fra NGU sitt kvartærgeologiske kart kan man se at prosjektområdet ligger i et område som hovedsakelig består av elve- og bekkeavsetning (fluvial avsetning) men også hav- og fjordavsetninger er vist rundt 500 meter nord-vest for Holmen boligfelt. I næromliggende område finnes det også forvitningsmateriale, skredmateriale og bart fjell. NGU definerer de ulike typer løsmasseavsetninger som følger:

**Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning):** Materiale som er transportert og avsatt av elver og bekker. Sortert sand og grus dominerer og partiklene er ofte godt rundet. Avsetningene kan ha meget varierende mektigheter. Typiske overflateformer er elvesletter, terrasser og vifter.

**Breelavsetning (Glasifluvial avsetning):** Materiale transportert og avsatt av breelver. Sedimentet består av sorterte, ofte lagdelte avsetninger av forskjellig kornstørrelse fra fin sand til stein og blokk. Breelavsetninger har ofte tydelige overflateformer som tørrlagte kanaler, terrasser og rygger. Mektigheten er ofte flere ti-talls meter.

**Bart fjell:** Fjelloverflate uten løsmassedekke.

Det gjøres oppmerksom på at kvartærgeologiske kart kan gi en indikasjon på hvilke løsmasser en kan forvente å treffe på, men gir begrenset informasjon om lagdeling og mektighet. Andre typer løsmasser kan befinne seg under avsetningene som er indikert i kvartærgeologiske kart. Prosjektområdet ligger i sin helhet under marin grense (MG) og som det fremgår av kartet i Figur 4.3 vil det i områdene med «elve- og bekkeavsetning» være mulighet til å treffe kvikkleire inn under friksjonsmassene.



Figur 4.4 Kvartærgeologisk kart fra NGU (1:50 000)

Ved søk i NGU sitt kart over registrerte grus- og pukkressurser viser det seg at NGU har undersøkt og kartlagt flere grus- og pukkressurser i området rundt Løssiheimen og Tollånes. Plassering av forekomstene er vist i Figur 4.5 og en kort beskrivelse fra NGU av grunnforholdene er oppsummert under. Det henvises til rapport ref. [5] for beskrivelse av grunnundersøkelser NGU utførte i forbindelse med kartlegging av grusforekomstene.

(1) NGU, 1994:

*«Forekomsten er restene av et større delta hvor hoved-terrasseflaten er bygget opp til høyeste havnivå på ca. 120 m o.h. Avsetningen er på det nærmeste delt i to av en nordsydgående fjellrygg som hiver seg ca. 15 m over terrassen. Boringer og kartlegging av flere skråninger viser at forekomsten i den sørligste delen (rotpunktet) består av til dels meget grovt materiale med mye stein og blokk. I den nordlige enden har en et 9-15 m tykt gruslag (regnet fra deltaets toppflate) i toppen over finkornet sand, dels siltige masser. Grove masser i sør antas 6-15 m tykke».*

(2) NGU, 1998:

*«Forekomsten er en terrasse på østsiden av Beiarelva sør for Tollånes. Generelt synes avsetningen å bestå av et grovere topplag med mektighet i nordlige delen på 9-10 m (mest grus og sand) avtagende til 2-3 m i sørenden hvor en antar at en har fjell på grunt dyp (jfr. Brufossen). Under gruslaget ligger finkornet sand dels siltig sand».*

(3) NGU, 1994:

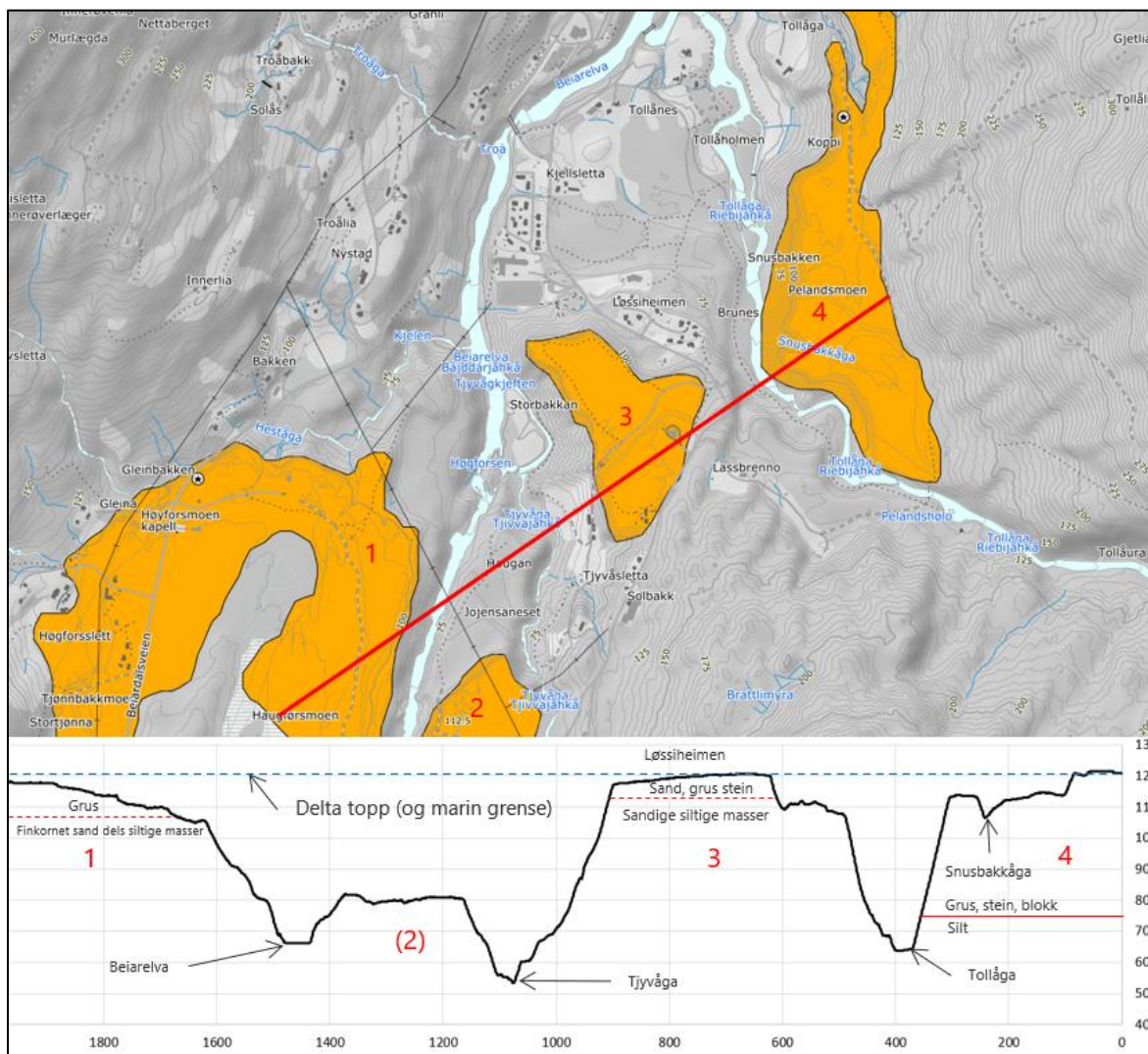
*Forekomsten er en rest av det store breelvdeltaet omkring Tollåga. Forekomsten består av to terrasser. Det øverste er antatt en del av opprinnelig deltaflate bygd opp til marin grense (høyeste havnivå) på ca. 120 m, mens den andre er lavere, ca. 109 m. Øverst ligger et grovt lag med sand, grus og stein. Mektigheten varierer mellom 3 m i sør til 11 m i nord. Under ligger sandige og siltige masser.*

(4) NGU, 1994:

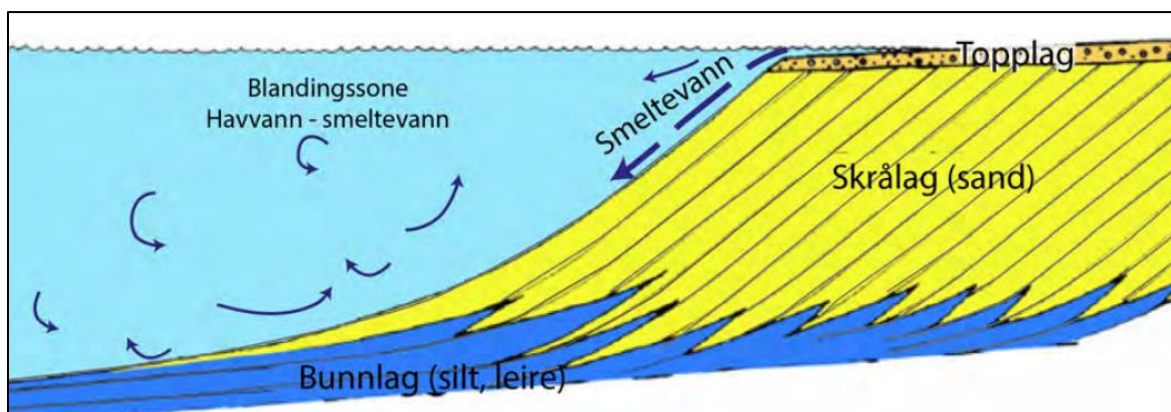
*Forekomsten er et større breelvdelta med antatt mektigheter med sand og grus på ca. 50 m ved Snusbakkåga i den sørlige delen, men som kiler ut til ca. 3 m mektighet med grus i den nordligste enden av terrassen. Svært grovt materiale i den sørlige enden, med 2-3 m store blokker i overflaten. Under grusen ligger silt. Denne grensen er registrert på kote 85 i Snusbakkåga og stiger raskt opp til kote ca. 105 i den nordligste delen av forekomsten hvor gruslaget bare er ca. 3 m tykt.*

Figur 4.6 viser en prinsippskisse av typisk oppbygning av breelvdelta i et lengdesnitt. Breelvdelta blir dannet der en breelv møter hav eller en innsjø. Grove materialer som stein og grus blir først avsatt i breelvene som gjør at deltaer ofte har et tilnærmet horisontalt topplag bestående av grove masser. Videre vil sedimenter med mindre kornstørrelse bli transportert og avsatt lengre ut i deltaet. Disse massene består typisk av sandige masser og blir avsatt i skråstilte lag. Finkornede materialer i silt- og leirfraksjonen blir holdt i suspensjon lengre og kan dermed transporteres lengre ut i havet eller innsjøen. Breelvdeltaavsetninger i Norge ligger ofte over marine avsetninger som kan ha sprøbruddegenskaper.

Etter at den siste istiden opphørte kom det en fase med landheving som en reaksjon på at vekten av innlandsisen forsvant og havet trakk seg nedover dalen. Elver og bekker i området startet da å erodere seg ned i deltaavsetningene og meandering av elver har ført til dagens terrasselandskap. Elvene og bekkene har også avsatt fluviale avsetninger som typisk består av sand og grus.



Figur 4.5 Utklipp fra NGU sitt kart over registrerte grus- og pukkforekomster og høydeprofil langs snitt vist i rødt



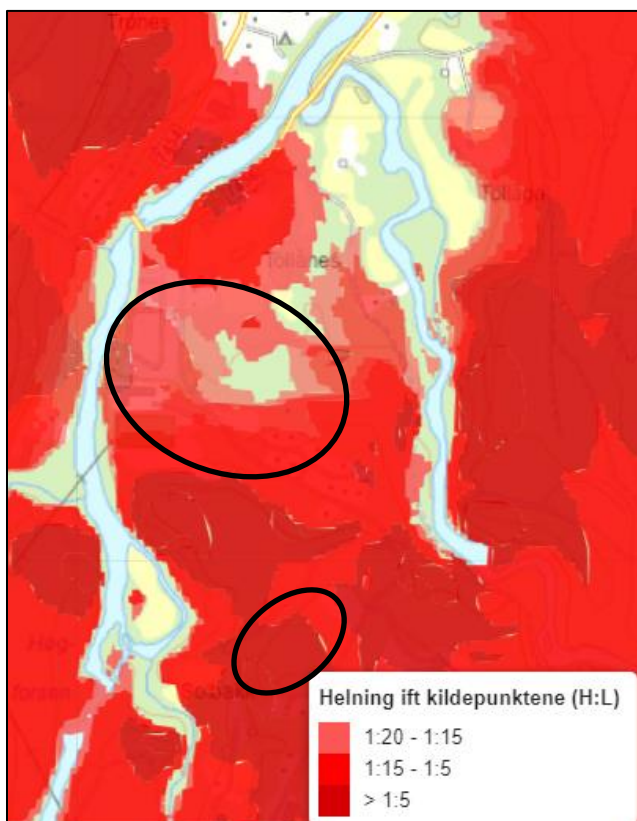
Figur 4.6 Prinsippskisse for lengdesnitt av deltaavsetning. Hentet fra Statens Vegvesen håndbok V220 [6]

## 4.4 Tidligere kartlegging

Per 14.09.2023 er det ikke registrert faresoner for områdeskred i området i og rundt Løssiheimen og Tollånes i NVE Atlas. Det er heller ikke registrert skredhendelser rundt Løssiheimen og Tollånes i NVE Atlas.

## 4.5 Identifisering av kritiske skråninger og potensielle løsneområder

Terrenget rundt de ulike tomtealternativene har blitt undersøkt opp mot NVE sine terrengkriterier for aktsomhetsområde for løsneområde, med hjelp av NVE sin webapp for beregning av terrengkriterier ref. [12]. Som man kan se fra Figur 4.7 vil de fleste områder i og rundt tiltaksområde oppfylle NVE sine terrengkriterier for skredfarlig terreng. Det er altså ikke mulig å utelukke fare for områdestabilitet basert på NVE sine terrengkriterier alene. Det påpekes at NVE sin webapp ikke tar hensyn til berg i dagen og det er ikke tatt hensyn til dybder av elver i området.



Figur 4.7 Kartet viser områder som havner innenfor NVE sine terrengkriterier for skredfarlig terreng. Omtrentlig plassering av tiltaksområde er ringet rundt

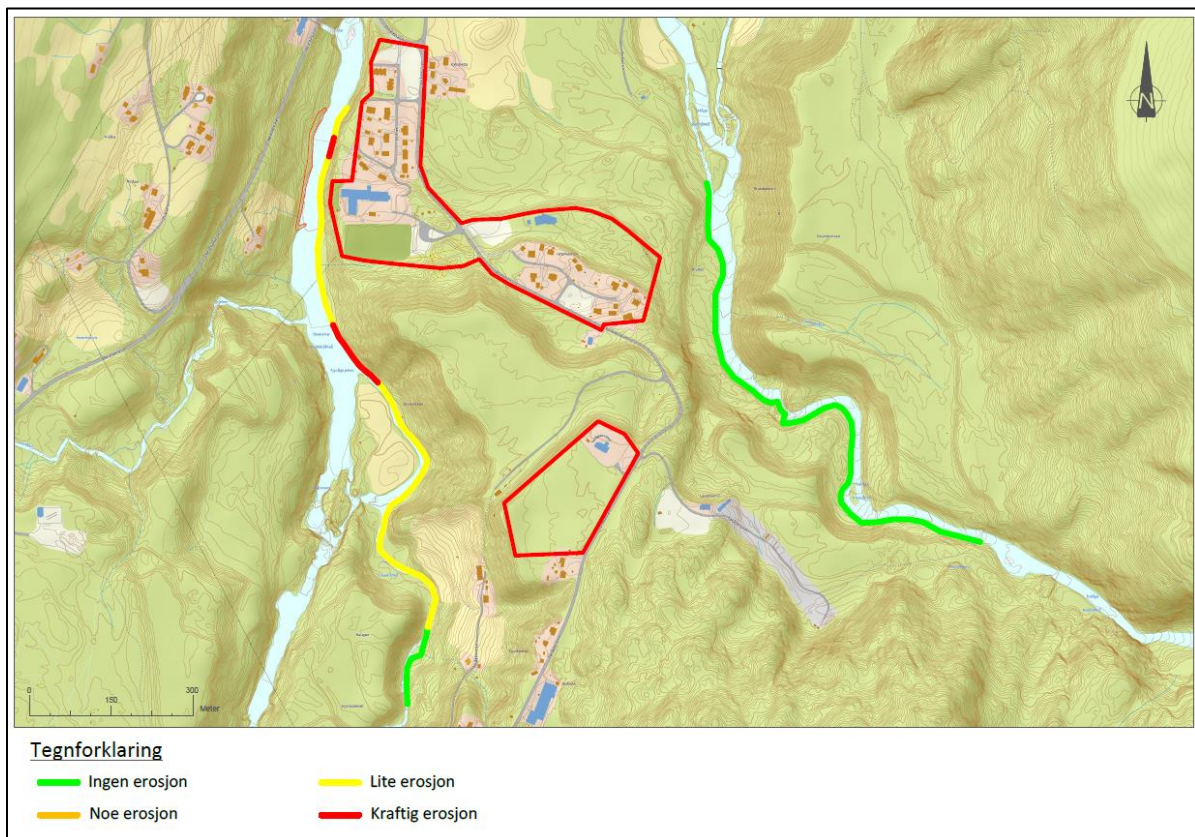
## 5 BEFARING

Befaring ble utført 24.05.2023 av geotekniker Jakob Bitsch Jensen og geolog Sondre Hjelmeland fra NIRAS Norge AS. Hensikten med befaringsreisen var å kartlegge berg i dagen, erosjonsforhold og eksisterende erosjonssikring iht. føringene i NVE eksternrapport 9/2020 [6]. Det var hovedsakelig områder langs Tjyvåga og Beiarelva på vestsiden av Løssiheimen og langs Tollåga på østsiden av Løssiheimen som ble befart.

Posisjon til befaringsbilder som er presentert under er vist i vedlegg A. Observert berg fra befaring og tolket berg fra skyggerelieffkart er også presentert i vedlegg A. Kartlagt erosjon er presentert i Figur 5.1.

For strekningen som er befart langs Tollåga er gradienten til elva høy og elvebunn og sider består av stein, blokk eller berg som vist i figur Figur 5.2 og Figur 5.3. Vannet er klart og trær står for det meste vertikalt. Det ble ikke observert erosjon i betydelig grad langs befart strekning av Tollåga. I skråningen ved borpunkt N13 ble det observert mye løsblokker som vist i Figur 5.4.

I den sørligste delen av den befarte strekningen langs Tjyvåga går elva i berg i dagen som vist i Figur 5.5 og Figur 5.6. Videre nordover blir det observert noe undergraving av trær (se Figur 5.8) som tyder på at det er litt pågående erosjon. Vannet er klart, trær står for det meste vertikalt og det er steinete bunn og sider. Ut fra løsmasseblotninger ved rotvelt ser det ut til at massene består av morene. I en skråning ble det observert grunnvannserosjon der finkornede masser har rent ned skråningen (se Figur 5.12). I området der Tjyvåga renner ut i Beiarelva er det observert en stor utglidning, med en bredde på rundt 30 meter og en høyde på 15 meter. Utglidningen er vist i Figur 5.13. De eksponerte massene så hovedsakelig ut til å bestå av sandmasser men det ble også observert et leirlag med tykkelse på rundt 60 cm. Store furutrær henger over skredkanten til utglidningen. Nord for den store utglidningen var det en rekke utglidninger av noe mindre størrelse (se Figur 5.14). Erosjon vurderes som kraftig i dette område grunnet observerte utglidninger. Videre nordover ble det observert lite erosjon med unntak av et mindre område der det ble observert utglidningen som er vist i Figur 5.16.



Figur 5.1 Kartlagt erosjon



Figur 5.2 Bilde S11. Berg i dagen og store blokker. Høy gradient.



Figur 5.3 Bilde S01. Stein og blokker i bunn og sider av elv





*Figur 5.4 Bilde S4. Blokkete landskap*



*Figur 5.5 Bilde S50. Elv går i berg*



*Figur 5.6 Bilde S47. Elv går i berg*



*Figur 5.7 Bilde S46. Elv går i berg og steiner*



*Figur 5.8 Bilde 42. Steinete bunn i elv. Klart vann. Undergraving av trær tyder på litt pågående erosjon. Eksponerte løsmasser ser ut til å være morene*



*Figur 5.9 Bilde 41. Steinete bunn. Lite erosjon*



*Figur 5.10 Bilde S37. Elvebunn bestående av sand, grus og stein. Lite erosjon*



*Figur 5.11 Bilde S34. Elvebunn bestående av grove friksjonsmasser. Klart vann*



*Figur 5.12 Bilde S35: Grunnvannserosjon i skråning. Sand over et lag med finkornet materiale. Finkornede masser renner nedover skråningen*



*Figur 5.13 Bilde S33: Stor utglidning. Rundt 30 meter bred og 15 meter i høyden*



Figur 5.14 Bilde S26. Utglidning. Rundt 10 meter bred og 4 meter høy.



Figur 5.15 Bilde J316. Berg i dagen på motsatt side av Beiarelva. Elveløp erosjonssikret med blokker



*Figur 5.16 Bilde J324. Utglidning.*

## 6 UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

Utførte grunnundersøkelser indikerer at grunnen i det mest høytliggende terrenget typisk består av et fast øvre lag som trolig består av grus og stein med mektighet på mellom 2 og 6 meter over sandige masser med stor mektighet. Det er registrert flere mindre innskutte lag bestående av silt og leire i ellers sandige masser. Generelt ser det ut til at løsmassene blir mer finkornet med dybden. Flere totalsonderinger indikerer svært faste masser over berg som er tolket til å være morene. Løsmassemektingen er registrert til å være mellom 0 og 85 meter.

Utførte grunnundersøkelser stemmer godt overens med NGU sitt løsmassekart og NGU sine beskrivelser i forbindelse med kartlegging av grusforekomster.

### 6.1 Metode for klassifisering av sprøbruddmateriale og kvikkleire

Utførte grunnundersøkelser har hatt til hovedformål å påvise eventuelle forekomster av sprøbruddmateriale og kartlegge utstrekning av sprøbruddmateriale. Det har blitt utført totalsonderinger i alle borpunkt for å gjøre en innledende vurdering av løsmasstype og tykkelse samt registrering av nivå for berg. Totalsonderinger er ikke egnet for sikker påvisning av sprøbruddmateriale men gir ofte indikasjon på sprøbruddmateriale dersom bormotstanden synker eller holdes konstant med dybden. Det er utført 18 totalsonderinger i forbindelse med denne områdestabilitetsutredningen. Ulempen med totalsonderinger er målingene blir påvirket av stangfriksjon, noe som gjør at tolkning av totalsonderinger blir usikre ved økende dybde. Boring gjennom faste masser fører til mer stangfriksjon. Bruk av spyling påvirker underliggende masser noe som også kan gjøre tolkning av resultatene vanskeligere. Grunnet stor sonderingsdybde og generelt faste masser i prosjektområdet er det forbundet usikkerhet ved tolkning av utførte totalsonderinger. Resultatene fra totalsonderingene danner grunnlag for vurdering av behov for andre undersøkelsesmetoder og planlegging av utføring av disse.

En annen undersøkelsesmetode som har blitt benyttet er CPTu. Selv om det ikke er mulig å påvise sprøbruddmateriale sikkert med CPTu-sonderinger, gir sonderingsmetoden sikrere indikasjoner på sprøbruddmateriale sammenlignet med totalsonderinger. CPTu-sonderinger er heller ikke påvirket av stangfriksjon. Metoden er egnet for å kartlegge tykkelse til ulike løsmasselag og estimere ulike materialeegenskaper til løsmassene. En av svakhetene til sonderingsmetoden er at den har problemer med å detektere og gjøre pålitelige målinger av tynne løsmasselag (dvs. <20 cm). Totalsonderinger har også denne svakheten.

Den eneste sikre metoden for påvisning av sprøbruddmateriale er å måle omrørt skjærfasthet med konusforsøk på lab med opptatte jordprøver. Det er i alt tatt opp 56 jordprøver (derav 54 poseprøver og 2 sylindrerprøver) fordelt på 6 borpunkt i forbindelse med dette prosjektet. Konusforsøk har blitt utført i henhold til ISO 17892-6:2017. Løsmasser med målt omrørt skjærfasthet med konusforsøk i henhold til ISO 17892-6:2017 på under 1,27 kPa klassifiseres som sprøbruddmateriale.

I den følgende gjennomgang angis påvist/ikke påvist sprøbruddmateriale med basis i egnede metoder (CPTu/omrørt konus) med grønn eller rød sirkel og det benyttes betegnelsene «Påvist sprøbruddmateriale» og «Påvist ikke-sprøbruddmateriale». Disse betegnelser anvendes bare der CPTu og/eller konus er utført på det som anses som «mest kritiske nivå» iht. totalsonderingsprofil i samme punkt.

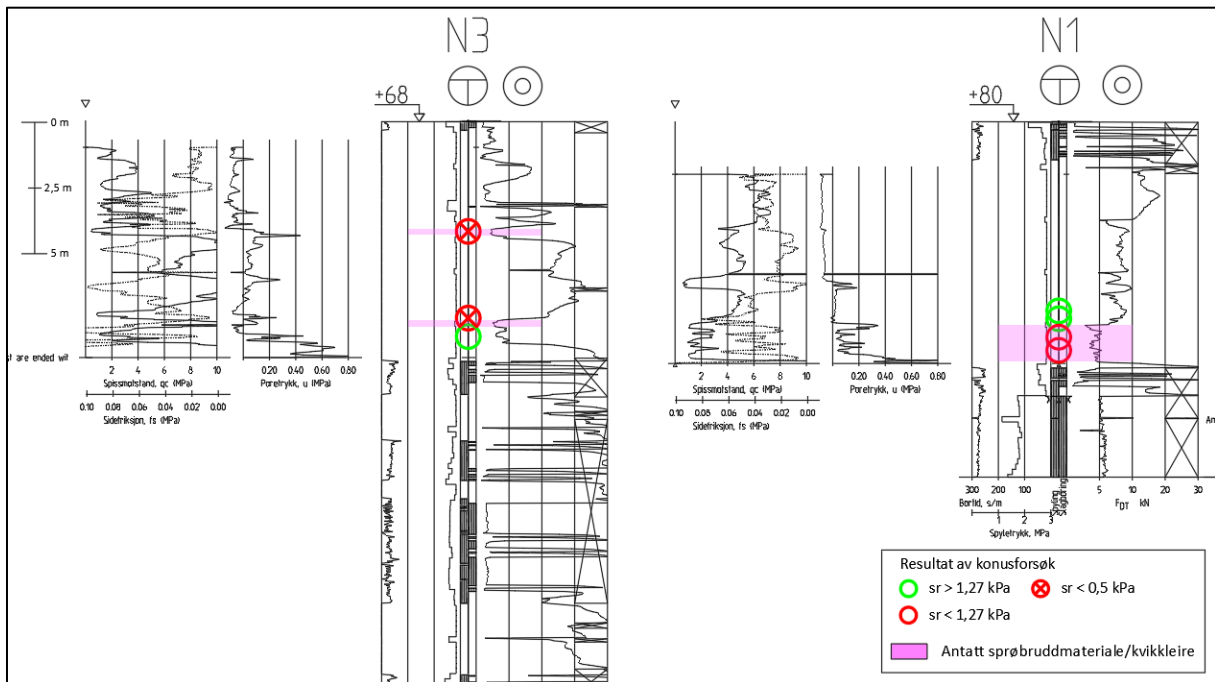
I vedlegg A er borpunkt angitt med en rød sirkel der det er påvist sprøbruddmateriale med konusforsøk. I borpunkt der det er tatt opp jordprøver fra lag der det ut fra totalsonderingsprofil ser ut til å kunne være sprøbruddmateriale, men ved konusforsøk på opptatte prøver tilsier ikke sprøbruddmateriale, er borpunkt angitt med en grønn sirkel. Borpunkt der det ikke er tatt opp jordprøver men resultater fra totalsonderinger og eventuelt CPTu-sondering ikke gir indikasjoner på sprøbruddmateriale er angitt med en gul firkant. Der totalsonderinger og eventuelt CPTu-sonderinger indikerer sprøbruddmateriale, men det ikke er tatt opp jordprøver for sikker påvisning, er borpunkt markert med en oransje firkant i vedlegg A.



## 6.2 Påviste forekomster av sprøbruddmateriale og kvikkleire

Det er påvist sprøbruddmateriale i 2 borpunkt (N1 og N3). Plassering av borpunktene er vist i vedlegg A. Resultater fra utførte grunnundersøkelser i borpunkt N1 og N3 er oppsummert i Figur 6.1. Påviste lag med sprøbruddmateriale ser ut til å være tynne. Laget med sprøbruddmateriale er tolket til å være rundt 1 meter tykt i borpunkt N1 og lagene med sprøbruddmateriale i borpunkt N3 er tolket til å være rundt 20 cm.

NIFS 2015 (Bq1-Nmc) tolkning av CPTu gir ikke indikasjon på sprøbruddmateriale i borpunkt N1 og N3. NIFS 2015 (Rfu-Nmc) gir mindre utslag på sprøbruddmateriale i borpunkt N3 ved 4,2 meters dyp og ved 9,0 meters dyp i borpunkt N1. Det kan tenkes at den tynne lagtykkelsen til sprøbruddmaterialet gjør at NIFS-tolkning av CPTu-dataen ikke gir tydeligere utslag på sprøbruddmateriale i borpunkt N1 og N3.



Figur 6.1 Sammenstilling av resultater fra totalsondering, CPTu og konusforsøk på opptatte jordprøver i borpunkt N1 og N3

NIFS 2015 (Bq1-Nmc) og NIFS 2015 (Rfu-Nmc) har ikke gitt indikasjoner på sprøbruddmateriale for øvrige CPTu-sonderinger.

I borpunkt N3 er det registrert planterester i samme dybde som det er påvist sprøbruddmateriale, noe som tyder på at løsmassene ikke er av marint opphav. For andre prøver fra borpunkt N3 er løsmassene beskrevet som sand med enkelte biter av leire. Alle prøvene ned til 9 meters dyp er beskrevet som humusholdige. Beskrivelsene av prøvene i borpunkt N3 tyder på at massene er skredmasser og ikke marine sedimenter. Det forventes generelt ikke at skredmasser vil oppføre seg som kvikkleire ettersom den ustabile kornstrukturen til kvikkleire kollapser ved omrøring. Det kan tenkes at enkelte biter av leire ikke har blitt omrørt ved en skredhendelse og derfor beholdt sprøbruddsegenskapene og dermed er klassifisert som sprøbruddmateriale på bakgrunn av konusforsøk. Avsetningene med sprøbruddsegenskaper forventes da ikke å utgjøre et kontinuerlig lag som kan utgjøre fare for områdeskred. Sprøbruddmateriale i borpunkt N1 er imidlertid beskrevet som «svært lagdelt». Tydelig lagdeling er tegn på at løsmassene ikke er skredmasser ettersom sedimentære strukturer er bevart. Selv om massene i borpunkt N3 mest sannsynlig er skredmasser og ikke marine avsetninger, blir disse massene behandlet som sprøbruddmateriale i denne områdestabilitetsutredningen, ettersom massene faller innenfor NVE veileder 1/2019 sin definisjonen av sprøbruddmateriale. Supplerende grunnundersøkelser kan mest sannsynlig dokumentere at det

kun er snakk om lokale forekomster av sprøbruddmateriale og ikke sammenhengende lag. Med nåværende grunnlag er det likevel antatt at sprøbruddmateriale som er påvist i borpunkt N3 kan utgjøre et kontinuerlig lag.

Borpunkt N1 og N3 ligger innenfor et mulig løsneområde som kan berøre tiltaksområde sør. Det blir dermed relevant å utrede områdestabilitet nærmere i henhold til NVE veileder 1/2019.

### 6.3 Poretrykksforhold

Det har blitt installert 6 poretrykksmålere fordelt på 5 borpunkt i området Løssiheimen og Tollånes. Resultater fra poretrykksmålerne er lest av i tidsperioden april til mai 2023. Måleperioden varierer mellom 3 og 32 døgn for poretrykksmålerne.

Poretrykksmålerne er satt fra 4 til 12 meter under terreng. Poretrykksmålere installert i borpunkt N3, N8 og N16 måler et trykk tilsvarende atmosfærisk trykk og antas derfor å være installert i nivå over grunnvannstand. I borpunkt N1 er det satt ut 2 poretrykksmålere i ulike dyp (4 og 9 meter under terreng) for å avdekke et eventuelt artesisk overtrykk. Poretrykksmåleren ved 4 meters dyp har registrert et poretrykk tilsvarende en grunnvannstand som ligger 2,8 meter under terreng. Poretrykksmåleren ved 9 meters dyp har kun registrert et trykk tilsvarende atmosfærisk trykk og antas derfor å stå over grunnvannstand. Målingene tyder på at det er et undertrykk i grunnen noe som kan forekomme i ravineterreng med lagdelt grunn.

Resultatene til poretrykksmålerne viser at grunnvannstanden generelt ligger dypt under terreng og at veksling i permeabilitet i grunnen kan gi opphav til flere grunnvannsspeil i ulike nivå. Resultatene av poretrykksmålingene har blitt benyttet ved tolkning av CPTu og i utførte stabilitetsberegninger. Det påpekes at målingene som er innhentet er over en kort måleperiode som ikke fanger opp årstidsvariasjoner.

### 6.4 Spesialforsøk og forsøkskvalitet av grunnundersøkelser

Grunnet høy bruddtøyningen på utførte enaksialforsøk (> 5%), forventes det at opptatte sylinderprøver hadde prøveforstyrrelser. I følgende underkapittel blir resultater av spesialforsøk presentert og prøve kvaliteten blir nærmere vurdert.

#### 6.4.1 Treaksialforsøk

Det har blitt utført ett treaksialforsøk. Kvaliteten på treaksialforsøket vurderes etter NGF melding 11 å være på grensen mellom god til brukbar og dårlig basert på målt vannutpressing og tolket OCR. Tabell 6.1 oppsummerer resultat og nøkkelinformasjon om utført treaksialforsøk.

Tabell 6.1 Oppsummering av resultater og vurdering av prøve kvalitet for treaksialforsøk

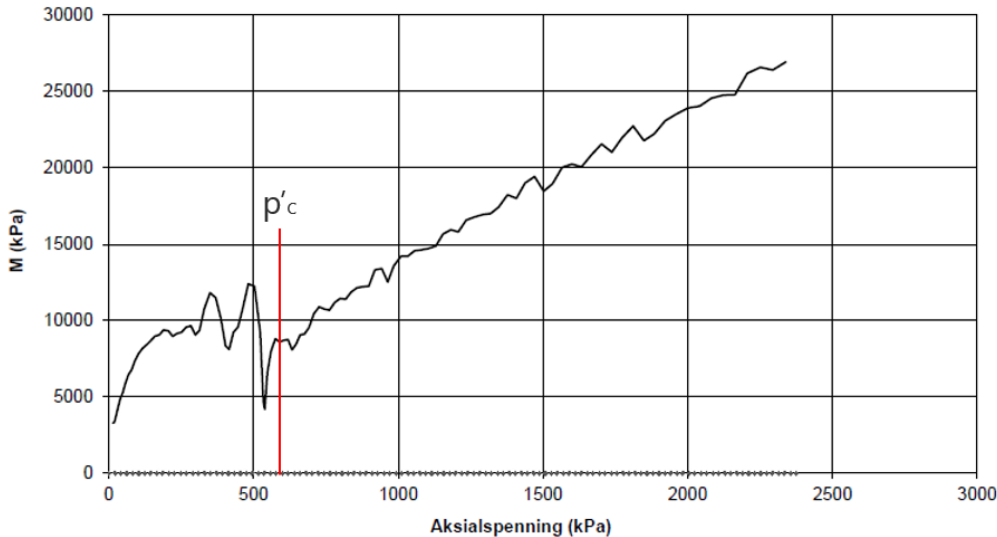
Borpunkt	Dybde [m]	K0 [-]	Antatt OCR [-]	$\tau_p$ [kPa]	$\tau_{\epsilon_s=2\%}$ [kPa]	$\Delta e/e_0$ [-]	Prøvekvalitet
N1	8,4	0.71	2-4	97,1	85,0	0,056	Dårlig

#### 6.4.2 Ødometerforsøk

Det er utført ett ødometerforsøk (CRS) på Ø54 sylinderprøve. Prøven er tatt i borpunkt N1 ved 8,5 meters dyp. Prekonsolideringsspenningen er tolket til å være 510 kPa ut fra resultatet av ødometerforsøket. Resultat av ødometerforsøket er vist i Figur 6.2. OCR er anslått til å være 3,2 basert på tolket prekonsolideringsspenning fra ødometerforsøk.

