
RAPPORT

Cecilienborg, detaljregulering

OPPDRAGSGIVER

Cecilienborg Bolig AS

EMNE

Vurdering av områdestabilitet

DATO / REVISJON: 13. mars 2025 / 03

DOKUMENTKODE: 10211512-RIG-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDAG	Cecilienborg, detaljregulering	DOKUMENTKODE	10211512-RIG-RAP-002
EMNE	Vurdering av områdestabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Cecilienborg Bolig AS	OPPDRAAGSLEDER	Joar Spencer Gloppestad
KONTAKTPERSON	Terje Steen Diana van der Meer Dag Haugdal	UTARBEIDET AV	Ivana Anusic/Alberto Montafia
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 568 896 NORD: 7 032 656	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Trondheim		

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Cecilienborg Bolig AS for å gi geoteknisk bistand i forbindelse med detaljregulering på tomtene som i dag utgjør Osloveien 129 på Cecilienborg i Trondheim. Foreliggende rapport omfatter en vurdering av påvirkningen av planlagt tiltak på områdestabilitet, iht. NVEs veileder nr. 1/2019.

Siden de aktuelle tomtene ligger innenfor kvikkleiresone 187 «Cecilienborg», er sonens klassifisering revidert med bakgrunn i resultatet av utførte grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Sonen er nå klassifisert med faregrad «lav».

Utførte stabilitetsberegninger viser at det ikke er behov for stabiliserende tiltak utenfor tomte for å ivareta områdestabiliteten under og etter oppføring av planlagte bygg. Men følgende punkter må ivaretas for å tilfredsstille myndighetenes krav:

- Kjeller kan ikke etableres nærmere enn ca. 50-60 m fra gang- og sykkelveien vest for Fv.706 (se tegning - 003). Utgraving for kjelleretasje etableres på kote +14,5 (OK gulv kote +15,5)
- Byggene må fundamenteres på spissbærende peler til berg for å ivareta kravene til områdestabilitet.
- Tilbakefylling mot kjellervegger langs Osloveien forutsettes utført med lette masser

Øvrige geotekniske tilrådninger for utbyggingen vil fremstilles i en egen rapport.

Vurderingene i foreliggende rapport skal i henhold til anbefalingene i NVEs kvikkleireveileder 1/2019 kvalitetssikres av uavhengig foretak.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
03	13.03.2025	Oppdatert områdeskredfarevurdering iht. NVEs veileder nr. 1/2019	Guro T. Vassenden	Anders Gylland	Joar S Gloppestad
02	11.02.2021	Revidert etter kommentarer fra uavhengig kontroll (Endringene er hovedsakelig i vedlegg og tegninger)	Ivana Anusic	Alberto Montafia	Joar S Gloppestad
01	09.03.2020	Revidert etter supplerende grunnundersøkelser i skråning ved Nidelva. Tilråding om motfylling i Nidelva er tatt bort. Argumentasjon om soneavgrensning implementert.	Alberto Montafia	Ivana Anusic	Joar S Gloppestad
00	22.08.2019	Klargjort for uavhengig kontroll	Alberto Montafia / Ivana Anusic	Joar S Gloppestad	Håvard Narjord

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Grunnlag	6
3	Terreng- og grunnforhold	7
3.1	Topografi	7
3.2	Grunnforhold	9
4	Planlagt utbygging	10
5	Vurdering av områdestabilitet	12
5.1	Kvikkleiresone 187 «Cecilienborg»	12
5.2	Skråningen mot Nidelva	14
5.3	Etablering av byggegrep	15
5.4	Permanent fase	16
6	Sluttkommentar	17
7	Referanser	17

VEDLEGG

Vedlegg A – Beregningsgrunnlag

Vedlegg B – Utredning kvikkleiresoner

Vedlegg C – Faktaark sone 187 «Cecilienborg»

TEGNIGNER

10211512-RIG-TEG	-002, rev02	Borplan med profiler
	-003	Situasjonsplan. Føringer for kjellerutgraving
-350.1		Poretrykksmålinger piezometer BP. 1, Målt poretrykk (kote)
-350.2		Poretrykksmålinger piezometer BP. 1 Målt poretrykk (trykk)
-351.1		Poretrykksmålinger piezometer BP. 10, Målt poretrykk (kote)
-351.2		Poretrykksmålinger piezometer BP. 10, Målt poretrykk (trykk)
-400.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 1, d= 11,55 m, plott A
-401.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 1, d= 14,55 m, plott A
-402.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 5, d= 15,35 m, plott A
-403.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 10, d= 9,4 m, plott A
-404.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 10, d= 16,55 m, plott A
-405.1		Kontinuerlig ødometerforsøk BP. 10, d= 18,37 m, plott A
-450.1		Aktivt treaksialforsøk BP. 1, d= 11,4 m, spenningssti
-451.1		Aktivt treaksialforsøk BP. 1, d= 14,4 m, spenningssti
-452.4		CID treaksialforsøk BP.5, d=15,35 m, bruddutvikling
-453.1		Aktivt treaksialforsøk BP. 10, d= 9,3 m, spenningssti
-454.1		Aktivt treaksialforsøk BP. 10, d= 16,35 m, spenningssti
-455.4		Aktivt treaksialforsøk BP. 10, d= 18,43 m, bruddutvikling
-500.5		CPTU-1, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-500.6		CPTU-1, Overkonsolideringsgrad, OCR
-500.7		CPTU-1, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-500.8		CPTU-1, Bæreevnemåltorer for beregning av udrenert skjærfasthet

-501.5	CPTU-2, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-501.6	CPTU-2, Overkonsolideringsgrad, OCR
-501.7	CPTU-2, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-501.8	CPTU-2, Bæreevnefaktorer for beregning av udrenert skjærfasthet
-502.5	CPTU-5, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-502.6	CPTU-5, Overkonsolideringsgrad, OCR
-502.7	CPTU-5, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-502.8	CPTU-5, Bæreevnefaktorer for beregning av udrenert skjærfasthet
-503.5	CPTU-7, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-503.6	CPTU-7, Overkonsolideringsgrad, OCR
-503.7	CPTU-7, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-503.8	CPTU-7, Bæreevnefaktorer for beregning av udrenert skjærfasthet
-504.5	CPTU-8, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-504.6	CPTU-8, Overkonsolideringsgrad, OCR
-504.7	CPTU-8, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-504.8	CPTU-8, Bæreevnefaktorer for beregning av udrenert skjærfasthet
-505.5	CPTU-12, Prekonsolideringsspenning, σ_c'
-505.6	CPTU-12, Overkonsolideringsgrad, OCR
-505.7	CPTU-12, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ua}
-505.8	CPTU-12, Bæreevnefaktorer for beregning av udrenert skjærfasthet
-700, rev02	Profil 1-1, Tolket lagdeling
-701, rev01	Profil 2-2, Tolket lagdeling
-702, rev01	Profil 3-3, Tolket lagdeling
-800, rev03	Profil 1-1, stabilitetsberegning
-801, rev03	Profil 2-2, stabilitetsberegning
-802, rev02	Profil 3-3, stabilitetsberegning

1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Cecilienborg Bolig AS for å gi geoteknisk bistand i forbindelse med detaljregulering på tomtene som i dag utgjør Osloveien 129 på Cecilienborg i Trondheim.

Foreliggende rapport omfatter en vurdering av planlagt tiltaks påvirkning på områdestabilitet. Siden de aktuelle tomtene ligger innenfor kvikkleiresone 187 «Cecilienborg», er sonens klassifisering revidert med bakgrunn i resultatet av utførte grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Øvrige geotekniske tilrådninger for utbyggingen vil fremstilles i en egen rapport.

Områdeskredfarevurderingen, herunder samtlige stabilitetsberegninger og sikkerhetskrav, er oppdatert med krav etter ny veileder, NVEs veileder nr. 1/2019. Vurderingene i foreliggende revidert rapport skal i henhold til anbefalingene i NVEs kvikkleireveileder nr. 1/2019 kvalitetssikres av uavhengig foretak (ref. /1/).

2 Grunnlag

Multiconsult har utført grunnundersøkelser på og i området ved tomte i forbindelse med foreliggende oppdrag. Grunnundersøkelser er presentert i datarapport 10211512-RIG-RAP-001 rev.01 (ref. /2/). Multiconsult har tidligere utført innledende grunnundersøkelser på tomte i 2015, disse er sammenstilt i rapport 417036-RIG-RAP-001 (ref. /3/). En tidlig vurdering av stabilitets- og fundamenteringsforhold er presentert i notat 417036-RIG-NOT-001 (ref. /4/).

Multiconsult og andre aktører har utført grunnundersøkelser i og i nærheten av prosjektområdet i forbindelse med andre prosjekter. Andre relevante rapporter som ligger til grunn for vurderingene i foreliggende rapport er oppsummert i Tabell 1:

Tabell 1: Oversikt over relevante rapporter fra området

Aktør	Oppdrag	Rapport nr.	År
Multiconsult	Osloveien 132	416592-RIG-RAP-001 416592-RIG-NOT-001	2014
Rambøll	P-hus og boliger på Marienborg	G-rap-001-6090223	2009
Statens vegvesen	E6 Oslovegen, Steinberg tunnelen, vei i dagen ved Cecilienborg	Ud 685 A 3	2006
Multiconsult	Marienborg C	410696-2	2004
Noteby	Belvedere Breidablikk hageby	300616-1 300616-2	2001
Trondheim kommune	Kollektivveg Marienborg	R.989	1996
Trondheim kommune	Omlegging Oslovegen, Stavne	R.325-3	1977
Trondheim kommune	Marienborg, kloakk- og vannledning	R.325-2	1974

Foreløpige arkitekttegninger mottatt januar 2020 fra arkitekt og oppdragsgiver utgjør grunnlaget for vurderinger angående planlagt utbygning.

3 Terreng- og grunnforhold

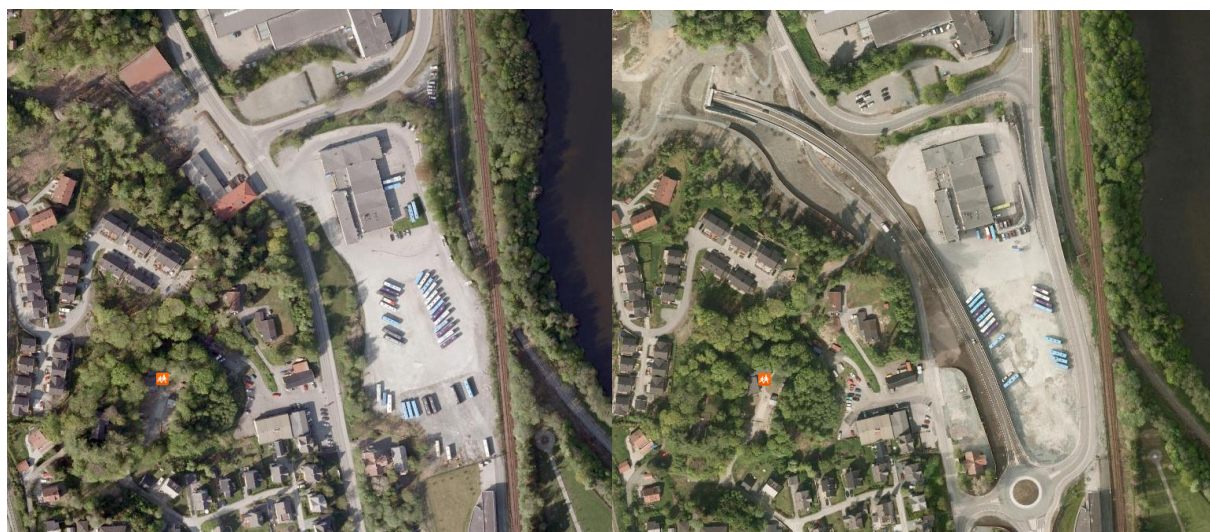
3.1 Topografi

Terrenget på prosjektområdet har endret seg betydelig i løpet av 1900-tallet. I slutten av det 19. århundre var området en bekkedal som senere (antagelig i 1950-tallet) ble fylt opp med forskjellige masser, fra fyllmasser med avfall til sand og silt, i forbindelse med bygging av Stavnebanen langs Nidelva. Originalt terreng var på ca. kote +21 på begge sider av bekkedalen, mens bekken i seg selv lå på ca. kote +7/8 (antatt høydesystem Trondheim lokal), se Figur 1:



Figur 1: Tidligere topografi på prosjektområdet, omtrentlig avgrensning av byggetomta markert i rød

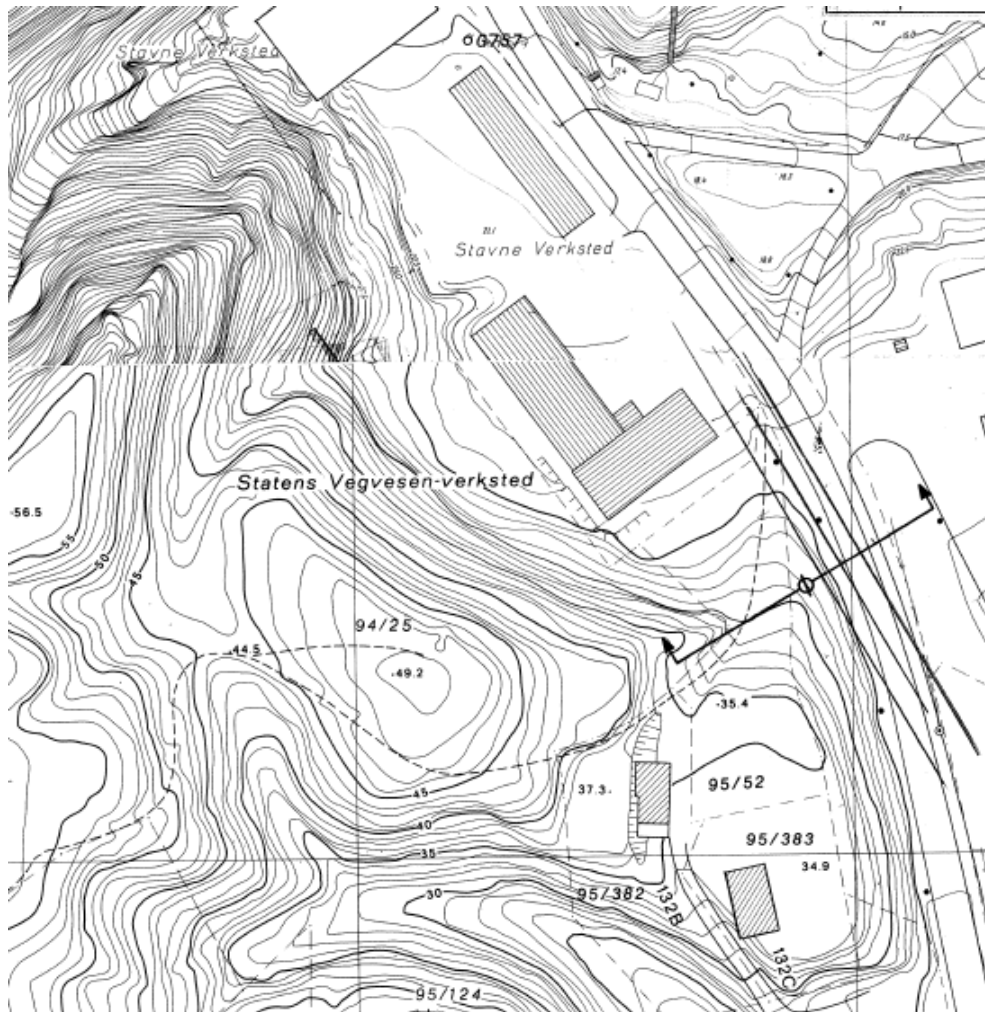
I 2009 ble Marienborgtunnelen bygd, og Fv. 706 ble bygd om til dagens situasjon, se Figur 2:



Figur 2: Flybilder over det aktuelle området, t.v. fra 2008, t.h. fra 2010

I denne forbindelsen ble det etablert en stor motfylling i foten av skråningen rett sør for tunnelen, der hvor tidligere Stavne verksted lå.

Husene som ligger i toppen av skråningen rett sør for tunnelportalen (Belvedere), dvs. ovenfor tidligere Stavne verksted, ble bygd i 2001/2002. Før husene ble bygd lå terrenget i toppen av skråningen på kote +49,2 (Trondheim lokal) mens nå ligger terrenget på kote +42/+43. Se Figur 3:



Figur 3: Utsnitt av borplan fra Trondheim kommunes rapport R.325-3, som viser områdets tidligere topografi

Terrenget på de aktuelle tomtene er per i dag stort sett flatt, og ligger på kote +21/+22 i nordre del og på kote +18/+19 i søndre del. Mot nord og mot øst er prosjektområdet avgrenset av Osloveien. Osloveien ligger på omtrent samme kote som tomte (+19) fra rundkjøringen i sør til midt på tomte, deretter begynner veien å falle mot kote +15 ved tomtas nordøstre hjørne. Terreng på tomte ligger her på ca. kote +22 og høydeforskjellen er tatt opp med en natursteinsmur langs tomtas østre kant, og med en skråning mot nord, se Figur 4.



Figur 4: Bilde av byggetomtas nordøstre hjørne, tatt i retning sørvest (Google Street View)

Mot vest er tomta avgrenset av Fv. 706. Høydeforskjellen mellom fylkesveien og terrenget på tomta er ca. 3 m i søndre del av utbyggingsområdet, og ca. 1 m i nordre del. Høydeforskjellen er tatt opp med en støttemur med natursteinforblending.

Terrenget vest for Fv. 706 er ravinert med opptil 20 m høye skråninger. Området er også bebyggt.

Øst for Osloveien går to toglinjer, Stavnebanen og Dovrebanen. Disse ligger på to forskjellige nivåer og krysser hverandre i en kulvert ved midtre del av tomta. Rett øst for toglinjene faller terrenget bratt mot Nidelva og danner en skråning på ca. 19 m.

Nord for Osloveien ligger terrenget på to sprang på henholdsvis ca. kote +15 og ca. kote +9.

3.2 Grunnforhold

Grunnforhold på tomta bærer preg av all aktivitet som har pågått i området i det 20. århundre. Den tidligere ravinedalen som lå midt på tomta har blitt fylt opp med fyllmasser av varierende kvalitet. Prøver av disse fyllmassene tatt opp i forbindelse med miljøgeologisk undersøkelse av byggetomta viser at de hovedsakelig består av sand og silt, med organisk materiale, trevirke eller kull påvist i flere punkter (ref. /5/)

Stedlige løsmasser på tomta ble avsatt som et topplag av sand og silt over leire. Leire ligger stedvis rett over berg, stedvis over et lag grovere materiale over berg. Leire ligger mellom 8 og 18 m under terrengoverflate. En stor andel av leira som er påvist på tomta er kvikk, og ligger generelt rett under det øvre laget av sand og silt. Kvikkleire utgjør dermed den øvre delen av leirforekomsten.

Dybde til berg varierer en del over tomta. I søndre del av tomta ligger berg på ca. kote -12, mens lengre nord ligger bergoverflaten på kote -21 i nordøstre hjørne av tomta, og på kote -0,6 i nordvestre hjørne. Økningen i dybde til berg fra sør mot nord er relativt jevn, mens forskjellen mellom dybde til berg i nordøstre og nordvestre hjørne på tomta er målt over en kort avstand.

Poretrykksforhold er målt i et punkt på tomta og i et punkt i skråningen ved Marienborgtunnelen. I begge punkter er det installert to poretrykksmålere på to forskjellige dybder. Målingene viser at grunnvannet ligger langt under terrengoverflata og at poretrykksfordelingen med dybden er lavere enn hydrostatisk (se vedlagte tegninger 10211512-RIG-TEG-350 og 351)

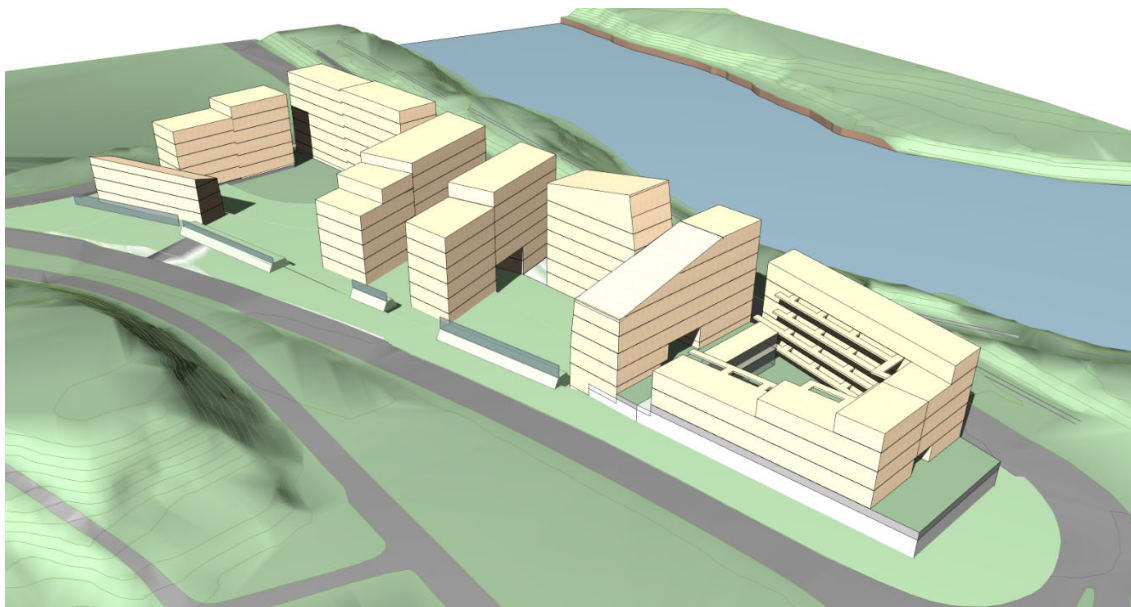
For en mer detaljert oversikt over grunnforholdene på tomta vises det til geoteknisk datarapport 10211512-RIG-RAP-001 rev.01 ref. /2/.

4 Planlagt utbygging

Utbyggingsplanene er ikke fastslått ennå. Foreløpig plassering av byggene på tomta er vist i figur 5.