OCR har generelt i prosjekt blitt beregnet basert på tidligere terrengnivå. Fra Figur 4.5 og geomorfologien i prosjektområde er det tydelig at tidligere terreng har vært rundt kote +120 som tilsvarer marin grense, og at elver og bekker i ettertid har erodert og transportert bort masser til dagens terrengnivå. Denne tolkningen er i tråd med NGU sine tolkninger som er presentert i kap. 4.3. Beregnet OCR fra tidligere terrengnivå stemmer svært godt overens med anslått OCR basert på ødometerforsøk i borpunkt N1.

OCR er en viktig parameter ved tolkning av resultat fra utførte CPTu-sonderinger og har derfor blitt beregnet for hver enkel CPTu ved ulike dybder. OCR som er lagt til grunn for CPTu-tolkning fremgår i vedlegg B.



Figur 6.2 Resultat av ødometerforsøk

### 6.4.3 CPTu-sonderinger

Det er utført 6 CPTu-sonderinger fordelt på 6 borpunkt. Anvendelsesklasse 1 er oppnådd for alle sonderinger med unntak av CPTu utført i borpunkt N11, der poretrykk er klassifisert til å være anvendelsesklasse 2. Både spissmotstand og sidefriksjon har anvendelsesklasse 1 for CPTu i borpunkt N11.

CPTu i borpunkt N8 og N11 har større avvik i helningsverdi. Helningsavvikene er i hovedsak lokale og forventes å være forårsaket av treff av stein.

Resultatene av CPTu-sonderingene har blitt tolket med Statens vegvesen sitt CPTu-tolkningsark, versjon «v.2023.02». Tolkningsarkene er presentert i vedlegg B. Resultater fra utførte labforsøk er lagt inn i tolkningsarkene sammen med plot av ulike tolkningsmodeller av CPTu-dataen. Resultater fra konusforsøk og enaksforsøk er justert for antatte anisotropiforhold og er presentert som aktiv udrenert skjærstyrke i tolkningsark for udrenert skjærstyrke.

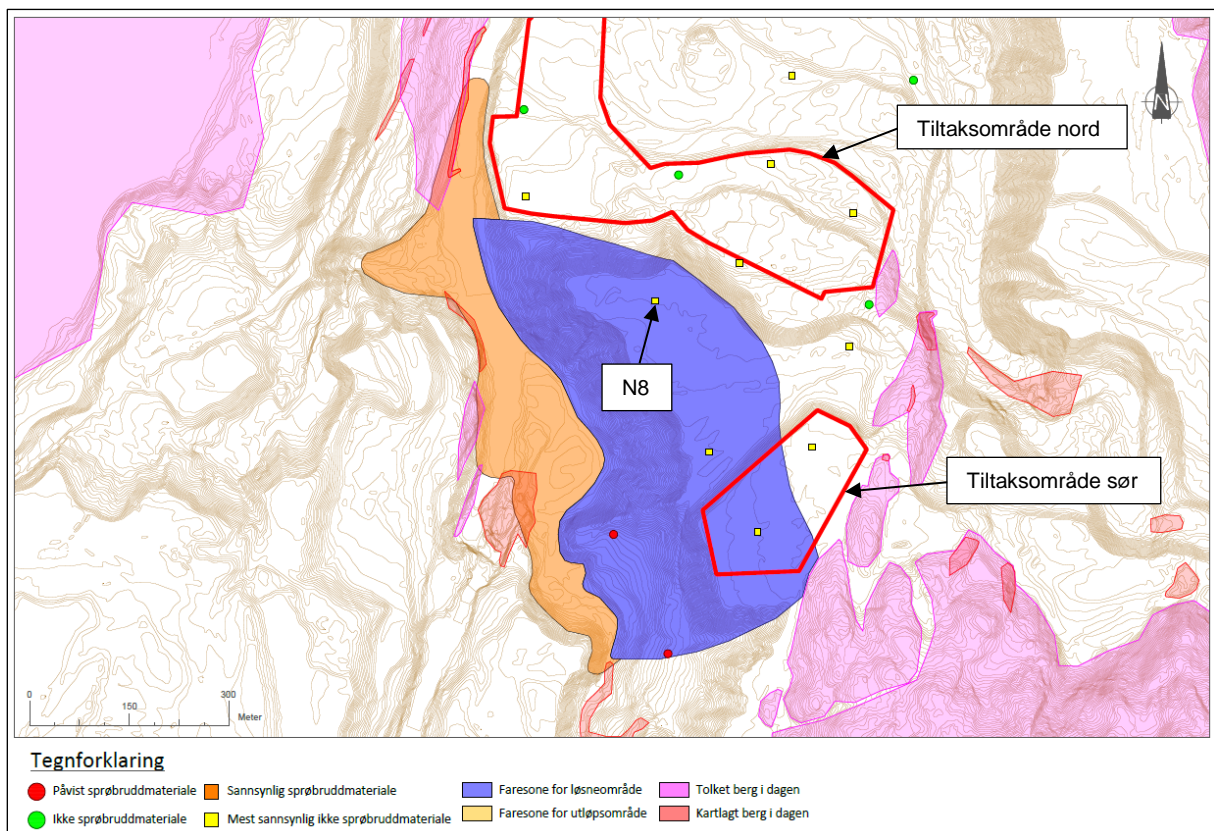
## 7 AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENSNING AV FARESONE

Relevant skredmekanisme for faresonene er vurdert iht. flytskjema i figur 4.3 i NVE veileder 1/2019. Ettersom det kun er påvist svært tynne lag med sprøbruddmateriale vil b/D-forholdet være under 40%. Aktuell skredmekanisme vurderes derfor å være rotasjon- eller flakskred grunnet b/D-forholdet.

Basert på resultater fra utførte grunnundersøkelser, observert berg i dagen fra befaring og terrengeanalyse har det blitt tegnet opp en faresone som er vist Figur 7.1. Lengden til faresone for løснеområde har blitt tegnet opp basert på anbefalingene i kap. 4.5.3 i NVE veileder 1/2019, der det fremkommer at lengden til løśnieområde for rotasjonsskred som regel ikke overstiger 5 ganger skråningshøyden. Faresone for løśnieområde er avgrenset i sør av en ravine og observert berg i dagen. I nord er faresonen avgrenset av borpunkt N15.

I borpunkt N8 ser det ut til at det kan være et tynt leirlag ved 52 meters dyp ved kote 55. Det er også observert et tynt leirlag rundt kote 55 der Tjyvåga munner ut i Beiarelva ved befaring. Det er ukjent om leirlaget har sprøbruddegenskaper. Tolket forløp av leirlag er vist i vedlegg A side A3. Platået der tiltaksområde nord er planlagt plassert ligger rundt kote +65. Det vurderes som ikke sannsynlig at dette leirlaget vil kunne føre til skredfare i skråningen sør for tiltaksområde nord, ettersom leirlaget for den nordlige skråningen vil ligge for dypt.

Utløpsområde er tegnet etter kriteriene gitt i kap. 4.6 i NVE veileder 1/2019. Flere steder har utløpsområdet blitt begrenset av stigende terreng. Det forventes at utløpsområde vil kunne strekke seg et mindre stykke nedstrøms i Beiarelva. Tiltaksområde nord er plassert på et platå som ligger omtrent 20 meter høyere i terrenget enn Beiarelva. Det vurderes derfor som usannsynlig at skredmasser fra et skred fra kartlagt faresone vil kunne få konsekvens for tiltaksområde nord.



Figur 7.1 Kartet viser utstrekning av kartlagt faresone, samt tolkning av grunnundersøkelser og observert berg i dagen

Tiltaksområde nord ligger ikke innenfor faresone for løsneområde eller utløpsområde for områdeskred. Tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred er dermed dokumentert i henhold til NVE veileder 1/2019 for tiltaksområde nord og områdestabilitetsutredningen avsluttes ved steg 8. Siden tiltaksområde sør ligger innenfor en faresone for løsneområde, kan ikke fare for områdestabilitet utelukkes for hele tiltaksområdet og områdestabilitet for tiltaksområde sør blir derfor nærmere vurdert.

## 8 KLASSIFISERING AV FARESONE

Klassifisering av faresone har blitt gjennomført iht. føringene gitt i NVE eksternrapport 9/2020 kapittel 4.1. Det bemerkes at faktorene som inngår i faregradevalueringen kan variere innenfor en og samme faresone og det er derfor gjort klassifisering av en rekke profiler, som vurderes som kritiske basert på ulike faktorer. Høyeste faregradsklassifiserte snitt definerer faregrad for sonen. Faregradsklassifisering for faresonen er basert på Antatt mest kritisk snitt er snitt B som er vist i vedlegg A. Det bemerkes at det ikke er påvist sprøbruddmateriale langs dette snittet, men det er heller ikke tilstrekkelig grunnlag for å avvise muligheten for at det befinner seg sprøbruddmateriale i skråningen i snittet. Snitt B vurderes å være mer kritisk enn snitt A på grunn av observert kraftig erosjon.

De påpekes at faregrad er vurdert basert på grunnundersøkelser som er prosjektspesifikke og ikke nødvendigvis er av omfang, type eller har en plassering som gjør grunnundersøkelsene egnet til å vurdere faresonene helhetlig. Ved bygging i eller i nærheten av faresonen som er presentert i denne rapporten skal faregrad og behov for supplerende grunnundersøkelser vurderes på nytt.

Der det er usikkerhet rundt enkelte faktorer som inngår i faregradevalueringen har det blitt valgt en konservativ verdi. Faregradsklassifiseringen er altså ikke en objektiv klassifisering som alene reflekterer sannsynlighet for skred, men vil også reflektere usikkerhet rundt grunnforholdene i faresonen. Supplerende grunnundersøkelser kan dermed føre til en eventuell nedklassifisering av faresonene.

Faresonen har fått en poengscore på 22, noe som plasserer faresonen i kategorien middels faregrad. Hvilke faktorer som inngår i faregradsklassifiseringen og begrunnelse for valgt poengsum er vist i Tabell 8.1. Faktorene i faregradsklassifiseringen er bestemt fra snitt B som er vist i vedlegg A.

Tabell 8.1 – Evaluering av faregrad for faresone

	Vekttall	Score	Poeng	Merknad
Tidligere skredaktivitet	1	1	1	Det er ikke markert skredkanter i NGU sitt løsmassekart (1:50 000). Ut fra skyggerelieffkart over området (Figur 4.2) er det ikke tydelige tegn til skredgroper og skredkanter fra større kvikkleireskred men dog noe skredaktivitet/potensielle initialscred. Det er ikke registrert skredhendelser i NVE Atlas. Lengre ned i dalen er det registrert flere kvikkleireskred i historisk tid. Score satt til lav.
Skråningshøyde	2	3	6	Skråningshøyden er over 30 meter i hele faresonen. Skråningshøyden er på 60 meter i snitt B. Score satt til høy (skråningshøyde >30 meter)
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	Løsmasser som ligger nær marin grense antas å være tilnærmet normalkonsolidert. I bunnen av skråningen forventes løsmassene å være overkonsolidert som følge av boreroderte overliggende masser. OCR forventes å være over 2 i bunnen av skråningen. Det henvises til nærmere beskrivelse av OCR i kap. 6.4. Score settes til noe (OCR: 1,2-1,5).
Poretrykk	3	0	0	Det er registrert noe poreundertrykk i borpunkt N3. Hydrostatisk poretrykk antas konservativt.
Kvikkleiremektighet	2	0	0	Sprøbruddmateriale er kun påvist i tynne lag i borpunkt N1 og N3. Det henvises til kap. 6.2. Score satt til ingen.
Sensitivitet	1	2	2	Sensitivitet til sprøbruddmateriale er kun målt i borpunkt N1. Sensitiviteten er målt til å være 26 og 38. Score satt til noe (st: 30-100).
Erosjon	3	3	9	Erosjon ved snitt B er vurdert til å være kraftig. Det henvises til kap. 5 for nærmere beskrivelse av erosjonsforhold. Score satt til høy (kraftig erosjon).
Inngrep	3	0	0	Ved snitt C ser det ut til at det ikke har blitt gjort inngrep i terrenget. Det er bygd veier og boliger innenfor den sørlige delen av faresonen. Ut fra skyggerelieffkart (Figur 4.2) ser det ikke ut til at terrenget har blitt endret betydelig som følge av de menneskelige inngrepene. Score satt til ingen (ingen forverring)
Samlet poengscore	-	-	22	Middels faregrad
Lav faregrad: 0-17 poeng Middels faregrad: 18-25 poeng Høy faregrad: 26-51 poeng				

## 9 KRITISKE SNITT OG MATERIALPARAMETERE

Det er tatt ut to kritiske snitt som er vist i vedlegg A. Snitt A går langs sørsiden av faresonen mellom borpunkt N1 og N3 der det er påvist sprøbruddmateriale. Snitt B er plassert nord i faresonen der det er observert kraftig erosjon og leirlag fra befarings. Stabilitetsforhold er undersøkt langs snitt A med stabilitetsberegninger som er vist i vedlegg C.

Utførte CPTu-sonderinger, treaksforsøk, konusforsøk og enaksforsøk i borpunkt N1 og N2 danner grunnlaget for bestemmelse av SuA-profil for leirlaget i snitt A. SuA-profilene som er benyttet i stabilitetsberegninger er vist i vedlegg B. SuA-profil er bestemt etter anbefalingene i NIFS-rapport nr.77/2014. Styrkeparametere som er benyttet i stabilitetsberegninger er oppsummert i Tabell 9.1.

Tolket lagdeling i snitt er ansett å være en konservativ tolkning basert på tilgjengelig grunnlag, med tynne sammenhengende lag med sprøbruddmateriale.

Tabell 9.1 Styrkeparametere for løsmasser i snitt A

Navn	SuA [kPa]	SuA regnet fra	Friksjonsvinkel	Attraksjon/koheasjon [kPa]	Henviising
Sand	-	-	36	0	Vedlegg B, side B3 og B9
Leire	50 kPa + 3,8 kPa/m	Terreng	-	-	Vedlegg B, side B2 og B8
Morene	-	-	37	0	-



## 10 STABILITETSVURDERINGER

Stabilitetsberegninger er utført i programmet SLIDE2 (versjon 9.007) med metode JANBU. Programmet SLIDE2 klarer å søke frem både sirkulære og ikke-sirkulære (optimaliserte, sammensatte) brudd.

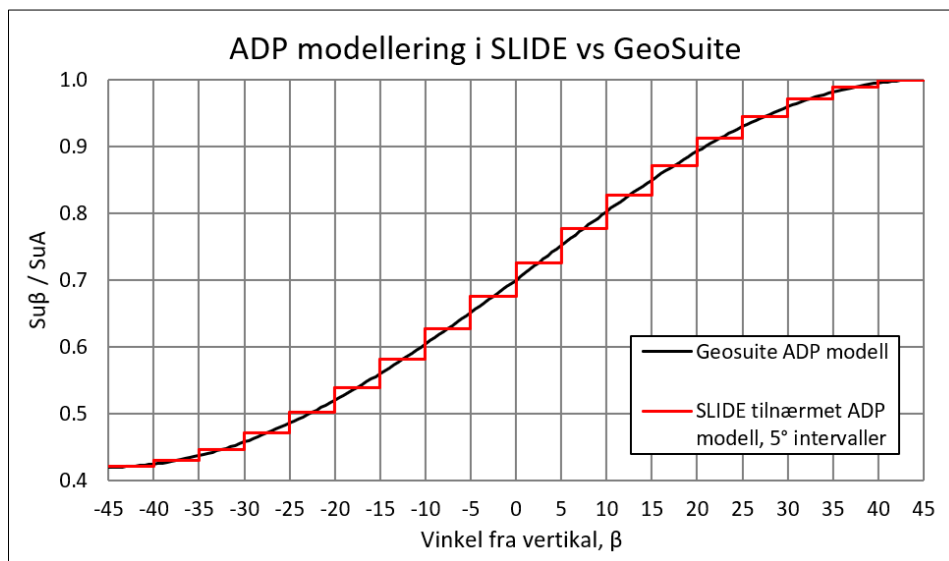
Effektivspenningsanalyser utføres i alle tilfeller som  $\alpha\phi$ -reduksjon mens totalspenningsanalyser utføres på både su og ADP-basis. Det vil fremgå tydelig av hver enkelt beregning hvilken analysemetode som har blitt benyttet.

Formålet med stabilitetsberegningene er i hovedsak å fastsette kritiske bruddsirkler til bruk i fastsettelse av skredmekanisme, og ikke nødvendigvis å fastsette en sikkerhetsfaktor.

### 10.1 Modellering av anisotropiforhold (ADP)

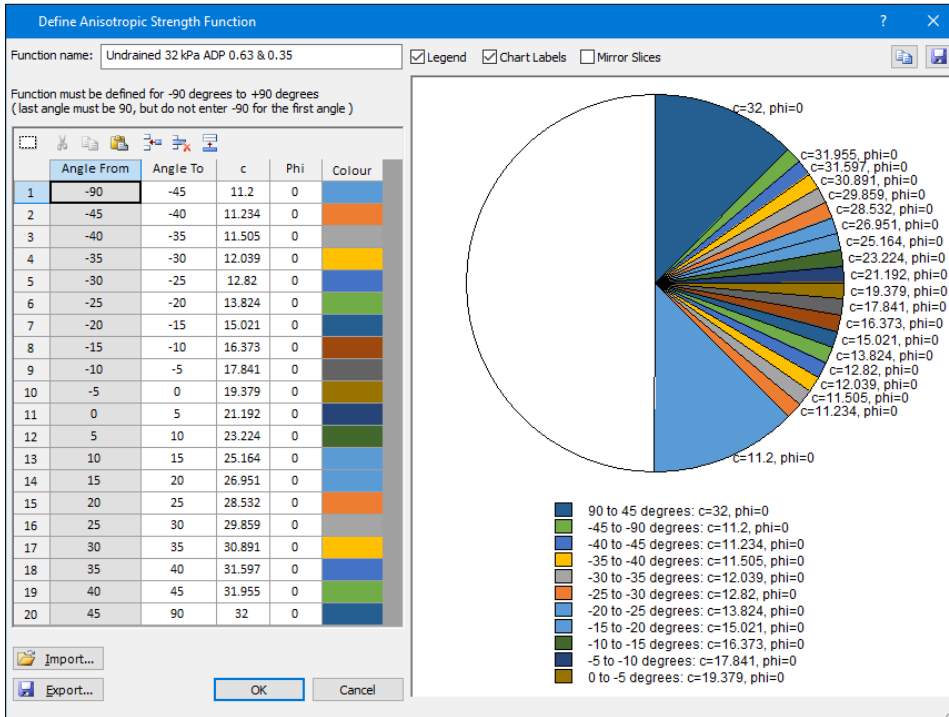
Modellering av anisotropiforhold i SLIDE ved totalspenningsanalyse på ADP-basis gjøres i henhold til metoden beskrevet i kap. 4.2 i NIFS rapport 75/2012. Modelleringen har til hensikt å etterligne metoden som benyttes i Geosuite Stability som er den mest anvendte software for stabilitetsberegninger på det norske marked.

Av Figur 10.1 fremgår en sammenligning av modellen som benyttes i Geosuite Stability og den tilnærmede modellen som benyttes i SLIDE. I dette prosjektet anvendes en tilnærming med 5 graders intervaller – noe som vurderes til å gi tilstrekkelig nøyaktighet.



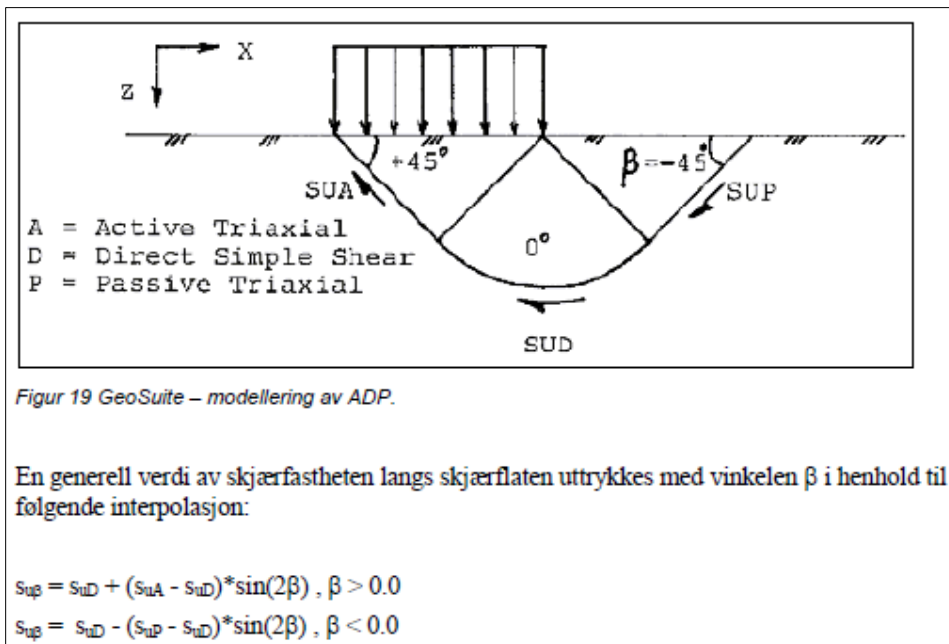
Figur 10.1 Tilnærmet ADP modell for SLIDE med 5 graders intervaller.

Eksempel på definisjon av anisotropifunksjon i SLIDE for en bløt til middelsfast leire med  $Su_A = 32$  kPa og ADP faktorer 0,63 / 0,35 og bruddretning fra høyre mot venstre fremgår av Figur 10.2. Som det fremgår er det utenom gyldighetsintervallet til Geosuite sin ADP modell som rekker fra  $-45^\circ$  til  $45^\circ$ , benyttet  $Su_\beta$  svarende til hhv.  $-45^\circ$  og  $45^\circ$ .



Figur 10.2 Eksempel på anisotropifunksjon i SLIDE, utklipp av materialedefinisjon

Geosuite sin metode for modellering av ADP forhold fremgår av Figur 10.3.



Figur 19 GeoSuite – modellering av ADP.

En generell verdi av skjærfastheten langs skjærflaten uttrykkes med vinkelen  $\beta$  i henhold til følgende interpolasjon:

Figur 10.3 Geosuite modellering av ADP forhold, utklipp av manual

$I_p$  er ikke fastlagt for antatt kritisk leirlag. ADP-faktorer for leirlaget i stabilitetsberegningene er derfor forsiktig antatt å være  $c_{uD}/c_{uC}=0,63$  og  $c_{uE}/c_{uC}=0,35$ . Benyttede ADP-faktorer tilsvarer laveste anbefalte ADP-faktorer i NIFS rapport 14/2014 ref. [7] som er anbefalt brukt for leirer med  $I_p < 10\%$

## 10.2 Resultater av stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger langs ett snitt i tiltaksområde sør. Snittet (snitt A) er vist i vedlegg A. Utførte stabilitetsberegninger er vist i vedlegg C og resultatene er oppsummert i Tabell 10.1. Stabilitetsberegningen for dagens situasjon i snitt A indikerer at stabiliteten til skråningen er ustabil ettersom det er beregnet en bygningsmessig sikkerhetsfaktor på rundt 1. Det påpekes at beregnet stabilitet er basert på tolkninger og antagelser om lagdeling, styrkeparametere og hydrologiske forhold ut fra et begrenset geoteknisk grunnlag. Funn av torvresten og andre humusholdige masser til stort dyp og formen til terrenget ved snitt A indikerer at det har gått ras tidligere. Tidligere skredaktivitet kan tyde på at skråningene i området står med lav sikkerhet/tilnærmet naturlig rasvinkel. Beregnet stabilitet lever ikke opp til stabilitetskrav for tiltak i tiltakskategori K4 innenfor en faresone for områdeskred etter NVE veileder 1/2019. Det henvises til kap. 2.2 for nærmere beskrivelse av stabilitetskrav for tiltak i tiltakskategori 4.

Generelt vurderes det at dagens stabilitet til skråninger med skråningsfot som ender i Tjyvåga og Beiraelva står med helning tilnærmet lik naturlig rasvinkel og at sikkerhetsfaktor er på rundt 1.

Ettersom beregnet sikkerhet for dagens situasjon ikke er tilstrekkelig er det undersøkt hva som skal til av stabiliserende tiltak for å oppfylle krav til prosentvis forbedring. For tiltak i tiltakskategori K4 og middels faregrad stilles det krav om forbedring av stabilitet i tabell 3.3 i NVE veileder 1/2019. For faresoner med sikkerhetsfaktor rundt 1 stilles det krav om 10% forbedring av sikkerhetsfaktor fra figur 3.3 i NVE veileder 1/2019, noe som tilsvarer en sikkerhetsfaktor på 1,10. Utførte stabilitetsberegninger viser at man kan oppnå forbedring av stabilitet dersom man utslaker skråninger til en helning på 1:2,75 i øvre del av skråningen som vist i vedlegg C side C2. Stabilitetsberegningene antar at byggverk innenfor faresonen er bygget med kompensert fundamentering slik at belastningen på skråningen ikke øker som følge av tiltaket. Utførte stabilitetsberegninger er kun ment for å gi en inntrykk av hvilket omfang av stabiliserende tiltak som bør forventes for å oppnå tilstrekkelig stabilitet for utbygging i faresonen. Stabilitetsberegninger i flere snitt er nødvendig for å nærmere vurdere stabiliserende tiltak i faresonen. Plassering og utstrekning av tiltak og belastning på skråningen må også hensyntas i stabilitetsberegningene.

Det er ikke utført effektivspenningsanalyser der det er benyttet drenerte parametere for leirlaget, fordi udrenert situasjon vurderes å være mest kritisk. Ved eventuell detaljprosjektering av stabiliserende tiltak skal tilstrekkelig stabilitet i drenert situasjon dokumenteres med effektivspenningsanalyser.

I tillegg må krav til lokalstabilitet vurderes i forbindelse med en eventuell utbygging. Det påpekes at krav til lokalstabilitet kan være strengere enn krav til områdestabilitet for tiltaket og dermed kan være styrende for omfang og utforming av eventuelle stabiliserende tiltak.

Tabell 10.1 Oppsummering av resultater fra utført stabilitetsberegninger

Snitt	Analysemetode	Sikkerhetsfaktor	Referanse	Merknad
A	Totalspenningsanalyse	0,98	Vedlegg C side C1	Dagens situasjon
A	Totalspenningsanalyse	1,13	Vedlegg C side C2	Redusert skråningshelning (1:2,75)
A	Totalspenningsanalyse	1,20	Vedlegg C side C3	Redusert skråningshelning (1:3)

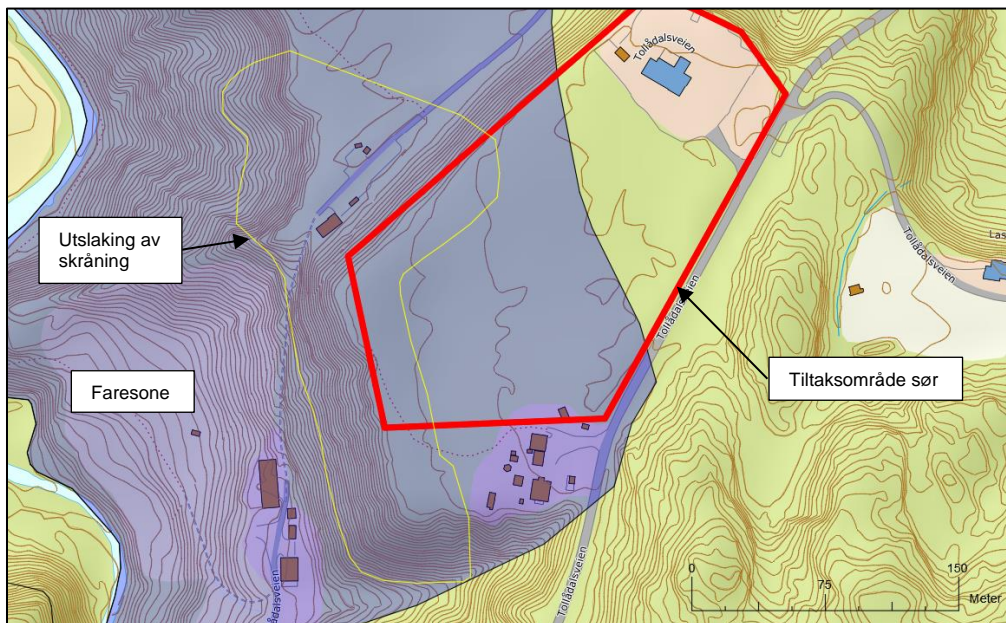
## 11 STABILISERENDE TILTAK

For det nordlige tiltaksområde er det ikke behov for stabiliserende tiltak for å tilfredsstillende NVE veileder 1/2019 sine krav til sikkerhet for områdestabilitet. Det påpekes at det kan bli behov for stabiliserende tiltak for å tilfredsstillende krav til lokalstabilitet. Lokalstabilitet er ikke vurdert for planlagte tiltak i denne rapporten.

For å tilfredsstillende stabilitetskrav for områdestabilitet for det sørlige tiltaksområde kan det utføres stabiliserende tiltak. På grunn av høye og bratte skråninger i tillegg til lav beregnet stabilitet i dagens situasjon, kan det bli behov for relativt omfattende stabiliserende tiltak dersom det skal bygges ut på toppen av skråningen i det sørlige tiltaksområde. Relevante stabiliserende tiltak kan være motfylling i bunnen av skråningene, grave bort masser for å redusere skråningshelningen eller grave bort masser på toppen av skråningen for å redusere skråningshøyden.

Å etablere motfylling i bunnen av skråningen kan bli utfordrende grunnet bebyggelse og veier i området, samt at Tjyvåga går langs foten av skråningene. Å redusere skråningshelningen vurderes som det mest egnede tiltaket og er innledningsvis vurdert med stabilitetsberegninger som er omtalt i kap. 10.2. Hvis det velges å gå videre med planer om å bygge ut det sørlige tiltaksområde bør det utføres supplerende grunnundersøkelser slik at man får et bedre grunnlag for detaljprosjektering av stabiliserende tiltak. En kombinasjon av de nevnte stabiliserende tiltak bør også undersøkes. Figur 11.1 viser en grov skisse av nødvendig omfang av utslaking av skråning for å oppnå tilstrekkelig forbedring av stabilitet. Det påpekes at skissert omfang av utslaking av skråning kun er ment for å gi et grovt inntrykk av størrelsen på sikringstiltak som kan bli aktuell ved utbygging og at skissert omfang kun er basert på stabilitetsberegninger langs ett enkelt snitt. Sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig lokalstabilitet kan være mer omfattende enn skissert omfang.

Ettersom Tjyvåga og Beiarelva går langs foten av skråningen i faresonen for løseområde kan det bli aktuelt med erosjonssikring langs elvene. I den sørlige delen av faresonen er det observert lite erosjon i Tjyvåga. Fra befaring ble det observert morenemasser i løsmasseblotninger langs store deler av Tjyvåga og det er dermed lite trolig at det kan finnes lag med sprøbruddmateriale i nærheten av Tjyvåga som kan påvirkes av mindre erosjon. Ved utbygging av det sørlige tiltaksområde bør behov for erosjonssikring vurderes nærmere etter at det er utført supplerende grunnundersøkelser som vil gi mer informasjon om utstrekning av sprøbruddmateriale. All erosjon som kan forverre stabiliteten av faresonen, slik at planlagte tiltak blir mer utsatt for å bli rammet av et områdeskred, skal forhindres med erosjonssikring.



Figur 11.1 Grov skissering av areal med nødvendig utslaking av skråning (gul). Tiltaksområde sør er tegnet inn i rødt

## 12 KONKLUSJON

Basert på de utførte grunnundersøkelser er det ikke tegnet opp faresoner for områdeskred innenfor tiltaksområde nord. Tiltaksområde nord tilfredsstillende dermed krav til områdestabilitet i steg 8 i NVE veileder 1/2019 sin prosedyre for utredning av områdeskredfare.

Det sørlige tiltaksområde ligger delvis innenfor den nye faresonen. For at det skal kunne utbygges innenfor nåværende opptegnede faresone, må det utføres stabiliserende tiltak for faresonen for å kunne dokumentere tilfredsstillende sikkerhet i henhold til kap. 3.3.6 i NVE veileder 1/2019. Tilfredsstillende stabilitet skal være dokumentert med stabilitetsberegninger. Stabiliserende tiltak er ikke prosjektert på nåværende tidspunkt ettersom dette vil kreve detaljert informasjon om blant annet plassering, utstrekning og last fra planlagt tiltak. For deler av tiltaksområde som ligger utenfor den kartlagt faresonen er krav til områdestabilitet i henhold til NVE veileder 1/2019 oppfylt.