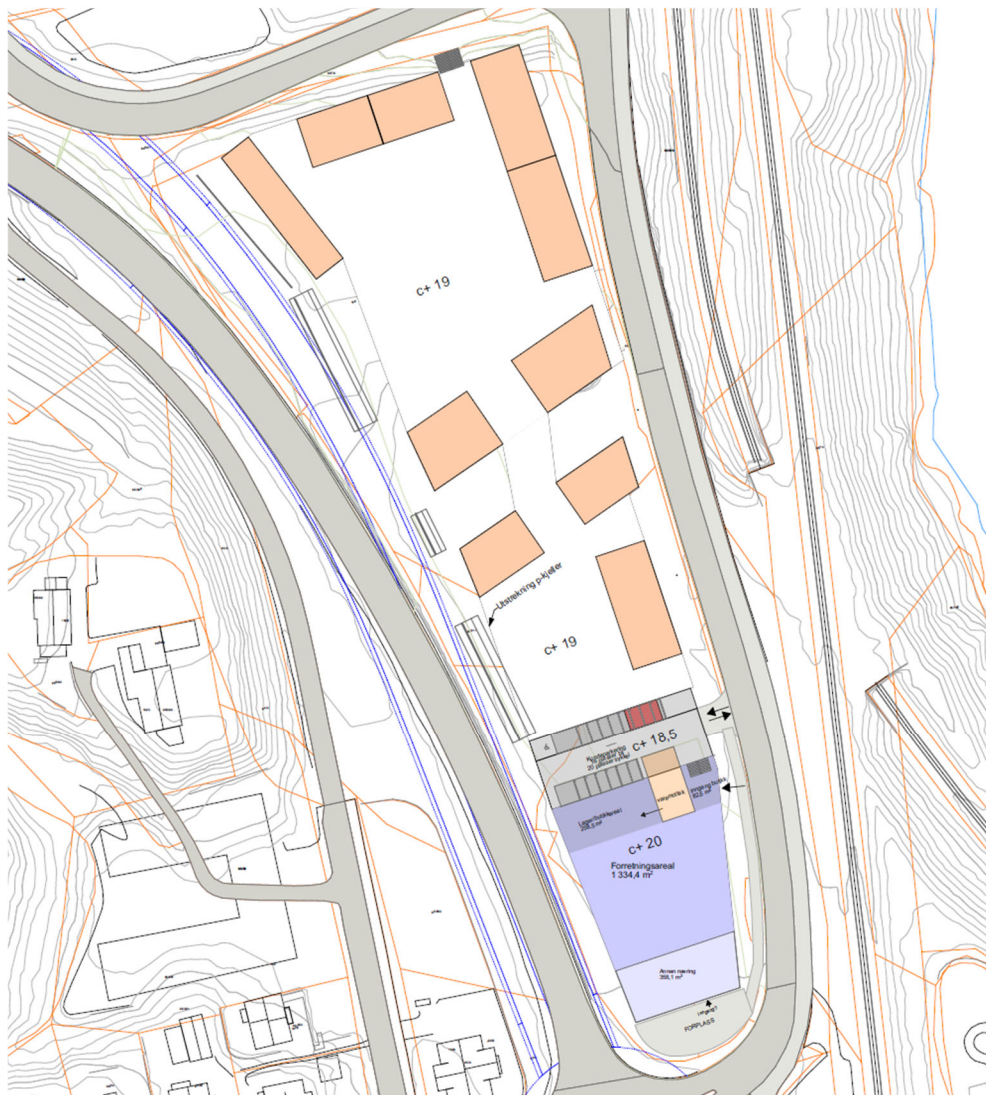
OK kjelleretasje er planlagt på kote +15,5.

Utbyggingsplanene viser at planlagt bebyggelse består av bygg med opptil 7 etasjer over kjeller, og mindre bygg hvor de minste er på 3-4 etasjer.



Figur 5: Illustrasjon av planlagt utbygging sett fra sør (PKA Arkitekter)

Fv. 706 kan i fremtiden bli utvidet, slik at Marienborgtunnelen får et nytt løp. Utvidelsen nærmere tunnelen vi skje på nordøstsiden av eksisterende vei, inn på deler av den aktuelle byggetomta. Dette setter begrensninger til hvor nær Fv. 706 kan det graves uten behov for oppstøttingstiltak. Utvidelse av Fv. 706 er vist i Figur 6.



Figur 6: Foreløpig plan 1. etasje, med utvidet Fv. 706 markert med blå linje.

5 Vurdering av områdestabilitet

5.1 Kvikkleiresone 187 «Cecilienborg»

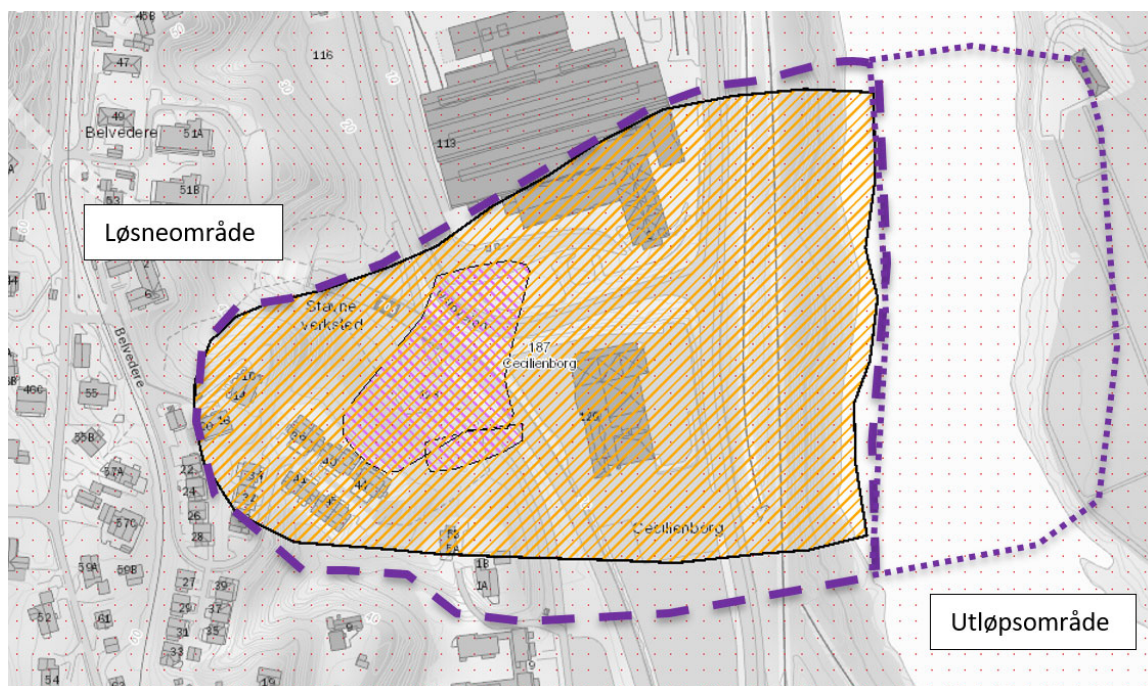
Vurderingsomfanget av stabilitetsforhold i området rundt byggetomta er vesentlig ettersom tomta ligger innenfor kvikkleiresone 187 «Cecilienborg». Dokumentasjon av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred blir da et krav som må tilfredsstilles i løpet av reguleringsfasen.

Utbyggingen klassifiseres i tiltakskategori K4 etter NVEs veileder nr. 1/2019. Dette utløser krav om fullstendig utredning av den aktuelle faresonen. Med bakgrunn i nye utførte grunnundersøkelser er avgrensningen og klassifiseringen av sone 187 «Cecilienborg» revidert. Resultatet av utredningen er presentert i Vedlegg B (vurderinger gjort i forbindelse med utredningen) og Vedlegg C (oppsummering av sonens klassifisering i sonens faktaark). Den nye avgrensningen (løsneområdet) av sone 187 «Cecilienborg» er vist i figur 7. Sonens reviderte faregrad, både før og etter utbyggingen, er klassifisert som «lav».

Det må dokumenteres at utbyggingen ikke vil bli rammet/berørt av områdeskred, og at selve utbyggingen ikke vil forårsake områdeskred. Kombinasjon av kvikkleiresonens faregrad (lav) og tiltakskategorien (K4) gir følgende krav til sikkerhetsfaktor for områdestabilitet:

- Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ (1,61) 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 iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 /1/.
- For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$.

Dersom stabilitetsberegninger viser at stabilitetsforholdene ikke er tilfredsstillende iht. krav må det innføres tiltak for å forbedre situasjonen og oppnå det påkrevde sikkerhetsnivået.



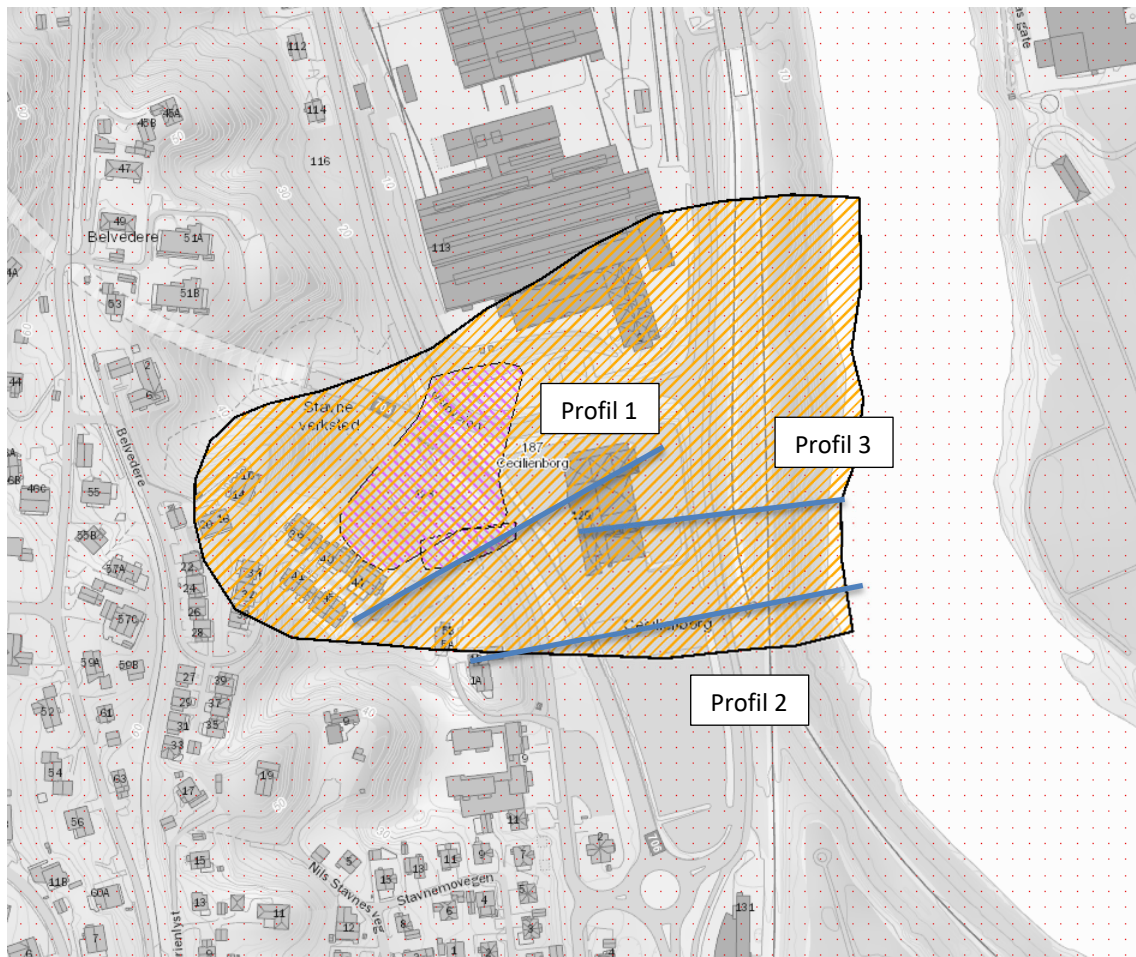
Figur 7: Ny avgrensning av sonens 187 «Cecilienborg» løsneområde og utløpsområde. Ny faregrad («lav») etter revidert klassifisering er ikke vist.

Generelle problemstillinger

Problemstillingene som er undersøkt og forsøkt svart opp med stabilitetsberegninger i foreliggende rapport er:

- 1) Hvordan er stabilitetsforhold i skråningen mot Nidelva? Er det fare for retrogressiv forplanting etter et initialskred i denne skråning?
- 2) Er det forsvarlig å etablere parkeringskjeller på det ønskede nivået? Må det settes begrensninger til hvor nær eksisterende Fv. 706 man kan etablere byggegropa?
- 3) Forutsatt at direktefundamentering av nybyggene er mulig og tilrådelig, vil det fortsatt være tilstrekkelig sikkerhet mot skred i permanentfase dersom grunnen på tomte belastes med byggenes vekt?

For å svare opp ovennevnte spørsmål ble det utført stabilitetsberegninger i 3 representative profiler, hvis plassering er vist i Figur 8:



Figur 8: Plassering av beregningsprofilene, se også tegning 10211512-RIG-TEG-002

Stabilitetsberegningene og beregningsprinsippene omtales i detalj i Vedlegg A.

Det gjøres oppmerksom på at fundamenteringsforhold og øvrige geotekniske vurderinger av den planlagte utbyggingen presenteres i en egen rapport.

5.2 Skråningen mot Nidelva

Beregningsmessig stabilitet av skråningen mot elva i dagens tilstand er lavere enn absoluttkravet, se resultat av beregninger i profil 2 og i profil 3, tegninger 10211512-RIG-TEG-801_rev03 og -802_rev02, og Vedlegg A.

Kritiske glideflater i skråningen mot elva er representative for rotasjonsskred. Volumet av kvikkleire berørt av rotasjonsskred i profil 2 og 3 er lite. Kvikkleira ligger dessuten dypt under skråningsfoten. Det vurderes derfor at sannsynligheten for at et rotasjonsskred i skråningen ved elva har videre retrogressiv utvikling er svært liten. Det vises til Vedlegg B for en mer utfyllende forklaring.

Skråningen ned mot elva vurderes å ligge utenfor influensområdet til tiltaket (>2H) iht. kap. 3.3.7 i NVE 1/2019, og gir derfor følgende krav til sikkerhet for skråningen, $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$. Det er derfor ikke nødvendig med stabiliserende tiltak for denne skråningen.

Analysene viser at planlagt utbygging ikke påvirker resultatet av stabilitetsberegningene i skråningen ytterst mot elva. Så lenge det etableres kjeller på tomte og byggene fundamenteres på peler til berg, forbedres faktisk beregnet sikkerhetsfaktor for glideflater fra tomte ut mot elva (dette er nærmere omtalt i kap. 5.3).

Relevante resultater fra stabilitetsberegningene er oppsummert i tabell 2:

Tabell 2: Oppsummering relevante resultater av stabilitetsberegninger i profiler 2 og 3

Profil	Analyse	Terreng	Beregnet sikkerhetsfaktor
2	ADP	Dagens	1,20
	a- ϕ	Dagens	1,44
3	ADP	Dagens	1,21
	a- ϕ	Dagens	1,53

5.3 Etablering av byggegrop

Det er utført beregninger for å undersøke muligheter og begrensninger for etablering av byggegropa på ønsket nivå sett opp mot regelverkskrav for områdestabilitet.

I profil 1 viser stabilitetsberegningene som er dimensjonerende for etablering av kjeller at kjellerveggen må ligge min. 64 m fra ytterkanten av gang- og sykkelveien vest for Fv. 706, samt at det benyttes oppstøttingsløsning for å minimere utgravingen. Det vises her til tegning 10211512-RIG-TEG-800, rev03 og -TEG-003.

I profil 2 viser stabilitetsberegningene at traubunn kan etableres på kote +14,5 forutsatt at kjellervegg ligger 53 m fra ytterkanten av ovennevnte gang- og sykkelvei, se -TEG-801, rev03 samt -TEG-003. Glideflatene som går fra byggetomta til elva og glideflatene som går under hele tomte blir også tilstrekkelig forbedret når byggegropa står åpen. Også beregningene i profil 3 viser at sikkerhetsfaktor for glideflater som berører utbyggingen blir forbedret når byggegropa etableres, se tegning 10211512-RIG-TEG-802 rev02.

Relevante resultater fra stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 3 og vist på tegning 10211512-RIG-TEG-801 rev03:

Tabell 3: Oppsummering relevante resultater av stabilitetsberegninger i profiler 1, 2 og 3

Profil	Analyse	Sikkerhetsfaktor dagens situasjon	Sikkerhetsfaktor, åpen byggegrop	Krav til sikkerhet, ikke forverring (%-vis forbedring)	Krav til sikkerhet, forverring	Merknader
1	ADP	-	1,62	-	1,61	Sirkulære glideflater gjennom traubunn, øvre del av profilet
	a-φ	-	2,21	-	1,61	
2	ADP	1,75	1,61	-	1,61	Sirkulære glideflater i øvre del av profilet
	a-φ	-	2,59	-	1,61	
	ADP	1,31	1,36	1,34 (2,25%)	-	Sammensatte glideflater som går fra vest for Fv. 706 ut til elva.
	ADP	1,27	1,33	1,31 (3,25%)	-	Sirkulære glideflater gjennom traubunn mot elva
3	ADP	1,40	1,48	1,40 (0%)	-	Sirkulære glideflater gjennom traubunn mot elva

Det er altså ikke behov for tiltak for å kunne etablere byggegropa på de ønskede nivåer så lenge man forholder seg til angitte avstander fra gang- og sykkelveien og angitte koter for traubunn.

5.4 Permanent fase

Stabilitetsforhold i permanent fase, det vil si med byggene ferdigstilt på tomten, må også vurderes og dokumenteres for områdestabiliteten. Det er samme krav som stilles til sikkerhet for permanent fase som for midlertidig fase.

Beregningene for midlertidig situasjon viser at det er behov for utgraving for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for områdestabiliteten ned mot Nidelva. Det vil si at det ikke er mulig å påføre laster på grunnen, for da utfordres stabiliteten igjen ned mot Nidelva. Det medfører at samtlige bygg må fundamenteres på spissbærende peler til berg, dvs. ingen bygningslaster føres på grunnen i permanentfasen.

Stabilitetsberegninger utført i profiler 1, 2 og 3 tar for seg denne problemstillingen. Det vises til tegninger 10211512-RIG-TEG-800, rev03 t.o.m. -802_rev02.

Relevante resultater fra stabilitetsberegningene er oppsummert i Tabell 4:

Tabell 4: Oppsummering relevante resultater av stabilitetsberegninger i profiler 1, 2 og 3

Profil	Analyse	Sikkerhetsfaktor «før» situasjon	Sikkerhetsfaktor permanent fase	Krav til sikkerhet, ikke forverring (%-vis forbedring)	Krav til sikkerhet, forverring	Merknader
1	ADP	1,24 *)	1,37	1,29 (4%)	-	Sirkulære glideflater fra skråningen under «Belvedere»
	a-φ	1,80	1,80	1,40 (0%)	-	
	ADP	-	1,62	-	1,61	Sirkulære glideflater gjennom traubunn, øvre del av profilet
	a-φ	-	2,21	-	1,61	
2	ADP	1,27	1,33	1,31 (3,25%)	-	Sirkulære glideflater gjennom traubunn, nedre del av profilet. Forutsetter bruk av lette masser for tilbakefylling mot kjellervegg
3	ADP	1,40	1,48	1,40 (0%)	-	Sirkulære glideflater gjennom traubunn, nedre del av profilet.

*) Sikkerhetsfaktor beregnet med skråningens tidligere topografi. Permanent fase er da dagens tilstand

I beregningene er traubunn etablert på kote +14,5 dvs. 1 m lavere enn oppgitt foreløpig overkant gulv kjelleretasje.

Kritisk glideflate i profil 1 er 1,37 i dagens tilstand. Det er lavere enn NVEs absoluttkrav, men stabiliteten i skråningen har blitt forbedret tilstrekkelig i forbindelse med bygging av Marienborgtunnelen. Det vises her til Vedlegg A for en nærmere vurdering. Stabilitetsberegningene med tidligere terreng, som referanse for sammenligning med dagens situasjon, er presentert på tegning 10211512-RIG-TEG-800 rev03.

Beregningene viser at ved pelefundamentering oppnår man en tilfredsstillende forbedring av sikkerhetsfaktor (bygningens laster vil ikke føres på grunnen i permanentfasen, dvs. grunnen vil ikke oppleve noen tilleggsbelastning), slik som NVEs kvikkleireveileder krever. Tilbakefylling mot kjellervegger langs Osloveien forutsettes utført med lette masser for å opprettholde i permanent fase forbedringen oppnådd når byggegropa etableres.

6 Sluttkommentar

Ettersom utbyggingen er planlagt innenfor deler av kvikkleiresone 187 «Cecilienborg» stilles det krav til vurdering av områdestabilitet og utredning av den aktuelle faresonen. I denne forbindelsen er faregraden til kvikkleiresonen «Cecilienborg» revidert og nedjustert til «lav», både for dagens tilstand og for fremtidig tilstand (etter utvikling av byggetomta).

Utførte stabilitetsberegninger viser at det ikke er behov for stabiliserende tiltak for å ivareta områdestabiliteten under og etter oppføring av planlagte bygg. Følgende punkter må ivaretas:

- Vestre kjellervegg må etableres på hhv. 64 og 53 m avstand fra gang- og sykkelveien vest for Fv.706 for å ivareta sikkerheten mot skred fra skråning vest for tomta, se -TEG-003.
- Traubunn utgraving for kjelleretasje etableres på kote +14,5 (OK kjeller +15,5).
- Stabilitetsberegningene viser at byggene må fundamenteres på spissbærende peler til berg for å ivareta kravene til områdestabilitet.
- Tilbakefylling mot kjellervegger langs Osloveien forutsettes utført med lette masser

Øvrige geotekniske tilrådninger for utbyggingen vil fremstilles i en egen rapport.

Vurderingene i foreliggende rapport skal i henhold til anbefalingene i NVEs kvikkleireveileder nr. 1/2019 kvalitetssikres av uavhengig foretak.

7 Referanser

- /1/ NVE, veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» (des 2020)
- /2/ Multiconsult, rapport 10211512-RIG-RAP-001 rev.01 «Cecilienborg, detaljregulering. Datarapport grunnundersøkelser» (18. november 2019)
- /3/ Multiconsult, rapport 417036-RIG-RAP-001 «Osloveien 129. Grunnundersøkelser geoteknikk – Datarapport» (3. februar 2015)
- /4/ Multiconsult, notat 417036-RIG-NOT-001 «Osloveien 129. Overordnet geoteknisk vurdering vedrørende områdestabilitet» (4. juni 2015)
- /5/ Multiconsult, rapport 417036-RIGm-RAP-001 «Osloveien 129. Miljøgeologisk rapport» (9. februar 2015)

Vedlegg A – Beregningsgrunnlag

1 Beregningsprinsipper

1.1 Generelt

Stabilitet beregnes for kritiske/representative situasjoner for dagens tilstand, anleggsfase og permanentfase. Der hvor stabiliteten i dagens tilstand er lavere enn NVEs absolutte krav på $F \geq 1,61$ utføres det beregninger for å vurdere omfanget av nødvendige stabiliserende tiltak. I et profil er det også utført stabilitetsberegning med tidligere terreng for å vurdere omfanget av oppnådd forbedring i forhold til tidligere situasjon. Beregninger er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 24.0.11.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet når man utfører beregninger for sammensatte glideflater.

1.2 Beregningsprofiler

Det er valgt å beregne stabiliteten i 3 profiler, plasseringen er vist i tegning 10211512-RIG-TEG-002_rev02.