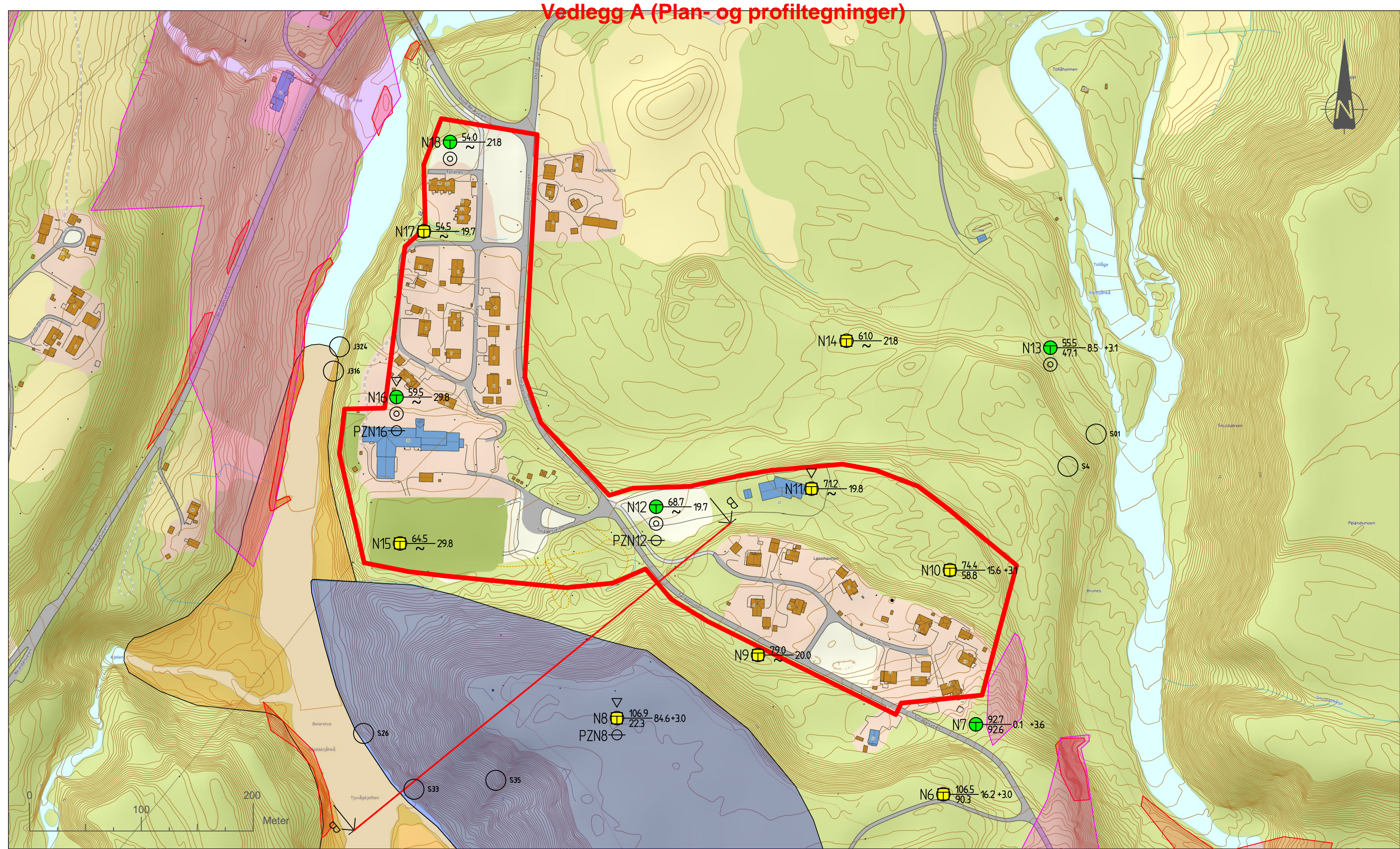
Dersom det blir aktuelt å gå videre med planene om å bygge ut det sørlige tiltaksområde, anbefales det å utføre mer målrettede grunnundersøkelser i den kartlagte faresonen, slik at man har grunnlag for å innsnevre faresonen. Det vurderes som svært sannsynlig at nåværende opptegnede faresone kan reduseres i utstrekning eller helhetlig utelukkes dersom supplerende grunnundersøkelser utføres. Supplerende grunnundersøkelser er også å anbefale for å få et bedre grunnlag for dimensjonering av stabiliserende tiltak, dersom faresonen ikke kan begrenses slik at den ikke har påvirkning på det sørlige tiltaksområde.

Det påpekes at krav til lokalstabilitet kan være strengere enn krav til områdestabilitet og kan være styrende for behov for supplerende grunnundersøkelser eller stabiliserende tiltak. Å bygge nær skråningstopp i tiltaksområde sør kan dermed bli utfordrende selv i et tilfelle der supplerende grunnundersøkelser kan utelukke fare for områdeskred, med tanke på at dagens skråninger antagelig står nær naturlig rasvinkel.

## 13 REFERANSER

- [1] NVE Veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred, NVE, 2020.
  - [2] «Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK 17),» Kommunal og moderniseringsdepartementet, 2017.
  - [3] Veileder 2, Flaum- og skredfare i arealplaner, NVE, 2011.
  - [4] «Grunnundersøkelse Løssiheimen og Tollånes boligfelt, Beiarn kommune, Geoteknisk datarapport, 23019 nr.1,» Løvlien Georåd, 2023.
  - [5] «Oppfølgende undersøkelser av noen sand- og grusforekomster i Beiarn kommune, Nordland fylke,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), 1985.
  - [6] Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, Statens Vegvesen, 2022.
  - [7] «NIFS rapport 14, Naturfareprosjekt Dp.6 Kvikkleire, En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering i norske leirer,» NVE, 2014.
-

# Vedlegg A (Plan- og profiltegninger)

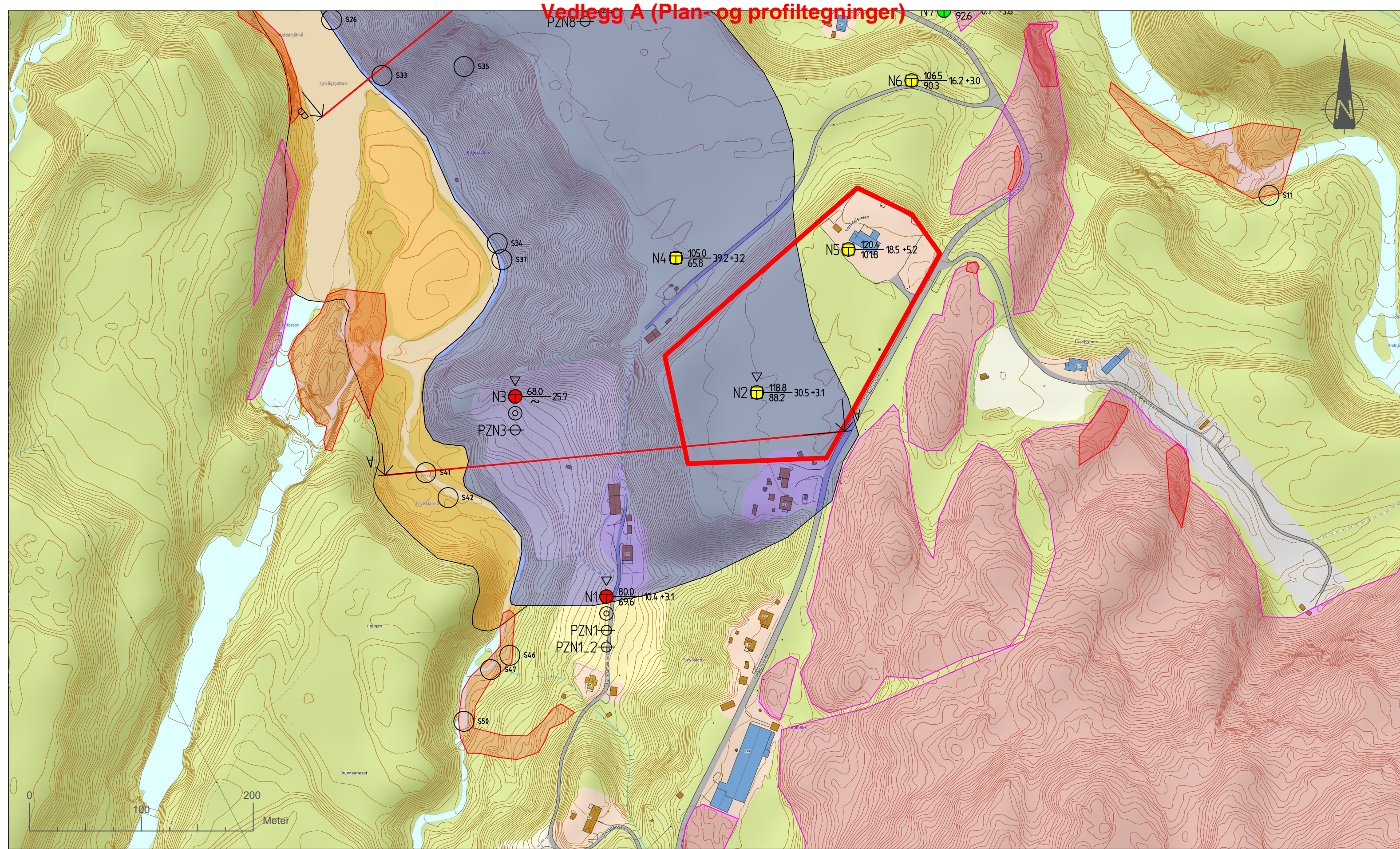


## Tegnforklaring

- |  |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <span style="color: red;">●</span> Påvist sprøbruddmateriale | <span style="color: orange;">■</span> Sannsynlig sprøbruddmateriale           | <span style="color: blue;">■</span> Faresone for løsneområde    | <span style="color: magenta;">■</span> Tolket berg i dagen | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">○</span> Plassering av befaringsbilde |
| <span style="color: green;">●</span> Ikke sprøbruddmateriale | <span style="color: yellow;">■</span> Mest sannsynlig ikke sprøbruddmateriale | <span style="color: yellow;">■</span> Faresone for utløpsområde | <span style="color: red;">■</span> Kartlagt berg i dagen   |  |

- |  |
|--|
| <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊕</span> Totalsondering       |
| <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊙</span> Prøveserie           |
| <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊖</span> Poretryksmåler       |
| <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">▽</span> Trykksondering, CPTu |
| Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt kote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)      |

# Vedlegg A (Plan- og profiltegninger)



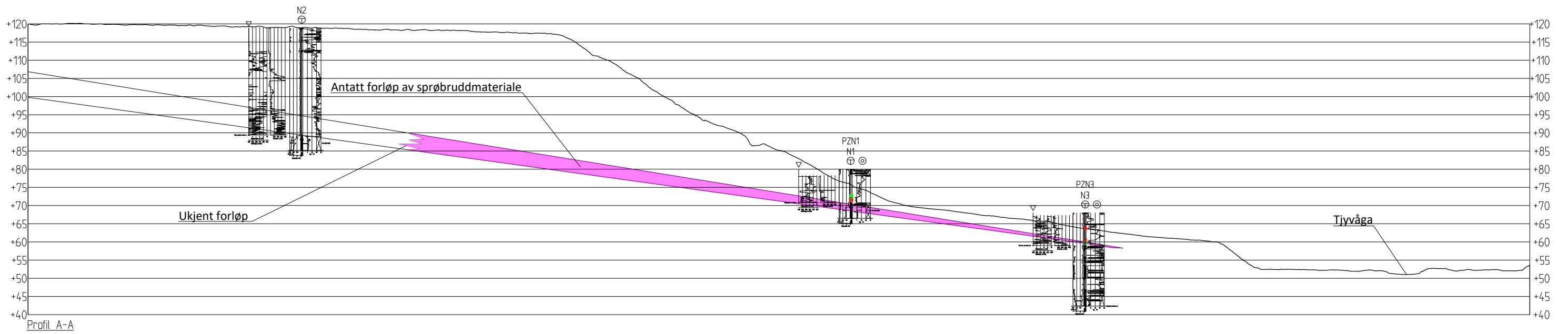
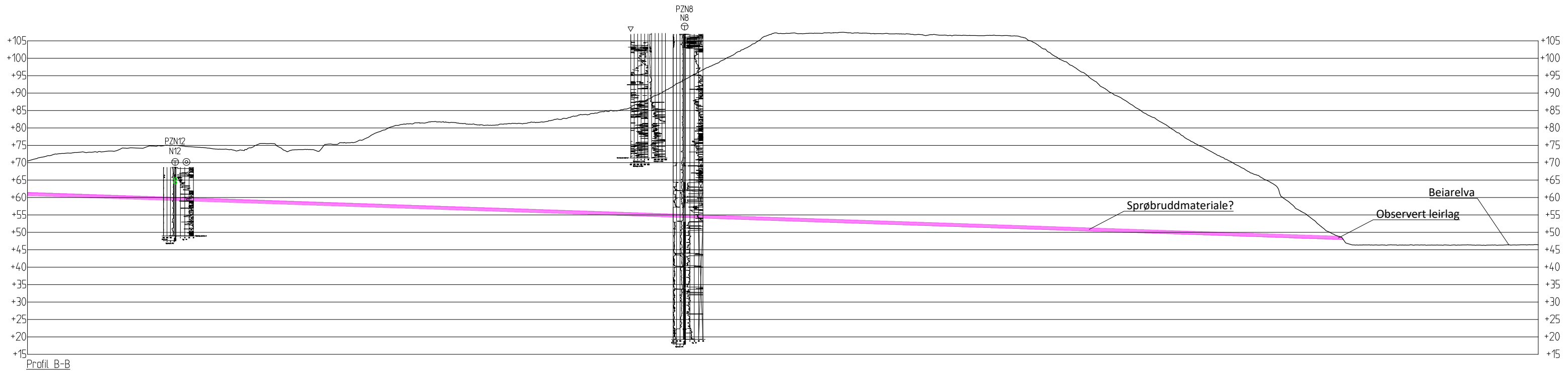
## Tegnforklaring

- |  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
| <span style="color: red;">●</span> Påvist sprøbruddmateriale | <span style="color: orange;">■</span> Sannsynlig sprøbruddmateriale           | <span style="color: blue;">■</span> Faresone for løsneområde         | <span style="color: magenta;">■</span> Tolket berg i dagen | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">○</span> Plassering av befaringsbilde |
| <span style="color: green;">●</span> Ikke sprøbruddmateriale | <span style="color: yellow;">■</span> Mest sannsynlig ikke sprøbruddmateriale | <span style="color: lightyellow;">■</span> Faresone for utløpsområde | <span style="color: red;">■</span> Kartlagt berg i dagen   |  |

- |   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊕</span> Totalsondring   | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊙</span> Prøveserie | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">⊖</span> Poretryksmåler | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">▽</span> Trykksondring, CPTu |
| Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt kote}}$ Boret dybde + (boret i fjell) |  |  |   |



# Vedlegg A (Plan- og profiltegninger)



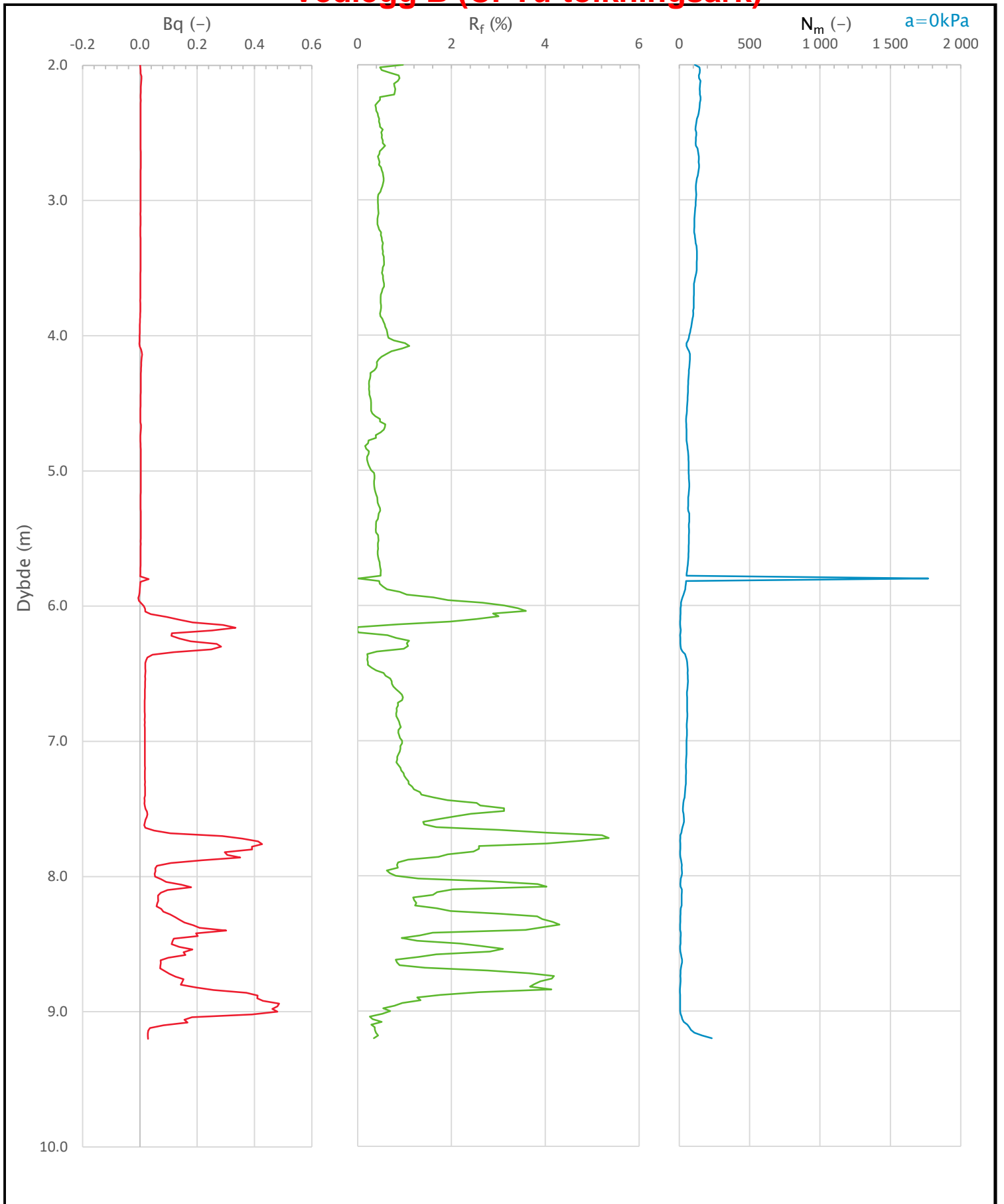
Antatt sprøbruddmateriale/kvikkleire


Resultat av konusforsøk

○ sr > 1,27 kPa    ⊗ sr < 0,5 kPa

○ sr < 1,27 kPa

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	<b>SOHJ</b>	<b>MAAG</b>	<b>JAJE</b>		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>4</b>
	<b>Ekstern konsulent</b>	<b>16.05.2023</b>	Rev. dato		

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

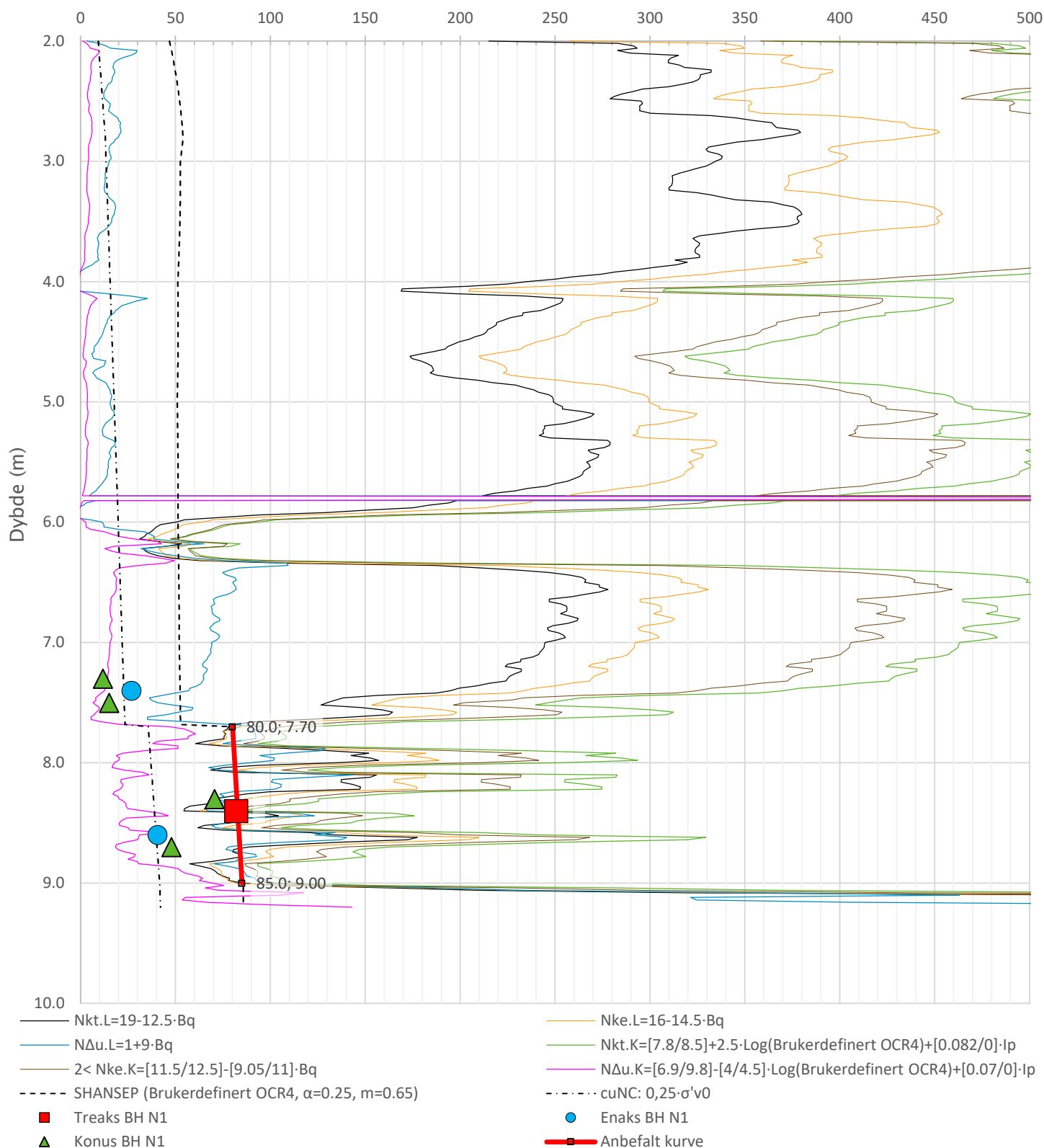
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH N1:  $c_uC/c_{ucptu} = 1.000$

Enaks BH N1:  $c_{uuc}/c_{ucptu} = 0.630$

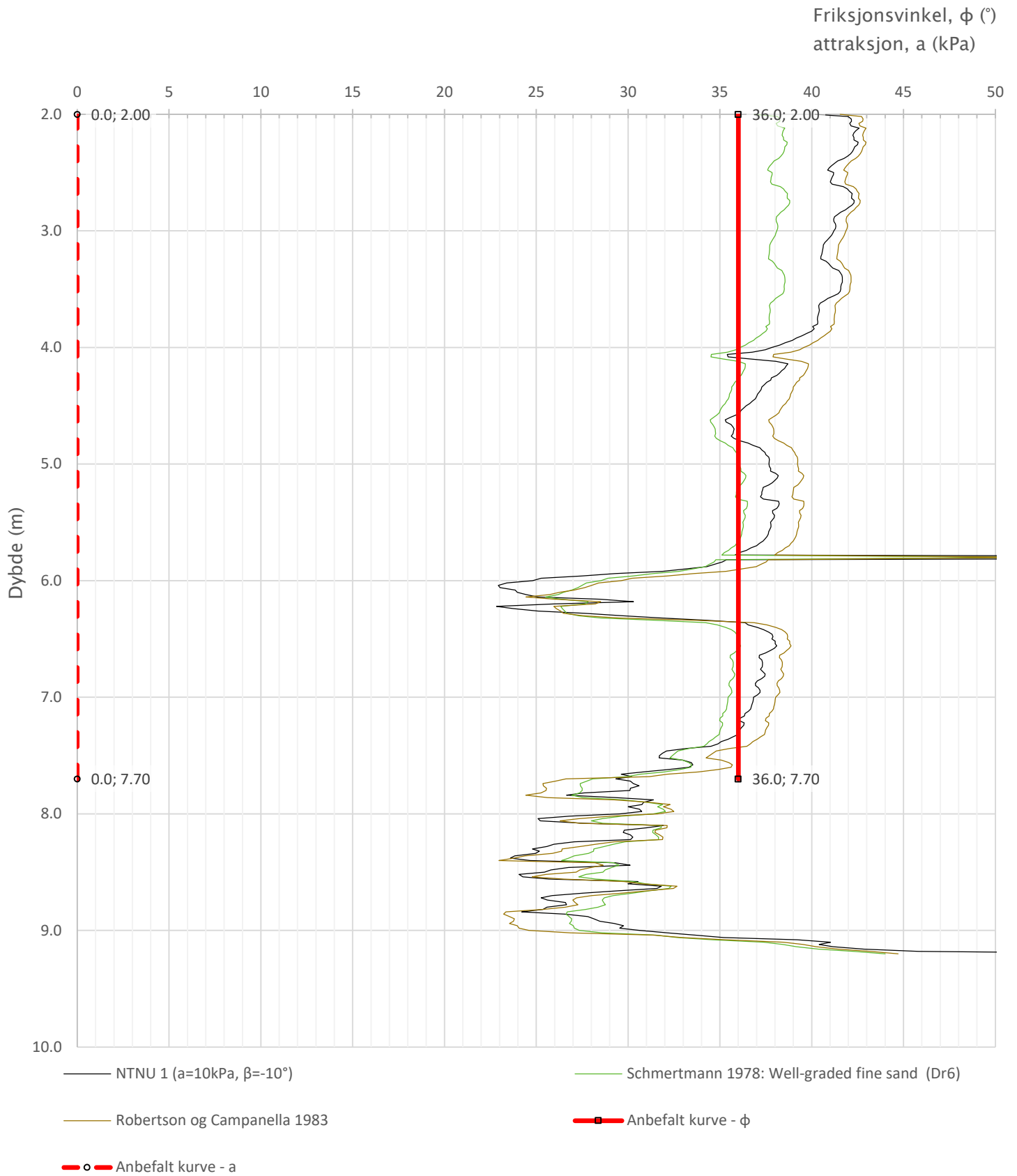
Konus BH N1:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0.630$


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



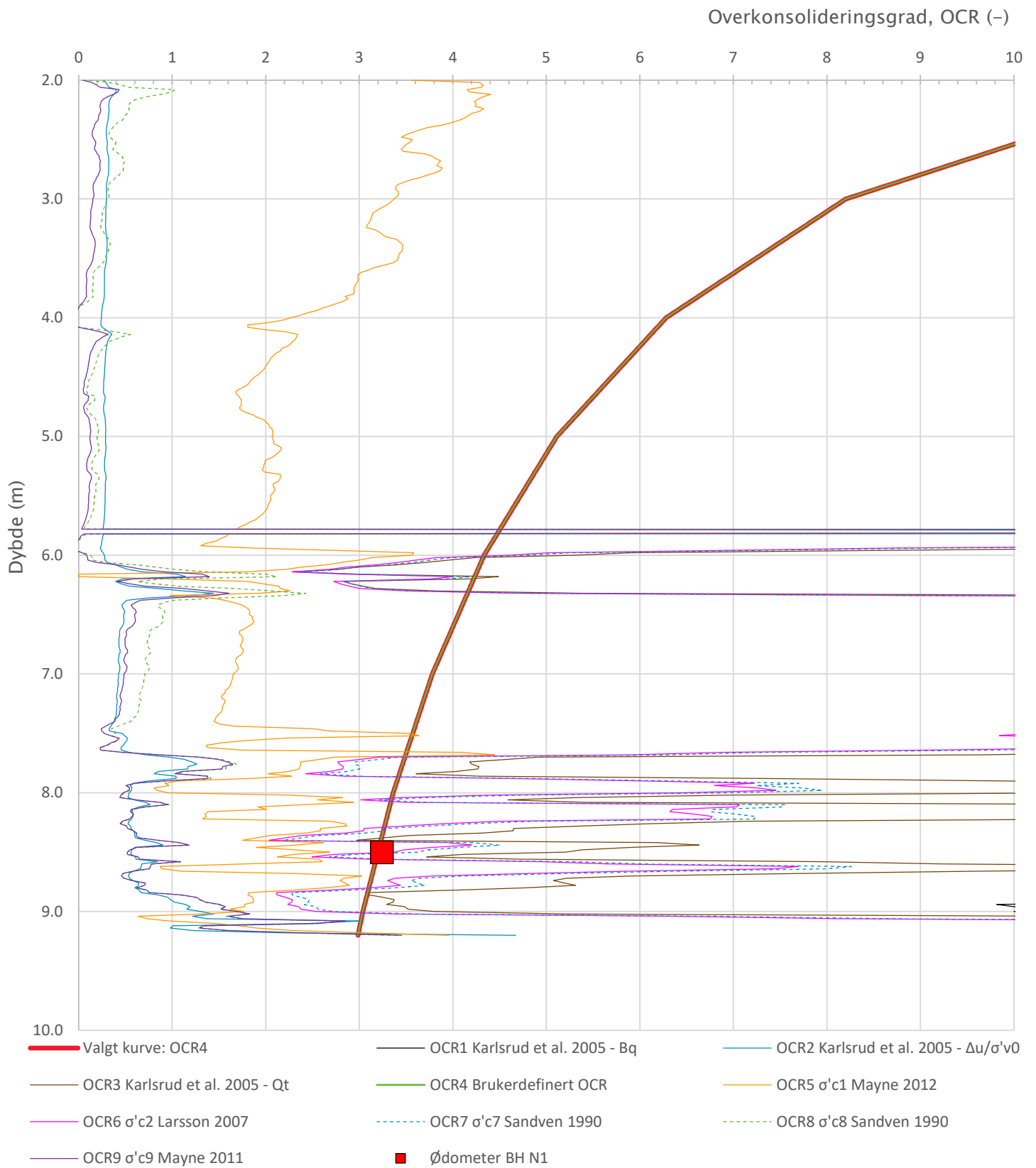
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	16.05.2023	Rev. dato	<b>5</b>	

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
Divisjon <b>Ekstern konsulent</b>	Dato sondering		Revisjon	Figur	
	16.05.2023		Rev. dato	<b>6</b>	

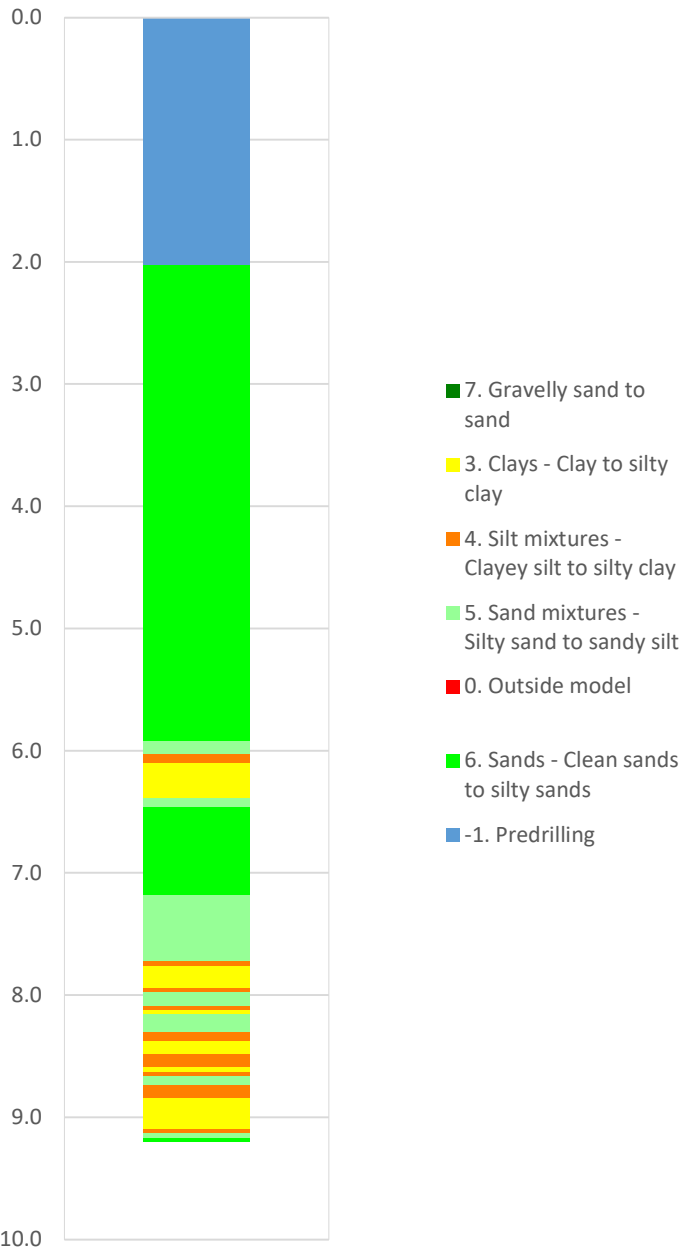
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



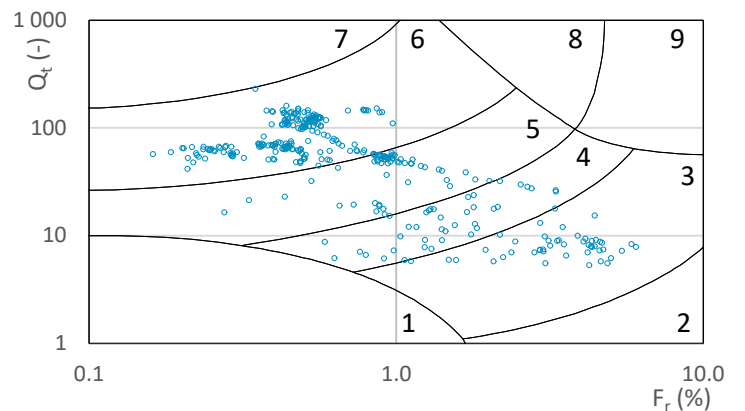
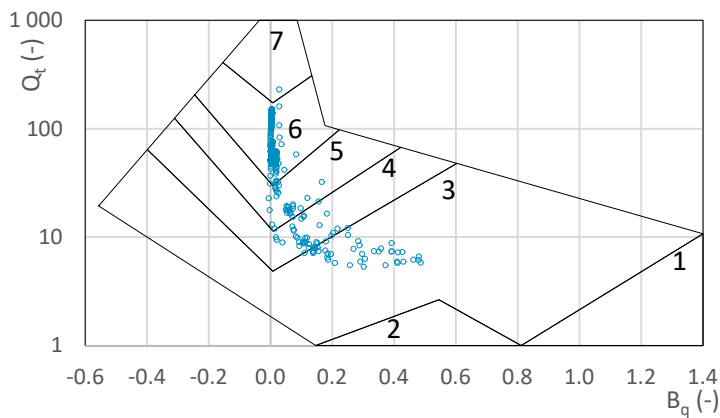
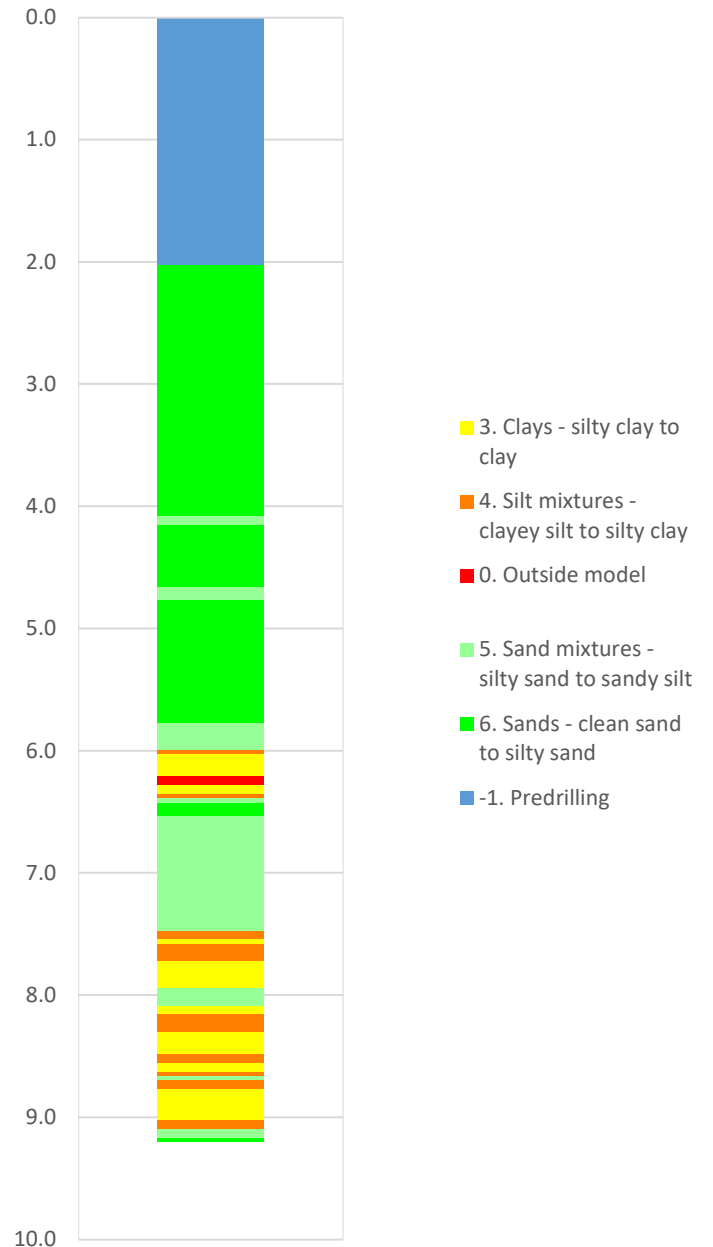
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>8</b>
	Ekstern konsulent	16.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