Profilene er generelt valgt ut fra en helhetlig vurdering av terreng- og grunnforhold. Profilene er plassert slik at de mest kritiske områdene som er berørt av mulige skred er dekket. Det er identifisert tre hovedområder hvor stabilitet kan være kritisk: Skråningen ovenfor Fv. 706 nærmere portalen til Marienborgtunnelen, skråningen ovenfor gang- og sykkelveien vest for midtre del av tomta, og skråningen ned mot Nidelva. Denne siste skråning er relativt langstrakt, og det er derfor valgt å regne på stabilitet her i to beregningsprofiler.

1.3 Lagdeling

Lagdeling er tolket ut fra resultatene av tilgjengelige tidligere utført grunnundersøkelser, samt de undersøkelsene utført i forbindelse med foreliggende oppdrag.

Lagdeling i beregningsprofiler er vist i tegninger 10211512-RIG-TEG-700_rev02 t.o.m. -702_rev01.

Som utgangspunkt for modellering av grunnvannstand ble det benyttet målinger fra de installerte elektriske piezometerne. Hele området er preget av strekt poreundertrykk i dybde. Poreundertrykket modelleres i Geosuite Stability gjennom poretrykksprofiler som kombineres og legges til den hydrostatiske poretrykksfordelingen. Det vises ellers til kapittel 2.5 for en oversikt over utførte poretrykksmålinger.

1.4 Laster

Trafikklaster på vei og jernbane er inkludert i beregningene.

Problemstillingen med trafikklast er relevant for alle profiler. Kulverten hvor Dovrebanen og Stavnebanen krysser på to nivåer havner i østre del av profil 2 og i profil 3. Kulverten har en størrelse på ca. 5 m bredde og 5 m høyde. Siden det er utfordrende å modellere kulverten som et tomrom i GeoSuite, ble det valgt å ikke modellere kulverten og kompensere for den tilleggsbelastningen ved å ikke inkludere lastene fra togvognene.

Iht. BaneNORs tekniske regelverk skal det brukes en linjelast på 110 kN/m for tog i stabilitetsberegninger. Med lastfaktor på 1,3 blir det 143 kN/m. Det er to togspor i området, det vil si at total tilleggsbelastning fra togtrafikk blir $143 \times 2 = 286$ kN/m. Med antatt tyngdetetthet på løsmasser på 21 kN/m³, og dimensjoner på kulverten på 4 m x 4 m blir trafikklasen fra de to togsporene kompensert. Trafikklasten fra Osloveien i profiler 2 og 3 er tatt med i beregningene der hvor den virker ugunstig.

Trafikklasten fra Fv.706 i profiler 1 og 2 er neglisjert ettersom de ville vært stabiliserende.

Problemstillingen med laster fra eksisterende bygg er relevant i profiler 1 og 2. I øvre del av disse profilene finnes det for det meste lette bygg med kjeller.

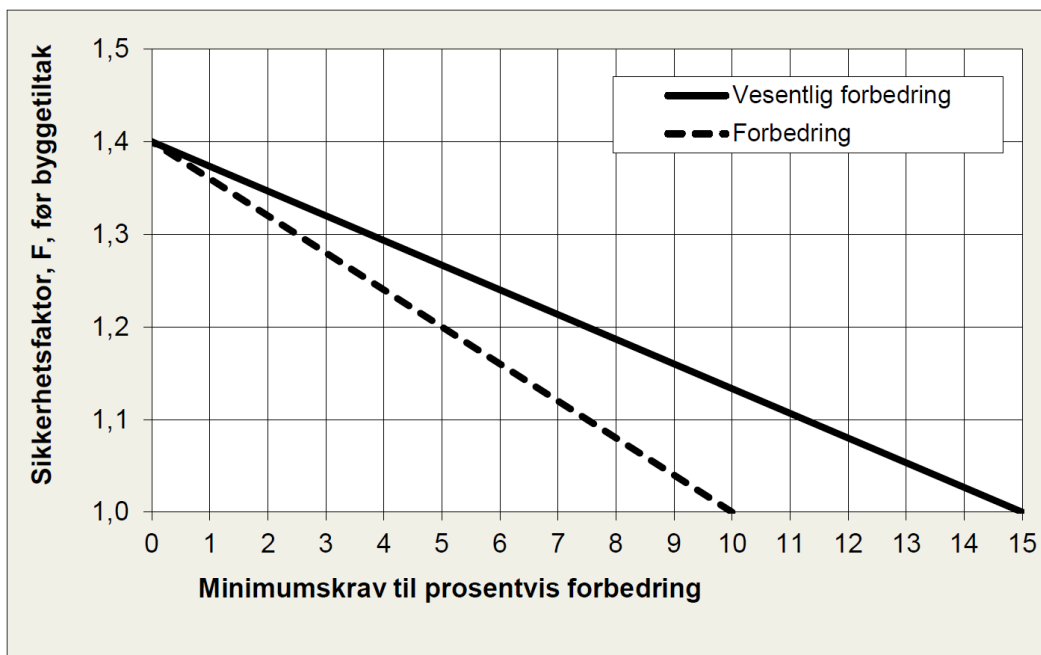
Laster fra eksisterende bygg i tas derfor ikke med i beregningene.

1.5 Sikkerhetskrav

Området beregningene utføres i ligger innenfor registrerte faresoner for kvikkleireskred (sone 187 «Cecilienborg»).

Stabiliserende tiltak utformes for å ta høyde for utbygging i tiltakskategori K4 iht. NVEs veileder 1/2019. Dette innebærer at følgende sikkerhetskrav gjelder for prosjektet:

- Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ (1,61) 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 iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE 1/2019.
- For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$.



Figur 1: Utklipp av figur 3.3 i NVEs veileder 1/2019 med krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser.

Kvikkleiresone «Cecilienborg» er klassifisert med faregrad «lav» i henhold til den reviderte faregradsklassifiseringen vist i faktaarket i Vedlegg C, og dermed gjelder krav til *forbedring*, og ikke *vesentlig forbedring*.

2 Tolkning av materialparametere

2.1 Generelt

Tolking av beregningsparametere er utført med bakgrunn i resultat av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier som er rapportert i datarapport 10211512-RIG-RAP-001_rev01. Hvor relevant er det benyttet data fra tidligere rapporter, henvisninger fremkommer av tegning 10211512-RIG-TEG-002_rev02.

2.2 Forkonsolidering

2.2.1 Tolkningsmetoder

Forkonsolideringsspenning σ'_c og overkonsolideringsforhold OCR er tolket ut ifra ødometerforsøk og CPTU-sonderingene. Data tolket fra CPTU er benyttet til å inter- og ekstrapolere mellom resultatene fra ødometerforsøk mot dybden. Det er benyttet tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis. Følgende korrelasjoner er benyttet som støtte til valg av designlinje:

Tabell 1 Tolkningsmetoder forkonsolideringsspenning

Referanse	Tolkningsmetode	Merknader	Forklaringer
Sandven (1990)	$\sigma'_c = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt}}$	Spissmotstandsbasis, semiteoretisk	α = Normalkonsolideringsforhold N_{kt} = Bæreevnemerkfaktor q_n = Netto spissmotstand fra CPTU sondering σ'_{v0} = In situ vertikal effektivspenning
Sandven (1990)	$\sigma'_c = \frac{\Delta u}{\alpha \cdot N_{\Delta u}}$	Poretrykksbasis, semiteoretisk	α = Normalkonsolideringsforhold $N_{\Delta u}$ = Bæreevnemerkfaktor Δu = Poreovertrykk fra CPTU ($\Delta u = u_2 - u_0$)
Chen & Mayne (1993)	$\sigma'_c = 0,53 \cdot \Delta u$	Poretrykksbasis, empirisk	-

Ut fra σ'_c -profilene avledet fra ovennevnte korrelasjoner er OCR beregnet som $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{v0}$. En mer fullstendig oversikt over tolket tidligere terrengnivå fremkommer av

Tabell 5.

Det vises til tegninger 10211512-RIG-TEG-50X.5 og -50X.6 for en oversikt over valgte σ'_c - og OCR-profiler.

2.2.2 Bæreevnemerkfaktorer

Verdier for bæreevnemerkfaktoren kan etableres både empirisk og teoretisk. Vanligvis bestemmes verdier for bæreevnemerkfaktor ut fra korrelasjoner etablert på resultater fra anisotropiske konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet som er benyttet som referanser. Korrelasjoner for

tolkning av bæreevnefaktorer er angitt i Tabell 2 og Tabell 3, både på poretrykksbasis og basert på spissmotstand.

Tabell 2 Oversikt korrelasjoner for bæreevnefaktorer bestemt ut fra korrelasjoner mot B_q (Lunne et al. 1997)

Tolkningsmetode	Empirisk middelvariasjon bæreevnefaktor
Poretrykksbasis, $N_{\Delta u} = f(B_q)$	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$
Spissmotstand, $N_{kt} = f(B_q)$	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$
Effektivspissmotstandsbasis, $N_{ke} = f(B_q)$	$N_{ke} = 13,8 - 12,5 \cdot B_q$

Tabell 3 Oversikt korrelasjoner for bæreevnefaktorer bestemt ut fra korrelasjoner mot OCR, S_v , I_p og B_q for sensitivitet større enn 15 (Karlsrud et al. 2005)

Tolkningsmetode	Empirisk middelvariasjon bæreevnefaktor
Poretrykksbasis, $N_{\Delta u} = f(OCR, I_p)$	$N_{\Delta u} = 9,8 + 4,5 \cdot \log OCR$
Spissmotstand, $N_{kt} = f(OCR, I_p)$	$N_{kt} = 8,5 - 2,5 \cdot \log OCR$
Effektivspissmotstandsbasis, $N_{ke} = f(B_q)$	$N_{ke} = 12,5 - 11 \cdot B_q$

I tolkningsprosedyren viste det seg at tolkningene basert på N_{ke} -faktoren ga større variasjon og avvik fra forventede resultater, og ble derfor benyttet i mindre grad enn de andre to bæreevnefaktorer. Det ble også valgt å begrense variasjonsområdet til $N_{\Delta u}$ og N_{kt} : For $N_{\Delta u}$ ble det valgt en øvre grense på 10, mens for N_{kt} ble det valgt en nedre grense på 8.

For å unngå usannsynlige skjærstyrkeverdier har vi begrenset intervallet av bæreevnefaktorer N i våre tolkninger til de teoretiske maks og minimum.

Det vises til tegninger 10211512-RIG-TEG-50X.8 for en oversikt over valgte verdier på bæreevnefaktorer.

2.3 Udrenerte styrkeparametere

2.3.1 c_u fra enaks og konus

Verdier for c_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger betraktet som verdier for gjennomsnittlig skjærstyrke, c_u . Verdier er oppgitt som referanse i plot for c_{uA} -tolkning uten noen omregning. Verdiene er ikke tillagt særlig vekt i tolkning av profil for opptredende aktiv udrenert skjærfasthet, men er i større grad benytte for å vurdere prøveforstyrrelse.

2.3.2 c_u fra treaksialforsøk

Skjærstyrke fra treaksiale forsøk anses i våre vurderinger som verdier for aktiv skjærstyrke. Det må imidlertid påpekes at siden prøvene er tatt opp med 54mm stålsylindere, forventes verdiene fra laboratorieforsøk å være noe lavere enn verdiene fra CPTU-korrelasjoner som er basert på blokkprøver, uavhengig av prøve kvalitet. Resultater fra utførte treaksialforsøk er omtalt i vedleggs kapittel 2.4 og 3.4.

Tolkede treaksialforsøk vises i tegninger 10211512-RIG-TEG-450.1, -451.1, -452.4, -453.1, -454.1 og -455.4.

2.3.3 c_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer ref. Tabell 2 og Tabell 3. For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold, betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden. c_{uA} fra CPTU tolkes fra følgende korrelasjoner:

Tabell 4 Oversikt tolkningsmetoder aktiv skjærfasthet

Tolkningsmetode	Merknader	Forklaringer
$c_{uA} = \frac{q_n}{N_{kt}}$	Spissmotstandsbasis	N_{kt} = Bæreevnefaktor q_n = Netto spissmotstand fra CPTU sondering
$c_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$	Poretrykksbasis	$N_{\Delta u}$ = Bæreevnefaktor Δu = Poreovertrykk fra CPTU ($\Delta u = u_2 - u_0$)

2.3.4 SHANSEP

Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad OCR. Udrenert skjærfasthet øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av OCR. Udrenert skjærfasthet avhengig av OCR kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet (Ladd & Foott 1974):

$$c_{uA} = \alpha * OCR^m * \sigma_{v0}'$$

Der:

- α = Stigningstall som varierer vanligvis mellom 0,27 og 0,32 for aktiv skjærstyrke
- OCR = Overkonsolideringsgrad = σ_c' / σ_{v0}'
- m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leire og forsøkstype
- σ_{v0}' = In situ vertikal effektivspenning

SHANSEP-tilnærmingen er benyttet for å etablere et c_u -profil der hvor det ikke foreligger CPTU-sonderinger. SHANSEP-parametere som best passer de øvrige CPTU-tolkninger i området er $\alpha = 0,28$ og $m = 0,70$. Skjærstyrkeprofiler som er plassert der hvor det ikke er utført CPTU er tolket med samme SHANSEP-parametere og OCR fra tolket tidligere terrengnivå.

I beregningene i profil 1 som tar for seg situasjonen med utgravd tomt, ble skjærstyrke redusert i området under byggegropa for å ta høyde for det reduserte spenningsnivået. Tidligere tolket terreng ble sammenlignet med fremtidig kote traubunn for å finne et OCR-profil. Effektivspenningsprofilet er regnet fra fremtidig kote traubunn. I profiler 2 og 3 er det ikke behov for slike justeringer: I beregningen som tar for seg øvre del av profil 2 er kritiske glideflater i praksis ikke berørt av avlastningen ettersom en stor andel av glideflatens passive område går i masser som ikke er leire. Heller ikke glideflatene som begynner under kjellerens fotavtrykk (profiler 2 og 3) og som går mot elva er påvirket av avlastningen. Disse glideflater går først gjennom leire og kvikkleire mange meter «unna» avlastningen, hvor terrenget ikke er avlastet og skjærstyrken ikke er påvirket. Det vises til glideflatenes plassering på tegninger 10211512-RIG-TEG-801_rev03 og -802_rev02.

En oppsummering av tolket tidligere terrengbelastning POP, overkonsolideringsforhold OCR og kilde til tolkningen er angitt i

Tabell 5.

Tabell 5 Oversikt SHANSEP parametere, per profil/borpunkt

Profil	CPTU	OCR	Kilde OCR	Merknader
1	1	POP = 100 kPa	Ødometer, CPTU	-
	2	POP = 200 kPa	CPTU	-
	-	POP = 55 kPa	Tidligere terreng fra gammelt kart	På toppen av skråningen
	-	POP = 280 kPa	Tidligere terreng og fremtidig kote traubunn	Midt i byggegropa
2	8	POP = 200 kPa	CPTU	-
	-	POP = 0 kPa	Tidligere terreng fra gammelt kart	På toppen av skråningen
	7	POP = 180 kPa	CPTU	-
	-	POP = 200 kPa	Tidligere terreng fra gammelt kart	Ved borpunkt 10
	-	POP = 320 kPa	Tidligere terreng fra områdets topografi	I elva
3	5	POP = 200 kPa	CPTU	-
	-	POP = 60 kPa	CPTU/ Tidligere terreng fra områdets topografi	Under østre jernbane
	-	POP = 320 kPa	Tidligere terreng fra områdets topografi	I elva

Terrengforholdene indikerer at Nidelva har erodert bort løsmassene øst for planområdet, og det er nærliggende å anta at i en tidligere situasjon lå terrenget øst for tomta, der hvor Nidelva renner nå, på ca. samme kote som terrenget på tomta (ca. kote +35/36 tolket fra CPTU7 som viser laveste POP). Planområdet var med andre ord del av en elveslett som lå over et leirlag avsatt under tomta og under Nidelva. Elva har i løpet av årene erodert bort massene avsatt over leirforekomsten. Det er konservativt antatt at tidligere terreng over Nidelva har vært lavere enn tidligere terreng på tomta (+30), selv om topografien kan tyde på at forskjellen ikke har vært så stor som antatt i beregningene.

Skjærstyrkeprofiler tolket fra CPTU og benyttet i stabilitetsberegningene vises i tegninger 10211512-RIG-TEG-50X.7.

Skjærfasthetsprofil under jernbane i Profil 2 er tolket med bruk av SHANSEP parametere $\alpha=0,28$ og $m=0,7$. Imidlertid er skjærfasthet ved ca. kote -16 redusert til 170 kPa på grunn av SHANSEP skjærfasthetsprofilet i CPTU-7 (se tegning RIG-TEG-503.7).

Tolket anbefalt kurve for CPTU-1 (i Profil 1) er litt kronglete. Som input i GeoSuite er skjærstyrkeprofilet forenklet ved å bruke lavere verdier i den øverste delen av profilet, og samme verdier som er tolket fra CPTU i den nederste delen av profilet.

For skjærfasthetsprofil ved CPTU-2 (i Profil 1) benyttes samme verdier i GeoSuite som er tolket fra CPTU-2 i den øverste delen av profilet (se tegning RIG-TEG-501.7), men i den nederste delen benyttes en økning på 15 kPa i udrenert skjærstyrke over ca. 10 meter, noe som er mer konservativt enn det man kan tolke ved å følge designlinje fra CPTU-2.

2.3.5 Anisotropiforhold

Tabell 6 oppsummerer anvendte ADP-faktorer i udrenerte materialer:

Tabell 6 Oversikt over valgte ADP-faktorer

Material	c_{uA} -koeffisient	c_{uD} -koeffisient	c_{uP} -koeffisient
Leire	1,00	0,63	0,35
Sprøbruddmateriale	0,85	0,63	0,35

Verdiene for anisotropikoeffisientene ligger på den konservative siden det antas at plastisitetsindeks IP alltid er mindre eller lik 10 %.

2.4 Drenerte materialparametere

Drenerte materialparametere for leire og kvikkleire er i all hovedsak tolket ut fra utførte treaksialforsøk. Hvor nødvendig ble det benyttet erfaringsdata fra tidligere grunnundersøkelser utført i området, samt erfaringsverdier iht. Statens Vegvesen håndbok V220. En oppsummering av materialparametere tolket fra utførte treaksialforsøk er vist i Tabell 7:

Tabell 7 Oppsummering tolkning treaksialforsøk

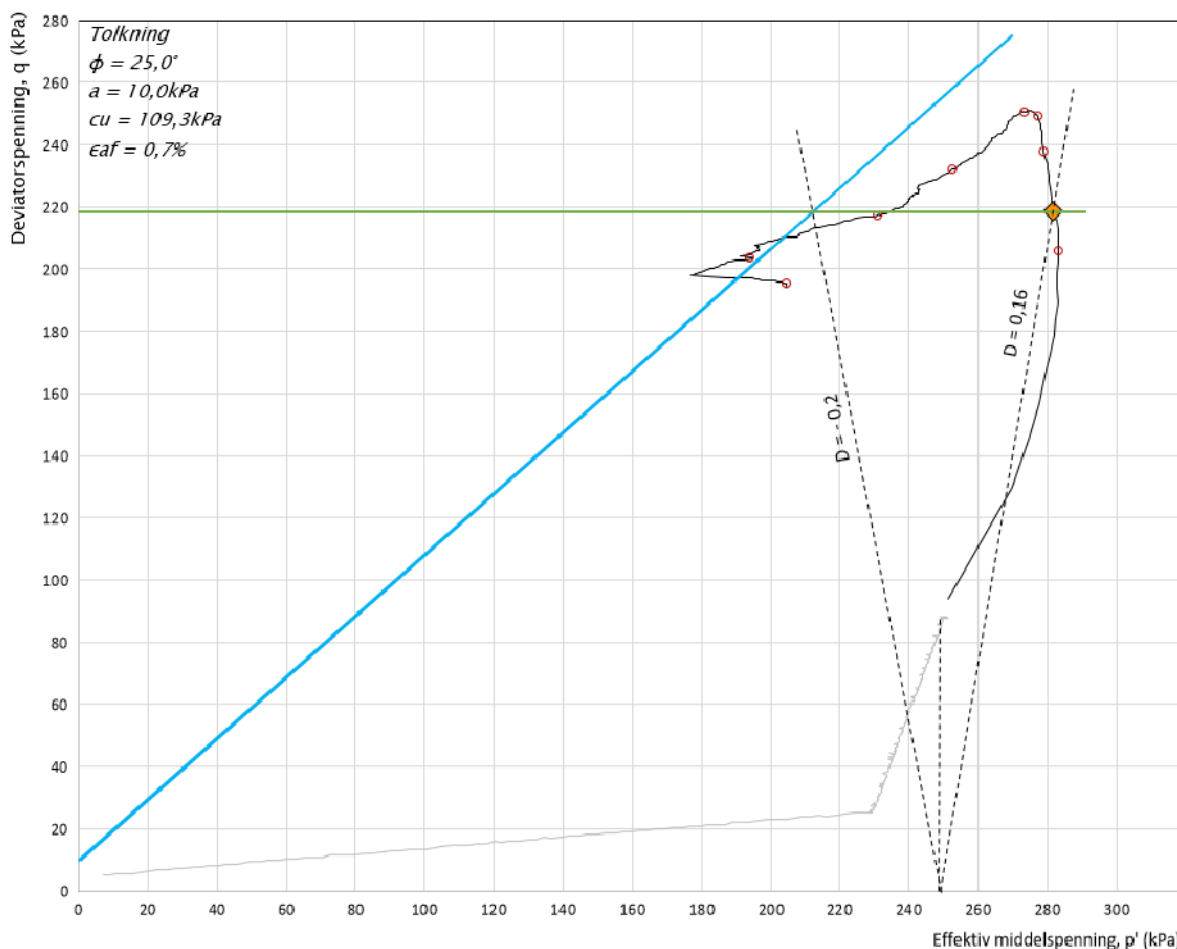
BP	Dybde [m]	Materiale	ϕ [°]	Attraksjon a [kPa]	Bruddtøyning ϵ_{af} [%]	Merknader	Tegning nr.
1	11,4	Kvikkleire	34	5	0,5	Lave konsolideringsspenninger i forsøk	-450.1
1	14,4	Kvikkleire	25,5	15	0,5	-	-451.1
5	15,35	Siltig leire	-	-	0,8	Drenert test	-452.4
10	9,30	Siltig leire	28,5	2	0,6	Tilnærmet isotropisk konsolidering	-453.1
10	16,35	Siltig leire	30	0	0,65	-	-454.1
10	18,43	Kvikkleire	25	10	0,65	Feil i poretrykk	-455.4

Treksforsøket på dybde 11,4 i BP1 ble utført før det forelå pålitelig poretrykksmålinger i det aktuelle borpunktet. Det ble antatt at grunnvann lå en del høyere enn hva det faktisk gjorde. Valgte konsolideringsspenninger for denne prøven er sannsynligvis lavere enn den faktiske in situ spenningstilstanden. Det vurderes at dette ikke påvirker forsøksresultatet i nevneverdig grad når det gjelder tolkning av drenerte materialparametere.

Tolkning av det drenerte treksforsøket i BP5 ga ikke fornuftige resultater, hovedsakelig fordi materialet ikke oppførte seg på den forventede måten. Det forelå indikasjoner på at materialet kunne hatt en drenert oppførsel, men det viste seg at antagelsen ikke stemte. Ettersom feil i poretrykkregistreringen kun påvirker verdiene på den horisontale akse (som representerer spenningsnivået/midlere spenning) og ikke verdiene på den vertikale akse (som representerer deviatorkomponenten) er forsøket ikke forkastet når det gjelder tolkning av udrenerte materialparametere.

Poretrykkutviklingen i forsøket utført i borpunkt 10 på dybde 18,43 m er påvirket av noe feil med måleutstyret (ref. tegning 10211512-RIG-TEG-455.4). Det er vanlig at kvikkleire viser kontraktant oppførsel, og ikke dilaterende som vist i testen ved bruddtøyning 0,65%. Det ble valgt å lese av

friksjonsvinkel og attraksjon ved samme nivå på deviatorspenning q , men det ble antatt at dilatansparameter $D = \Delta p / \Delta q$ var lik $-0,2$ (valget er basert på erfaringsverdier for denne type materiale). Med denne forutsetningen virker tolkningen på en friksjonsvinkel på 25° og attraksjon på 10 kPa rimelig. Se Figur 2.



Figur 2 Spenningssti i skjærfase, p' - q plott med tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon (Bp.10, dybde 18,43 m under terreng)

Generelt er mobilisert friksjonsvinkel lest av ved lavt tøyingsnivå, fra $0,5\%$ til $0,65\%$, som vurderes å være en relativt forsiktig tolkning.

Basert på tolkning av treaksialforsøk modelleres laget av kvikkleire med en friksjonsvinkel på 25° og 10 kPa attraksjon. Friksjonsvinkel tolket fra treaksforsøket på 11 m dybde i BP1 anses å være for uforsiktig med tanke på rapportens formål (valgt kombinasjon av drenerte materialparametere for kvikkleire i beregningsprofil 1 har ikke betydning for konklusjonene man kan trekke derfra). Lagene av leire som ikke er klassifisert som kvikkleire/sprøbruddmateriale modelleres med en friksjonsvinkel fra 26° til 30° og fra 0 kPa til 10 kPa attraksjon. Drenert materialeparametere i de øvrige lagene er gitt i Tabell 8.

Tabell 8 Drenert materialparametere i de andre øvrige materialene benyttet i stabilitetsanalysene

Materiale	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Tyngdetetthet effektiv γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	Kohesjon c [kPa]	Attraksjon a [kPa]
Sand	17, 21	7, 11	35	1	1,4
Silt	17	7	35	1	1,4
Tørrskorpeleire	19	9	30	2	3,5
Fast silt	17	7	35	5	7,1
Fyllmasser	20	10	34	3	4,4
Morene	18	8	40	5	6
Motfylling	19	9	42	0	0

Friksjonsvinkel for laget med «fast silt og leire» i Profil 1 baserer seg på prøveserie i borpunkt 3 fra Rambølls rapport o.3578 (av 28. september 1982). Ved bruk av lavere parametere i friksjonsmasser er beregnet sikkerhetsfaktor under 1,0 for tidligere terreng (med mer ugunstige terrengforhold enn i dag), noe som vurderes urealistisk. Parametrene brukt i stabilitetsberegninger var derfor økt slik at det oppnås beregnet sikkerhetsfaktor på 1,0. Det er valgt å øke effektivspenningsparametrene heller enn å øke udrenert skjærstyrke i leire.

2.5 Poretrykksforhold

Som utgangspunkt for modellering av grunnvannstand ble det benyttet målinger fra de installerte elektriske piezometerne ved borpunkt 1 (kote +29,4) og 10 (kote +18,7). Piezometerene er installert henholdsvis 12 m og 22 m under terreng i borpunkt 1, og 13,5 m og 20 m under terreng i borpunkt 10. Måling av poretrykket indikerer en grunnvannstand ca. 6 m under terreng i borpunkt 1 og ca. 13 m under terreng i borpunkt 10. Hele området er preget av strekt poreundertrykk i dybde.

Det vises til vedlagte tegninger 10211512-RIG-TEG-350 og -351 for nærmere detaljer.

3 Kvalitet grunnlagsdata

3.1 CPTU

Samtlige utførte CPTU havner i anvendelsesklasse 1, ref. dokumentasjon måledata vedlagt datarapport 10211512-RIG-RAP-001. I enkelte sonderinger ble det truffet stein eller faste lag i dybden som har påvirket målingene i et begrenset dybdeintervall, men har ikke hatt dårlig påvirkning på nullpunktavlesning eller den øvrige kvaliteten på sonderingene.

3.2 Rutinedata

Ut fra bruddtøying på enaksforsøkene vurderes generelt prøvene å være av god/akseptabel kvalitet. Enaksialforsøk i borpunkt 7 ved 7,4 m dybde viser høyt tøyingsnivå ved brudd, med dette kan skjer mer på grunn av materialets dilaterende egenskaper enn på grunn av prøveforstyrrelse. Dypere prøver som viser høy bruddtøying vurderes i stedet å være forstyrret.

3.3 Ødometerforsøk

Ødometerforsøk ved dybder 11,55 m og 14,55 m i borpunkt 1 og ved 18,57 m dybde i borpunkt 10 viser enten en antydning eller en tydelig overgang fra normalkonsolidert- til overkonsolidert område. I løpet av forsøket utført på prøven fra 14,55m dybde i punkt 1 har sannsynligvis prøven kollapset. Dette kan forklare både den ekstremt lave stivheten i NC-området og den lave forkonsolideringsspenningen. Forsøkene utført ved dybde 15,35 m i borpunkt 5 og ved 9,40 m og 16,55 m i borpunkt gir 10 i stedet ikke noe tydelige resultater og disse testene kan ikke tolkes entydig.

Forkonsolidering fra laboratorieforsøk er noe lavere enn forkonsolidering tolket fra CPTU i borpunkt 1, men generelt er det godt samsvar. Dette er forventet ettersom samtlige opptatt prøver vurderes å være preget av noe prøveforstyrrelse.

Tolkninger av prekonsolideringstrykk fra ødometerforsøk vist i tegninger –TEG-400.1 t.o.m. -405.1.

3.4 Treksialforsøk

Prøveforstyrrelse på treksialforsøk er vurdert basert på endring i poretallet, jfr. Figur 3.

Klassifisering	OCR	$\Delta e / e_0$	Prøvekvalitet ¹
1	1 - 2 2 - 4	< 0,04 < 0,03	Meget god
2	1 - 2 2 - 4	0,04 - 0,07 0,03 - 0,05	God til bra
3	1 - 2 2 - 4	0,07 - 0,14 0,05 - 0,10	Dårlig
4	1 - 2 2 - 4	> 0,14 > 0,10	Meget dårlig

Figur 3 Indikasjon på prøvekvalitet (fra Statens vegvesen, håndbok V220, figur 2.21)

Tre stk. treksialforsøk klassifiseres som «godt til bra» basert på poretall, men en av dem er utført i borpunkt 10 på dybde 18,43 m hvor det var noe feil med poretryksmålingene. Et forsøk klassifiseres som «dårlig» og et er på grensen mellom «godt til bra» og «dårlig». Et av de treksialforsøkene er utført som drenert test.

Tabell 9 Oppsummering prøvekvalitet, treksforsøk

BP	Dybde [m]	OCR	$\Delta e / e_0$	Prøvekvalitet	Merknader
1	11,4	1,7	0,056	God til bra	-
1	14,4	1,1	0,07	God til bra/dårlig	-
5	15,35	1,4	-	-	Drenert test
10	9,30	1,5	0,076	Dårlig	Tilnærmet isotropisk konsolidering
10	16,35	1,1	0,067	God til bra	-
10	18,43	1,1	0,066	God til bra	Feil i poretrykk

Den dårlige kvaliteten på treksforsøket i borpunkt 10 på 9,3 m dybde kan kanskje forklares ved å se på vannutpressingskurven fra konsolideringen. Mot slutten av konsolideringsfasen kan man se at takten vannet presses ut på øker, istedenfor å flate ut. En lignende tendens kan man se i forsøket fra samme punkt, på dybde 18,4 m.

4 Resultater

4.1 Oversikt

I tabell 2, 3 og 4 i hoveddelen av foreliggende rapport presenterer alle resultater av stabilitetsberegningene.

En mer utfyllende beskrivelse av stabiliserende tiltak fremkommer av rapportens hovedtekst under kap. 5.2 til 5.4.

Stabilitetsberegninger er vist på tegninger 10211512-RIG-TEG-800 rev03 t.o.m. -802 rev02.

4.2 Kommentarer til beregningsresultatene

I profil 1 er dagens beregningsmessig sikkerhetsfaktor $F = 1,37$ for øvre del i profilet i udrenert tilstand, dvs. lavere enn NVEs krav på 1,40 (tiltak påvirker ikke stabiliteten).

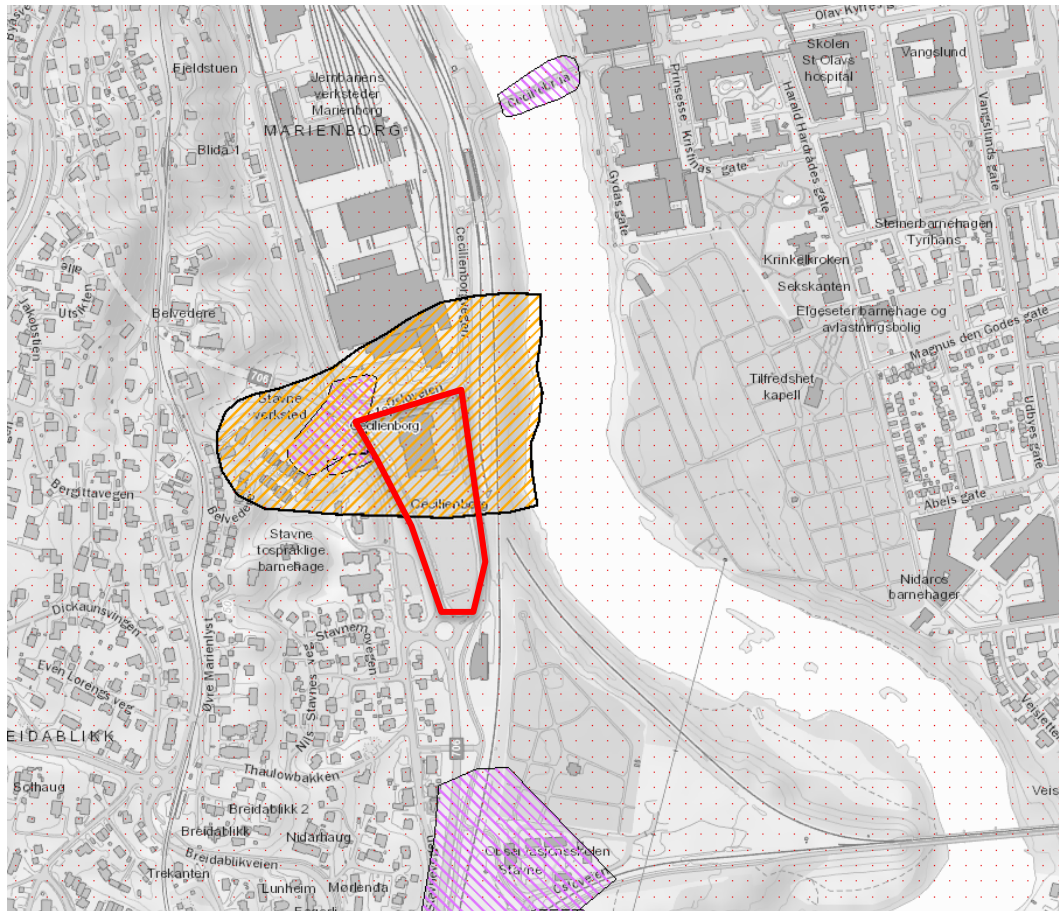
I skråningen der hvor profil 1 er plassert har det imidlertid foregått en del terrengendringer i de siste tiårene. Kart fra 1909 og fra 1954 viser at terrenget i toppen av skråningen var noen meter høyere, og at motfyllingen i foten av skråningen, ved siden av Fv. 706 først ble etablert da Marienborgtunnelen ble bygd. Det ble utført stabilitetsberegninger med terreng fra gammelt kart. Disse viste at beregningsmessig sikkerhetsfaktor med gammelt terreng var rundt 1,24. Det vil si at stabiliteten i skråningen har blitt forbedret med ca. 10% siden de første terrengendringene ble utført, fra 1,24 til 1,37. Dette anses å være tilstrekkelig for å tilfredsstille NVEs krav til forbedring når beregningsmessig sikkerhetsfaktor ikke er lik eller høyere enn 1,40 (nødvendig forbedring er 4% med utgangspunktet i beregningsmessig sikkerhetsfaktor 1,24).

Beregningene for midlertidig situasjon med åpen byggegrop anses å være representative også for permanent fase, ettersom alt av fremtidig terreng vil ligge over kjellertaket og derfor ikke belaste grunnen. Lastsituasjonen i midlertidig og permanent fase er tilnærmet lik.

Vedlegg B - Utredning kvikkleiresone 187 «Cecilienborg»

1 Innledning

I området mellom Marienborg, Cecilienborg og Stavne er kvikkleire og sprøbruddmateriale påvist i flere punkter langs Nidelvas vestre elvebredd. Sone 187 «Cecilienborg» er imidlertid den eneste registrert og faregradsklassifisert sone mellom Ceciliebrua og Stavne bru. Innenfor dagens avgrensning av sone 187 «Cecilienborg» finnes det to Statens vegvesens «kvikkleireområder», dvs. områder hvor det er påtruffet kvikkleire eller sprøbruddmateriale. Figur 1 viser et kartutsnitt over det aktuelle området. Det er ikke nødvendig å vurdere eller utrede andre kvikkleiresoner i forbindelse med detaljregulering av den aktuelle tomte.



Figur 1: Kartutsnitt over det aktuelle området fra NVEs karttjeneste skrednett.no. Tomtas beliggenhet markert i rød

Sone 187 «Cecilienborg» er p.t. klassifisert slik:

Tabell 1: Oppsummering gjeldende klassifisering kvikkleiresoner i området

Sonenummer	Sonenavn	Faregrad før utredning	Konsekvensklasse før utredning	Risikoklasse før utredning
187	Cecilienborg	Middels	Meget alvorlig	4

Stabilitetsberegninger omtalt i Vedlegg A, utført med bakgrunn i grunnundersøkelsene presentert i Multiconsults rapport 10211521-RIG-RAP-001 rev01, og vurderingene i foreliggende vedlegg danner et tilstrekkelig grunnlag for å kunne revidere sonenes gjeldende klassifisering (vist i Tabell 1).

2 Vurdering av løснеområde

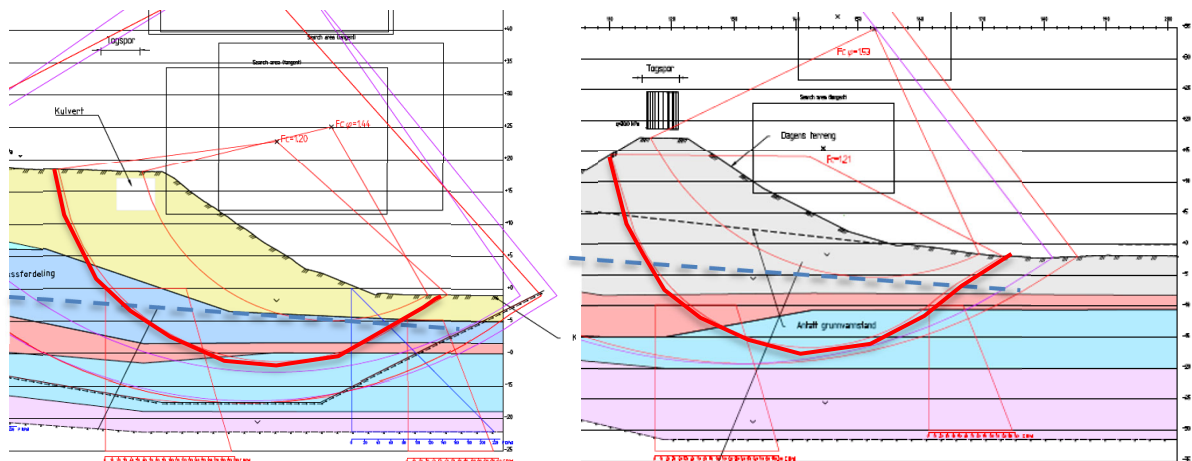
Omfanget på sonens løснеområde vurderes med bakgrunn i resultatet av utførte stabilitetsberegninger, grunnforhold og topografi.

Metoden for vurdering av løснеområder beskrevet i NIFS rapport nr. 14/2016, ref. /1/, er lite relevant for denne faresonen siden terreng- og grunnforholdene som ligger til grunn i metoden avviker vesentlig fra forholdene på aktuelt område. Retningslinjene og tilråkningene i rapporten er likevel benyttet som anbefalinger.

Rapport ref. /1/ sier at: «For tilfeller hvor kvikkleira ligger dypt under skråningsfot og under 1:15 linja vil det være vanskelig for et stort kvikkeliresskred å inntreffe. Det bør vurderes om det er nødvendig med en kvikkleiresone. For at en kvikkleiresone skal eksistere bør kvikkleire ha en slik beliggenhet at skred kan inntreffe»

Samme rapport angir også at når mektighet av kvikkleire/sprøbruddmateriale er under 40% av dybde til kritisk glideflate kan det forventes rotasjonsskred uten videre retrogressiv skredutvikling. Denne metoden for vurdering av skredmekanisme er også implementert i NVEs veileder nr. 1/2019.

En liten del av kritisk glideflate for skråningen ved Nidelva går gjennom kvikkleire, både i profil 2 og i profil 3. Kvikkleire utgjør en liten andel av skredmassene og ligger dessuten relativt dypt under skråningsfoten og under 1:15 linja. Tolket lagdeling og resultatet av stabilitetsberegninger vises på tegninger 10211512-RIG-TEG-701_rev01, -702_rev01, -801_rev03 og -802_rev02.



Figur 2: Utsnitt av beregningsresultater, profil 2 t.v. og profil 3 t.h. aktuelle glideflater fremhevet i rød. 1:15 linje angitt med stiplede strek. Rød skravur er tolket kvikkleire

Kombinasjonen av kvikkleiras beliggenhet og volum kvikkleire berørt av kritisk glideflate mot elva tilsier at dersom et rotasjonsskred går i denne skråningen, vil det ikke ha retrogressiv utvikling.

Skråningen vurderes å ligge utenfor influensområdet til tiltaket ($>2H$) iht. kap. 3.3.7 i NVE 1/2019, og gir følgende krav til sikkerhet for skråningen, $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$.

Skråningen er likevel en del av faresonens løснеområde fordi det finnes glideflater og skredmekanismer som er representative for områdeskred og omfatter skråningen (alle glideflater vist på tegninger 10211512-RIG-TEG-801_rev03 og -802_rev02 unntatt de omtalt ovenfor).

Når det gjelder skråningen vest for byggetomta er det gjort mindre justeringer til søndre del for å få bedre samsvar mellom topografien og løснеområdets avgrensning.

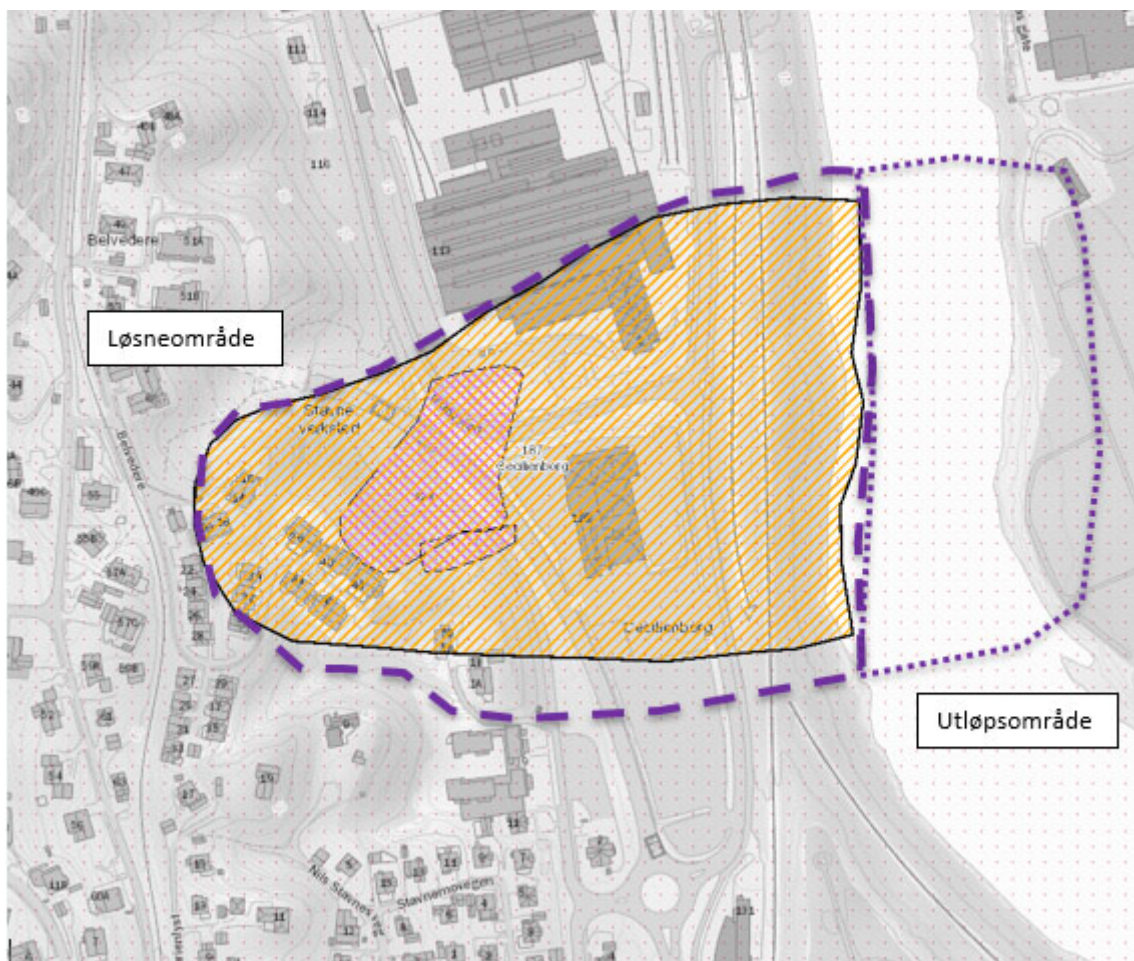
Det er altså ikke gjort store endringer i sonens løснеområde, men aktuelle skredmekanismer og skredtyper er nærmere vurdert for å for en mer realistisk evaluering av skredfaren. Faresonens løснеområde vises på sonens fakta ark og i Figur 3.