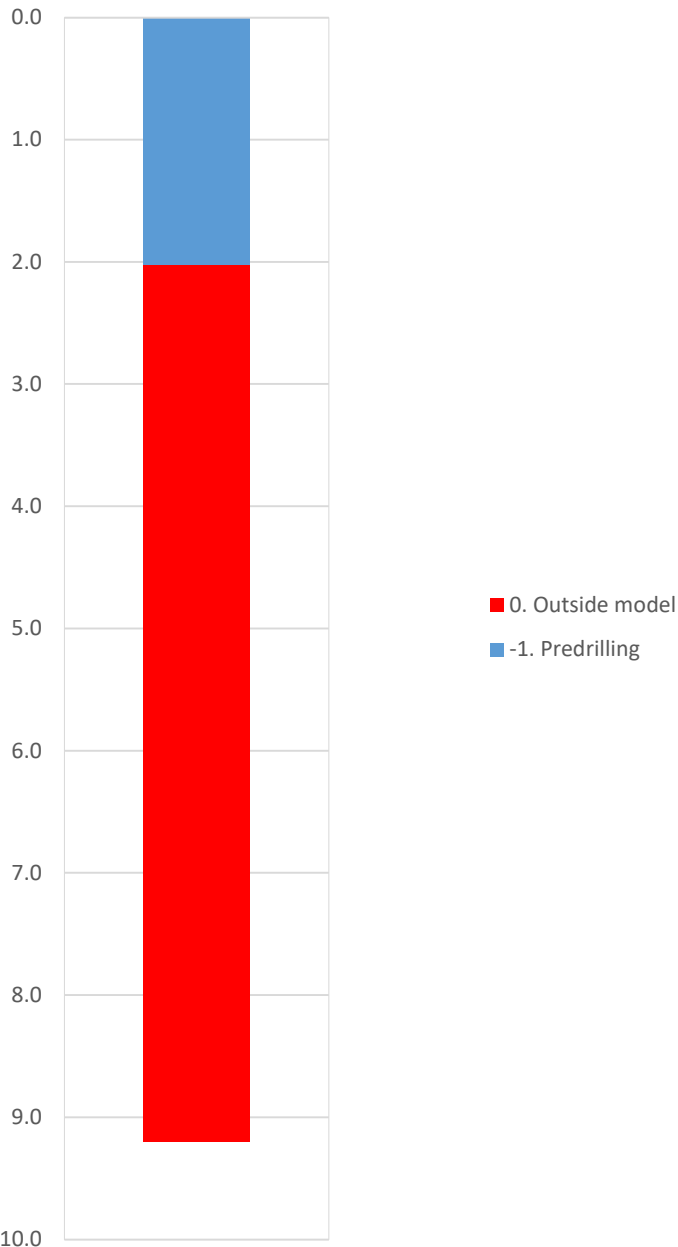
Robertson 1990 (Fr-Qt)



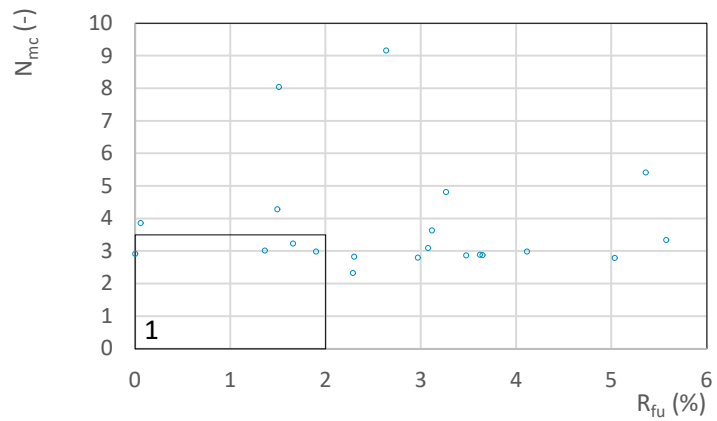
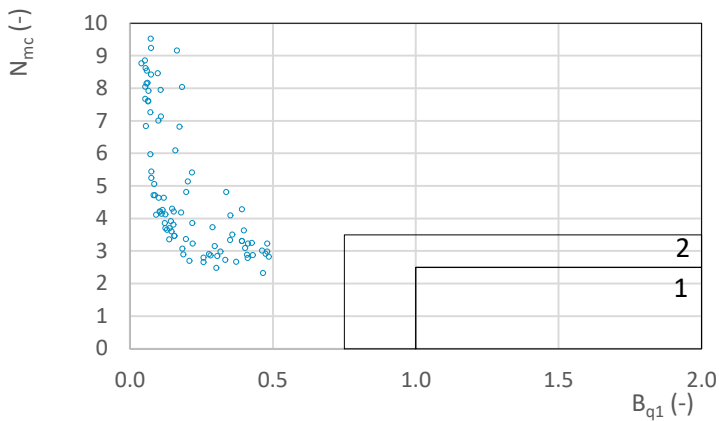
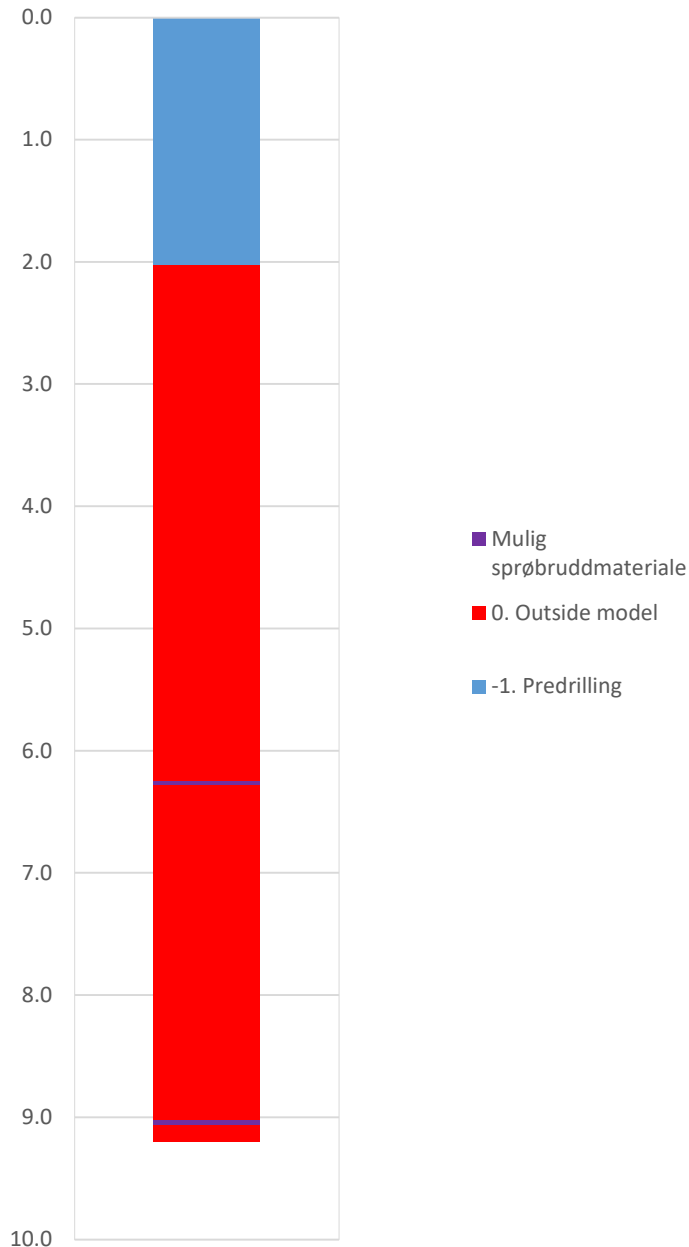
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold			Sondenummer		
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	16
	Ekstern konsulent	16.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

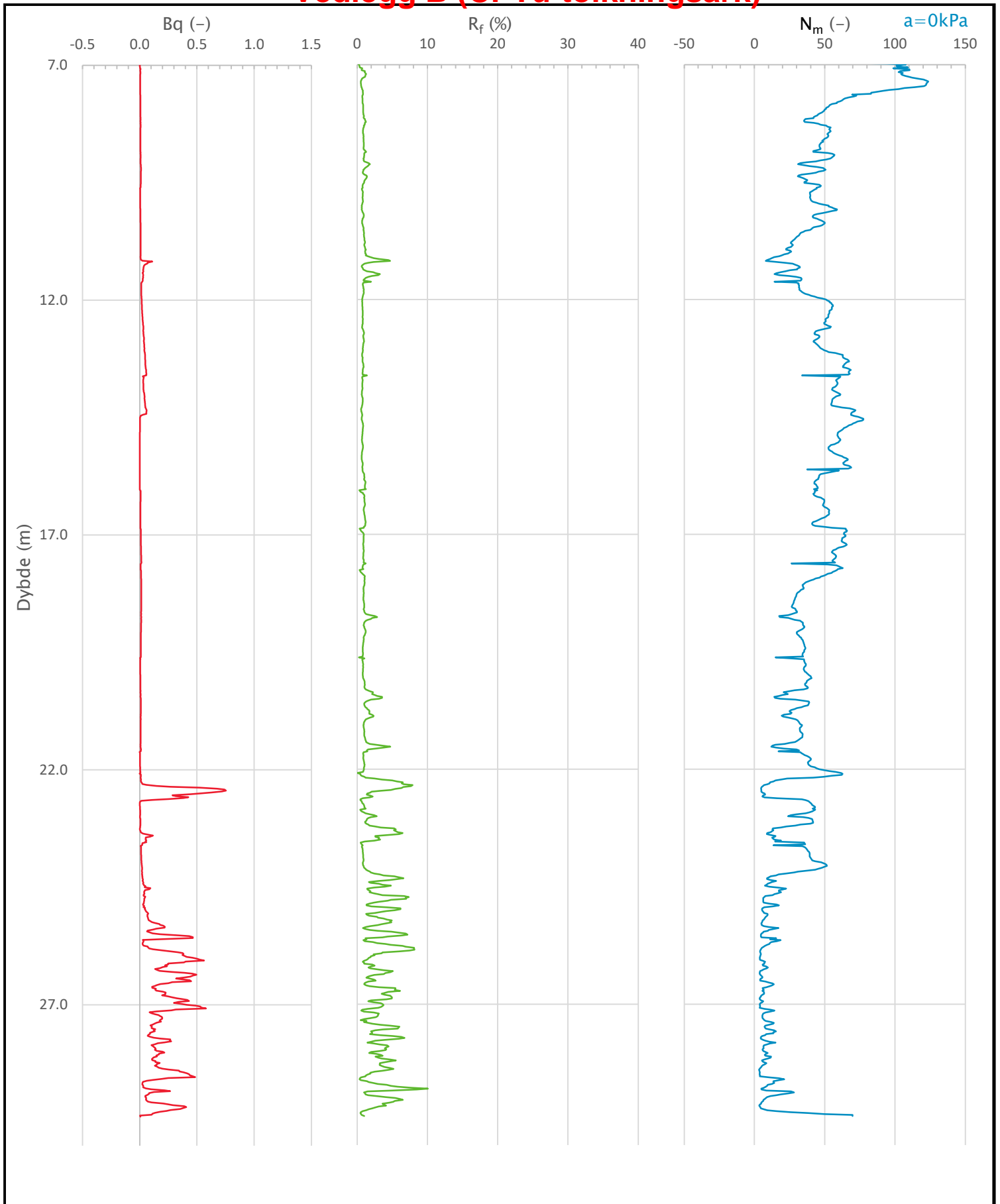



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +79.6
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N1</b>	
Innhold			Sondenummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	16.05.2023	Rev. dato	<b>21</b>	

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

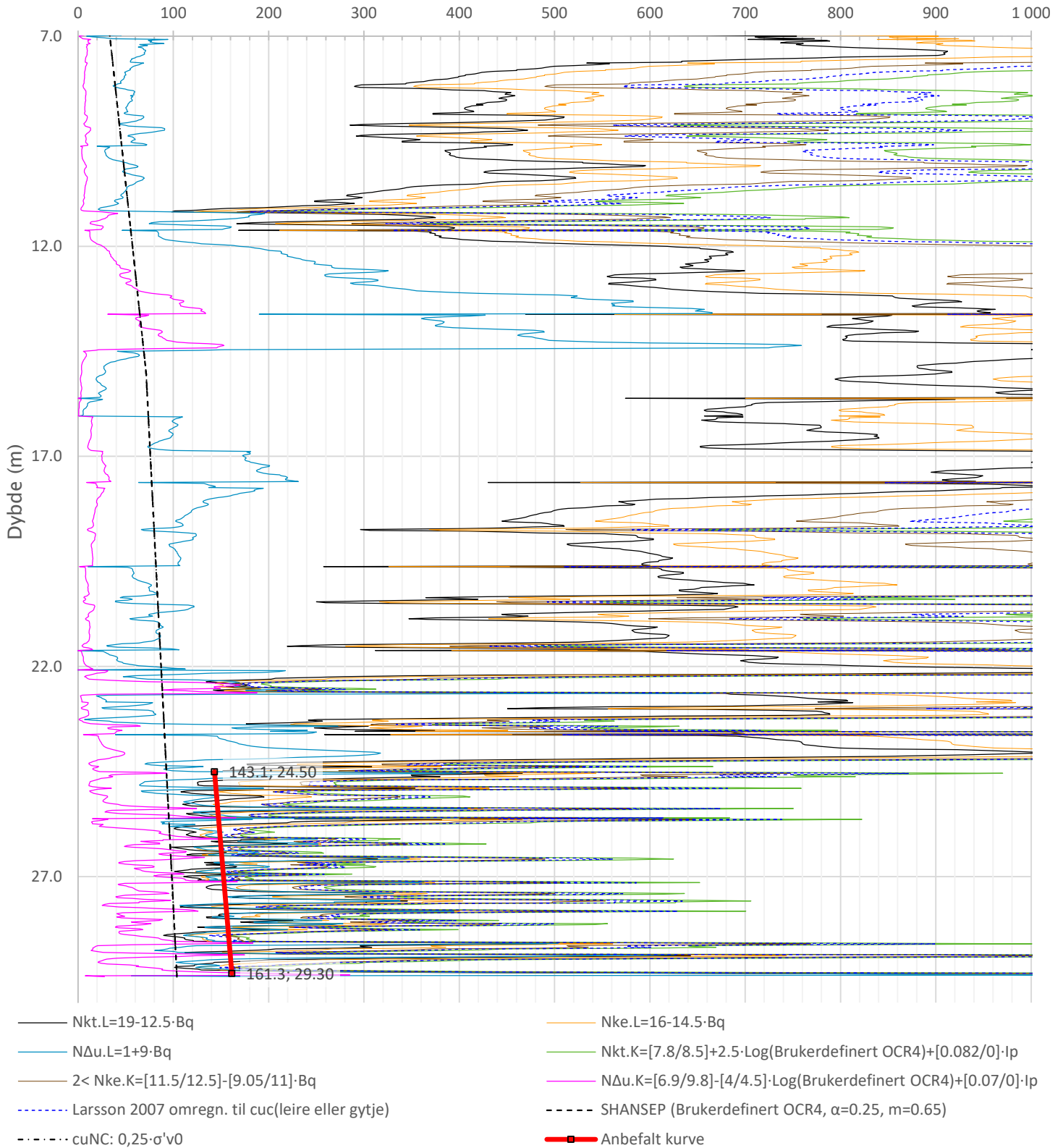



Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +119
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N2</b>	
Innhold				Sondenummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
Divisjon <b>Ekstern konsulent</b>	Dato sondering		Revisjon	Figur	
	23.05.2023		Rev. dato	<b>4</b>	



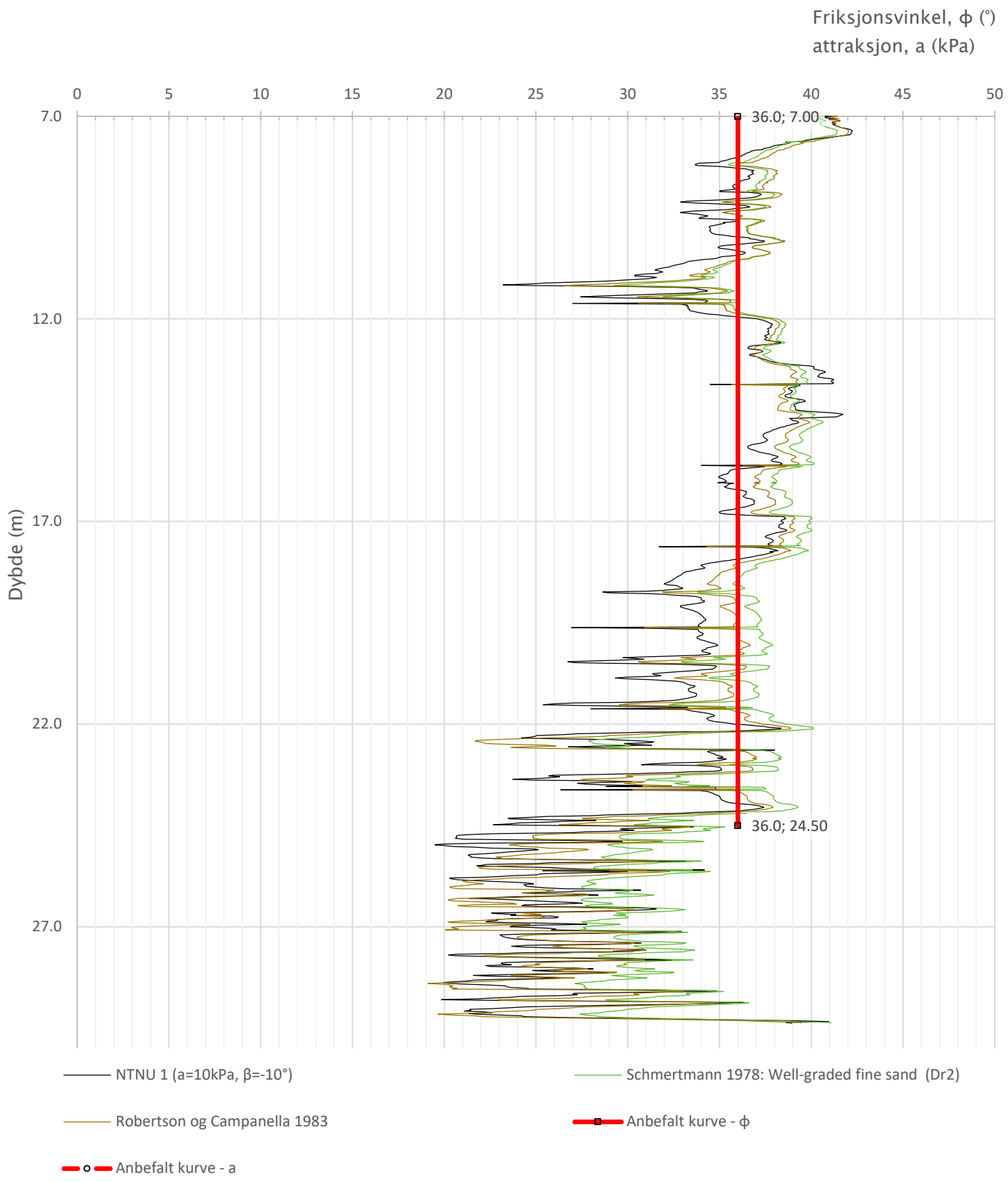
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{uctu}$  (kPa)



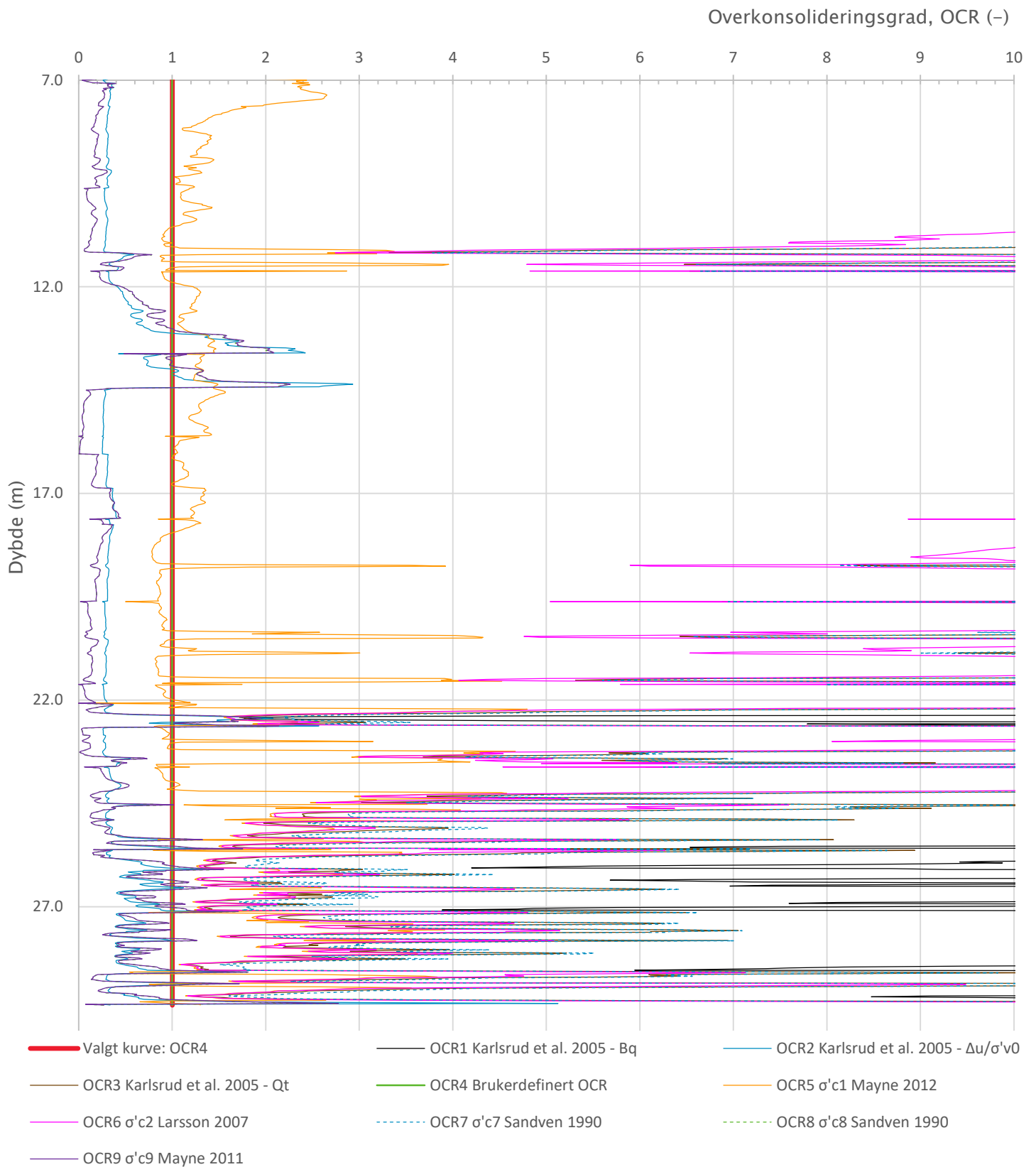
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +119
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N2</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Ekstern konsulent	23.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +119
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N2</b>	
Innhold			Sondenummer		
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	23.05.2023	Rev. dato	<b>6</b>	

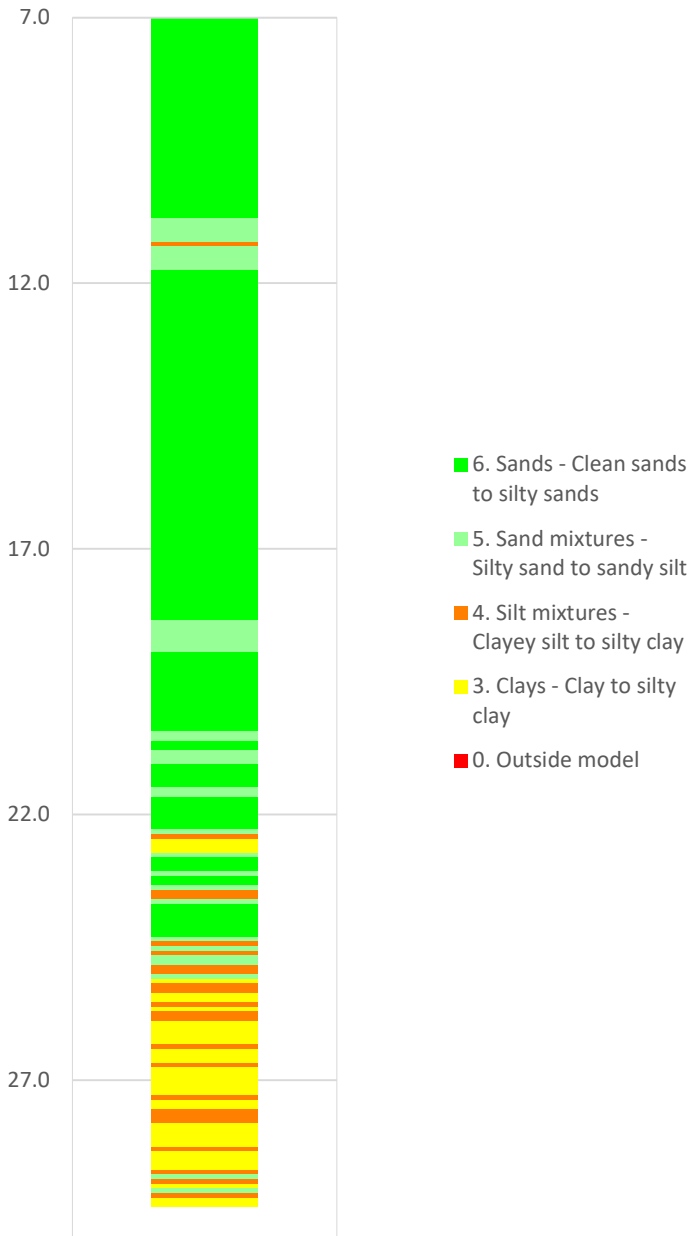
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



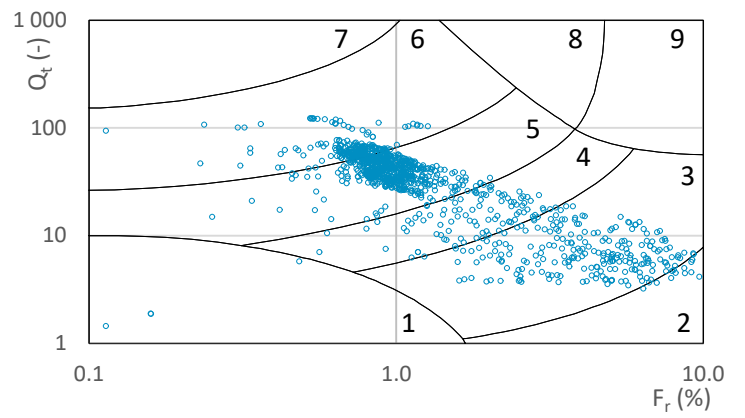
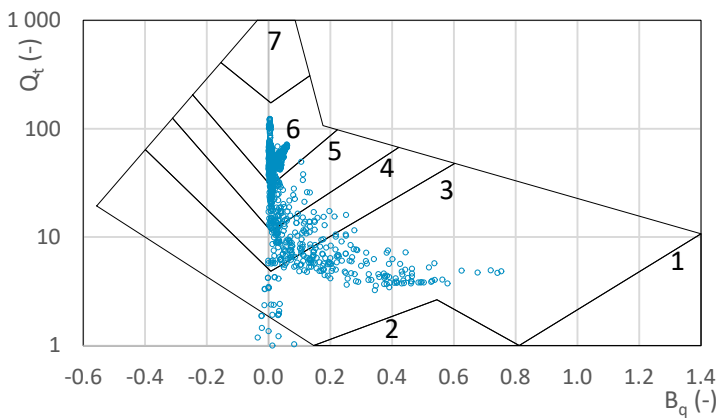
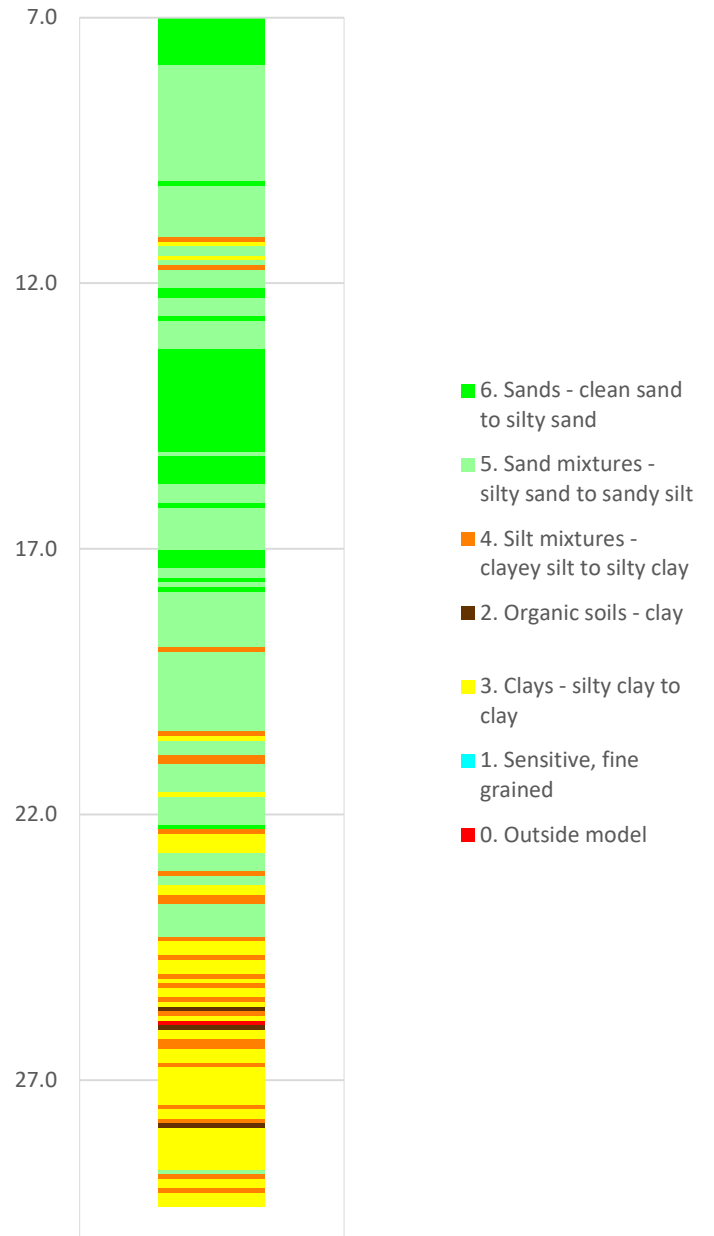
Prosjekt <b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>			Prosjektnummer: 41400311	Borhull Kote +119 <b>N2</b>
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR			Sondennummer <b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført <b>SOHJ</b>	Kontrollert <b>MAAG</b>	Godkjent <b>JAJE</b>	Anvend.klasse <b>1</b>
	Divisjon <b>Ekstern konsulent</b>	Dato sondering <b>23.05.2023</b>	Revisjon Rev. dato	Figur <b>8</b>


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



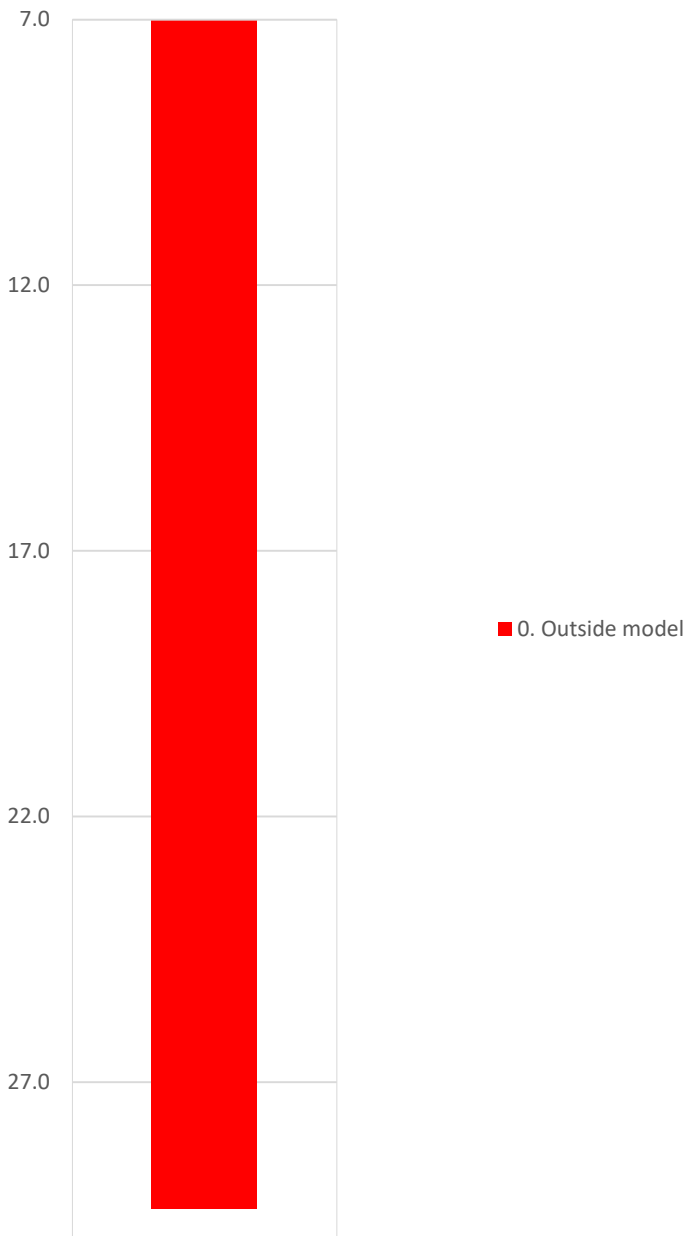
Robertson 1990 (Fr-Qt)