3 Utløpsområde

Store volumer løsmasser kan havne i Nidelva dersom det går skred langs noen av de større langstrakte glideflater under tomta. Det er i så fall snakk om flakskred, med utløpsdistanse lik 0,5 ganger lengden på løsnedistanse (ref. rapport /1/). Det er usikkert hvor effektivt Nidelva er i stand til å vaske bort skredmassene som ikke består av omrørt sprøbruddmateriale, og det må forventes at elva blir demmet opp, i hvert fall delvis. Potensielt kan kirkegården rundt Tilfredshet kapell oversvømmes hvis vannet ikke finner en vei over skredmassene.

Selve byggetomta er også utløpsområde for skred som går i skråningen i vest, men hovedsakelig bør den anses som løснеområde.

Utløpsområder er vist på sonens fakta ark og i Figur 3.



Figur 3: Revidert avgrensning av sone 187 «Cecilienborg»

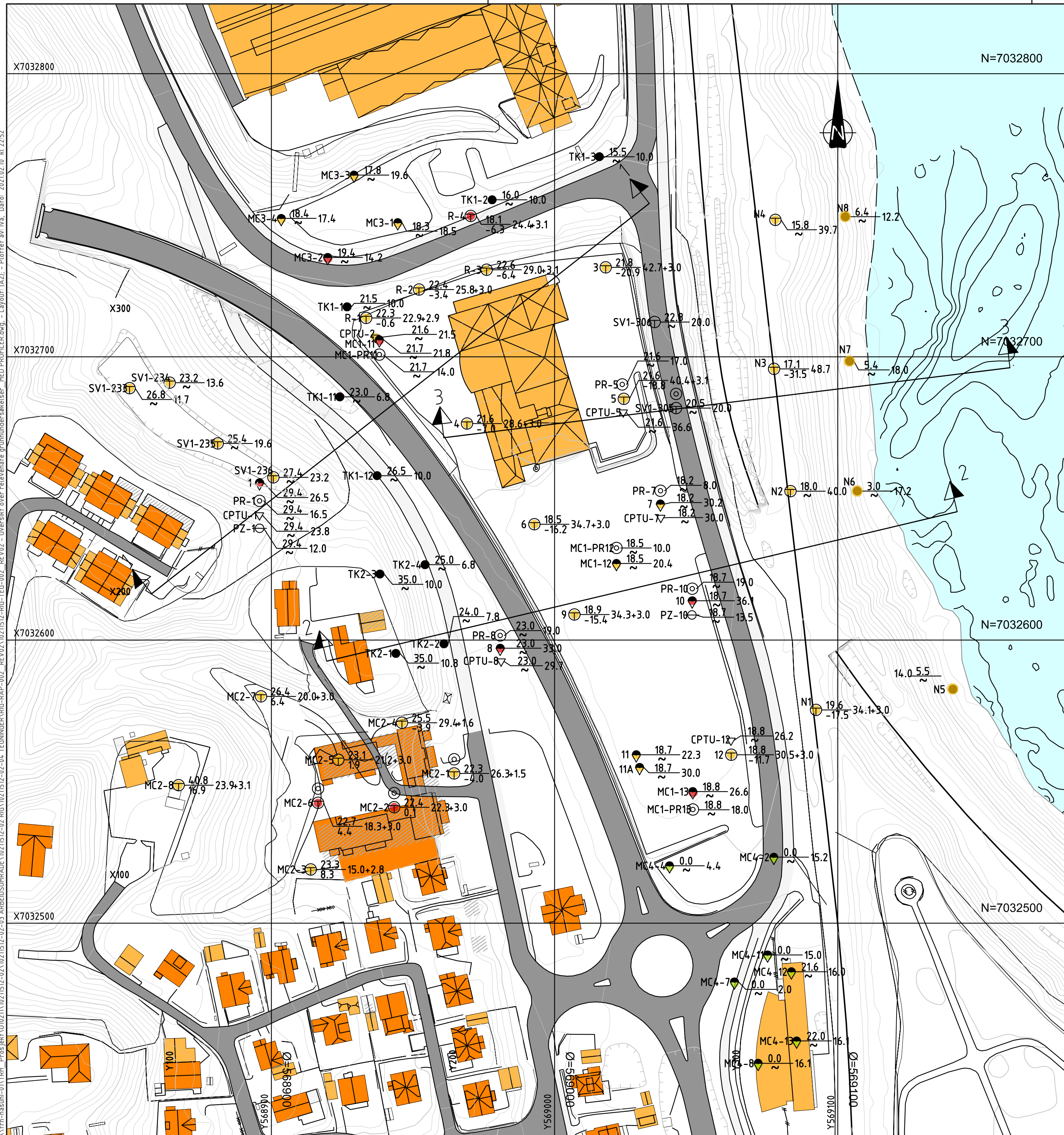
4 Faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse

Når det gjelder faregrad, konsekvens- og risikoklasse oppdateres sonene direkte på NVE Atlas gjennom NVEs innmeldingsløsning. En utskrift av sonenes fakta ark legges ved i rapportens Vedlegg C.

I dagens tilstand havner sonen iht. den nye utredningen i faregradklasse «lav», konsekvensklasse «meget alvorlig» og risikoklasse 2. Det gjøres oppmerksom på at sonens reviderte faktaark beskriver sonen i dagens tilstand, ikke etter fremtidig utbygging.

5 Referanser

/1/ NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» (2016)



● DRIESONDERING	◎ PRØVESERIE	⊖ PORETRYKKMÅLING
○ ENKEL SONDERING	□ PRØVEGRUPP	⊗ KJERNEBORING
▼ RAMSONDERING	▽ DREITRYKKSONDERING	☆ FJELLKONTROLLBORING
▽ TRYKKSONDERING	⊠ SKRUPLATEFORSØK	⋈ BERG I DAGEN
⊕ TOTALSONDERING	+ VINGEBORING	

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra infoland.no
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 32V
 HØYDEREFERANSE: NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLERING: GPS GLONAS CPOS
 BORBOK NR: Digital
 LAB.BOK NR: Digital

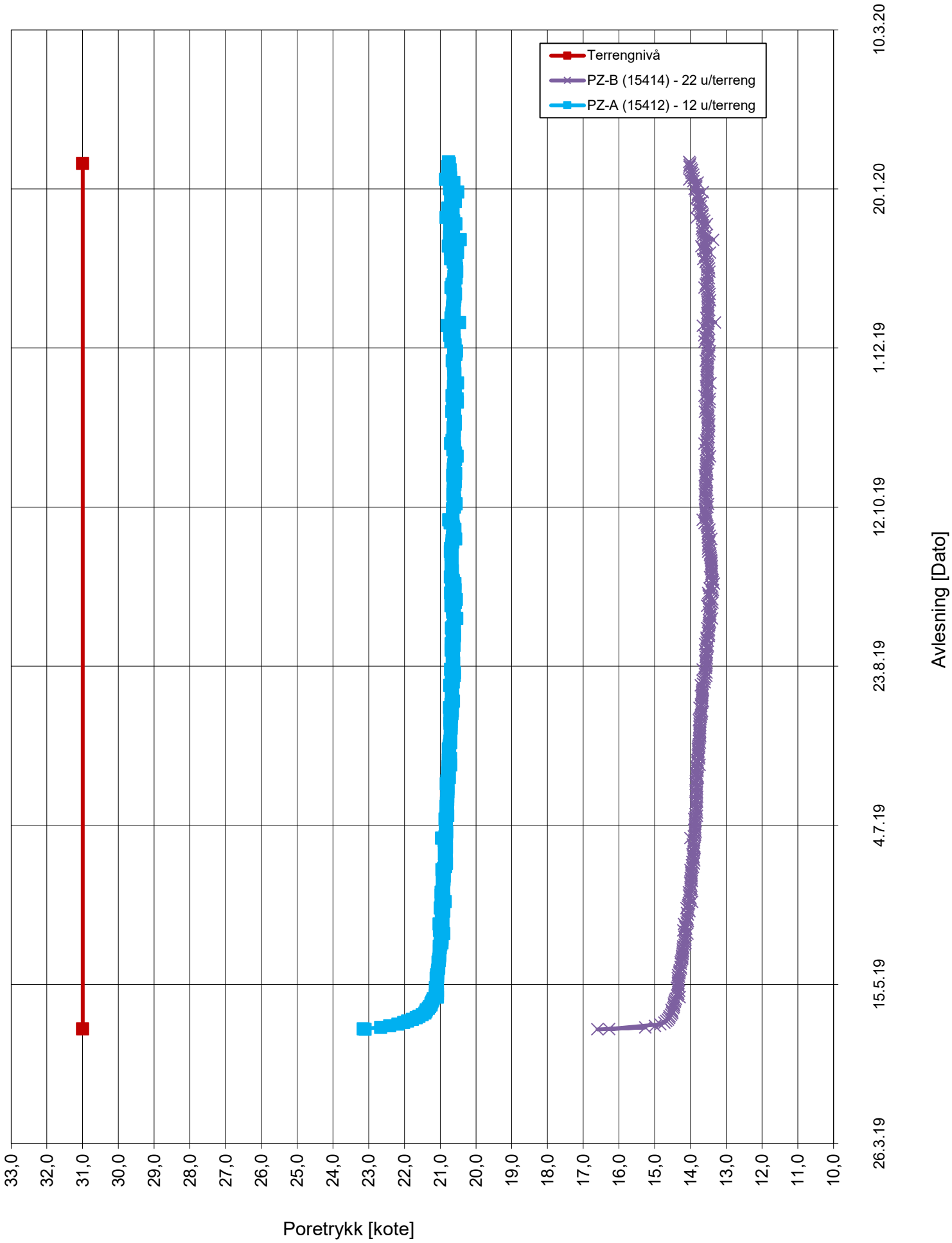
Elvebunn fra bunnkotekartlegging av Sescan 26.10.2019

Tidligere boringer er opptegnet fra scannet kopi og kan ha noe avvik.
Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr:

MC1-X	BORINGER FRA MULTICONSULT RAPPORT NR. 417036 (2015)-OSLOVEIEN 129, TRONDHEIM
MC2-X	BORINGER FRA MULTICONSULT RAPPORT NR. 416592 (2014)-OSLOVEIEN 132, TRONDHEIM
MC3-X	BORINGER FRA MULTICONSULT RAPPORT NR. 416096 (2004)-MARIENBORG C
MC4-X	BORINGER FRA NOTEBY RAPPORT NR. 57058 (1995)-STAVNE OFORMERSTASJON
R-X	BORINGER FRA RAMBØLL RAPPORT NR. 6090223 (2009)-P-HUS OG BOLIGER PÅ MARIENBORG
SV1-X	BORINGER FRA STATENS VEGVESEN RAPPORT NR. UD685-3 (2006)-STEINBERGTUNNELEN, VEG I DAGEN VED CECILIEBORG
TK1-X	BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.0989 (1996)-KOLLEKTIVVEG MARIENBORG - RIT
TK2-X	BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.0325-2 (1974)-MARIENBORG KLOAKK- OG VANNLEIING

- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

02	Markert mulig sprøbruddmateriale i N5 - N8	10.07.2020	IVA	ALM	JSG
01	Supplerende grunnundersøkelser og nye beregningsprofiler	26.02.2020	ALM	IVA	HAN
00	Tegning utarbeidet	08.07.2019	IVA	ALM	HAN
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Cecilienborg Bolig AS			Fag	Format	
Cecilienborg, detaljregulering			Geoteknikk	A2	
			Dato	26.02.2020	
Oversikt over relevante grunnundersøkelser			Format/Målestokk:		
Stabilitetsberegningsprofiler			1:1000		
			-		
 www.multiconsult.no		Status Utseend	Konstr./Tegnet ALM	Kontrollert IVA	Godkjent JSG
Oppdragsnr. 10211512		Tegningsnr. RIG-TEG-002			Rev. 02



PORETRYKKSMÅLING

Elektriske poretrykksmålere BP. 1, PZ-A (15412) og PZ-B (15414)

Cecilienborg Bolig AS
Cecilienborg, detaljregulering

Konstr./Tegnet

ALM

Dato

24.02.20

Kontrollert

IVA

Godkjent

JSG

Multiconsult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

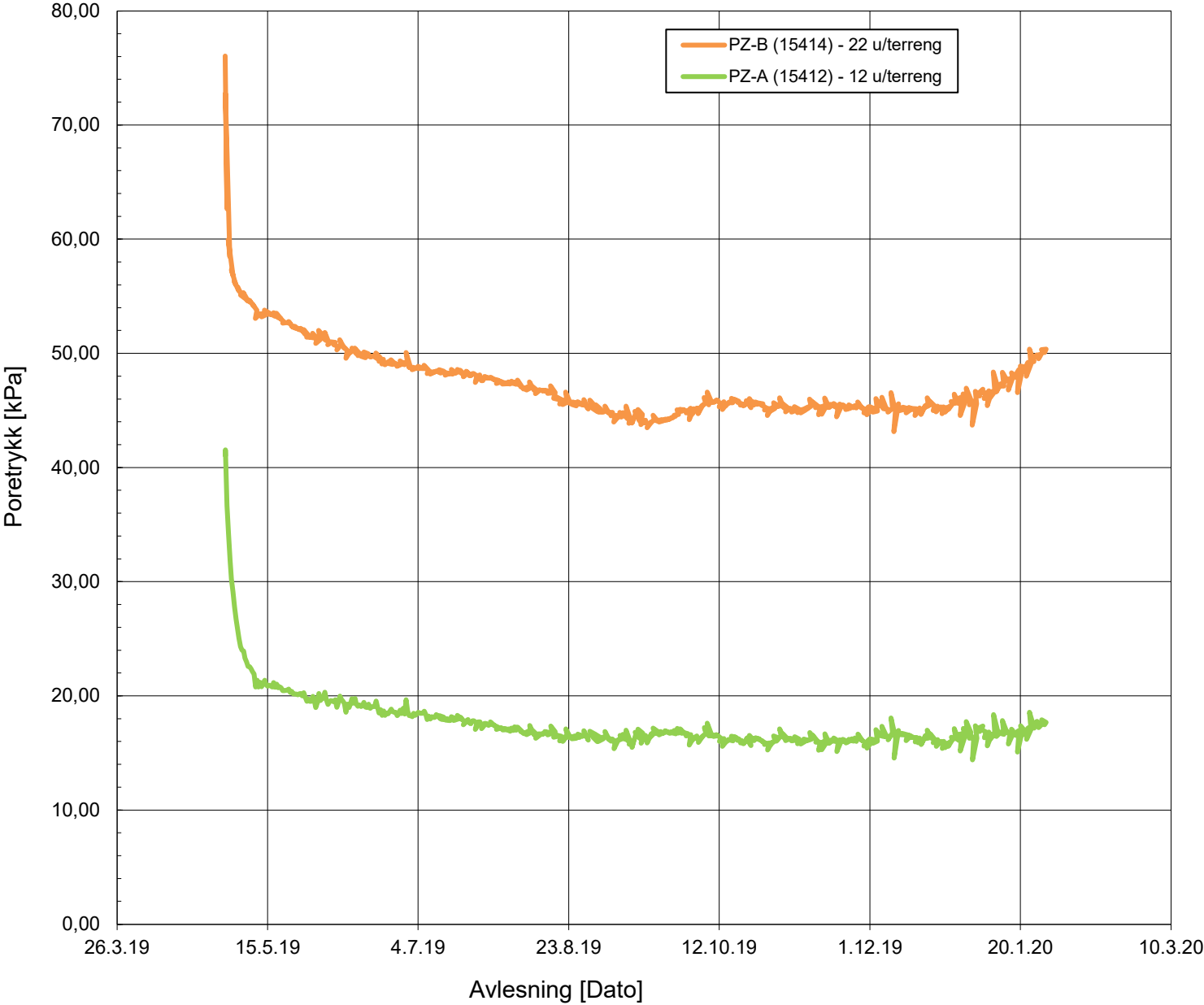
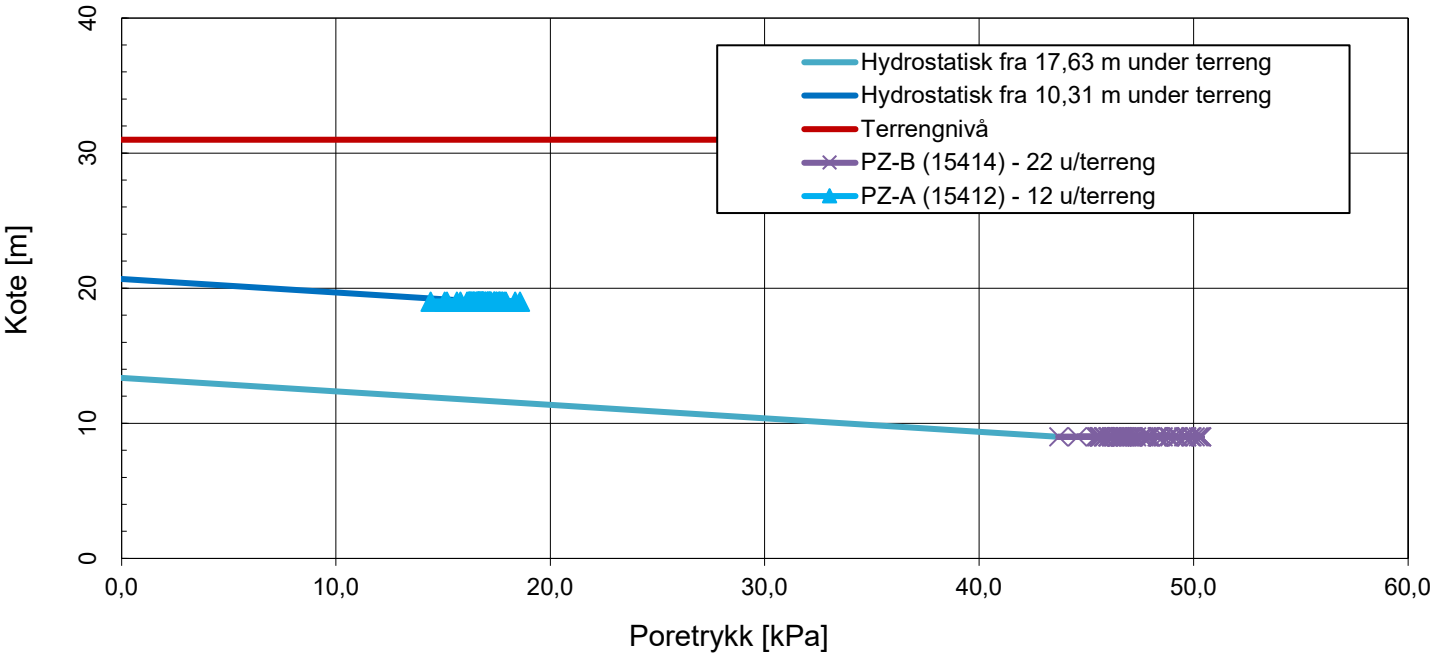
10207805

Tegn.nr.

RIG-TEG-350.1

Rev.

00



PORETRYKKSMÅLING

Elektriske poretrykksmålere BP. 1, PZ-A (15412) og PZ-B (15414)

Cecilienborg Bolig AS
Cecilienborg, detaljregulering

Konstr./Tegnet

ALM

Dato

24.02.20

Kontrollert

ALM

Godkjent

JSG



MULTICONSULT ASA

Sluppenvegen , 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

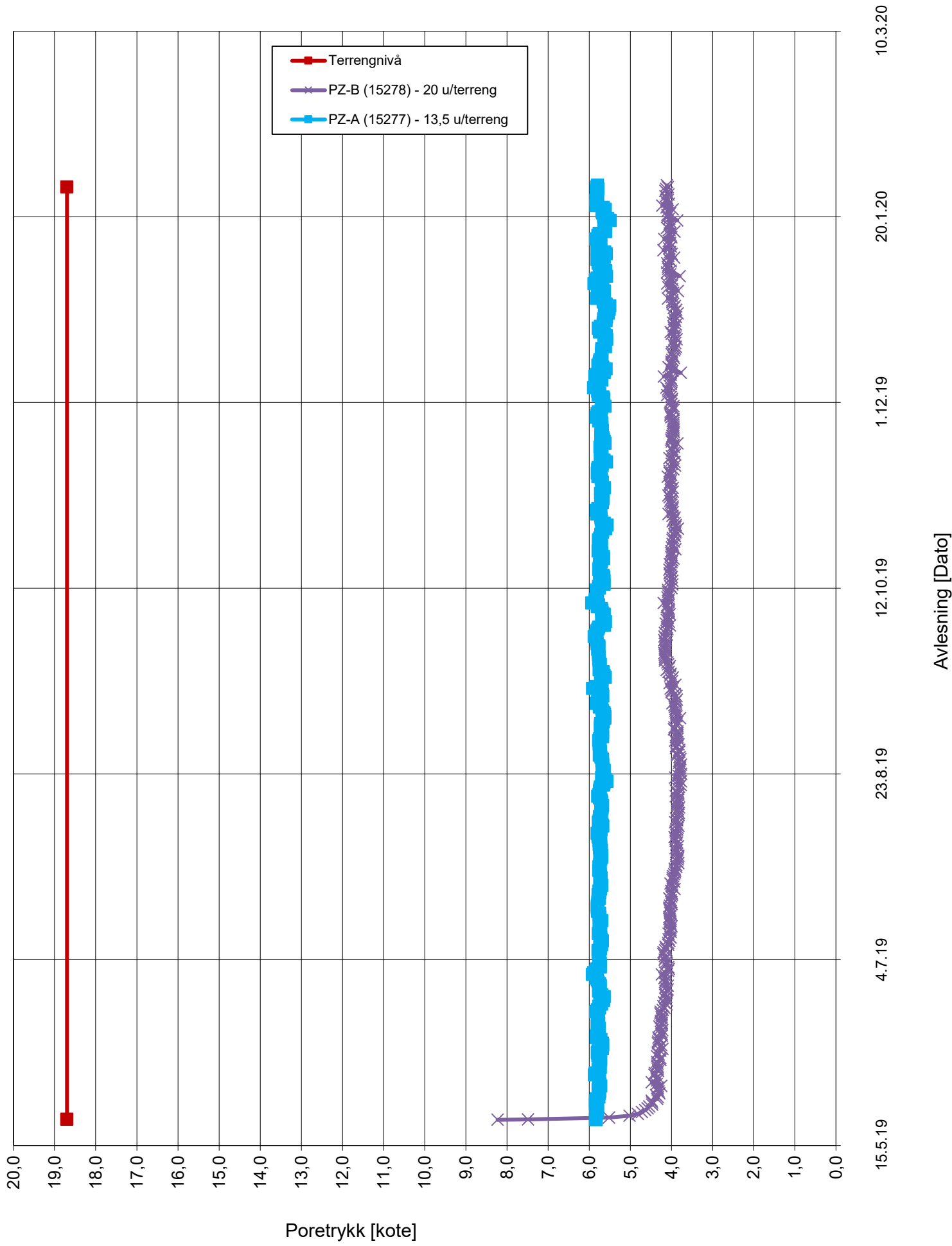
10207805

Tegn.nr.

RIG-TEG-350.2

Rev.