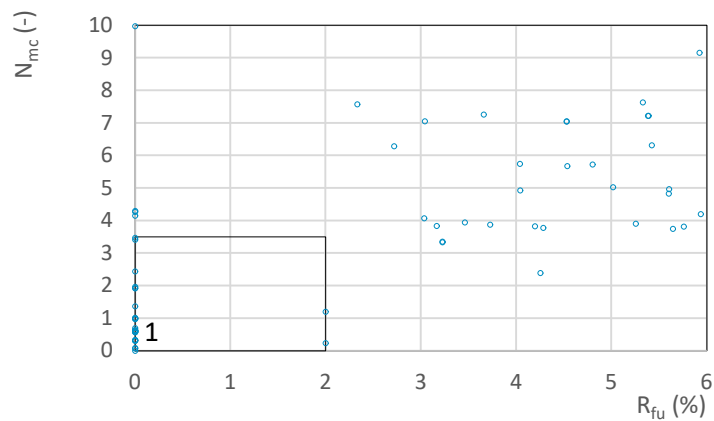
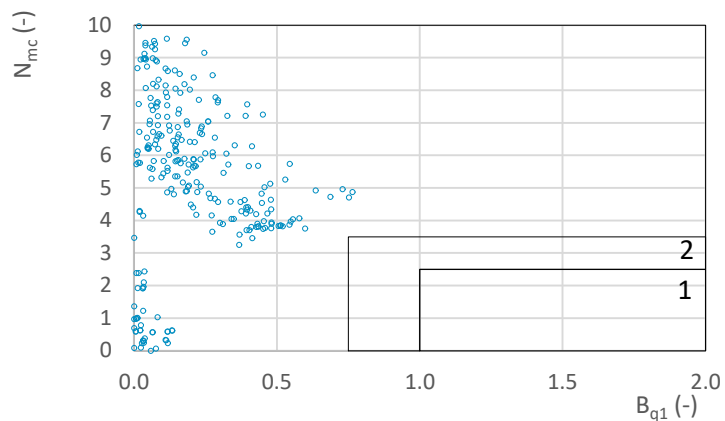
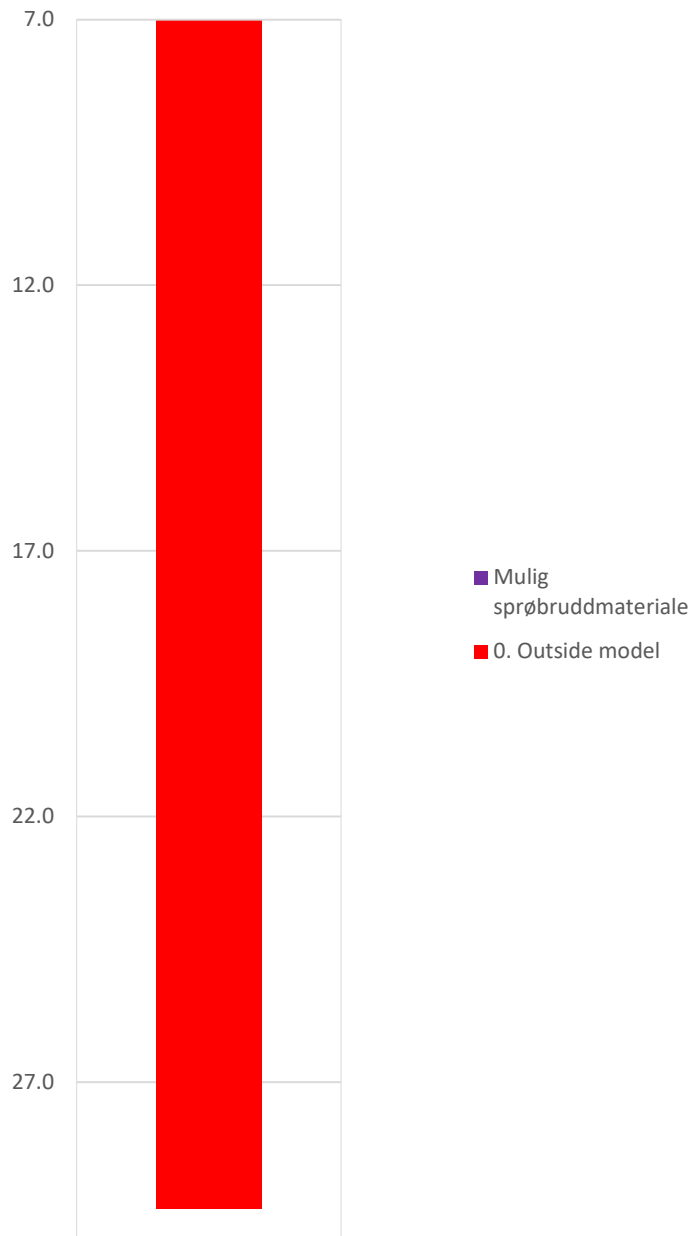
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +119
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N2</b>	
Innhold				Sondenummer	
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	23.05.2023	Rev. dato	<b>16</b>	

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

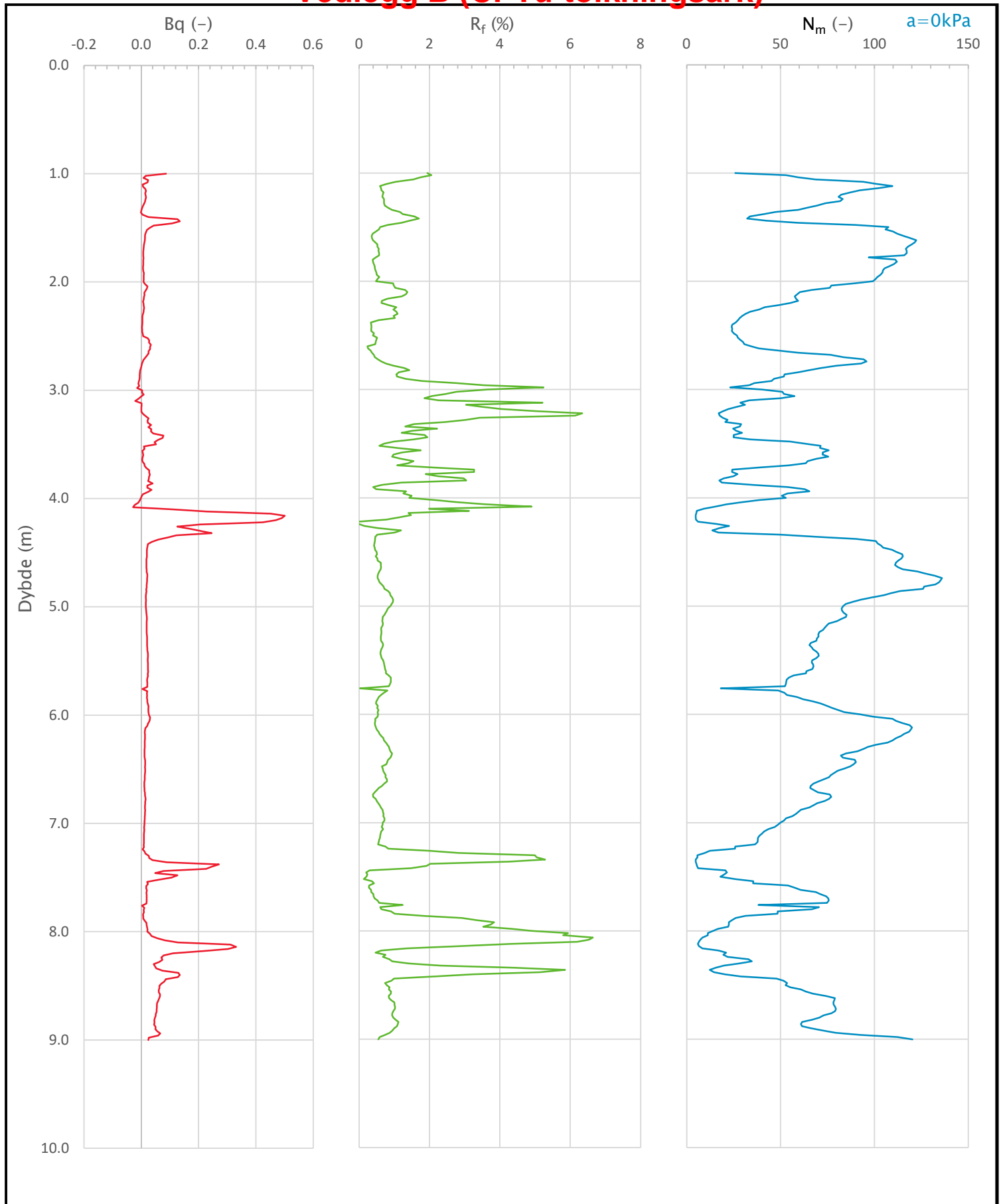



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +119
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N2</b>	
Innhold			Sondennummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	1	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Ekstern konsulent	23.05.2023	Rev. dato	21		

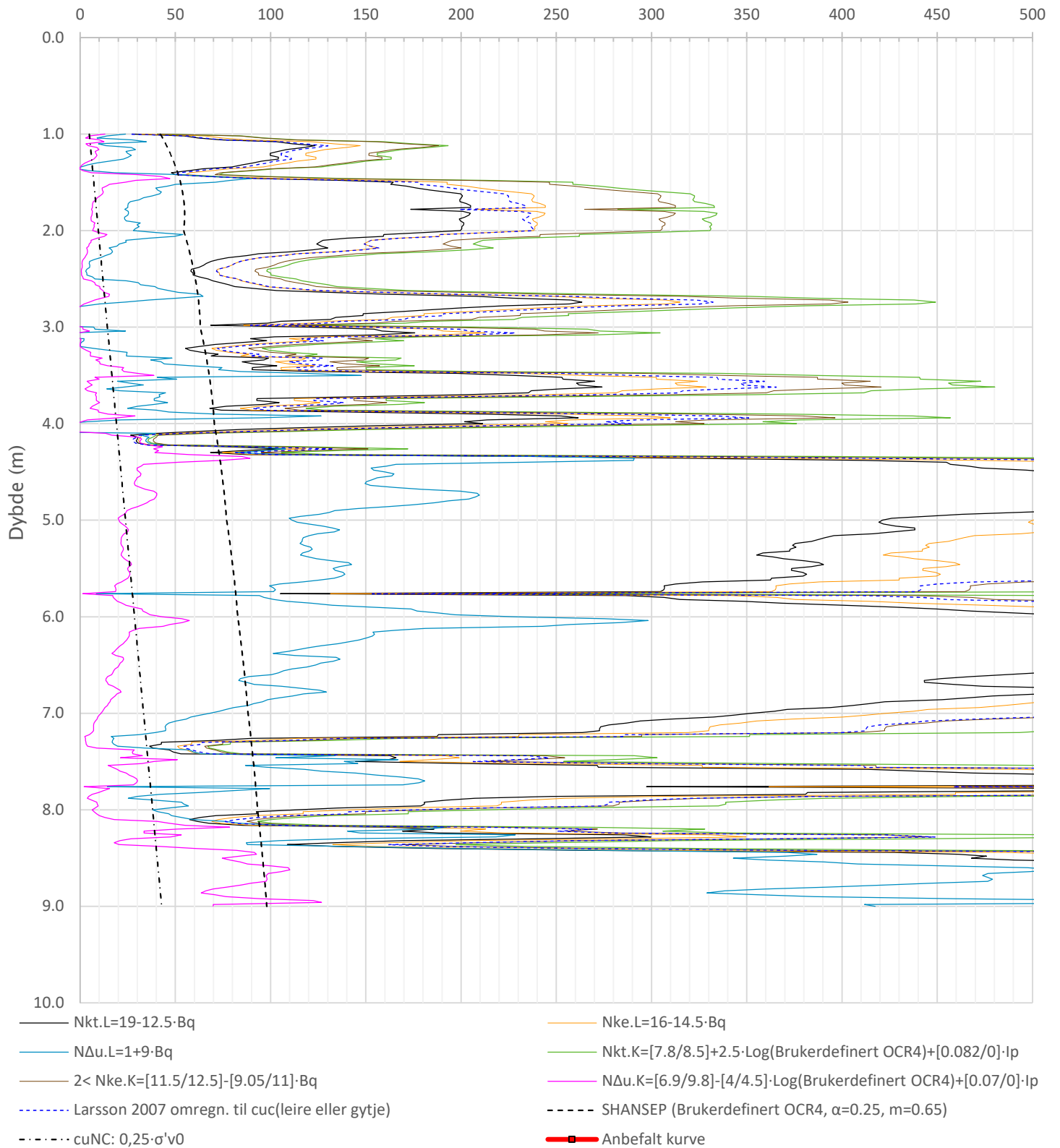
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)




Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
Divisjon <b>Ekstern konsulent</b>	Dato sondering		Revisjon	Figur	
	22.05.2023		Rev. dato		

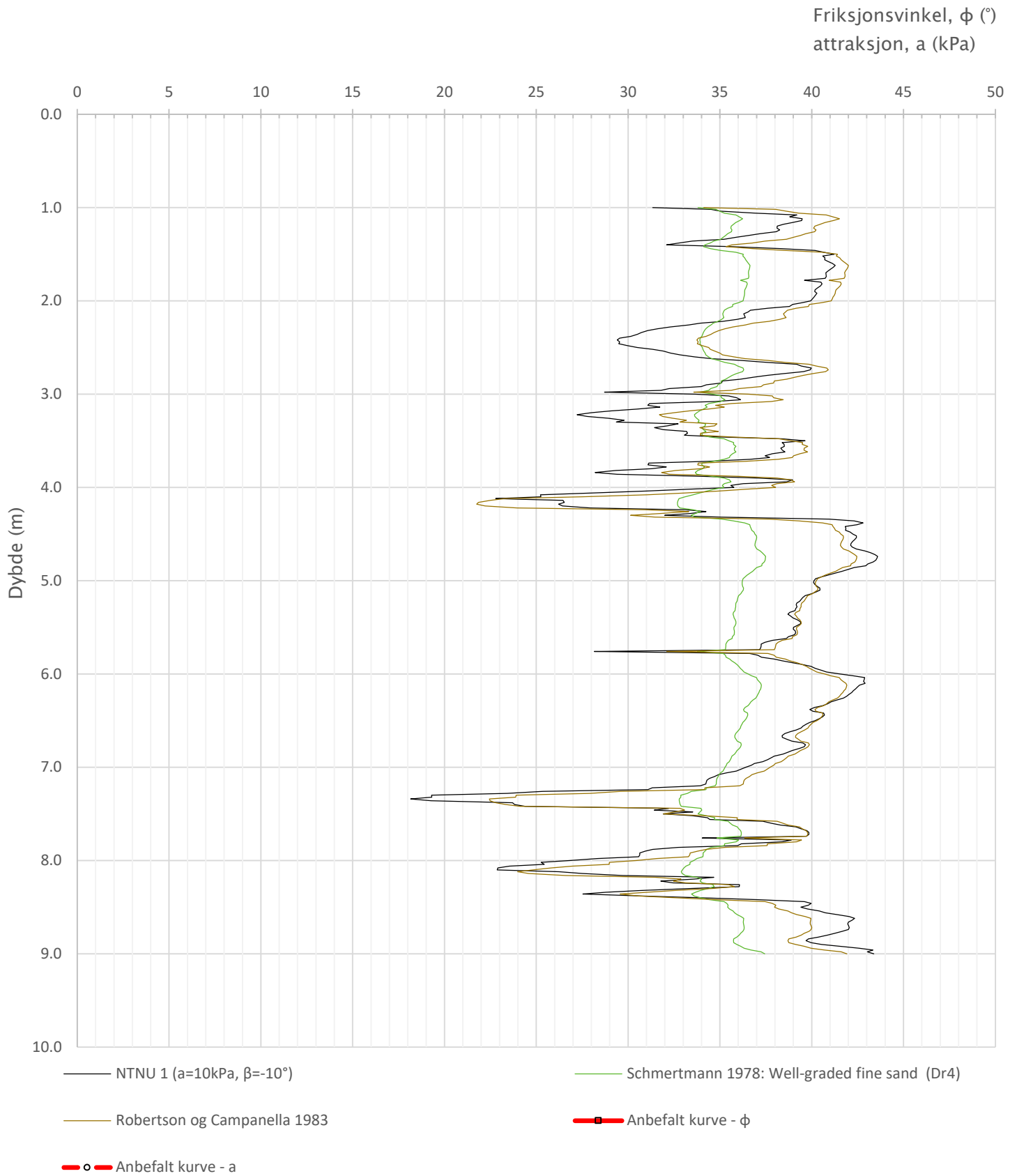
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Ekstern konsulent	22.05.2023	Rev. dato		

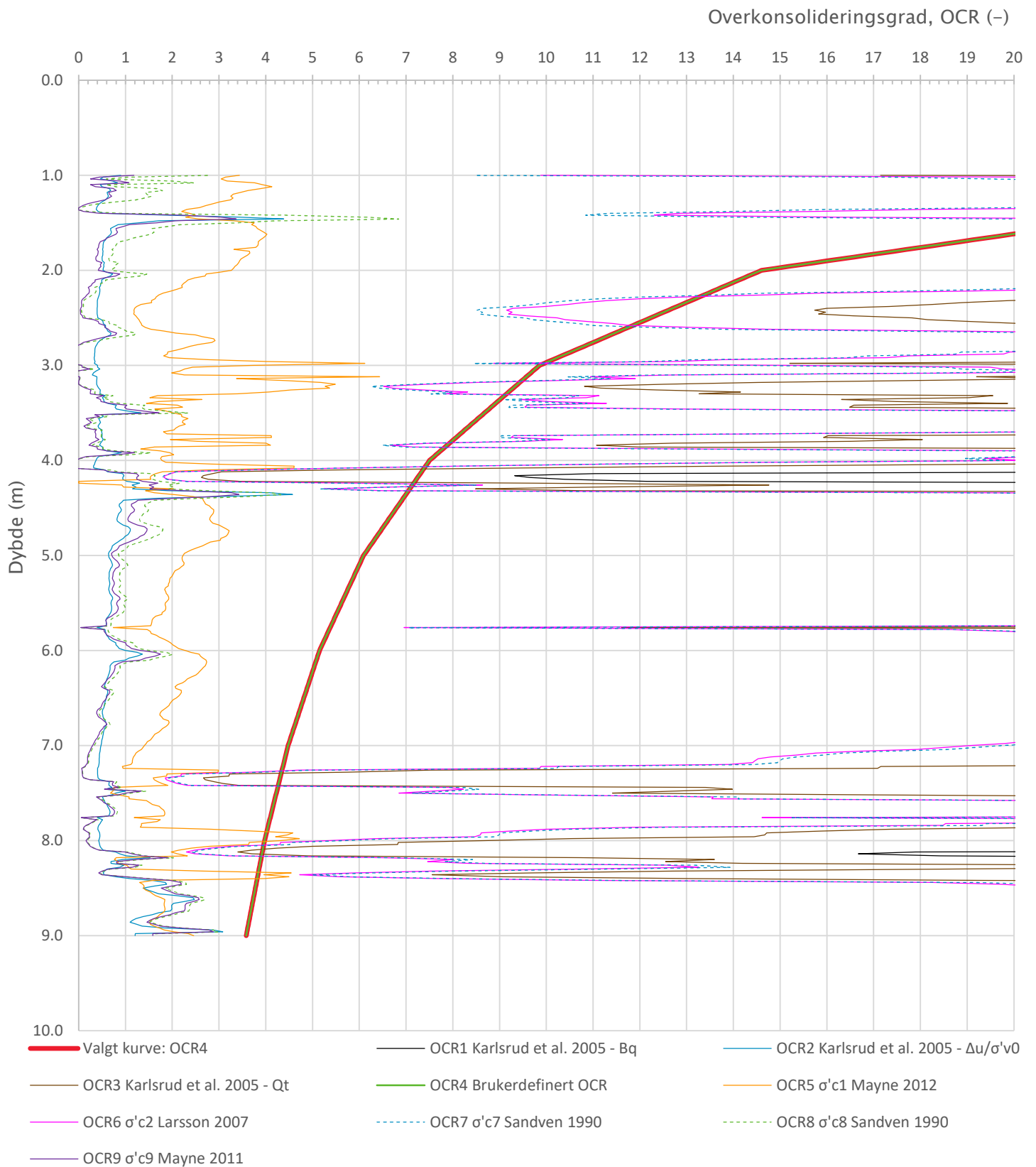
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)




Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold			Sondennummer		
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	6
	Ekstern konsulent	22.05.2023	Rev. dato		



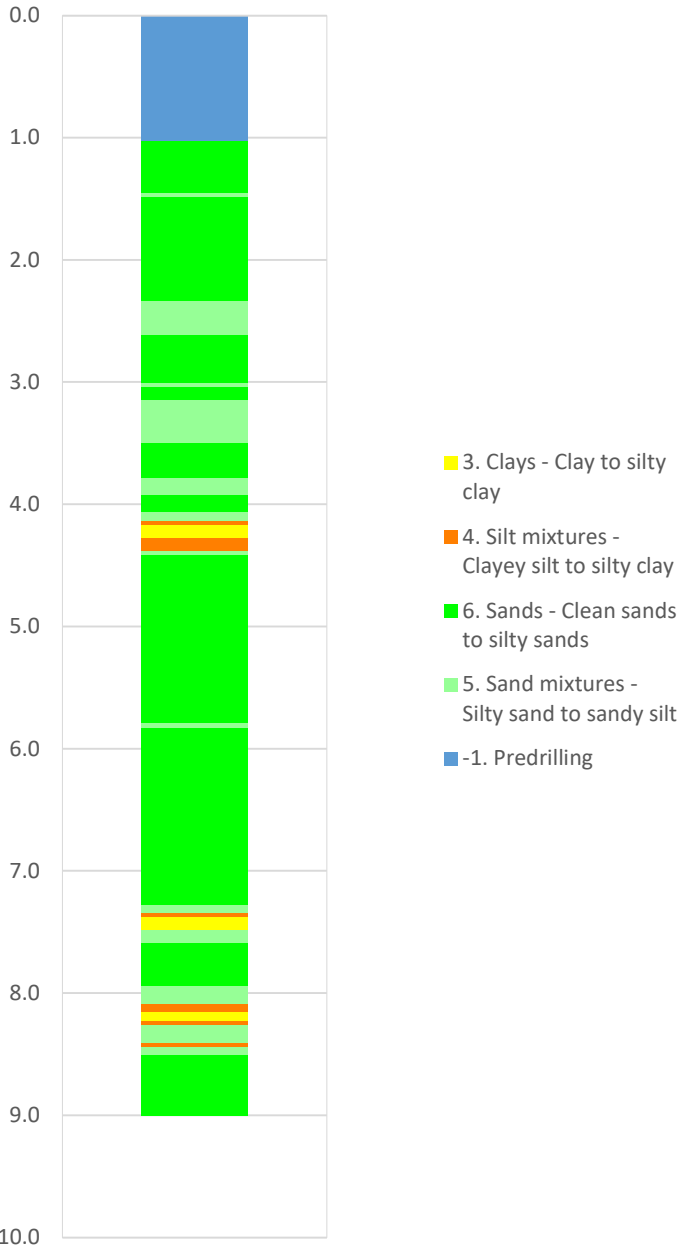
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



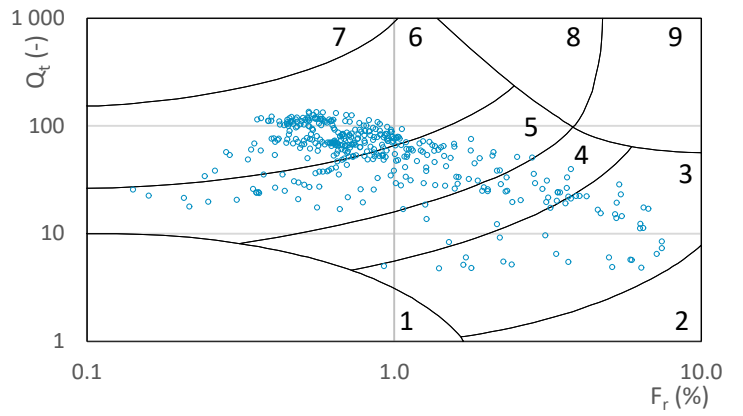
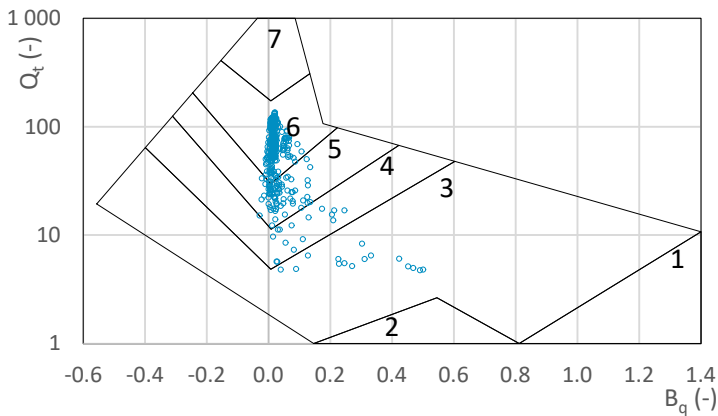
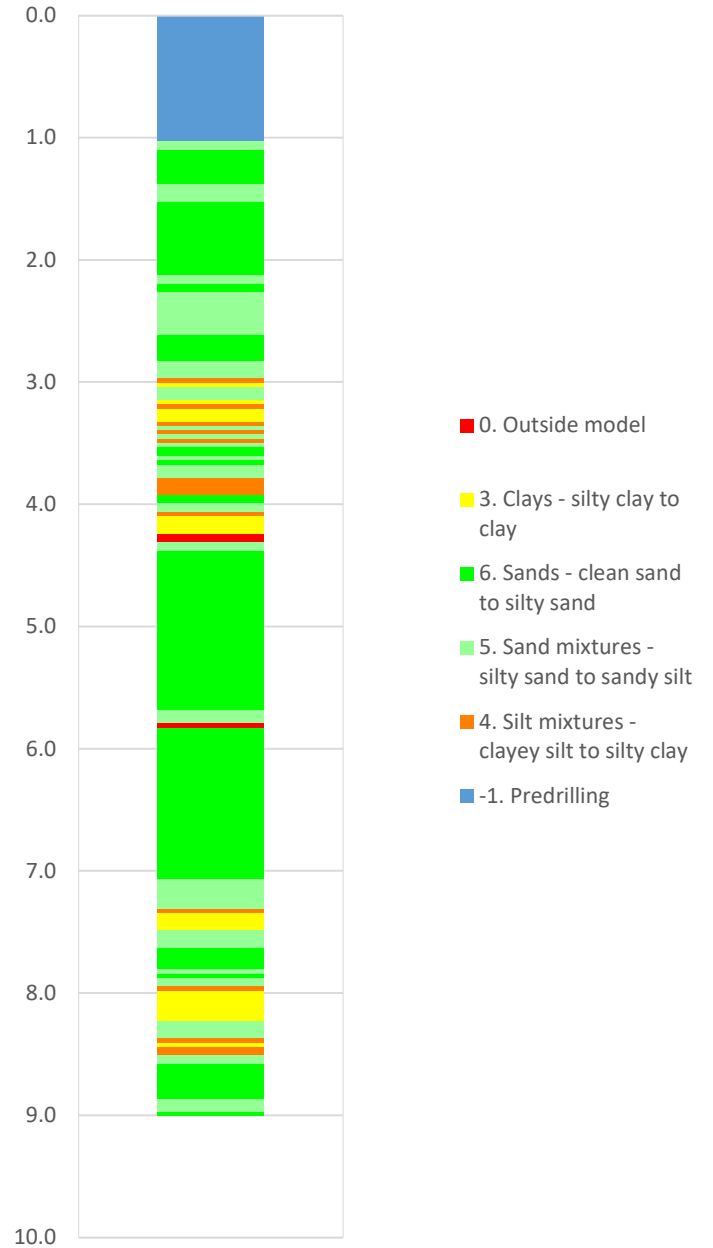
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	8
	Ekstern konsulent	22.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



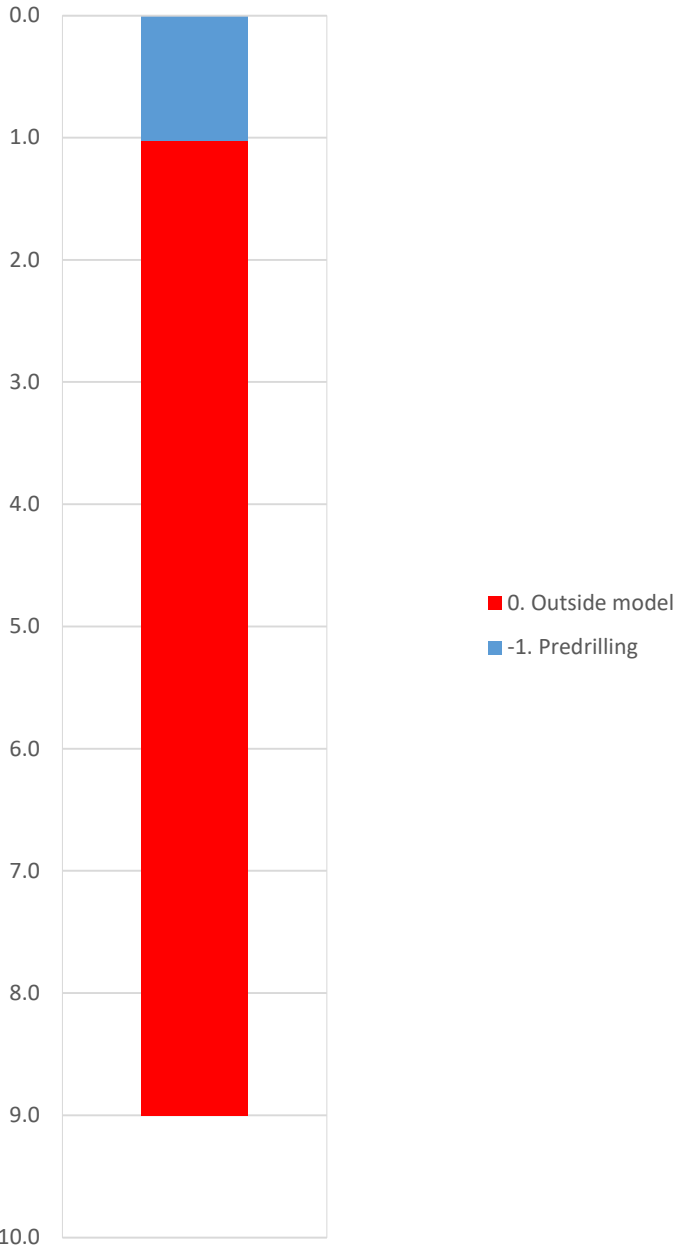
Robertson 1990 (Fr-Qt)



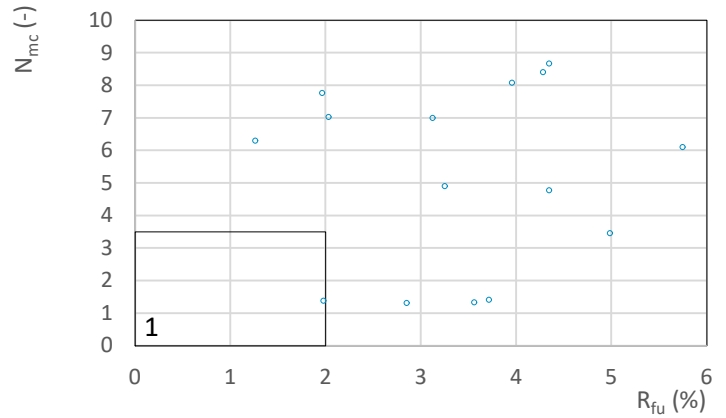
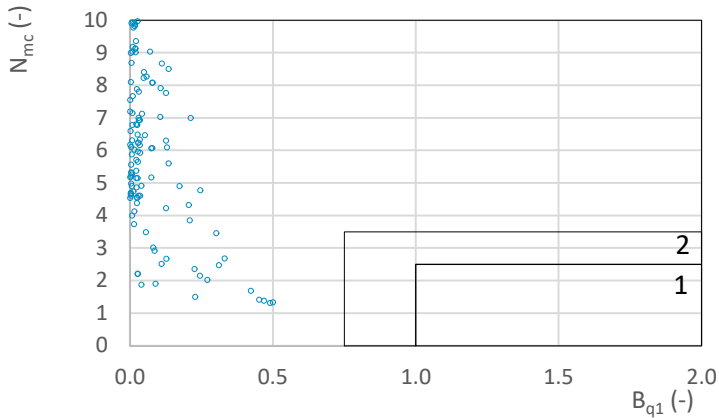
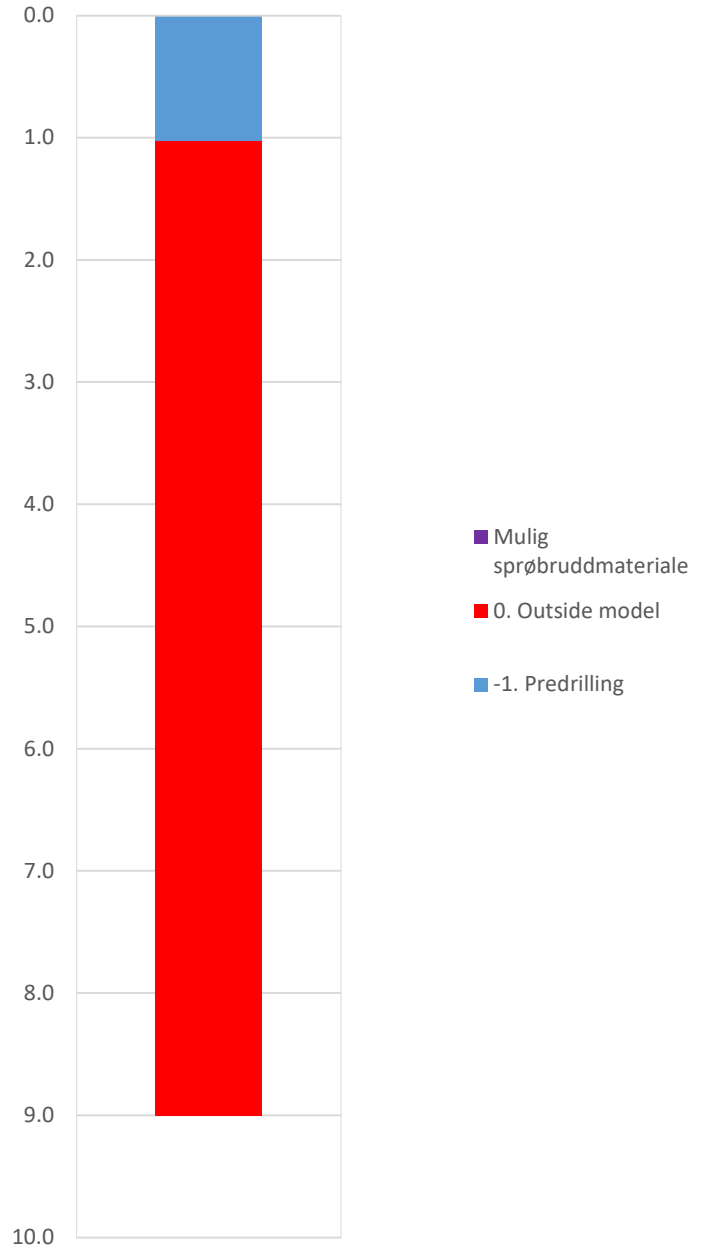
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold				Sondenummer	
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	22.05.2023	Rev. dato	<b>16</b>	


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

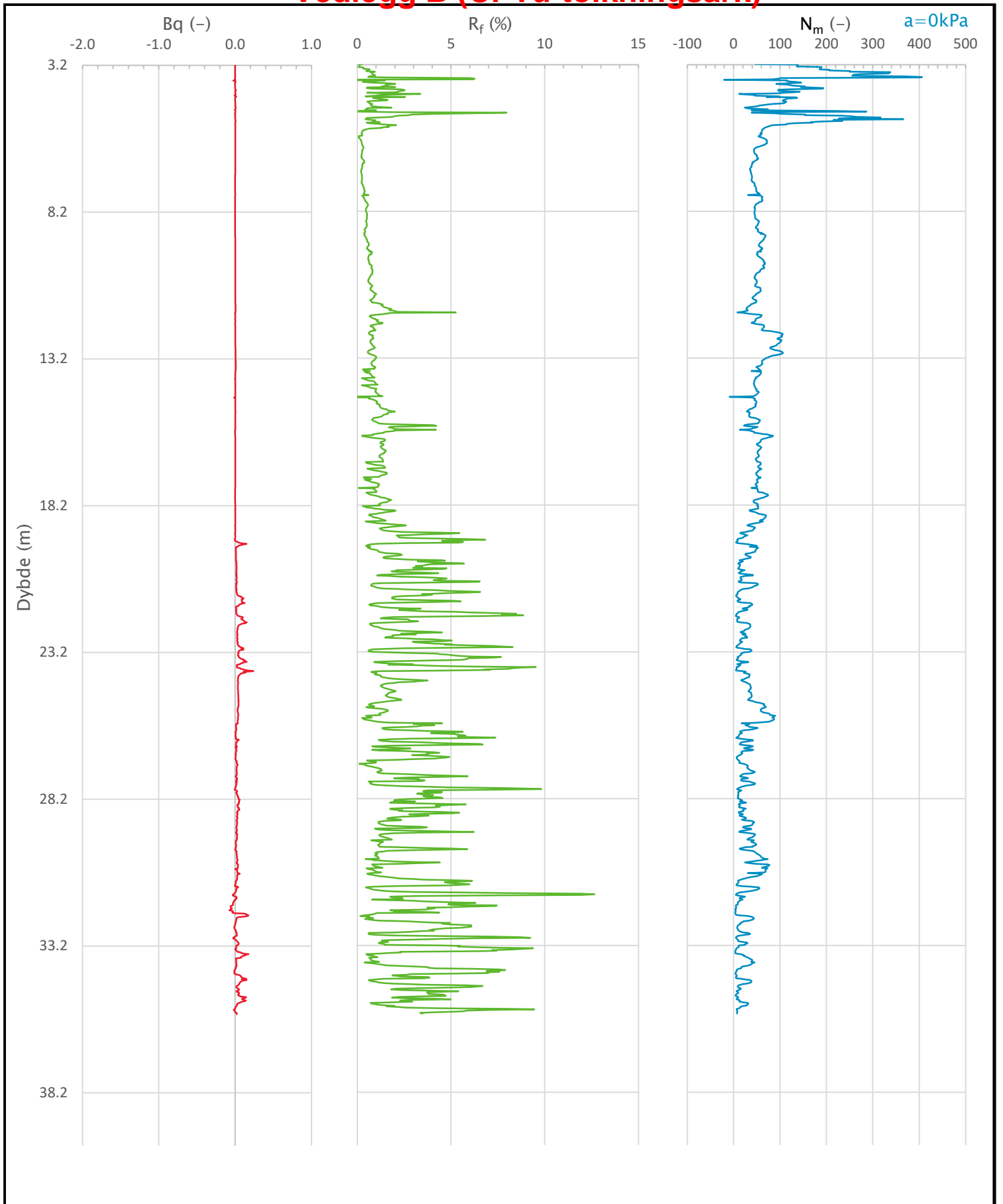



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +68
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N3</b>	
Innhold			Sondenummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	22.05.2023	Rev. dato	<b>21</b>	

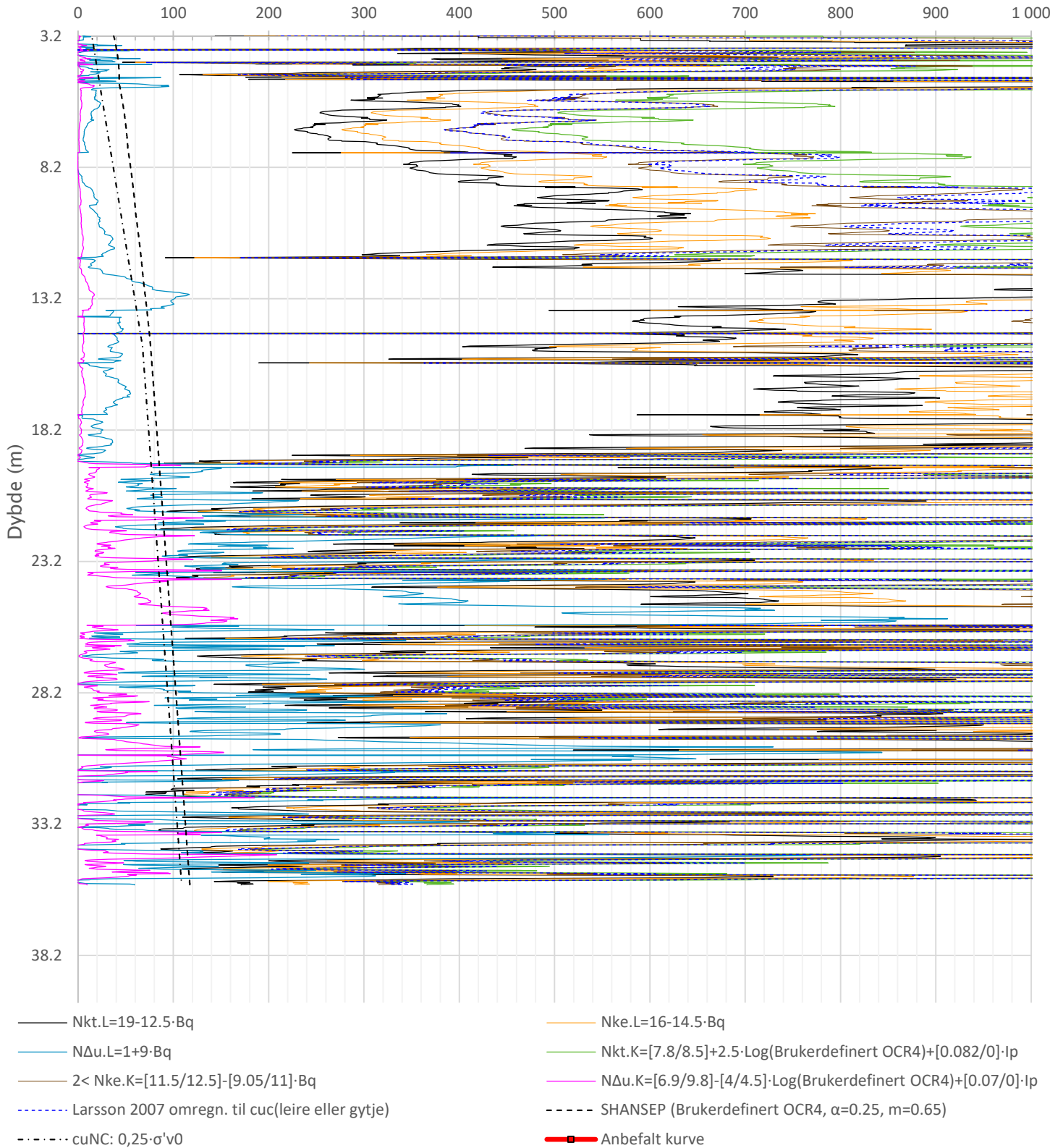
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)




Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	4
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato		

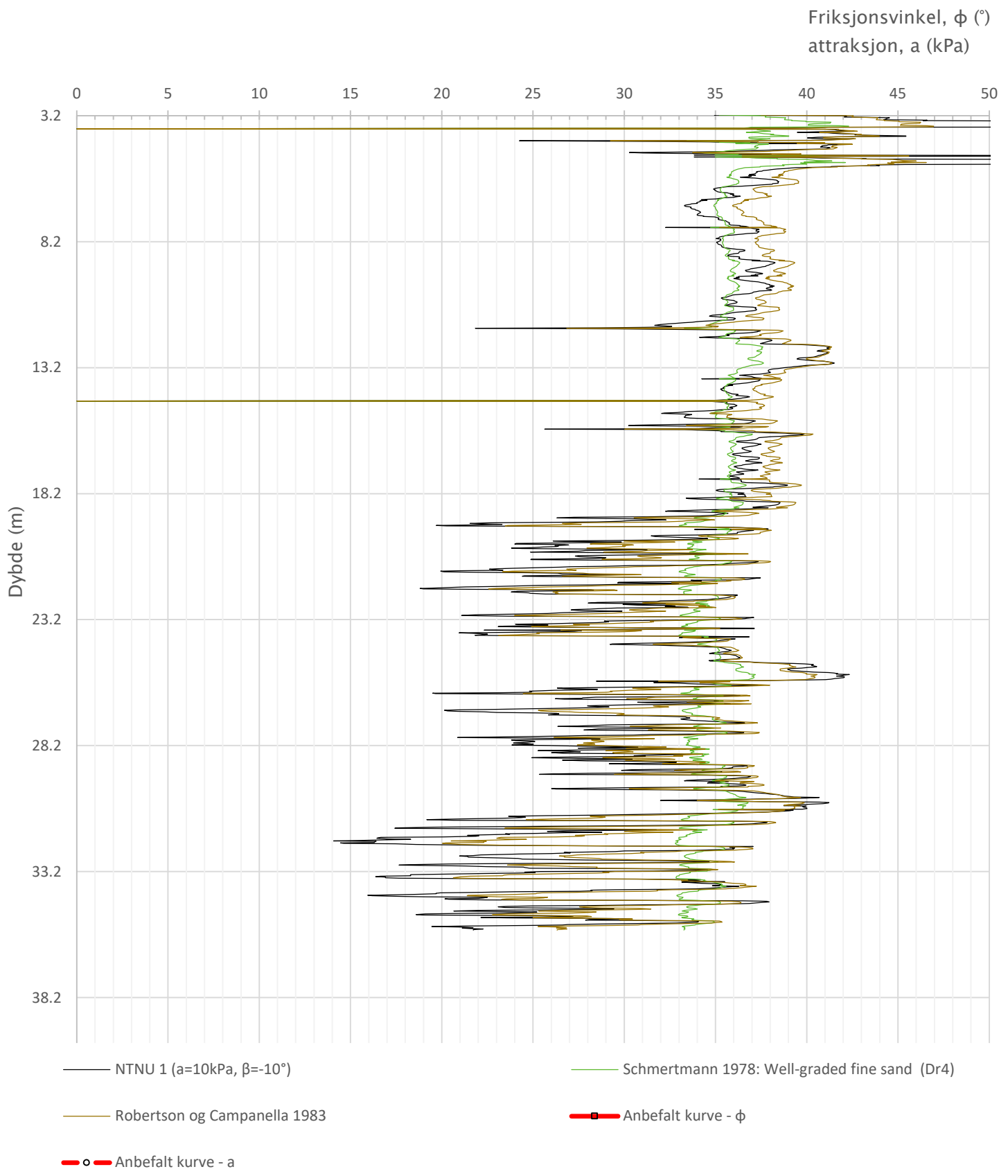
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



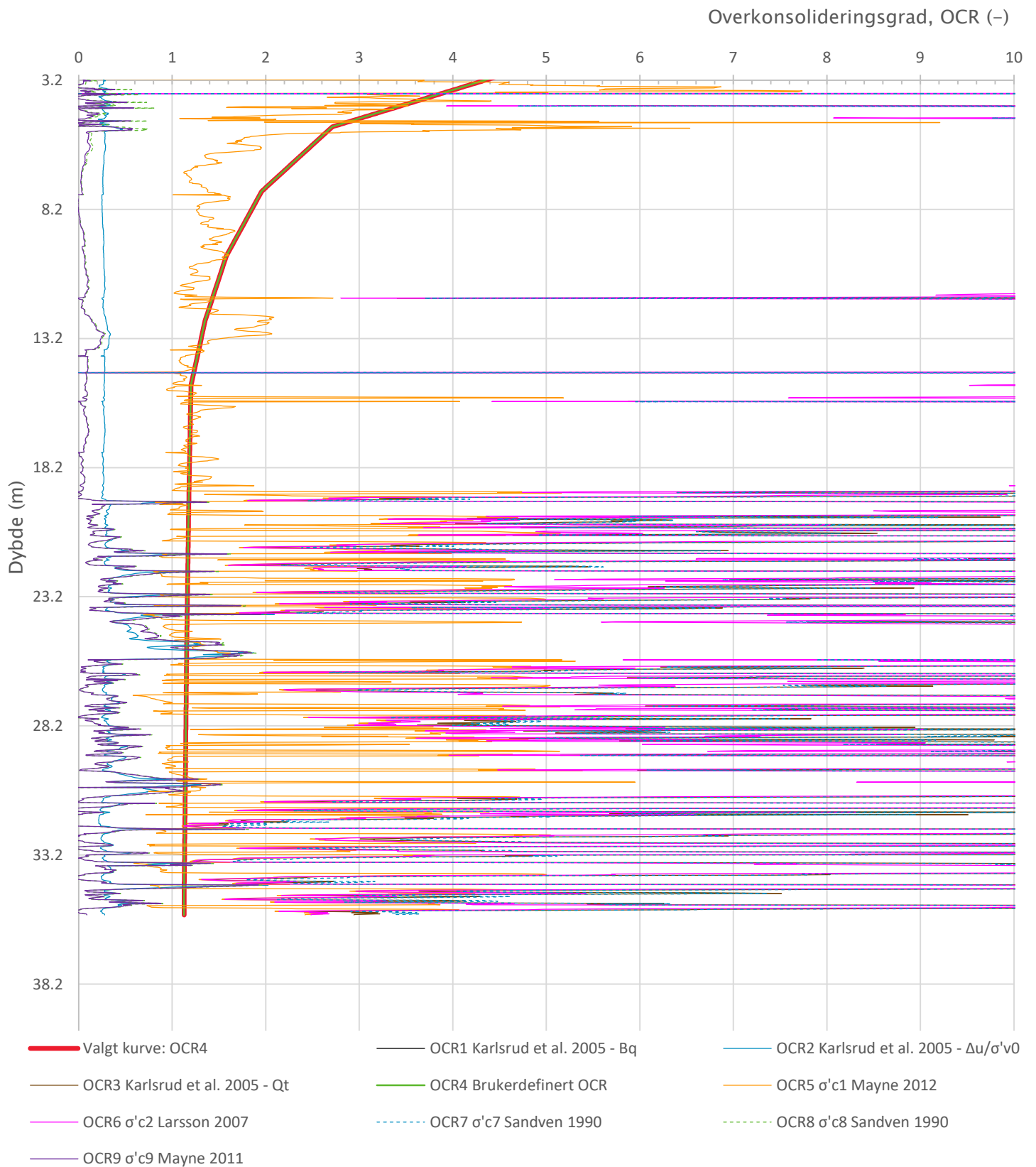
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold			Sondennummer		
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	6
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato		

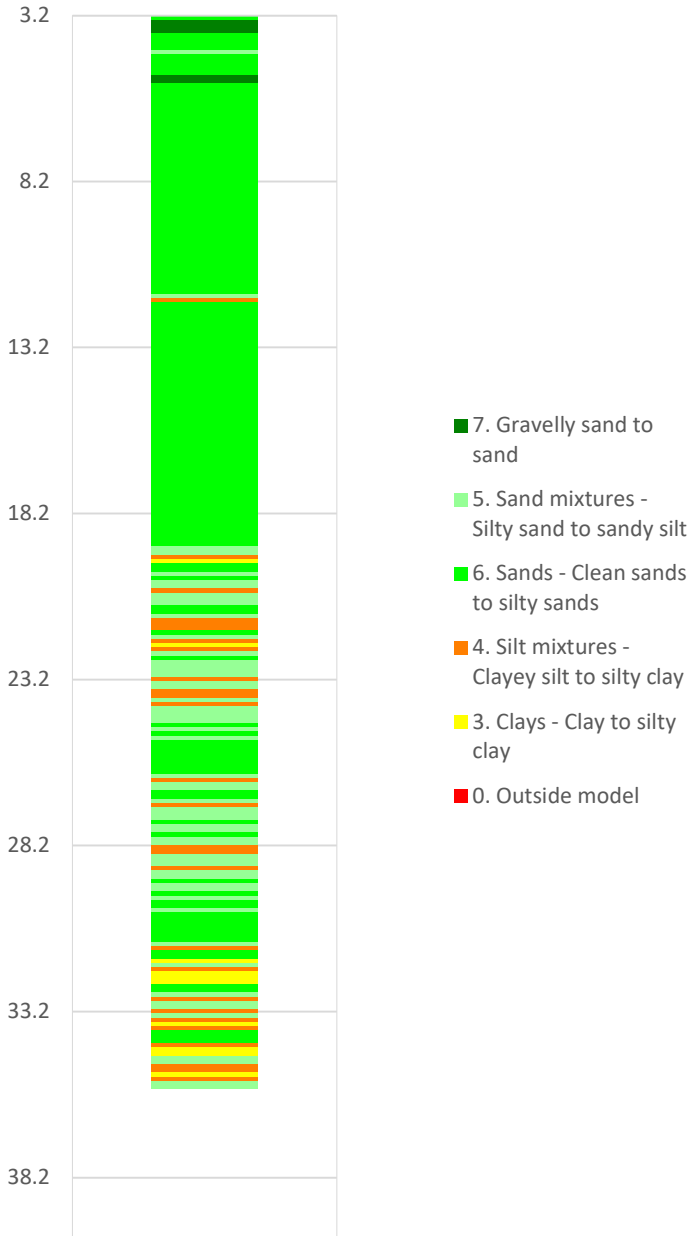
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



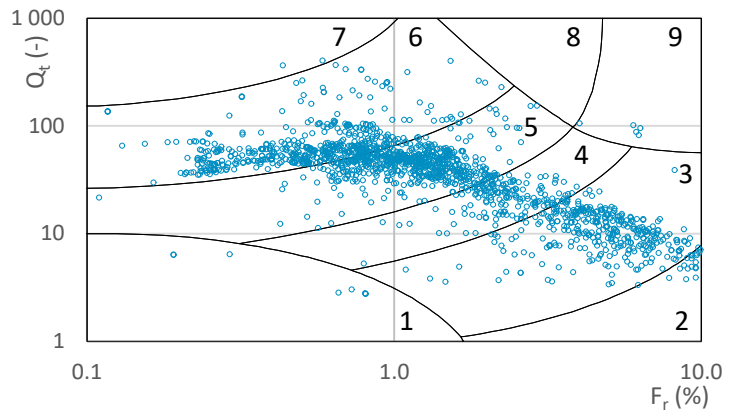
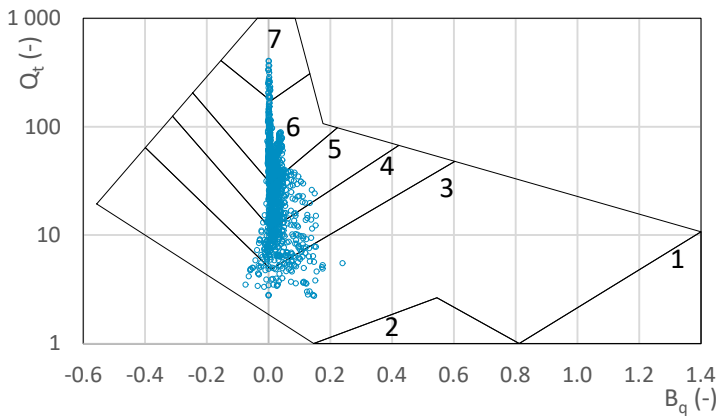
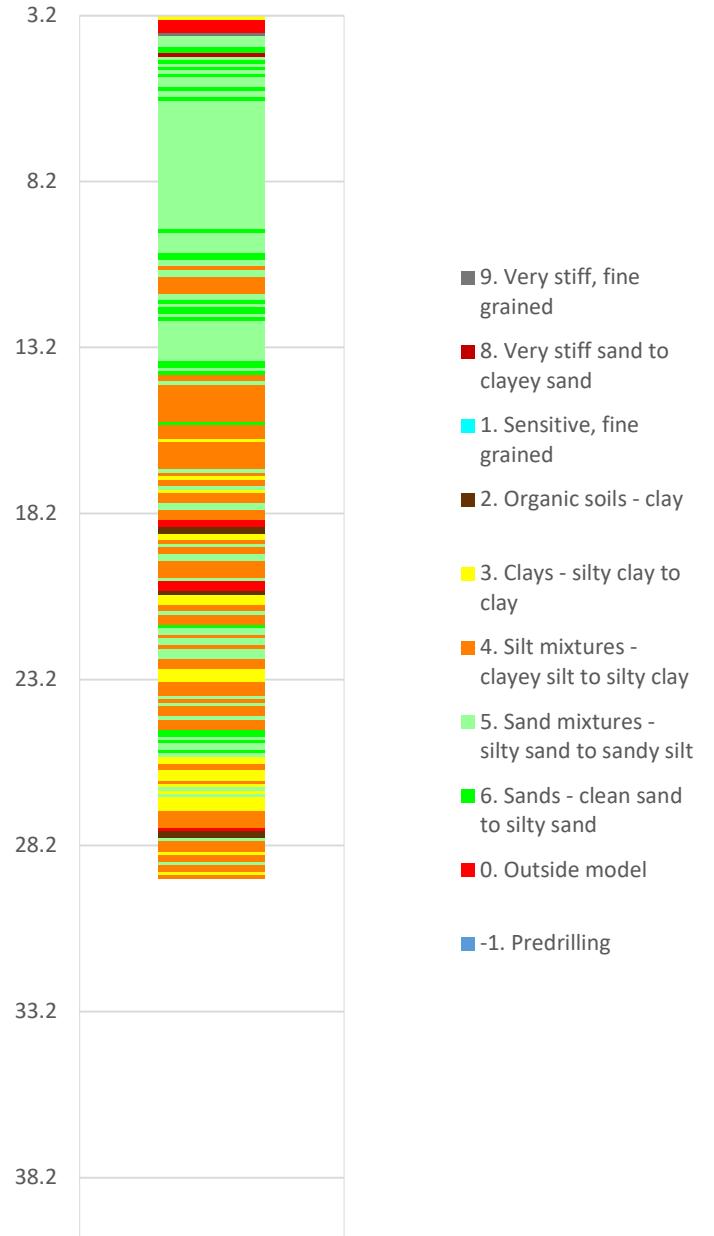
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato	<b>8</b>	


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



Robertson 1990 (Fr-Qt)

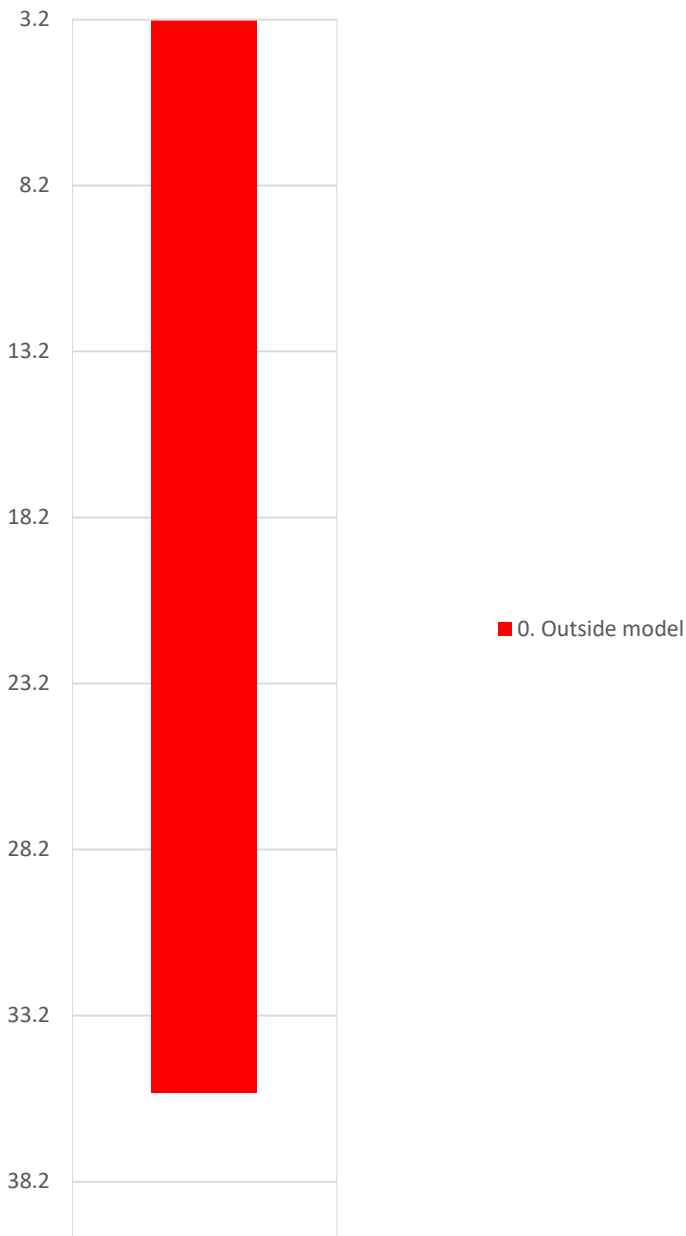


Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold				Sondenummer	
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	16
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato		

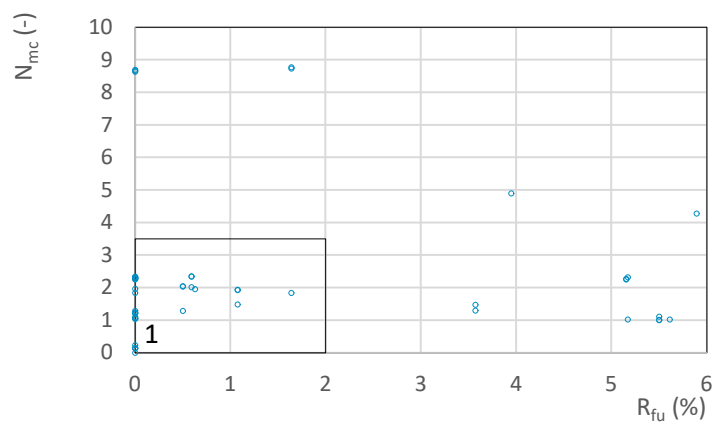
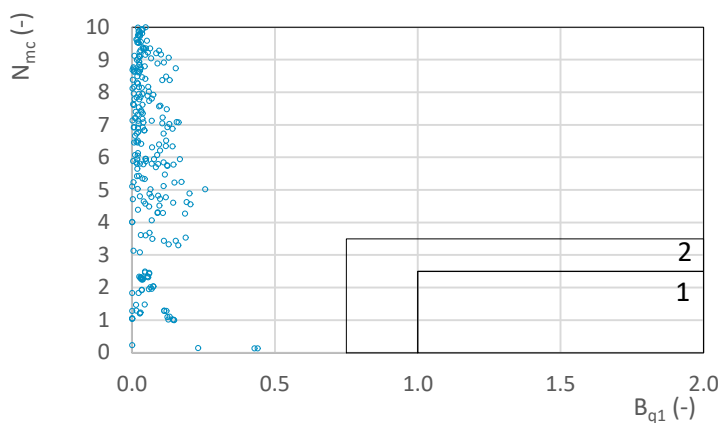
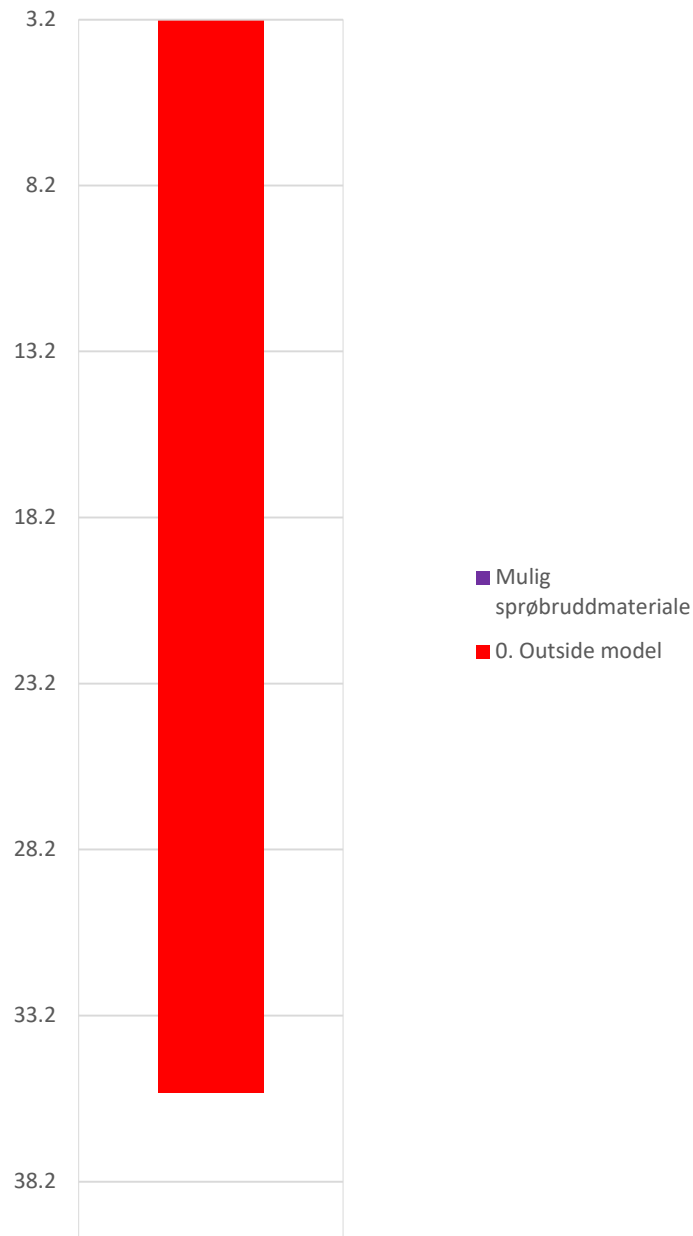


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

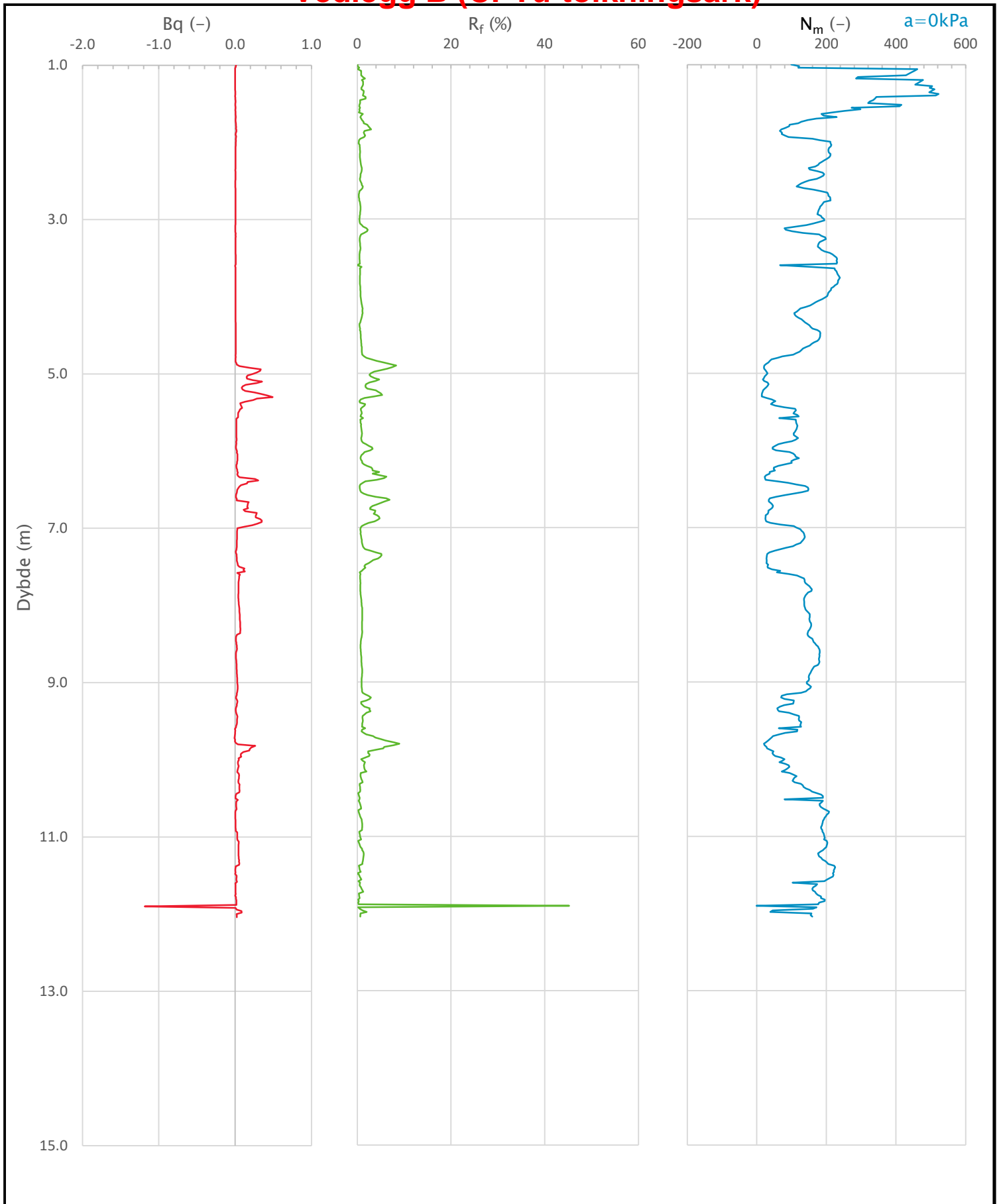



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +107
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N8</b>	
Innhold			Sondenummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>21</b>
	Ekstern konsulent	24.05.2023	Rev. dato		

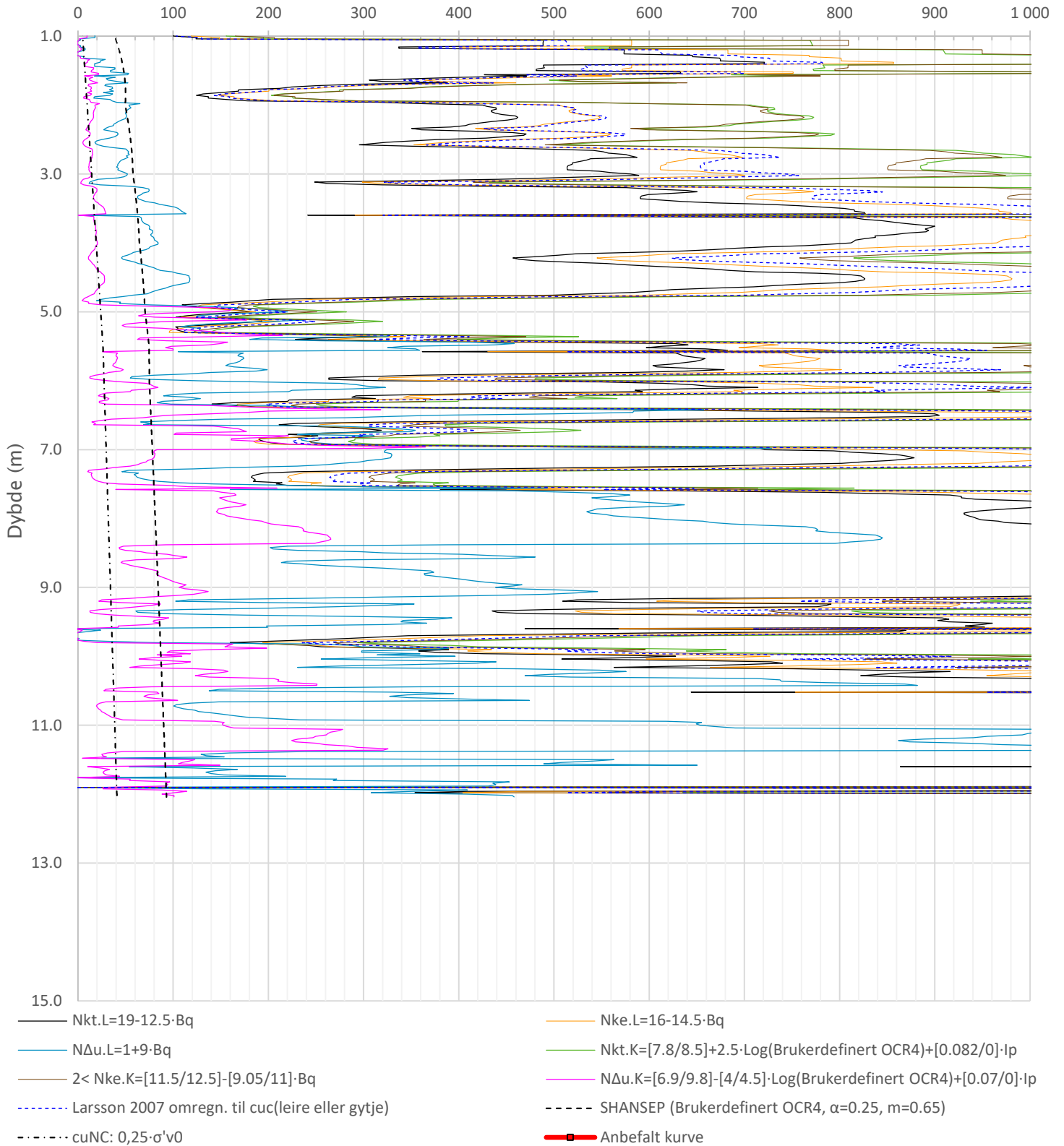
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)




Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	4
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato		

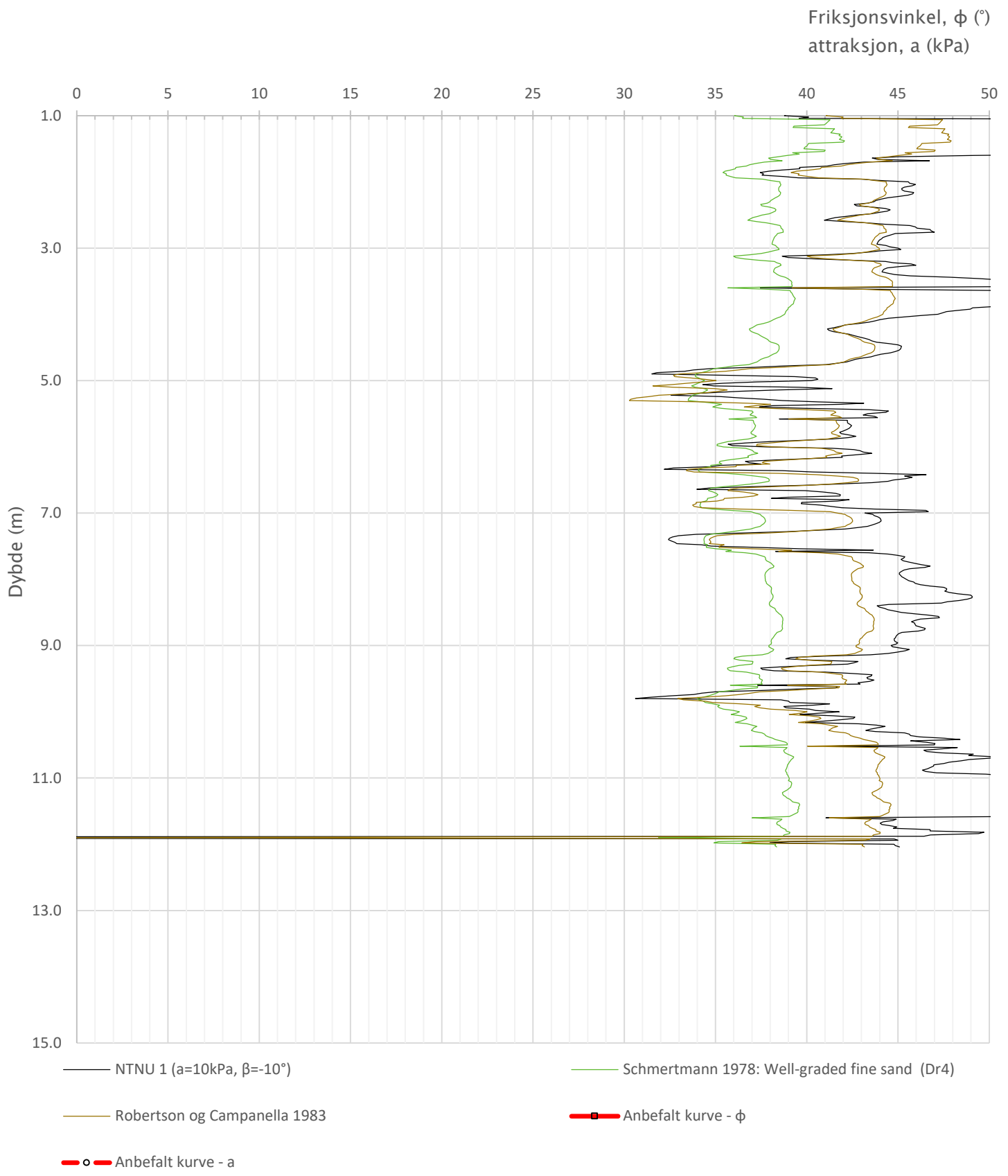
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



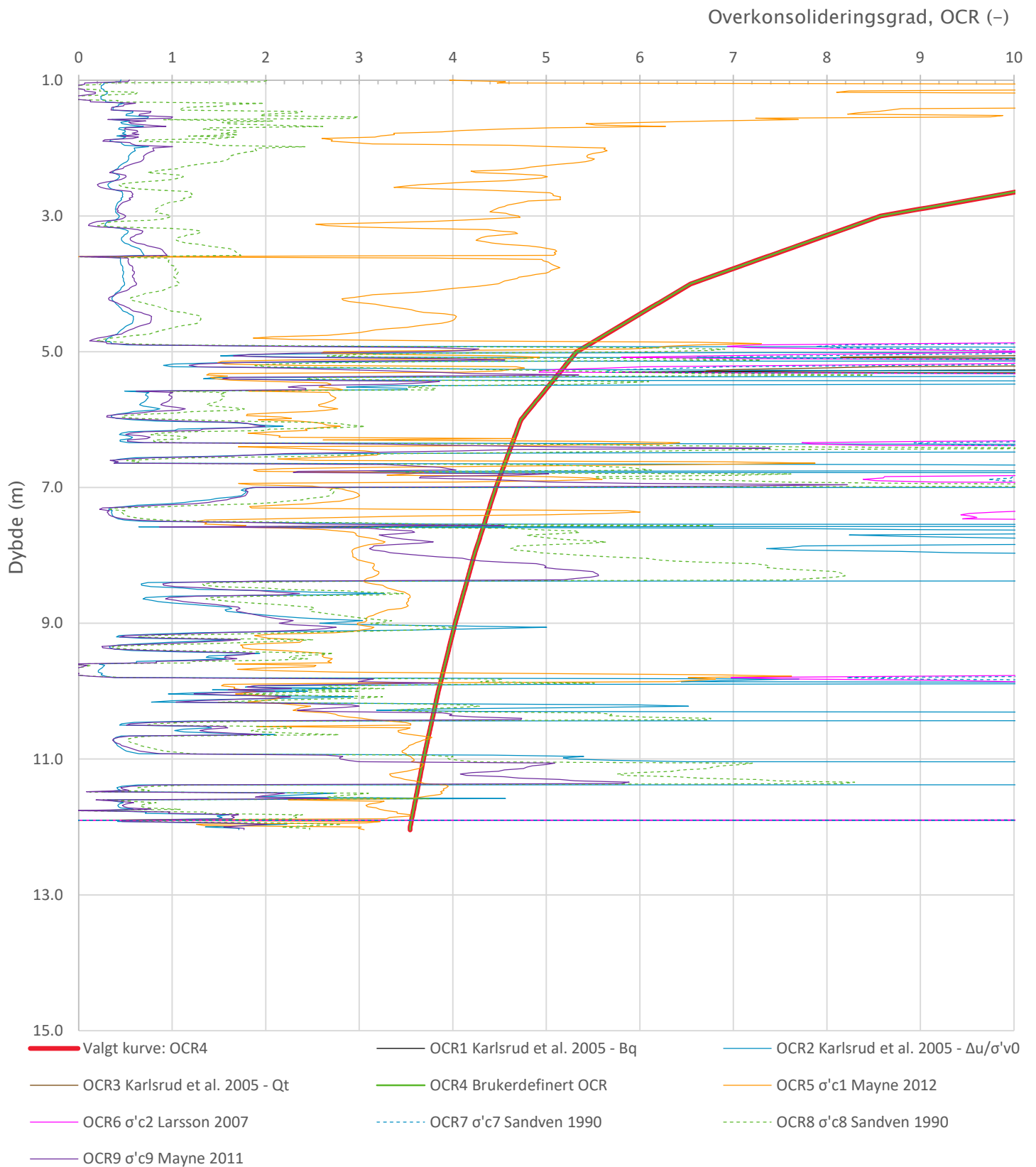
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	6
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato		

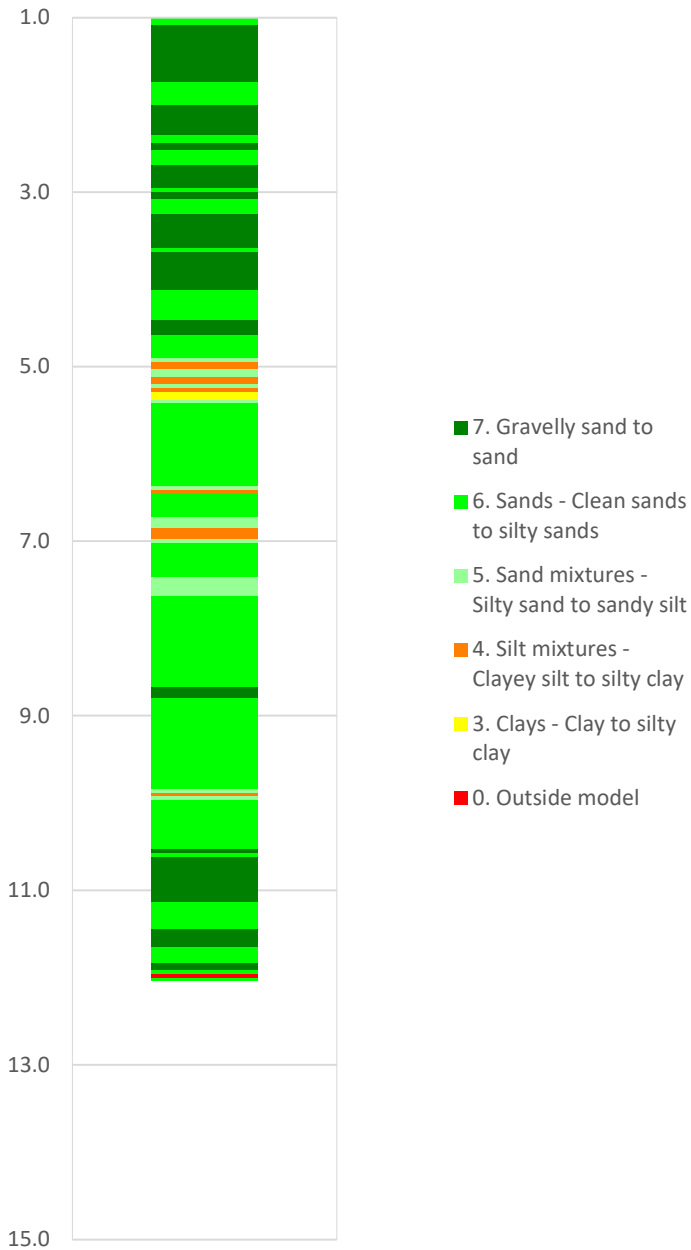
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



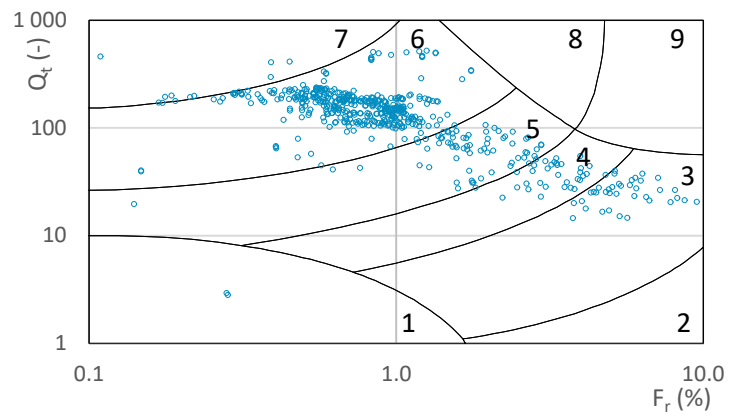
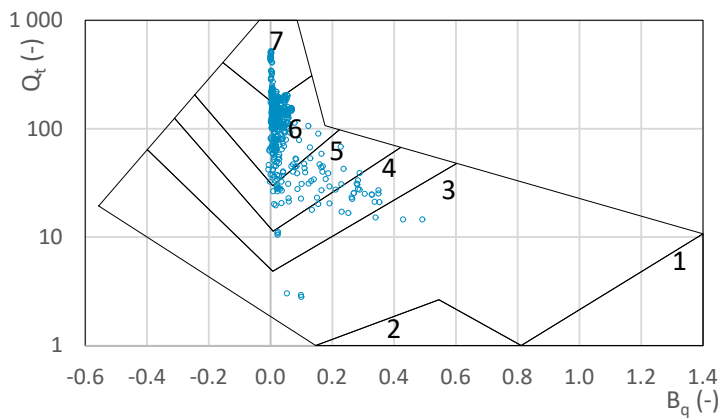
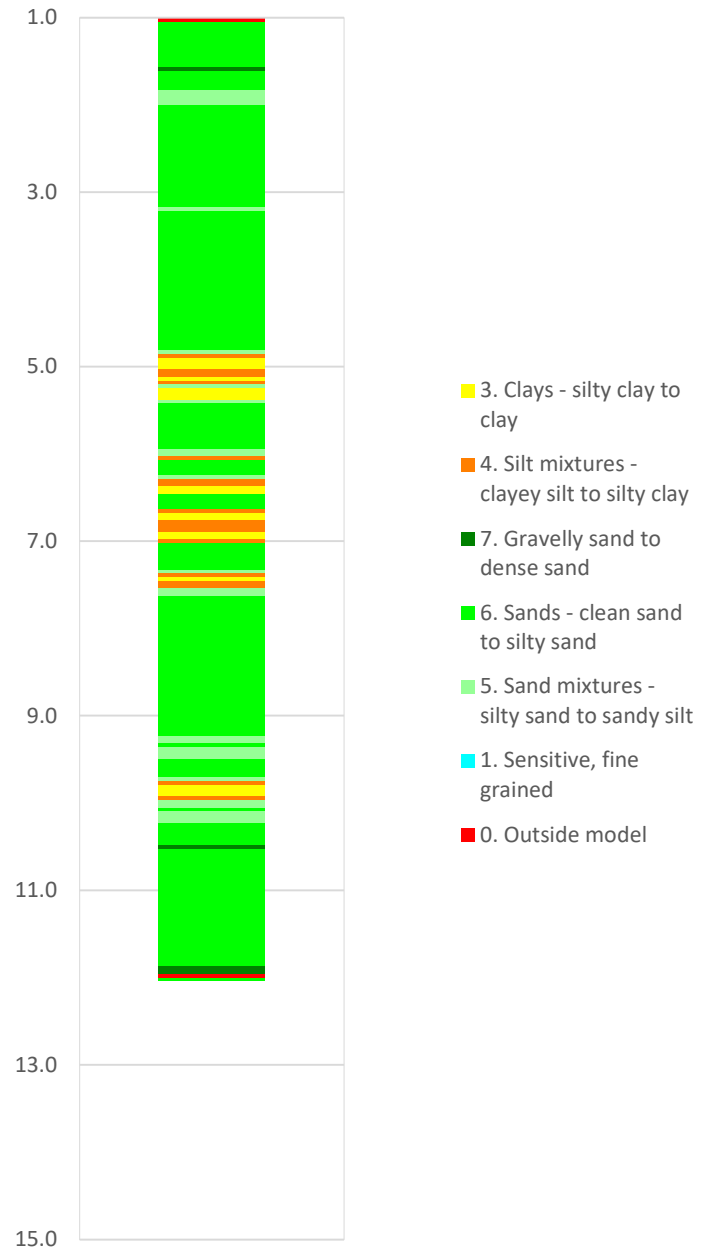
Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	8
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



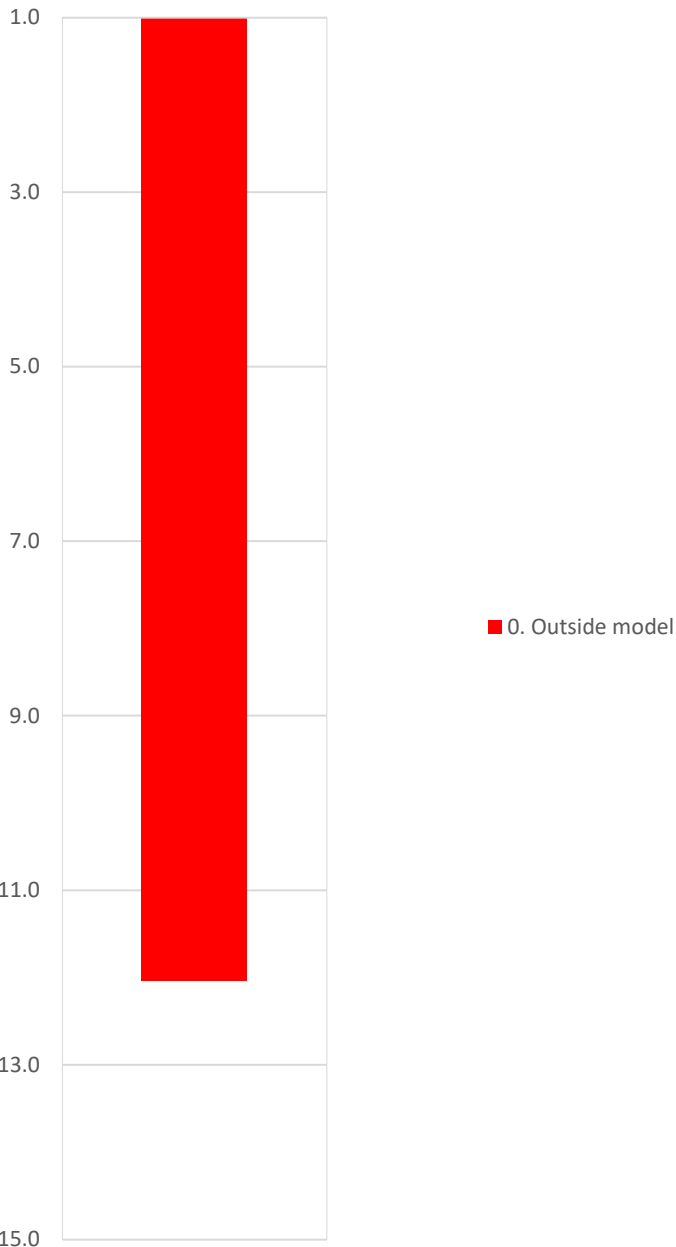
Robertson 1990 (Fr-Qt)



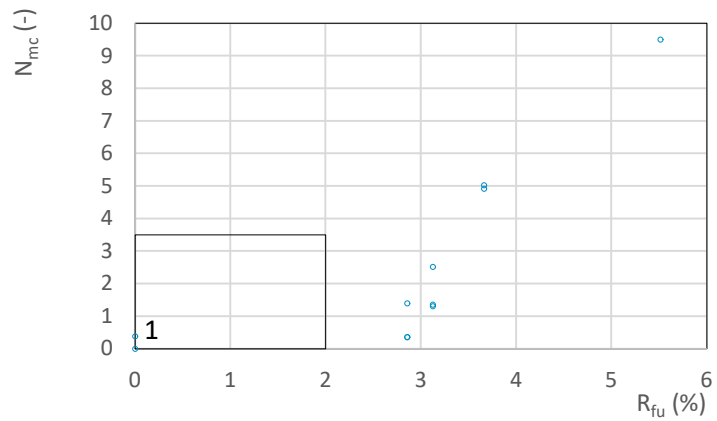
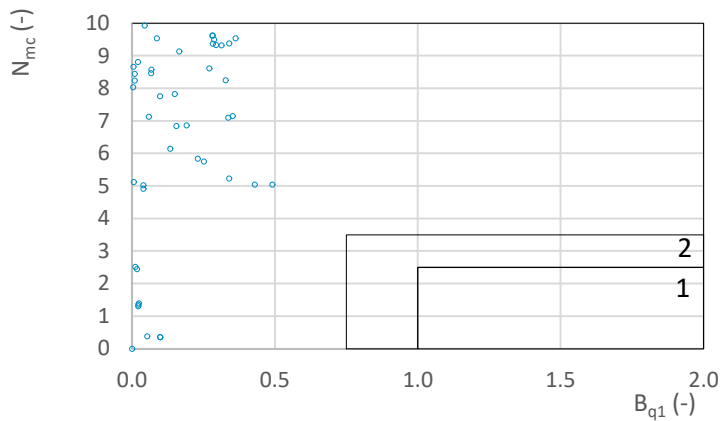
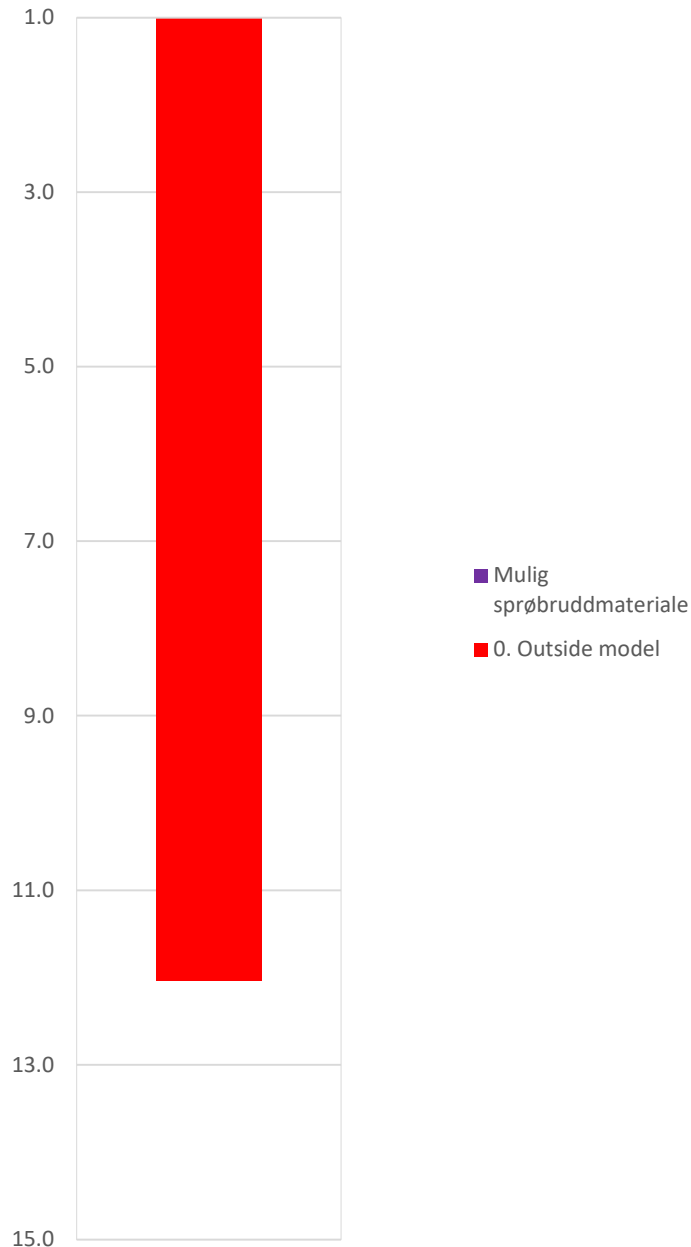
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold				Sondenummer	
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990				<b>4634</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato	<b>16</b>	


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

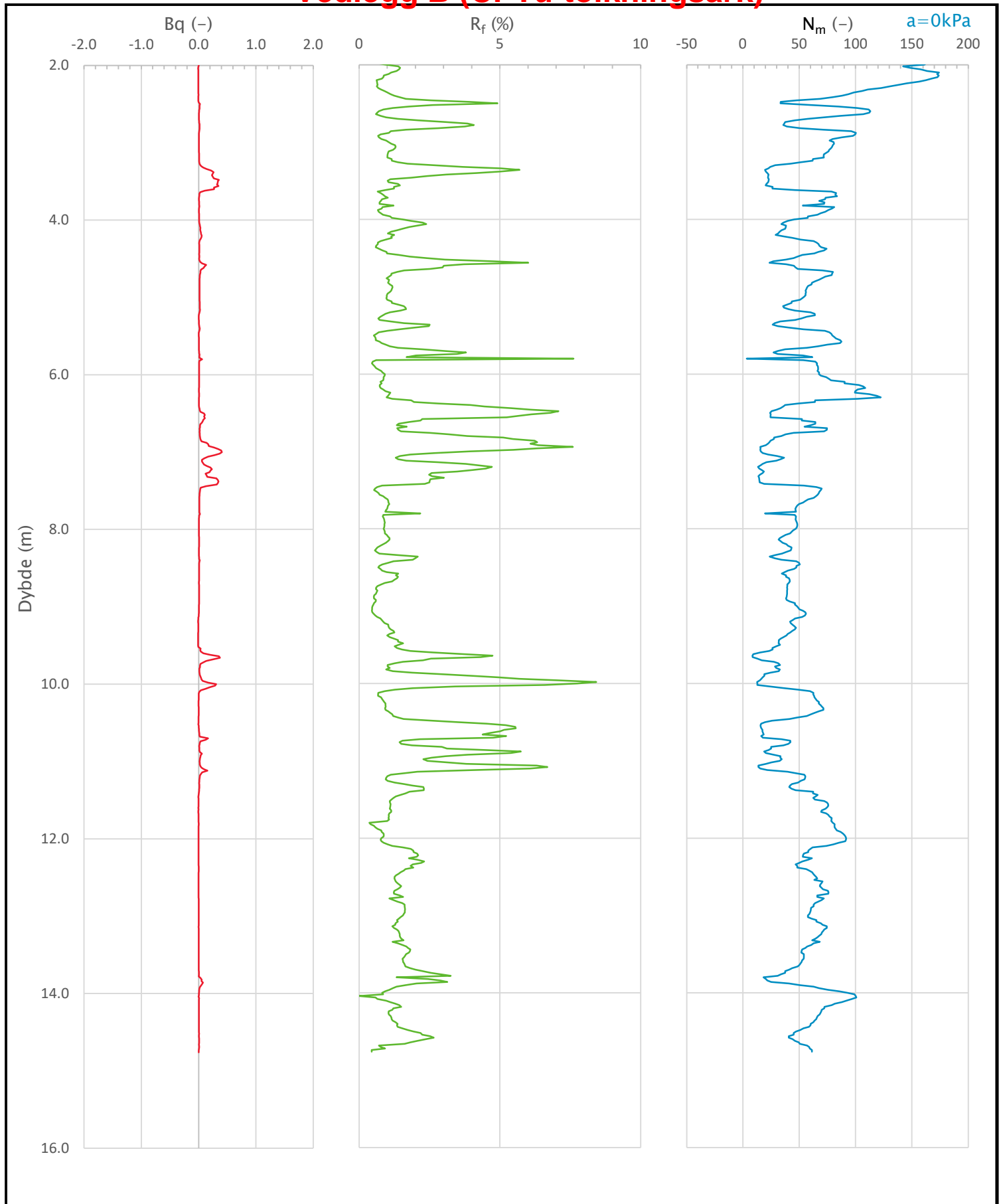



NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +71
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N11</b>	
Innhold			Sondenummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>4634</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	15.05.2023	Rev. dato	<b>21</b>	

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

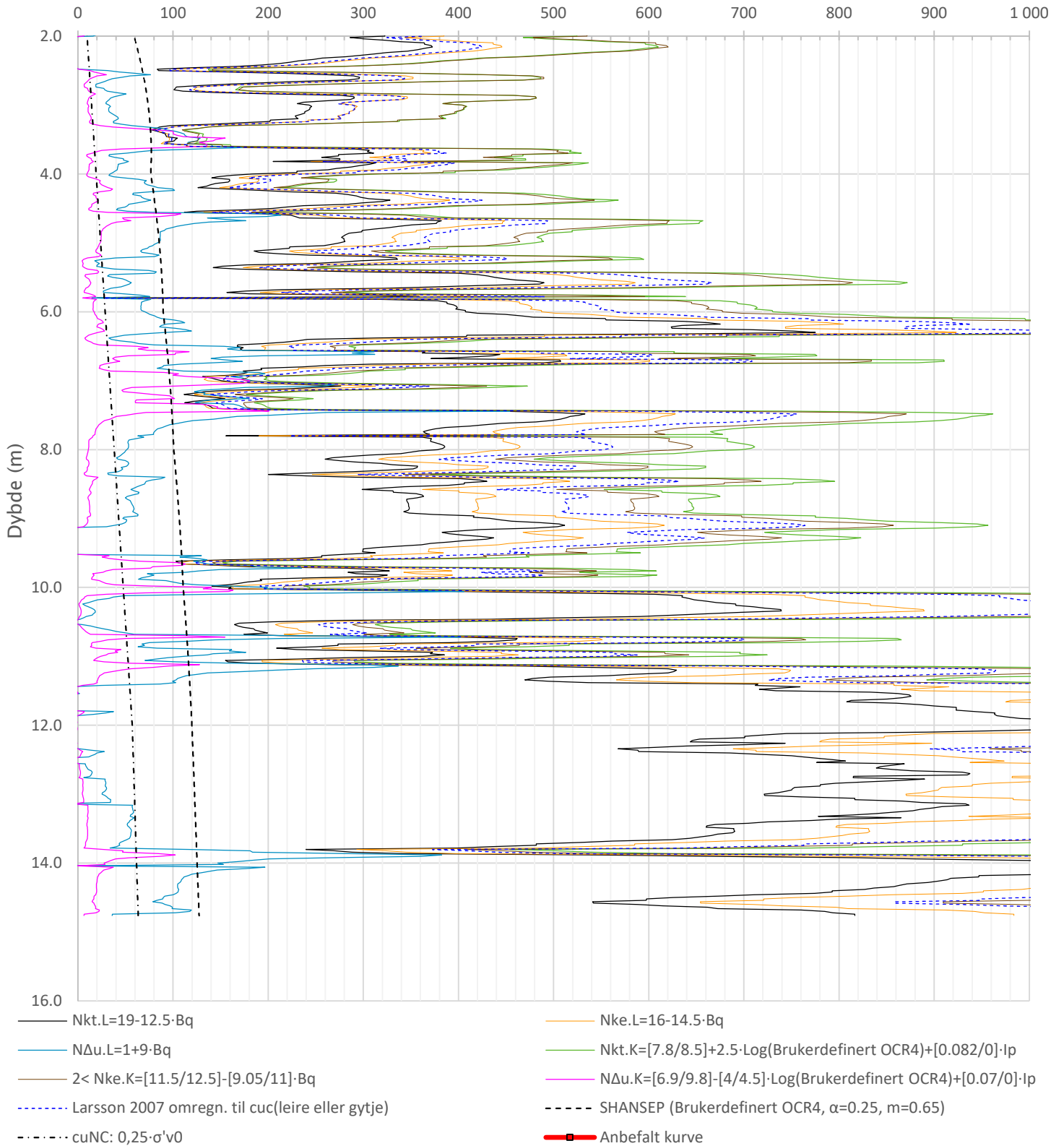



Prosjekt		Prosjektnummer: 41400311		Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold				Sondenummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>5310</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
Divisjon Ekstern konsulent	Dato sondering		Revisjon	Figur	
	25.04.2023		Rev. dato	<b>4</b>	



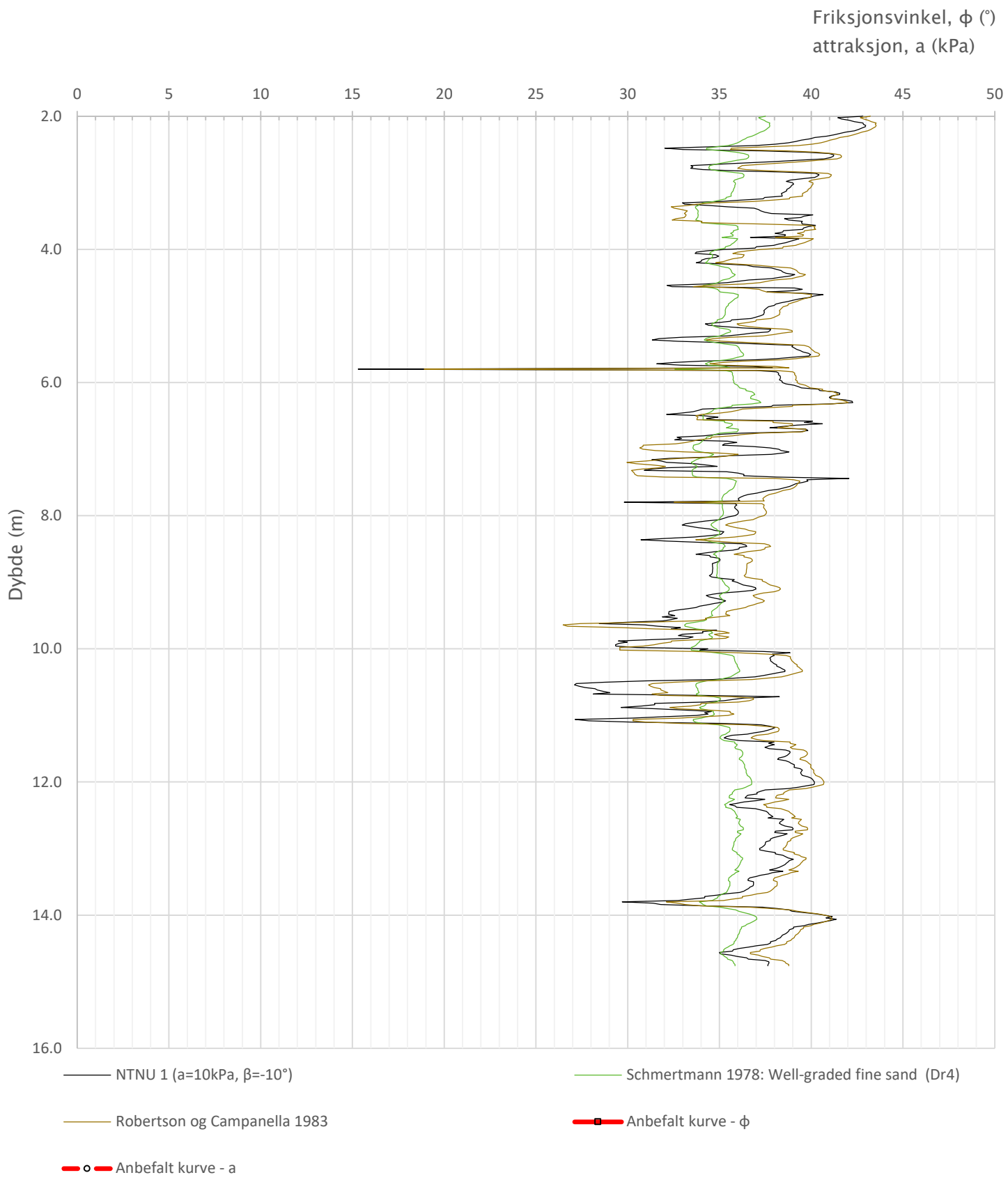
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



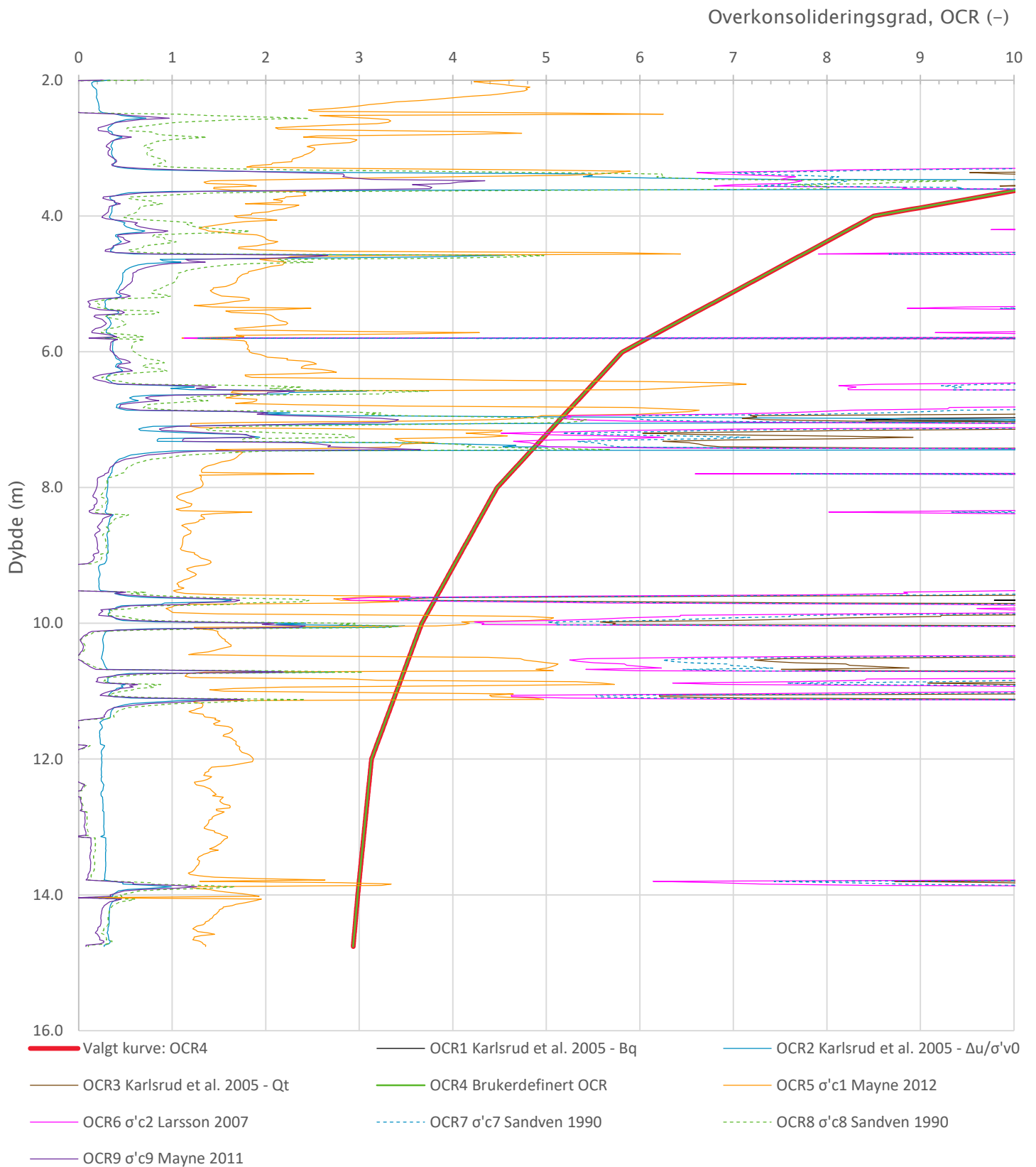
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolking av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5310</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Ekstern konsulent	25.04.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				<b>5310</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	6
	Ekstern konsulent	25.04.2023	Rev. dato		

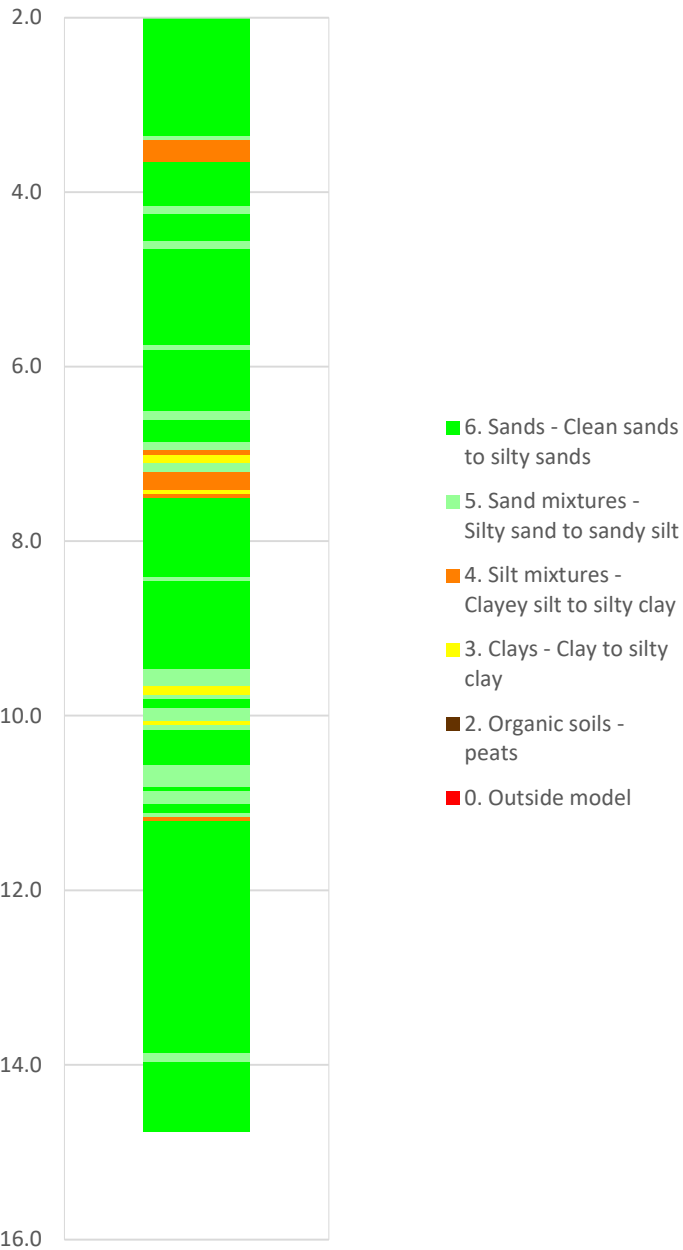
# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)



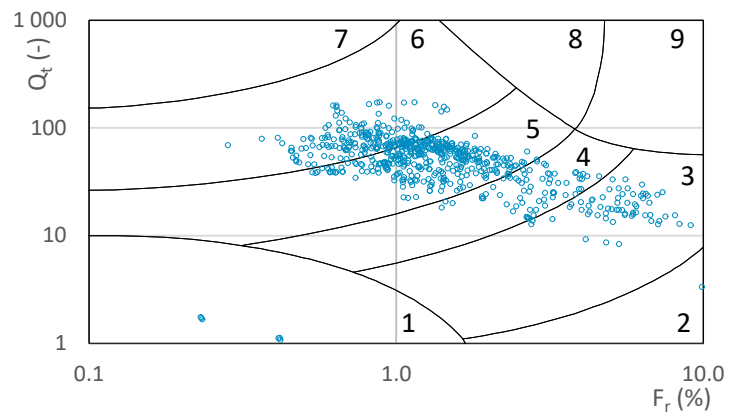
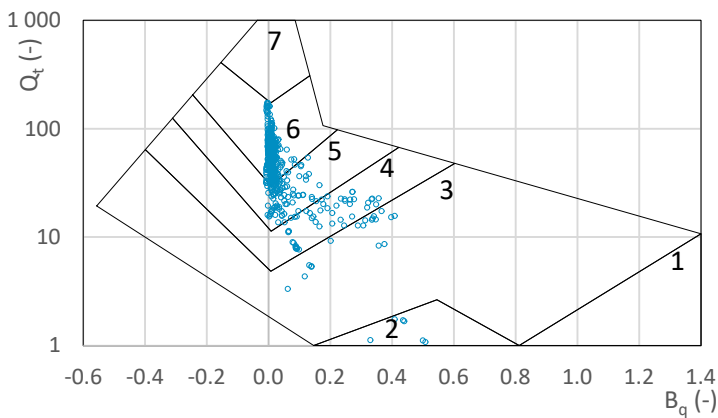
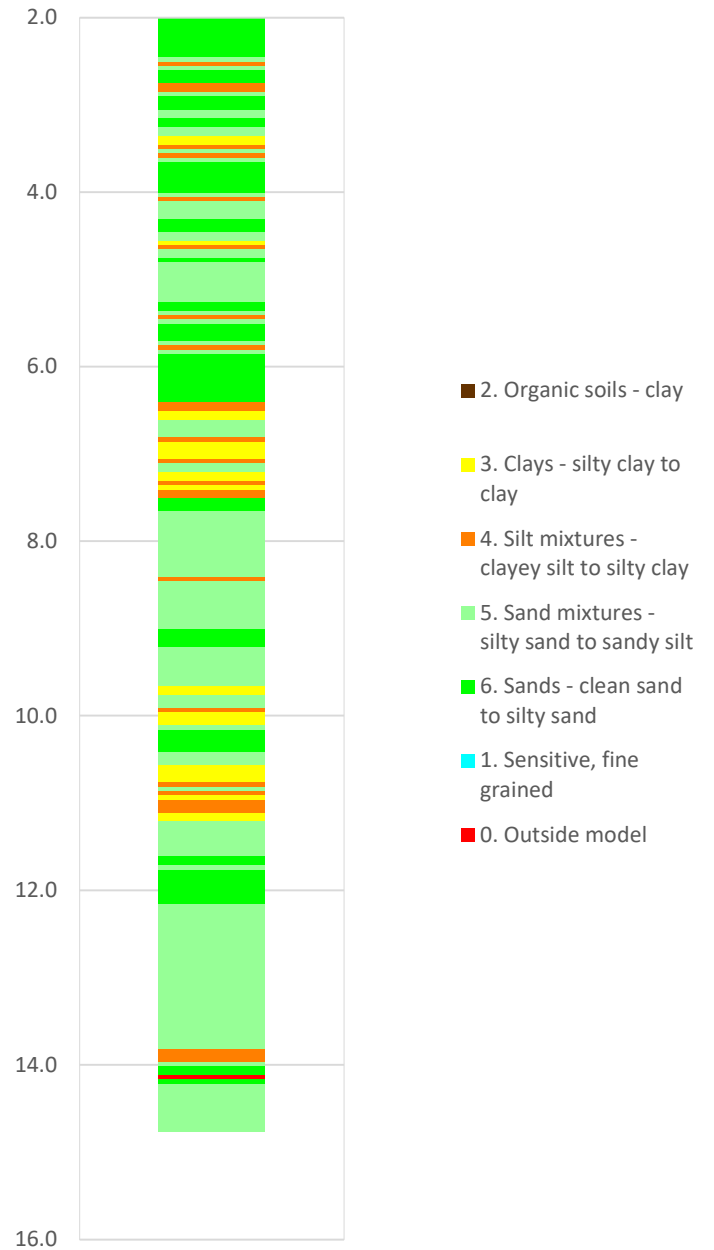
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5310</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	8
	Ekstern konsulent	25.04.2023	Rev. dato		


# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

Robertson 1990 (Bq-Qt)



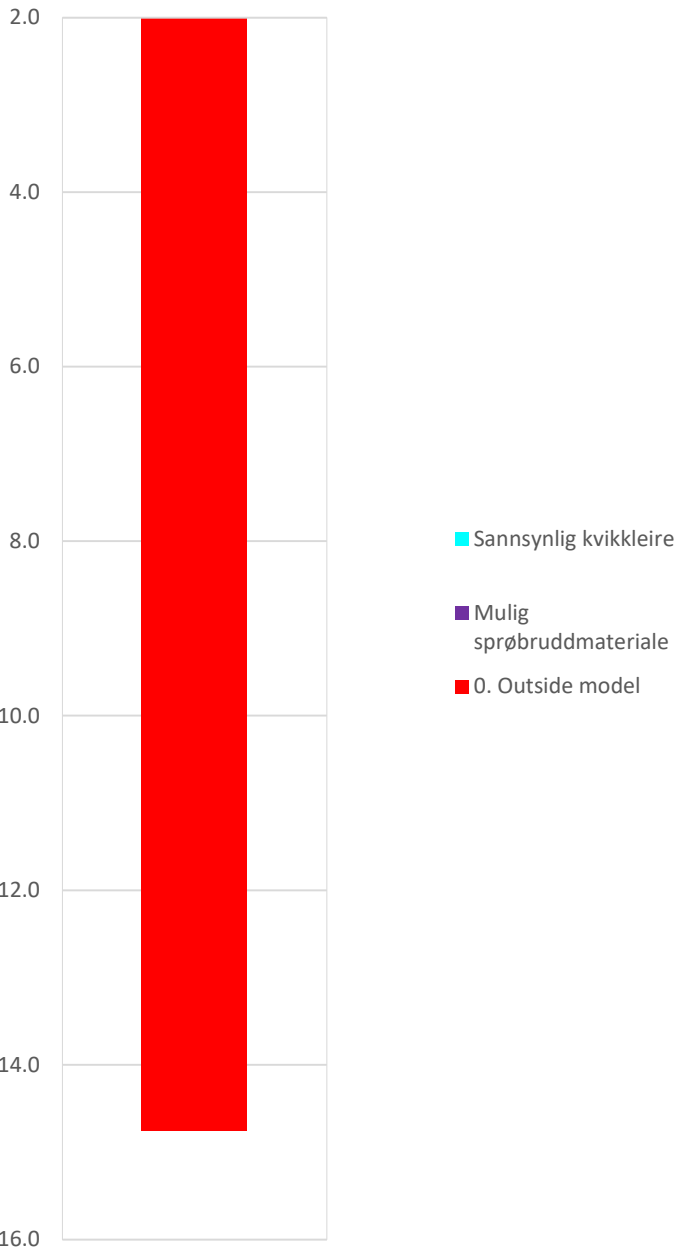
Robertson 1990 (Fr-Qt)



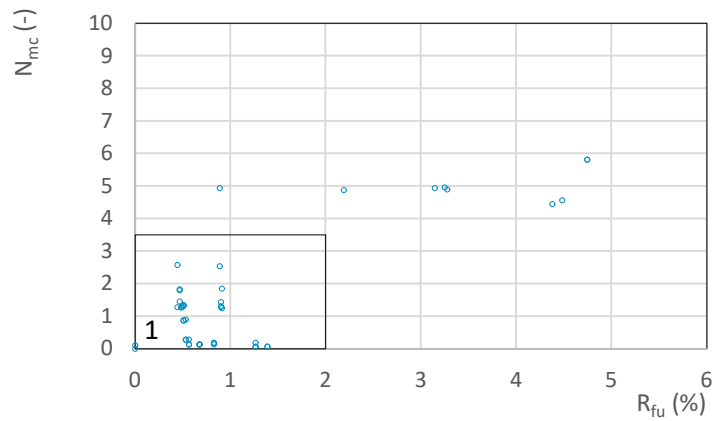
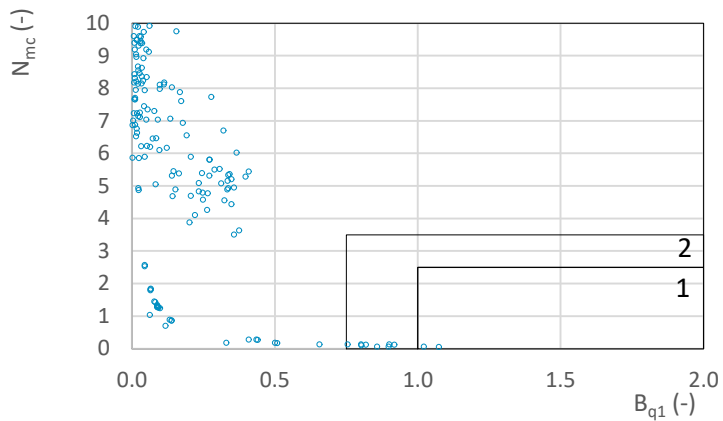
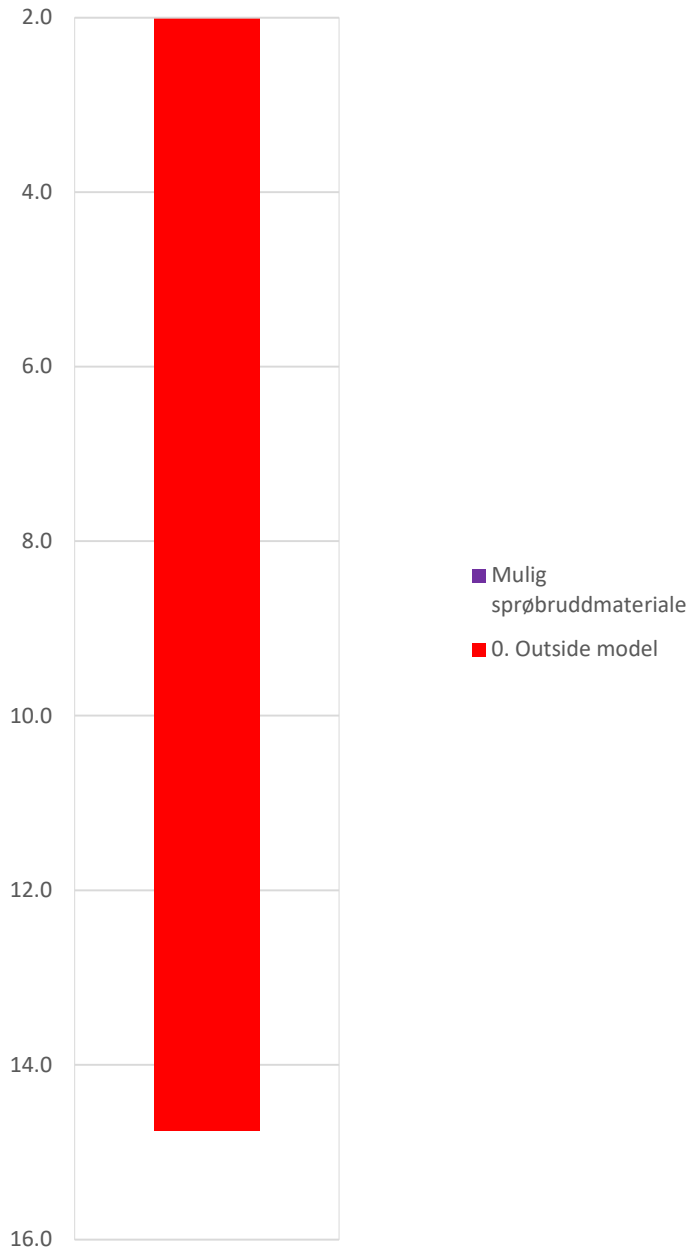
Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold				Sondenummer	
Jordartsklassifisering etter Robertsson 1990				<b>5310</b>	
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	SOHJ	MAAG	JAJE	<b>1</b>	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Ekstern konsulent	25.04.2023	Rev. dato	<b>16</b>	

# Vedlegg B (CPTu-tolkningsark)

NIFS 2015 (Bq1-Nmc)

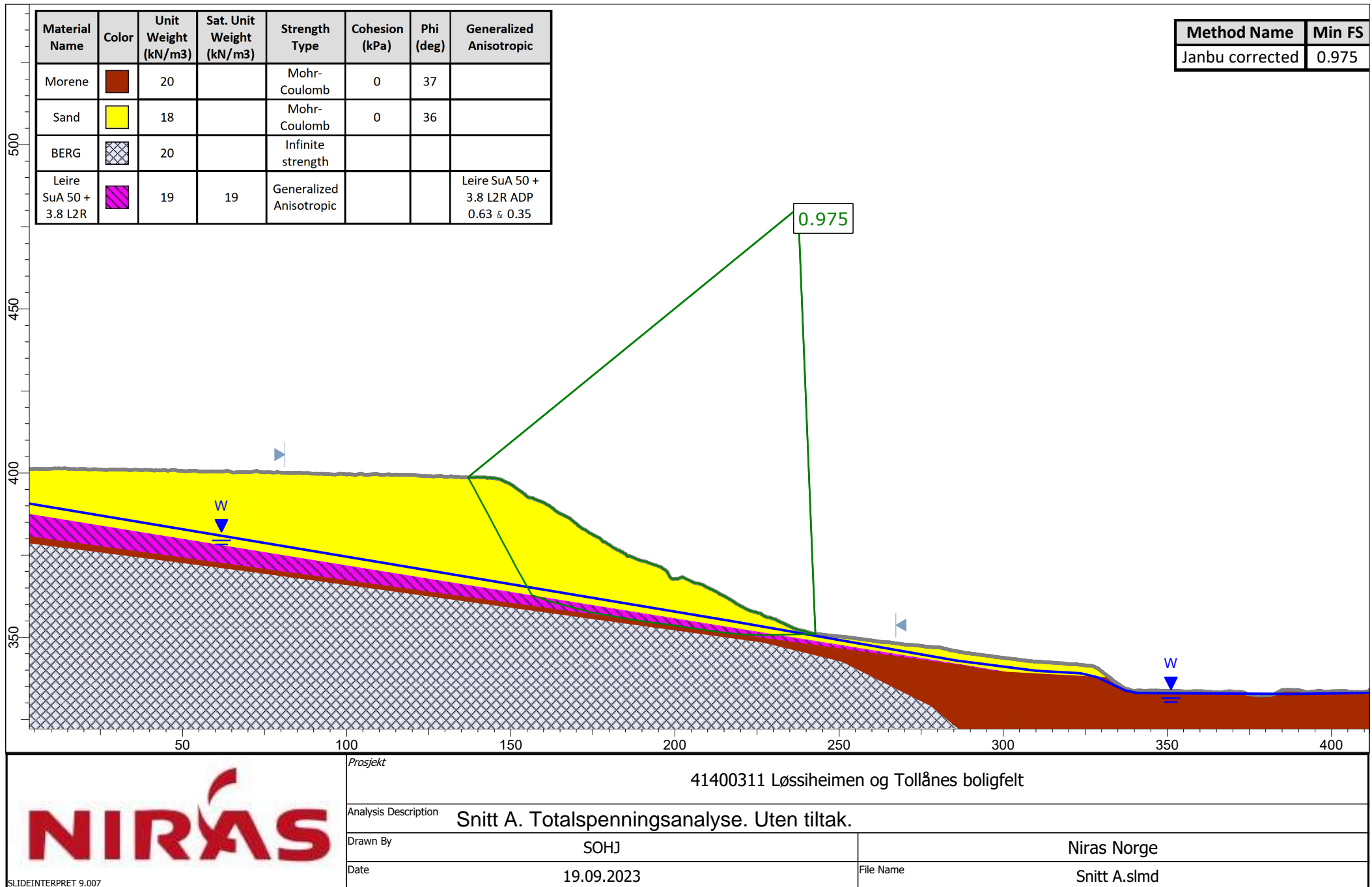


NIFS 2015 (Rfu-Nmc)



Prosjekt			Prosjektnummer: 41400311	Borhull	Kote +59.5
<b>Løssiheimen og Tollånes boligfelt</b>				<b>N16</b>	
Innhold			Sondennummer		
Jordartsklassifisering etter NIFS 2015 – detektering av sensitive materialer			<b>5310</b>		
 <b>Statens vegvesen</b>	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	<b>1</b>
	SOHJ	MAAG	JAJE		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	<b>21</b>
	Ekstern konsulent	25.04.2023	Rev. dato		

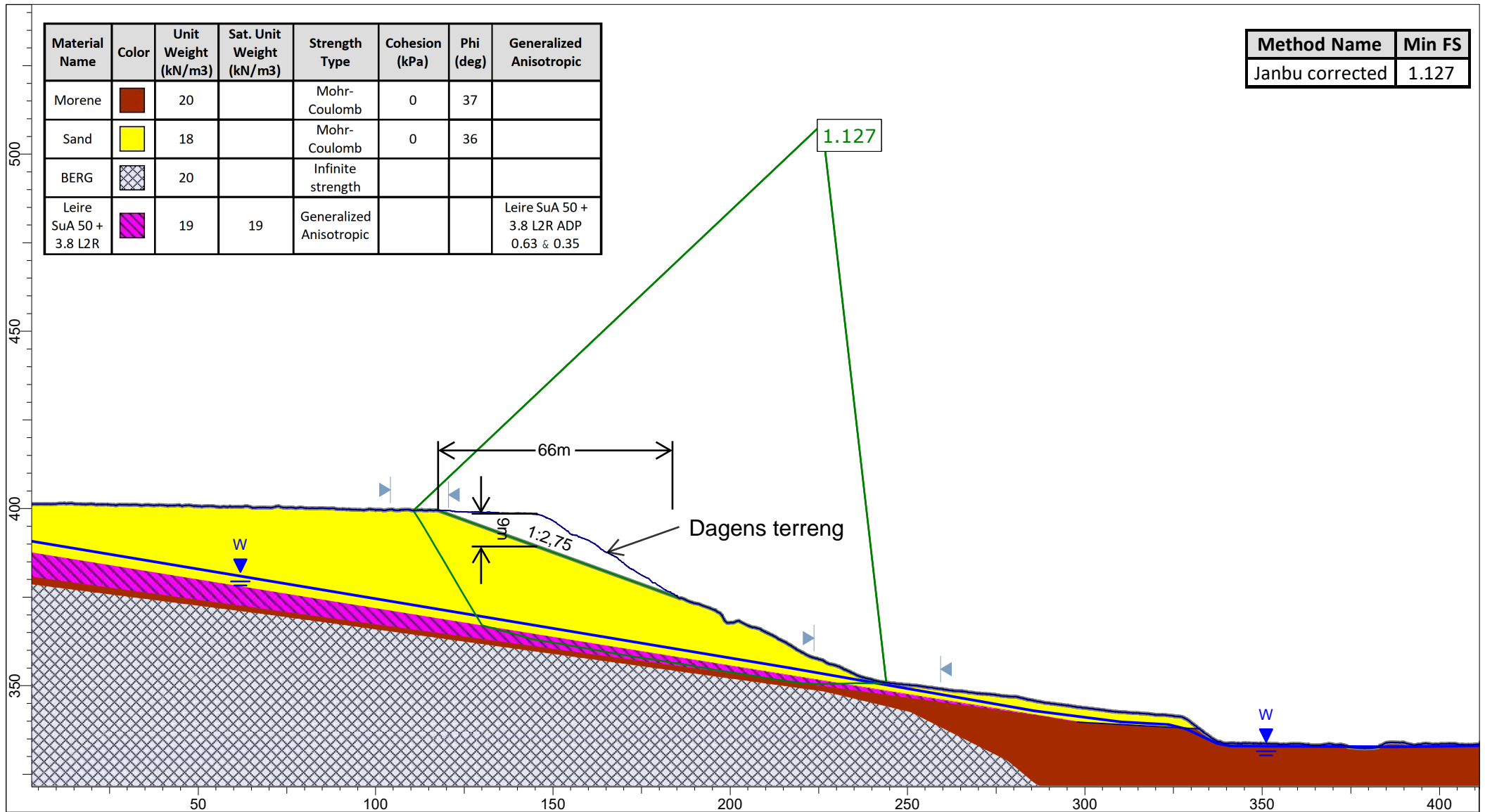
# Vedlegg C (Stabilitetsberegninger)



Prosjekt	41400311 Løssiheimen og Tollånes boligfelt		
Analysis Description	Snitt A. Totalspenningsanalyse. Uten tiltak.		
Drawn By	SOHJ	Niras Norge	
Date	19.09.2023	File Name	Snitt A.slm

SLIDEINTERPRET 9.007

# Vedlegg C (Stabilitetsberegninger)



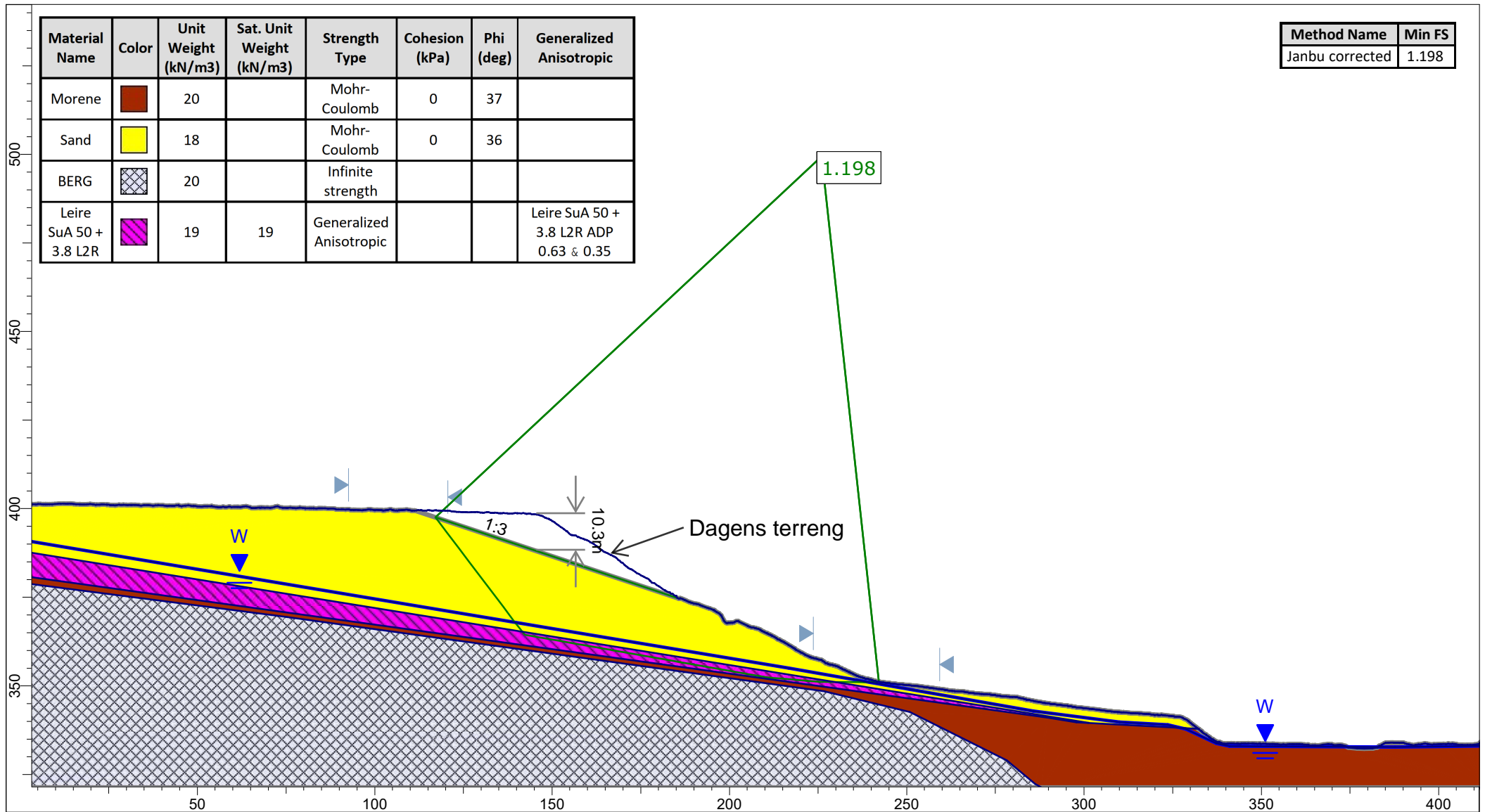
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Sat. Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Generalized Anisotropic
Morene		20		Mohr-Coulomb	0	37	
Sand		18		Mohr-Coulomb	0	36	
BERG		20		Infinite strength			
Leire SuA 50 + 3.8 L2R		19	19	Generalized Anisotropic			Leire SuA 50 + 3.8 L2R ADP 0.63 & 0.35

Method Name	Min FS
Janbu corrected	1.127

	Prosjekt 41400311 Løssiheimen og Tollånes boligfelt	
	Analysis Description Snitt A. Totalspenningsanalyse. Stabiliserende tiltak. Utslaking av skråning (1:2,75)	
	Drawn By SOHJ	Niras Norge
	Date 19.09.2023	File Name Snitt A.slm

SLIDEINTERPRET 9.007

# Vedlegg C (Stabilitetsberegninger)



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Sat. Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Generalized Anisotropic
Morene		20		Mohr-Coulomb	0	37	
Sand		18		Mohr-Coulomb	0	36	
BERG		20		Infinite strength			
Leire SuA 50 + 3.8 L2R		19	19	Generalized Anisotropic			Leire SuA 50 + 3.8 L2R ADP 0.63 & 0.35

Method Name	Min FS
Janbu corrected	1.198



Prosjekt	41400311 Løssiheimen og Tollånes boligfelt		
Analysis Description	Snitt A. Totalspenningsanalyse. Stabiliserende tiltak. Utslaking av skråning (1:3)		
Drawn By	SOHJ	Niras Norge	
Date	19.09.2023	File Name	Snitt A

SLIDEINTERPRET 9.007