00



PORETRYKKSMÅLING

Elektriske poretrykksmålere, PZ-10A (15277) og PZ-10B (15278)

Cecilienborg Bolig AS
Cecilienborg, detaljregulering

Konstr./Tegnet

AMG

Dato

21.08.19

Kontrollert

IVA

Godkjent

JSG



MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen , 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

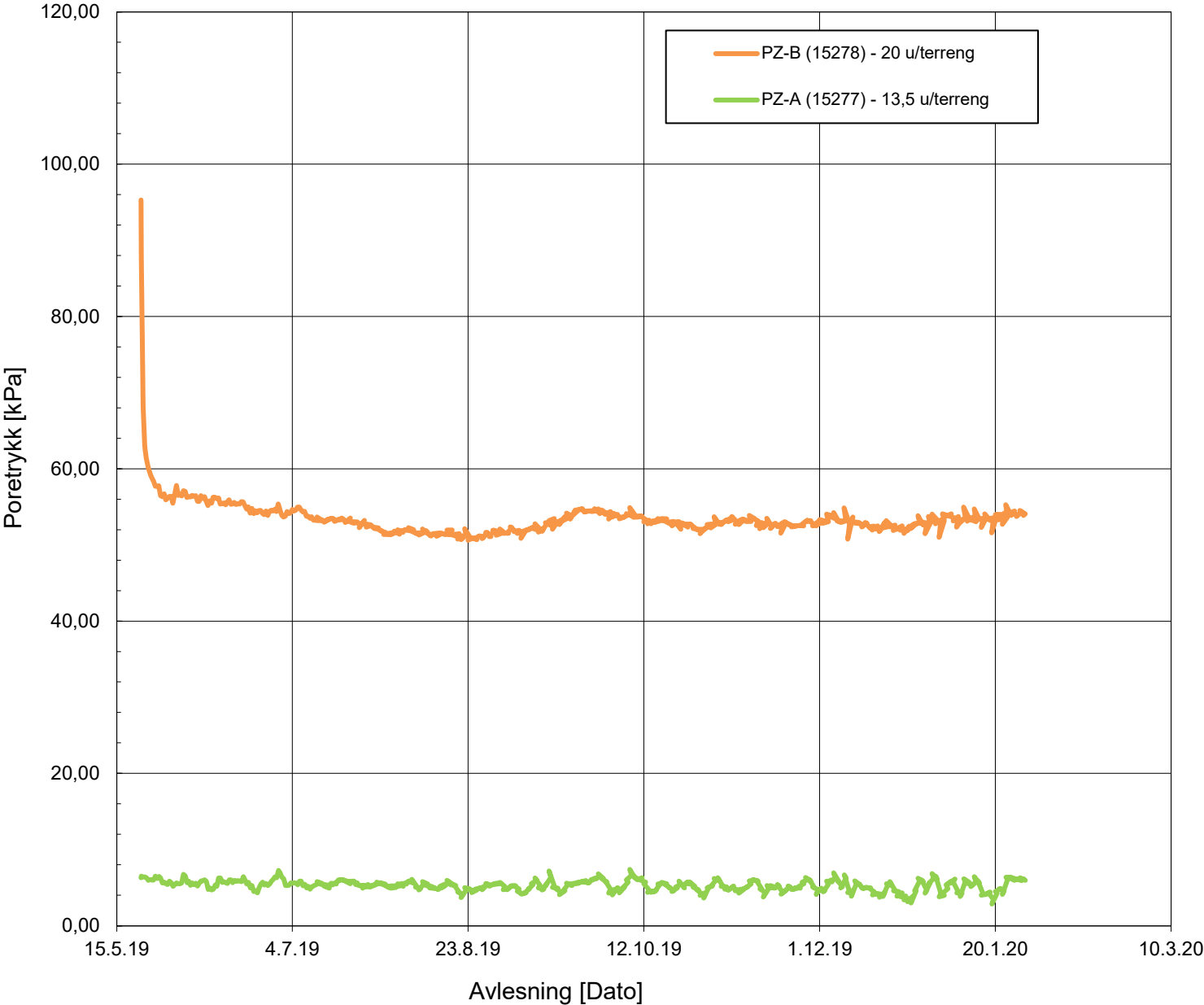
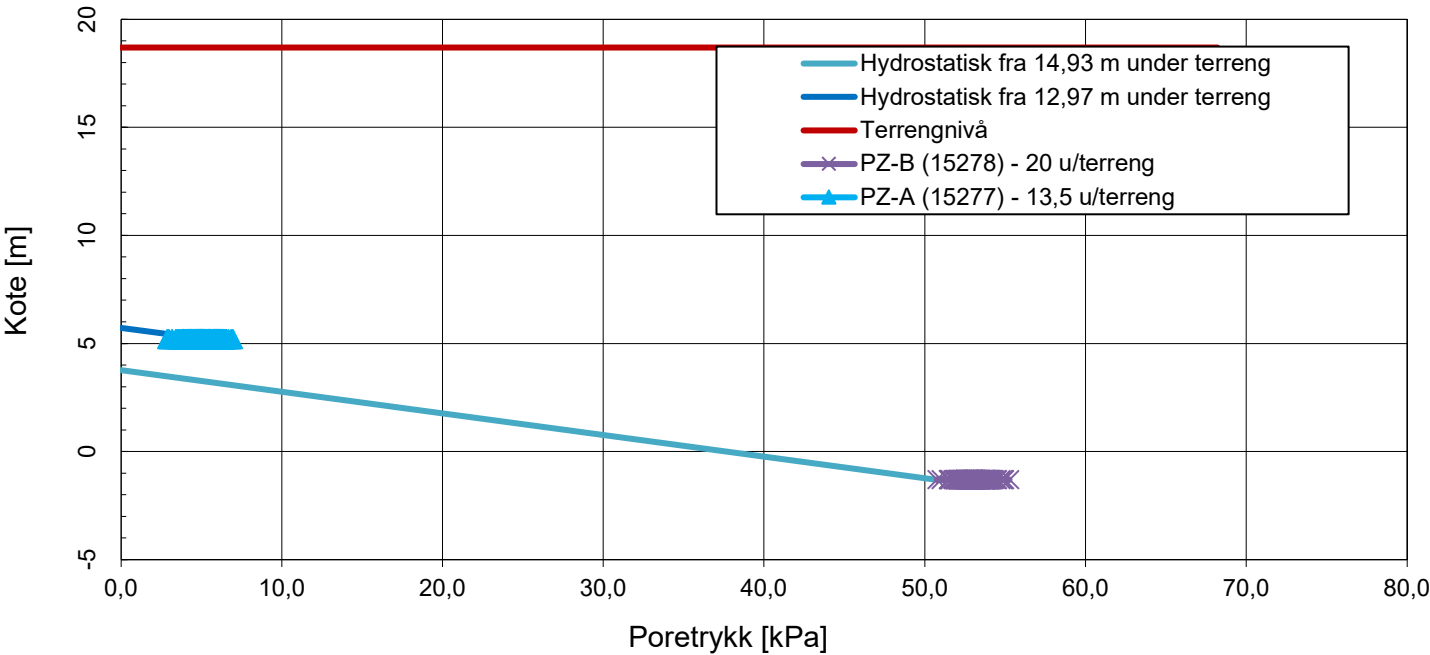
10211512

Tegn.nr.

RIG-TEG-351.1

Rev.

00



PORETRYKKSMÅLING

Elektriske poretrykksmålere, PZ-10A (15277) og PZ-10B (15278)

Cecilienborg Bolig AS
Cecilienborg, detaljregulering

Konstr./Tegnet

AMG

Dato

11.03.19

Kontrollert

ALM

Godkjent

JSG

MULTICONSULT ASA

Sluppenvegen , 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

10211512

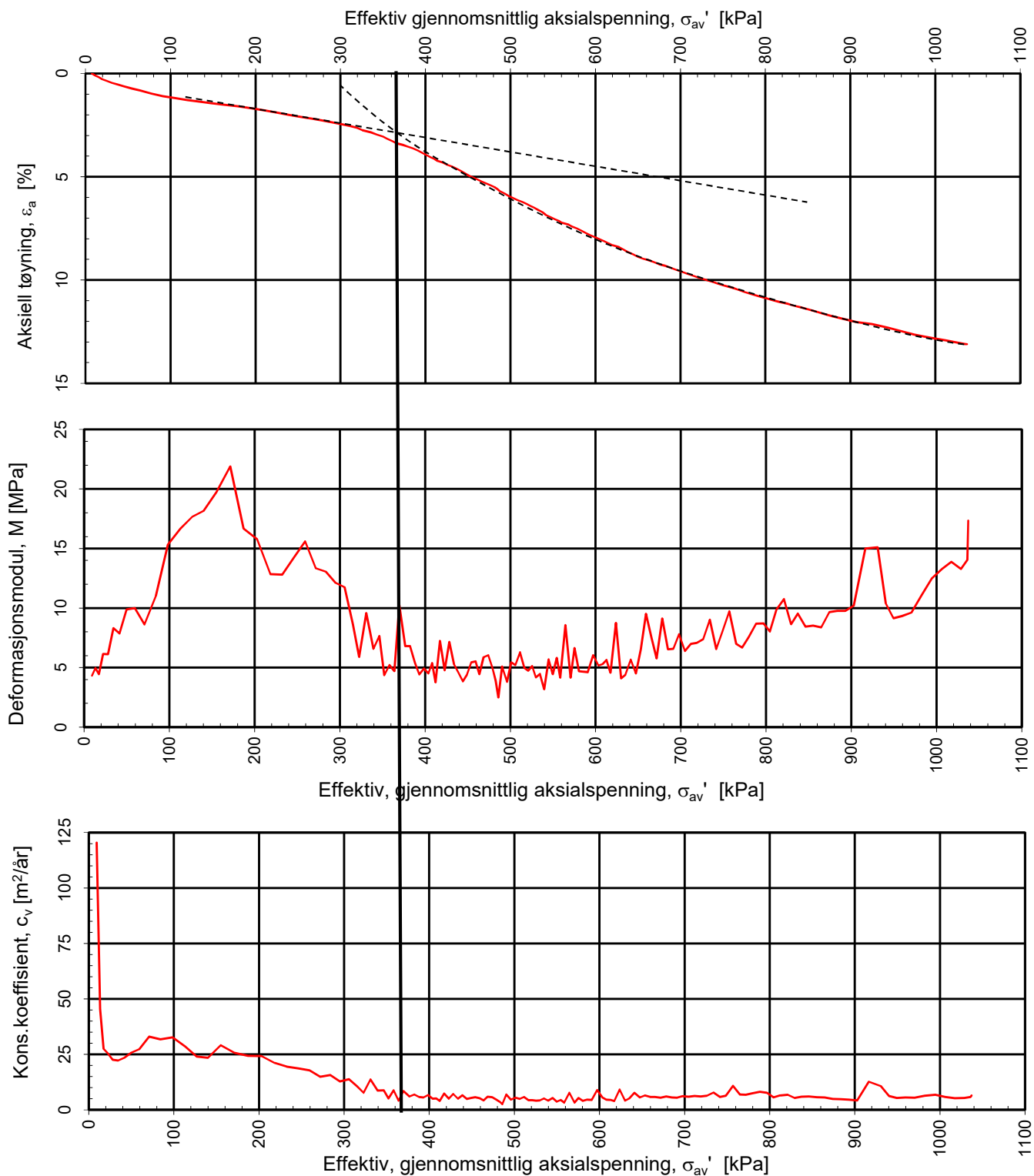
Tegn.nr.

RIG-TEG-351.2

Rev.

00





Densitet ρ (g/cm³): **1,96**
 Vanninnhold w (%): **31,10**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **106,49**

Cecilienborg Bolig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

20.05.2019

Dybde, z (m):

11,55

Borpunkt nr.:

1

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

IVA

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10211512

Tegning nr.:

RIG-TEG-400.1

Prosedyre:

CRS

Tegningens filnavn:

10211512-RIG-TEG-400_h1, d11,55m

Multi
consult

Godkjent:

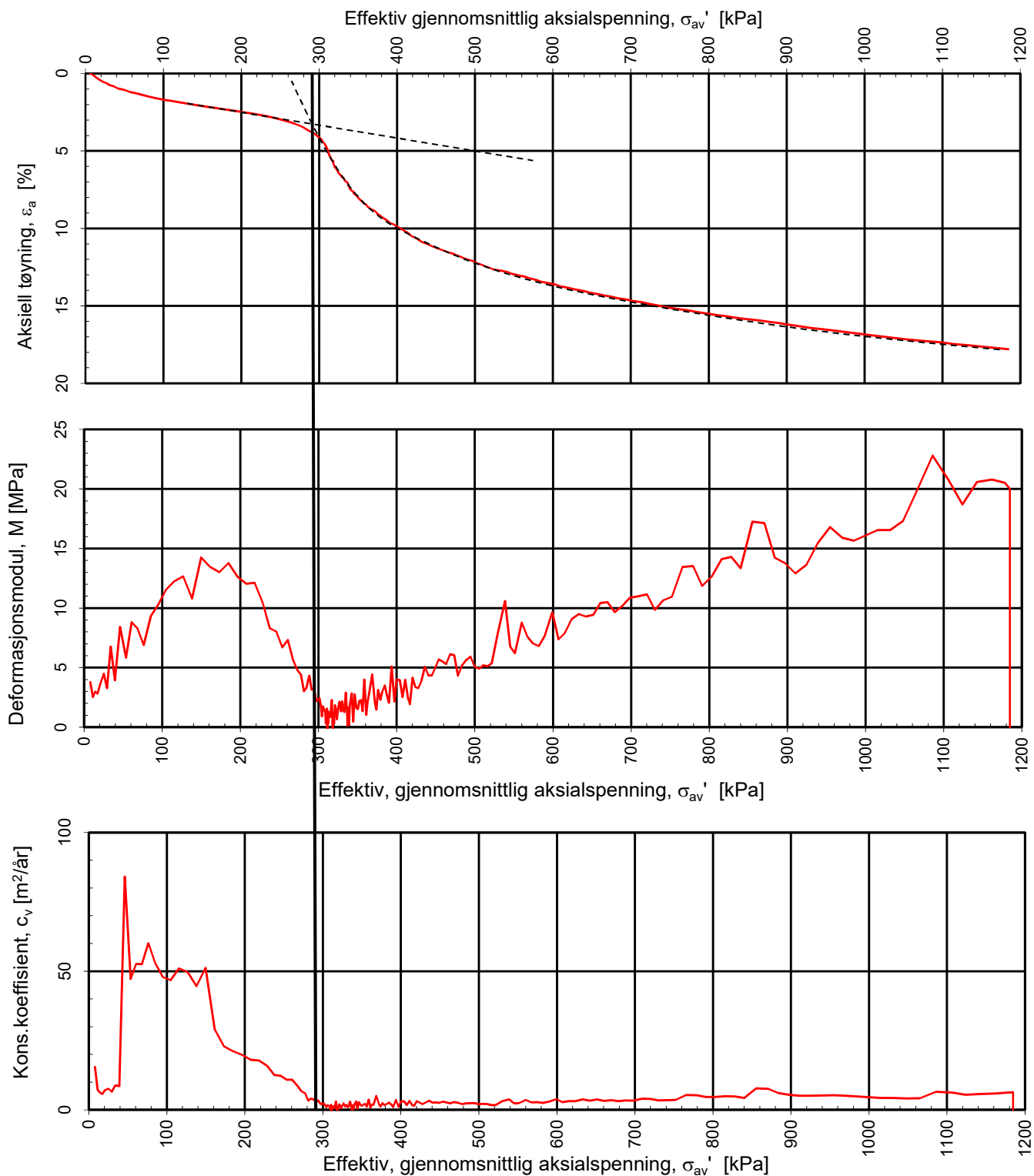
JSG

Revisjon:

1

Rev. Dato:

09.07.2019



Densitet ρ (g/cm³): **1,98**
 Vanninnhold w (%): **29,30**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **137,06**

Cecilienborg Bilig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Tegningens filnavn:

10211512-RIG-TEG-401_h1, d14,55m .xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

28.05.2019

Dybde, z (m):

14,55

Borpunkt nr.:

1

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

IVA

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10211512

Tegning nr.:

RIG-TEG-401.1

Prosedyre:

CRS

Godkjent:

JSG

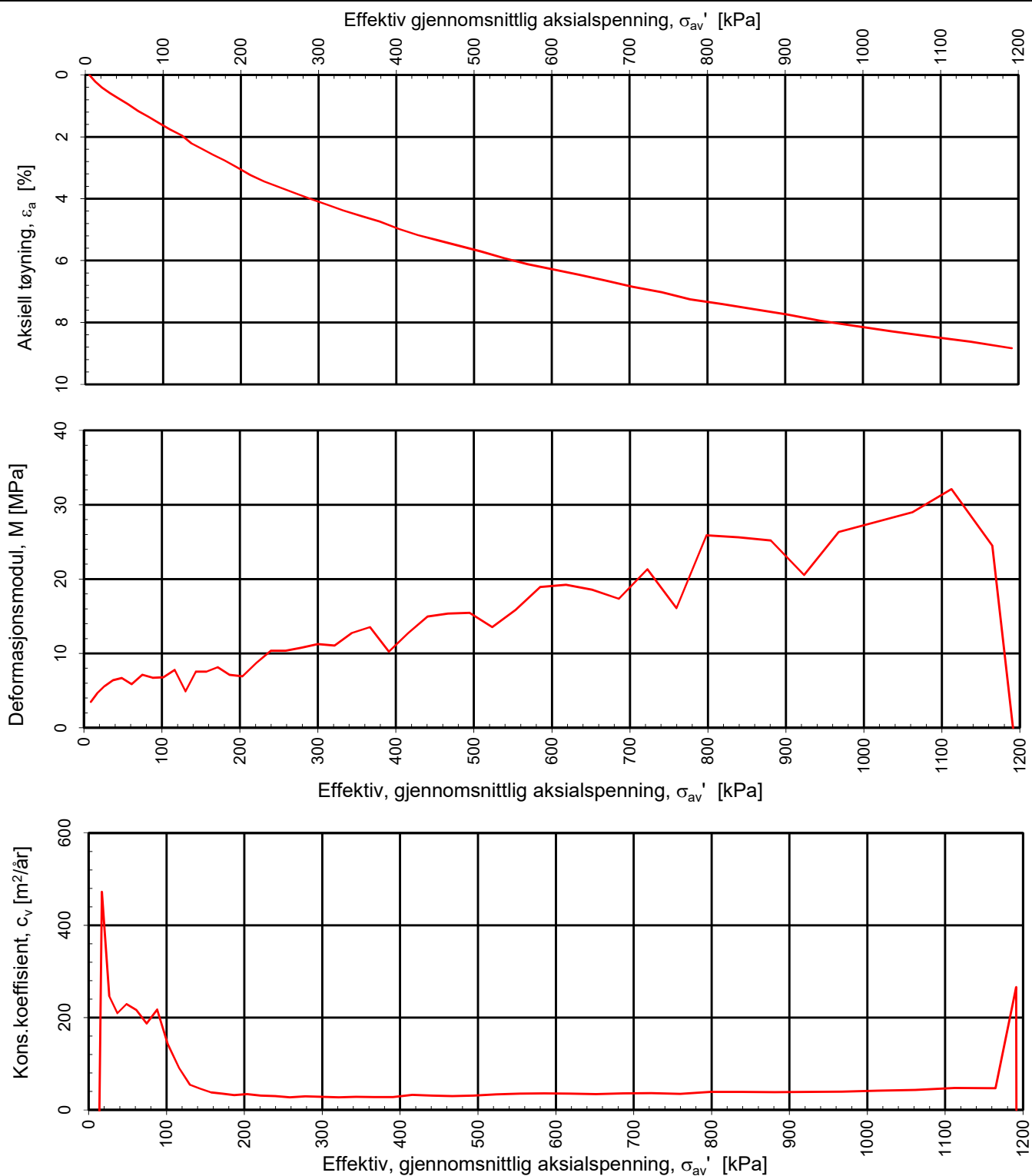
Revisjon:

1

Rev. Dato:

09.07.2019

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **2,16**
 Vanninnhold w (%): **20,80**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **171,61**

Cecilienborg Bolig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Tegningens filnavn:
 10211512-RIG-TEG-402_h5, d15,35m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

28.05.2019

Dybde, z (m):

15,35

Borpunkt nr.:

5

Forsøknr.:

3

Tegnet av:

IVA

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10211512

Tegning nr.:

RIG-TEG-402.1

Prosedyre:

CRS

Godkjent:

JSG

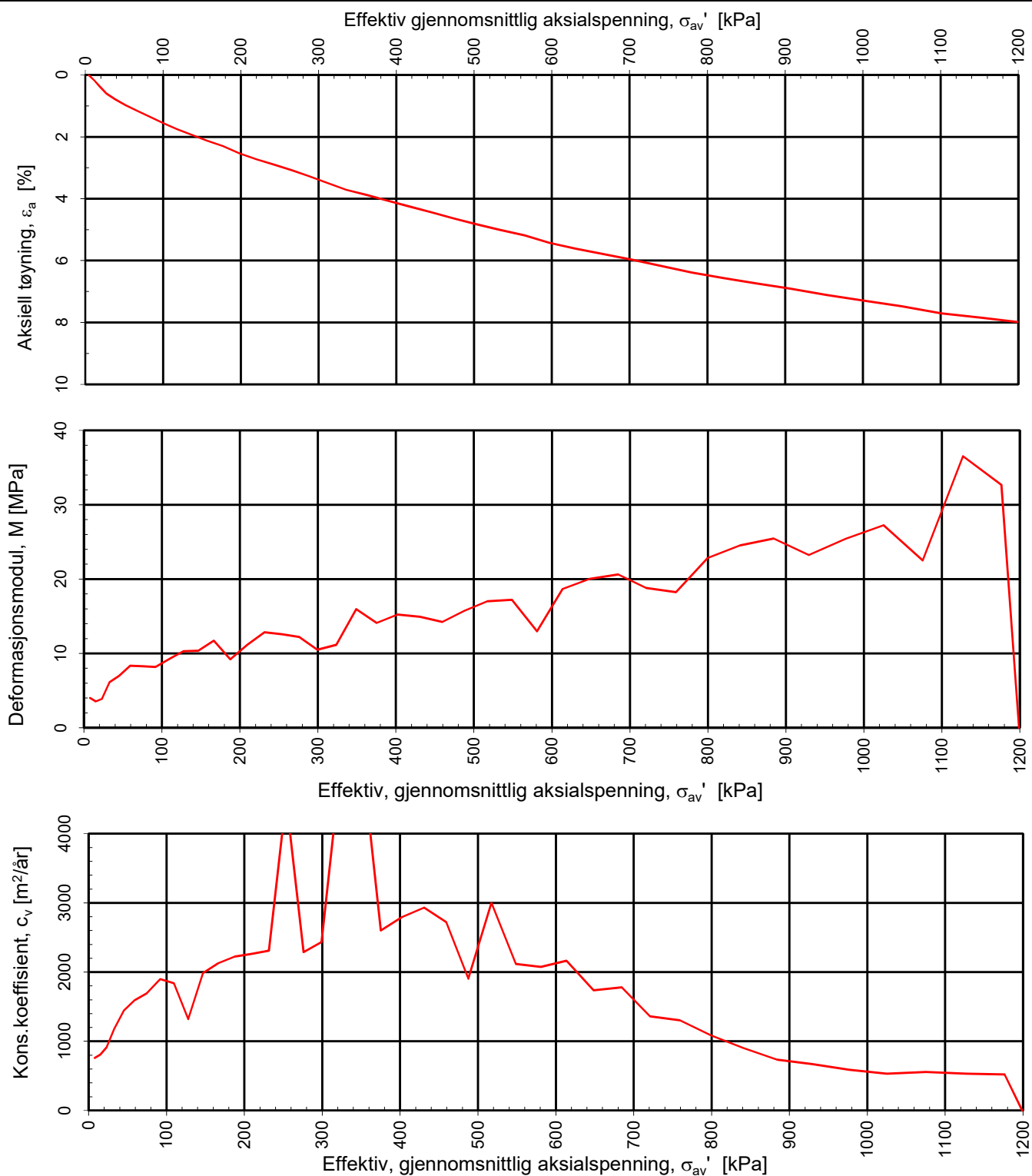
Revisjon:

1

Rev. Dato:

09.07.2019

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **2,10**
 Vanninnhold w (%): **0,00**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **99,64**

Cecilienborg Bolig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Tegningens filnavn:

10211512-RIG-TEG-402_h10, d9,40m

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

03.06.2019

Dybde, z (m):

9,40

Borpunkt nr.:

10

Forsøknr.:

4

Tegnet av:

IVA

Oppdrag nr.:

10211512

Tegning nr.:

RIG-TEG-403.1

Prosedyre:

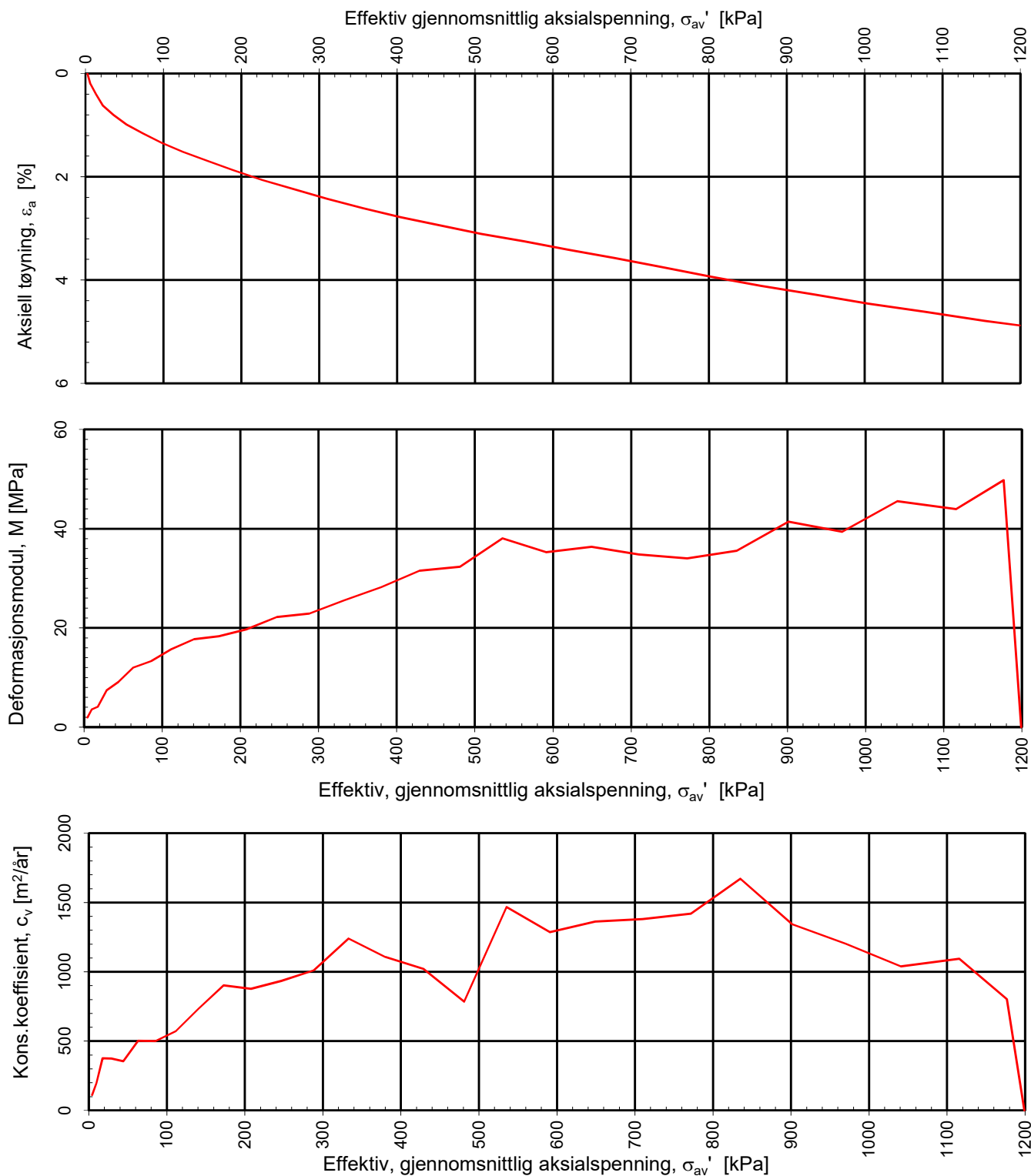
CRS

Godkjent:

JSG

Revisjon: **1**

Rev. Dato: **09.07.2019**



Densitet ρ (g/cm^3): **2,15**
 Vanninnhold w (%): **21,70**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **183,54**

Cecilienborg Bolig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Tegningens filnavn:

10211512-RIG-TEG-404_h10, d16,55m .xls

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

05.06.2019

Dybde, z (m):

16,55

Borpunkt nr.:

10

Forsøknr.:

5

Tegnet av:

IVA

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10211512

Tegning nr.:

RIG-TEG-404.1

Prosedyre:

CRS

Multi
consult

Godkjent:

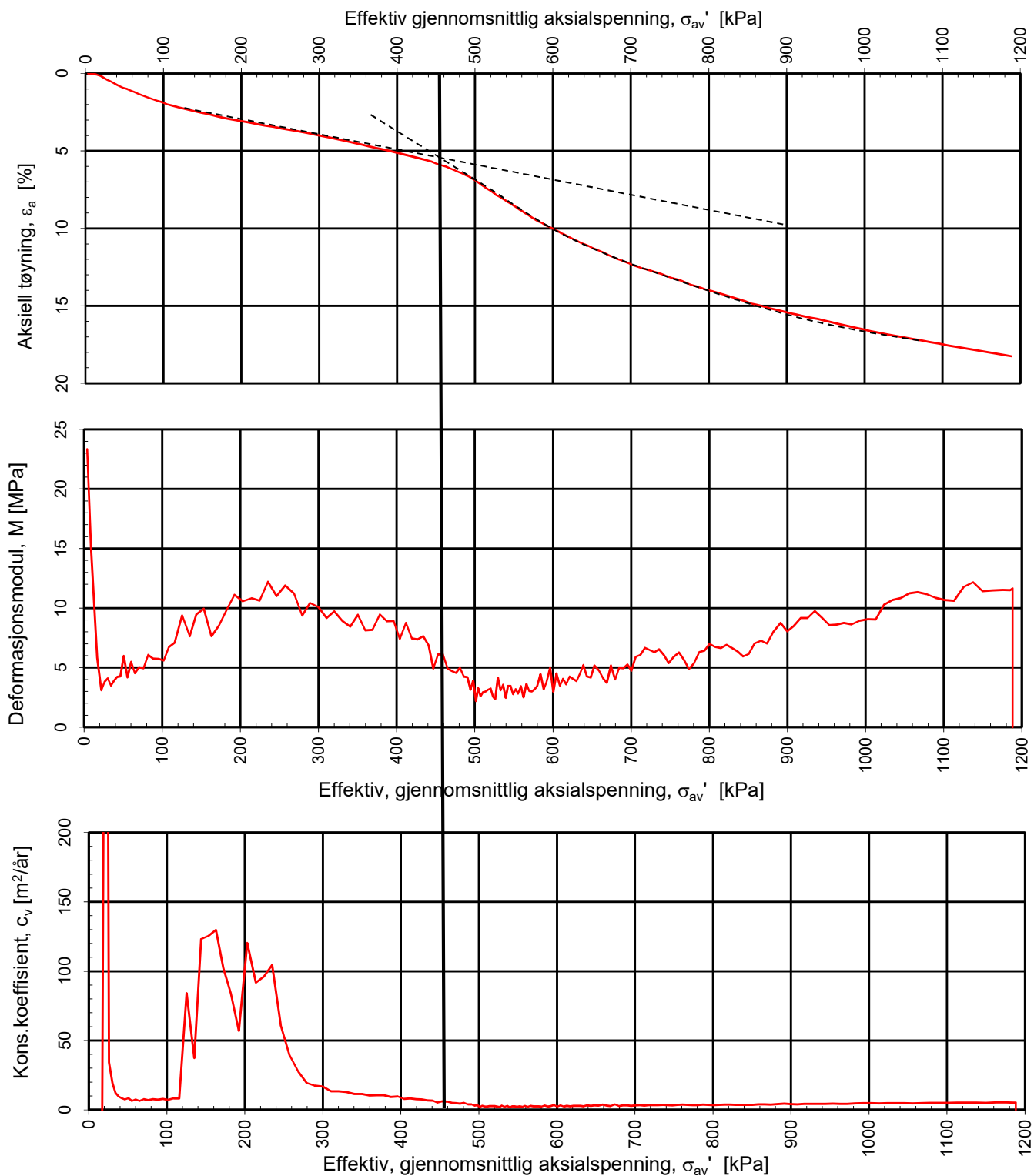
JSG

Revisjon:

1

Rev. Dato:

09.07.2019



Densitet ρ (g/cm³): **1,99**
 Vanninnhold w (%): **32,00**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **174,88**

Cecilienborg Bolig AS

Cecilienborg, detaljregulering

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, M og c_v .

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenvegen 15,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

07.06.2019

Forsøknr.:

6

Oppdrag nr.:

10211512

Dybde, z (m):

18,37

Tegnet av:

IVA

Tegning nr.:

RIG-TEG-405.1

Borpunkt nr.:

10

Kontrollert:

ALM

Prosedyre:

CRS

Tegningens filnavn:

10211512-RIG-TEG-405_h10, d18,37m .xls

Multi
consult

Godkjent:

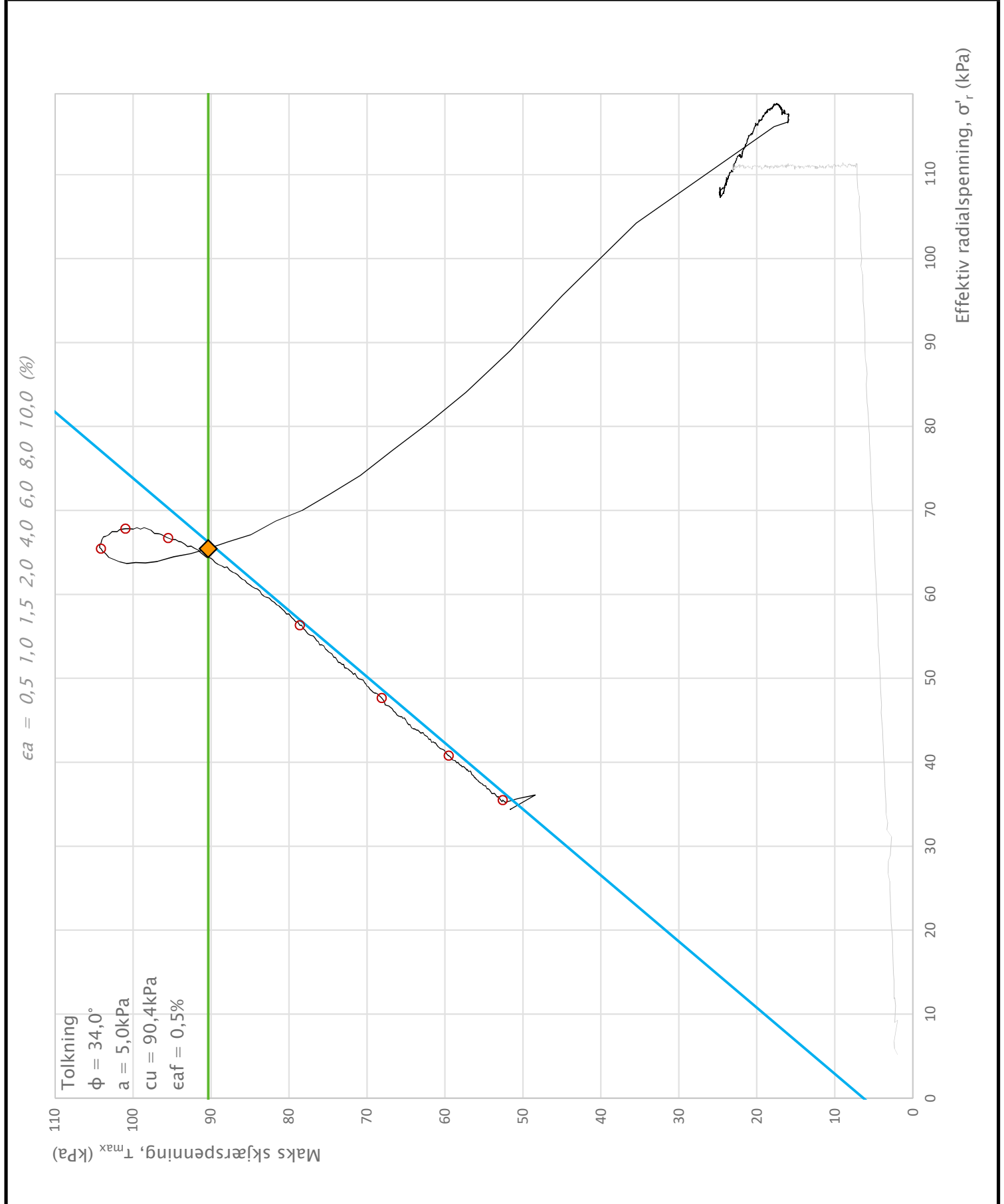
JSG

Revisjon:

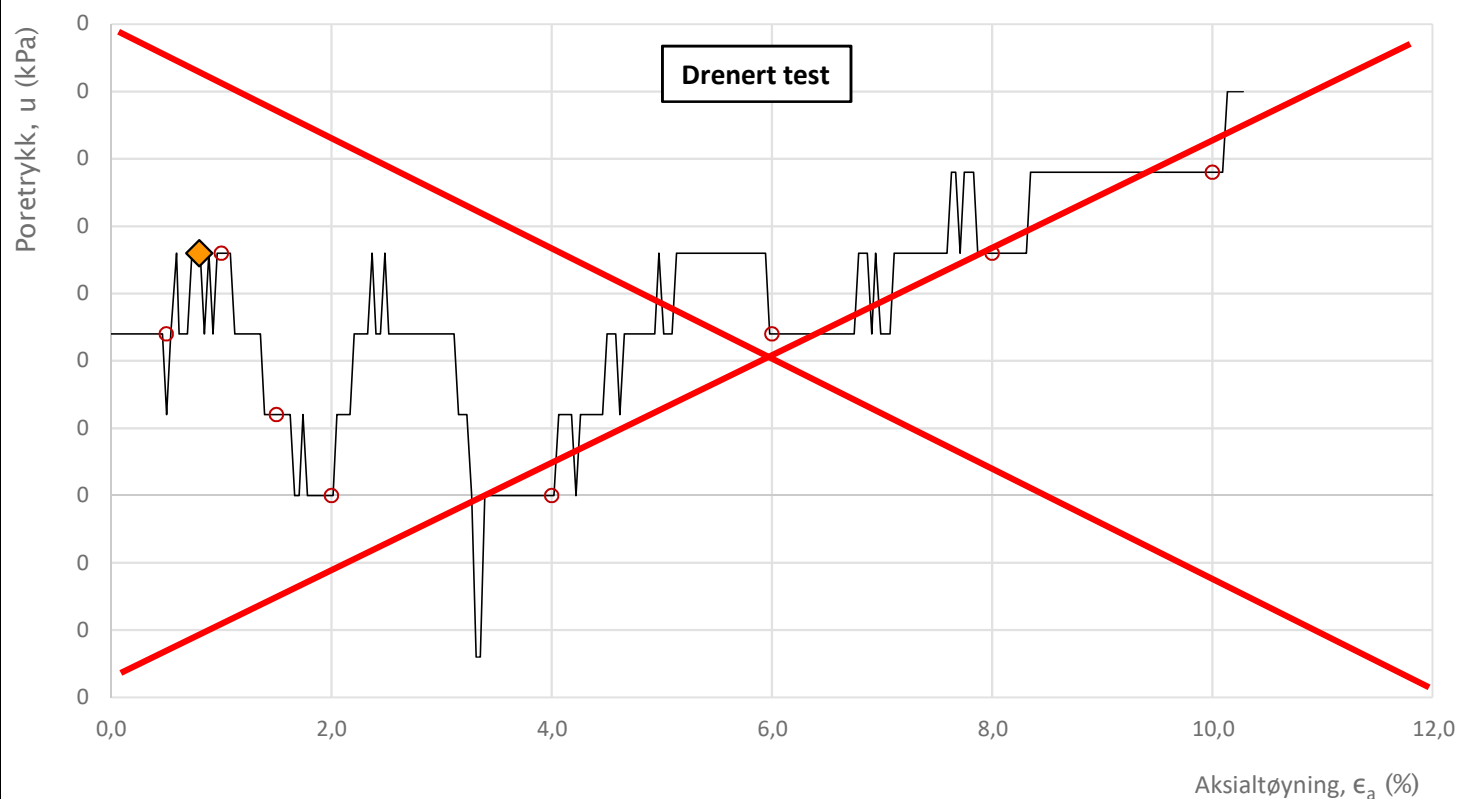
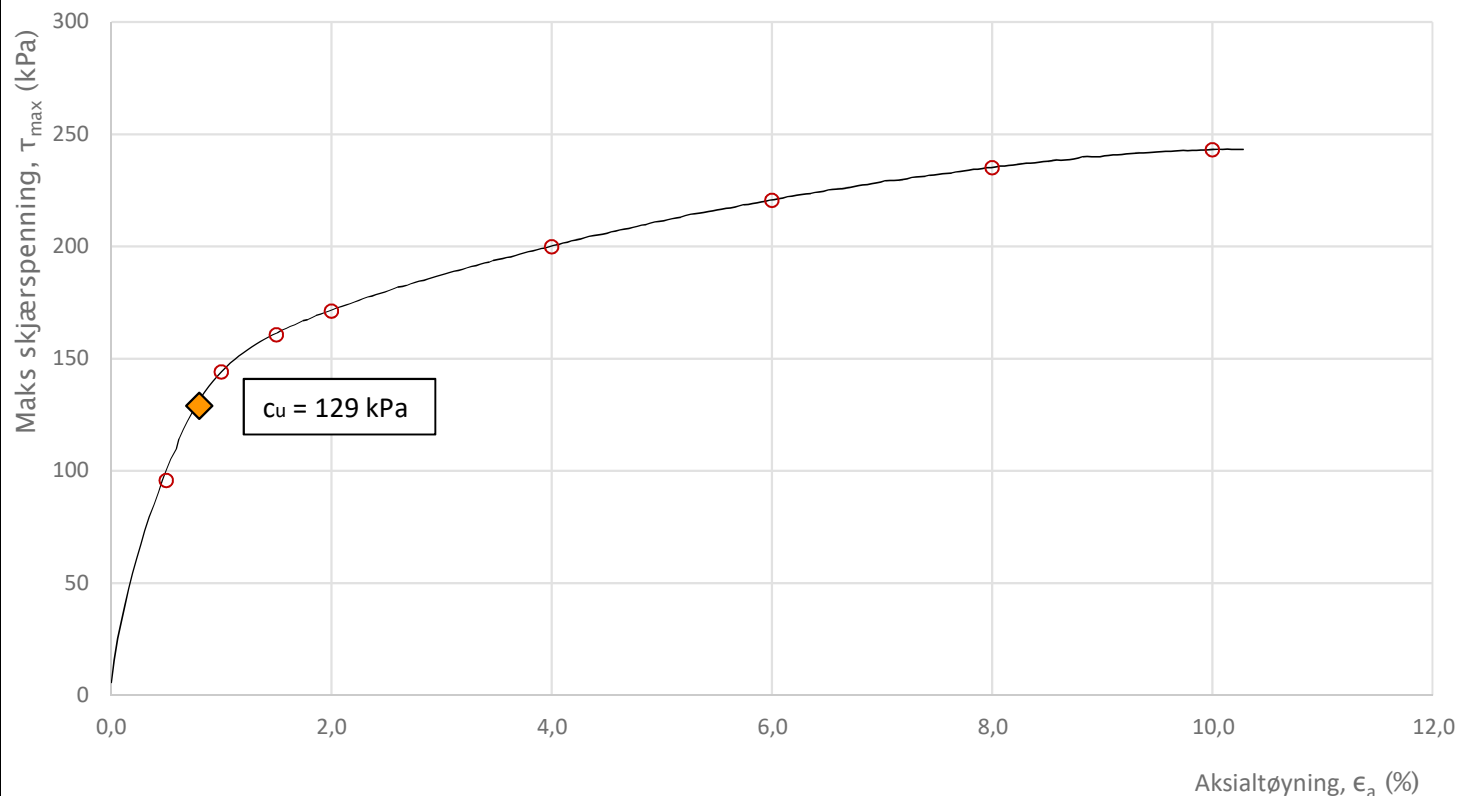
1

Rev. Dato:

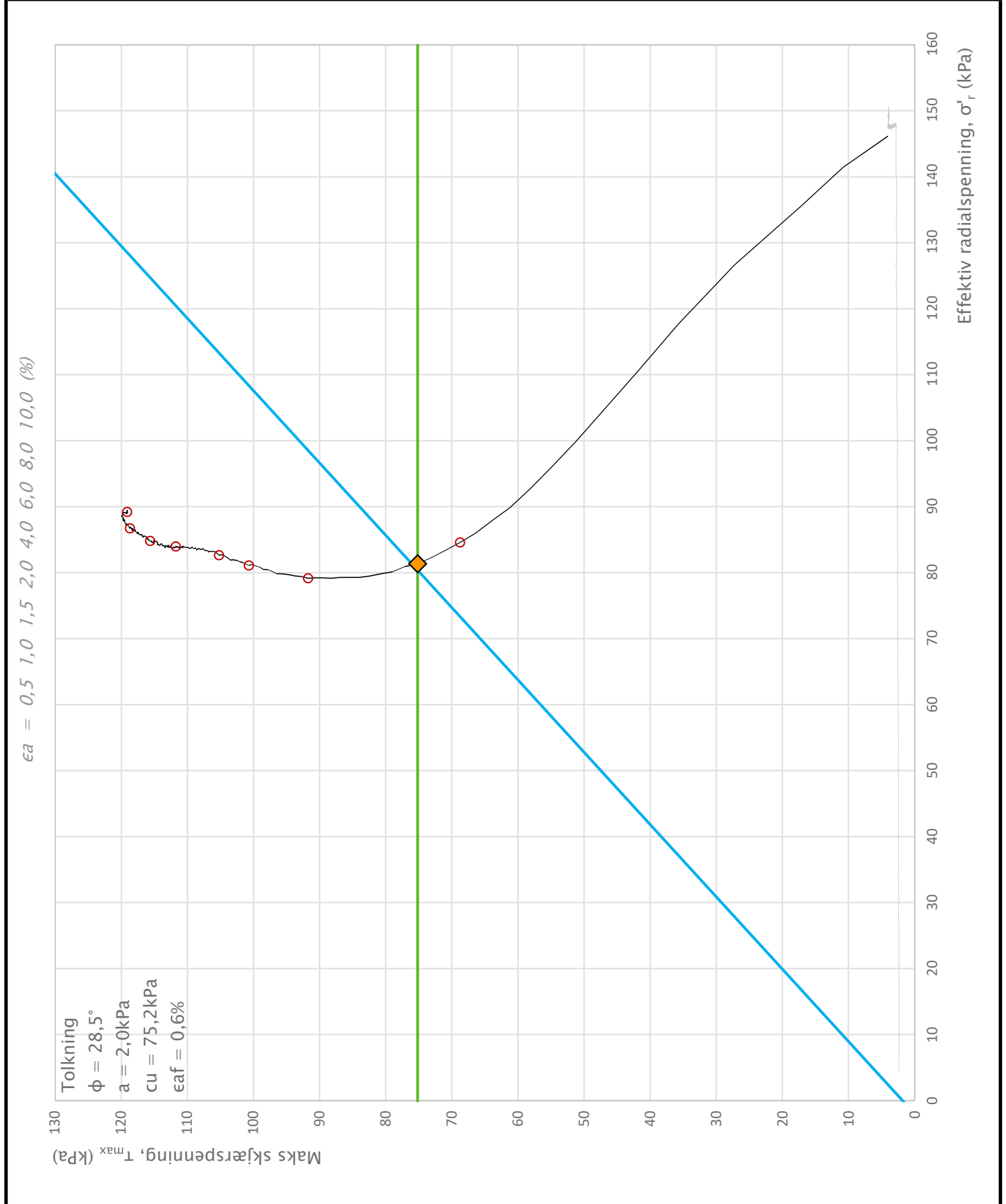
09.07.2019



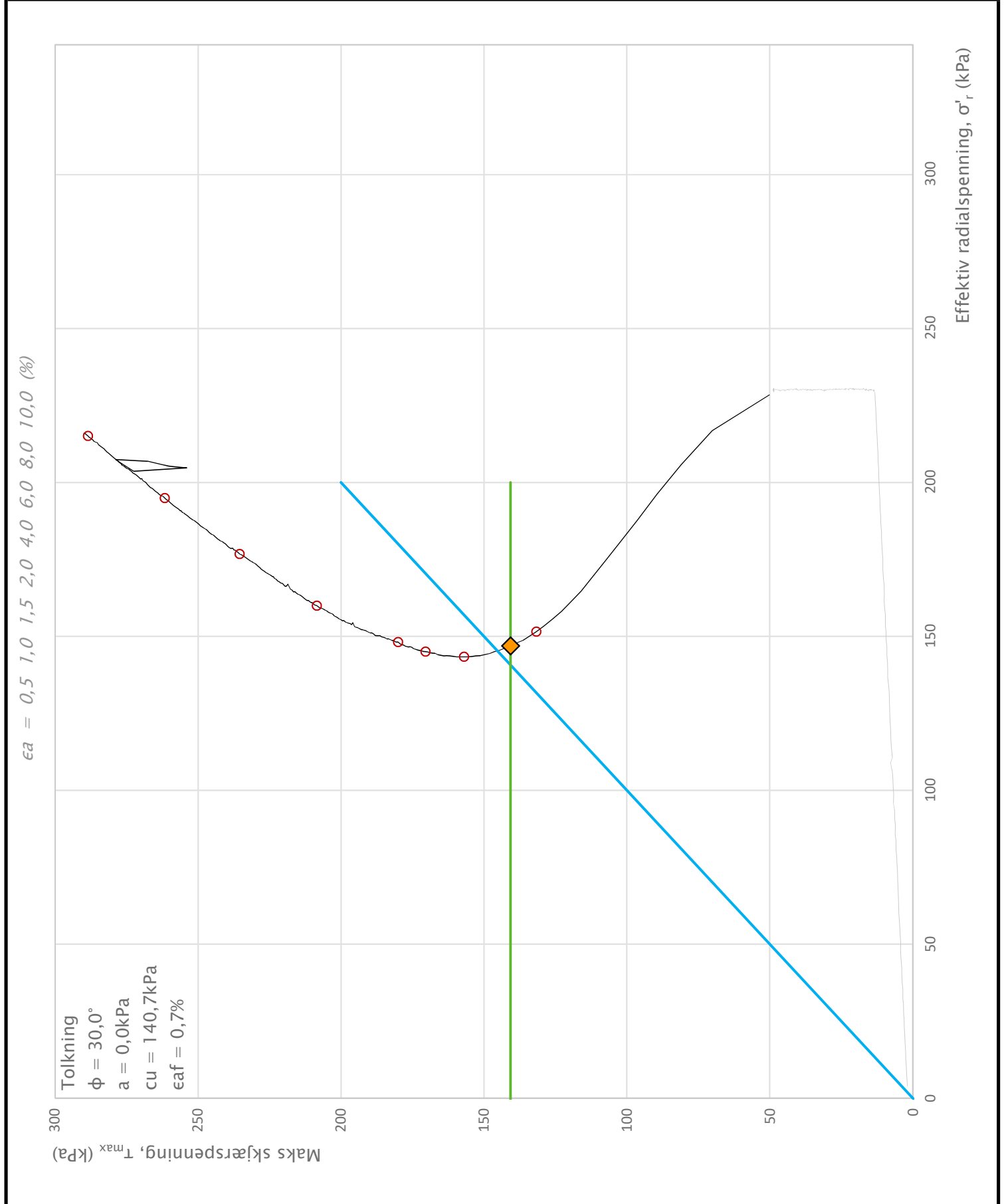
Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512. Rapportnummer: RIG-RAP-001_rev00		Borhull
Cecilienborg, detaljregulering					1
Innhold			Dybde (m)		11,40
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU) – tolkning					
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	IVA	ALM	JSG	CAUa	
	Kontor	Dato utført	Revisjon	RIG-TEG	
	Trondheim	20.05.2019	1 Rev. dato 24.06.2019	450.1	



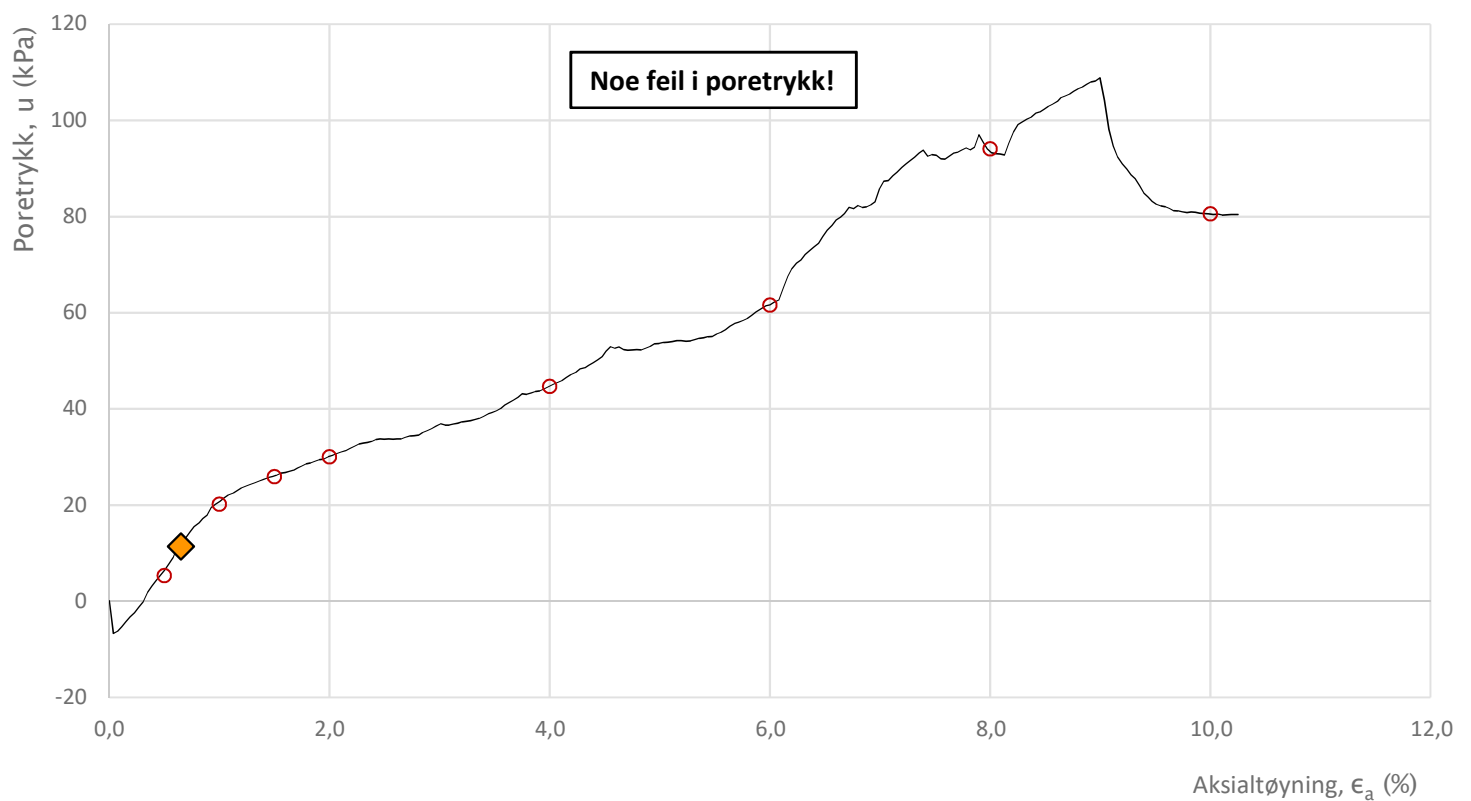
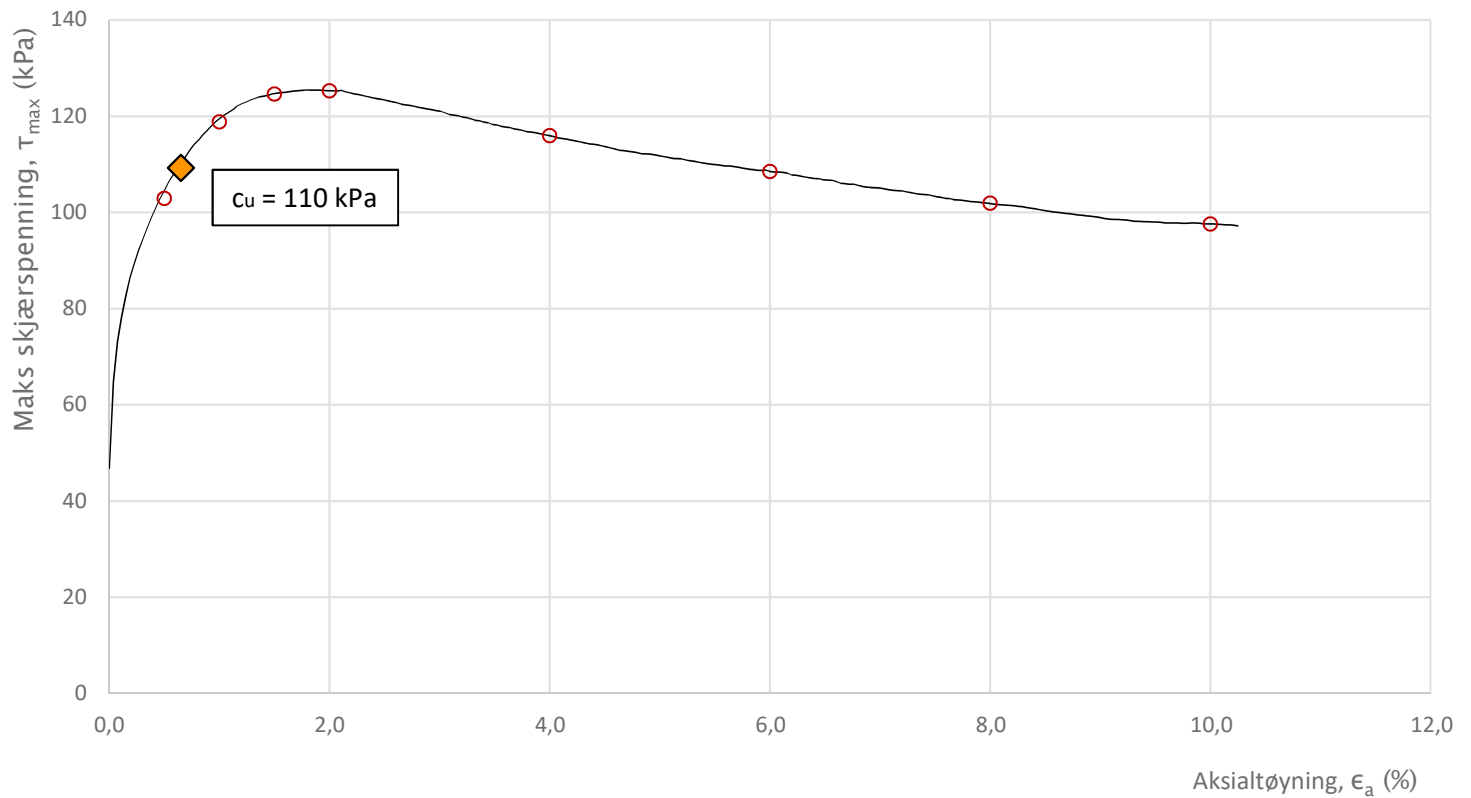
Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512. Rapportnummer: RIG-RAP-001_rev00		Borhull
Cecilienborg, detaljregulering					5
Innhold			Dybde (m)		15,35
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a - u plott – tolkning					
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	IVA	ALM	JSG	CID	
	Kontor	Dato utført	Revisjon	RIG-TEG	
	Trondheim	28.05.2019	1 Rev. dato 24.06.2019	452.4	



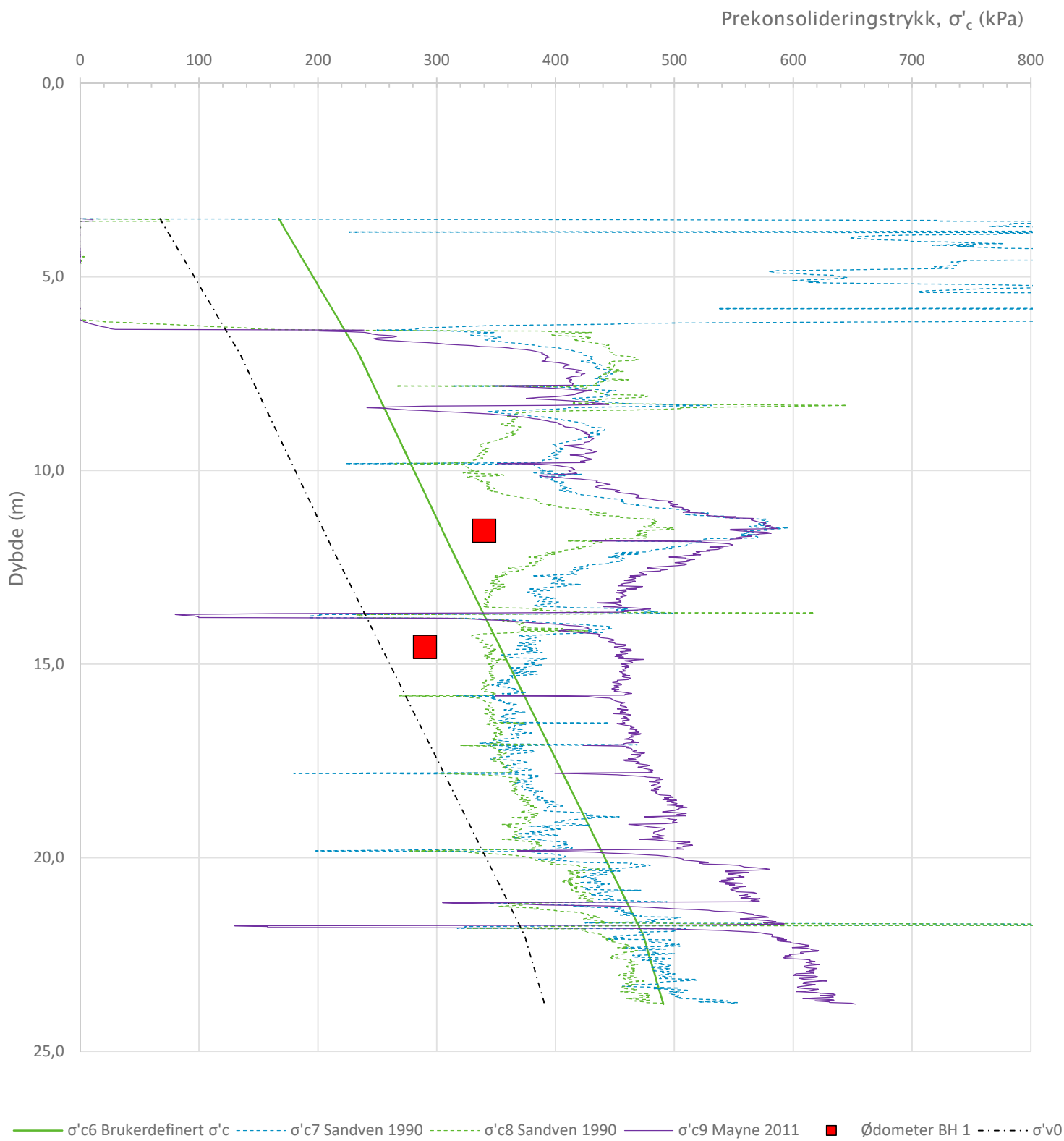
Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512. Rapportnummer: RIG-RAP-001_rev00		Borhull
Cecilienborg, detaljregulering					10
Innhold			Dybde (m)		9,30
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU) - tolkning					
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	IVA	ALM	JSG	CAUa	
	Kontor	Dato utført	Revisjon	RIG-TEG	
	Trondheim	03.06.2019	1 Rev. dato 06.06.2019	453.1	



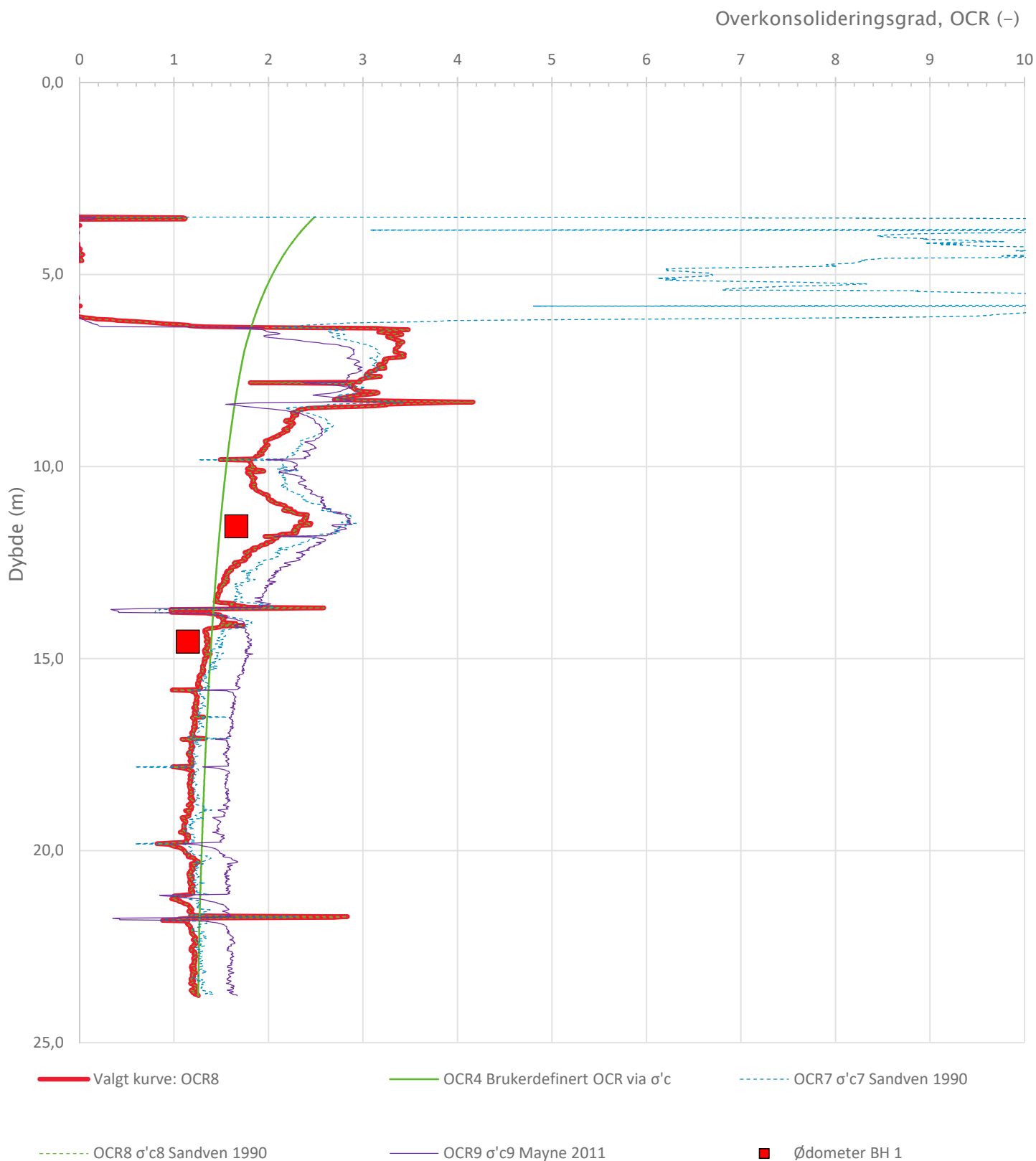
Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512-01. Rapportnummer: RIG-RAP-001_rev00		Borhull
Cecilienborg, detaljregulering					10
Innhold			Dybde (m)		16,35
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU) - tolkning					
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	IVA	ALM	JSG	CAUa	
	Kontor	Dato utført	Revisjon	RIG-TEG	
	Trondheim	05.06.2019	1 Rev. dato 13.06.2019	454.1	



Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512. Rapportnummer: RIG-RAP-001_rev00		Borhull
Cecilenborg, detaljregulering					10
Innhold			Dybde (m)		
Bruddutvikling i skjærfase, ϵ_a - τ og ϵ_a - u plott - tolkning					18,43
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	IVA	ALM	JSG	CAUa	
	Kontor	Dato utført	Revisjon	RIG-TEG	
	Trondheim	07.06.2019	1	455.4	
			Rev. dato	24.06.2019	

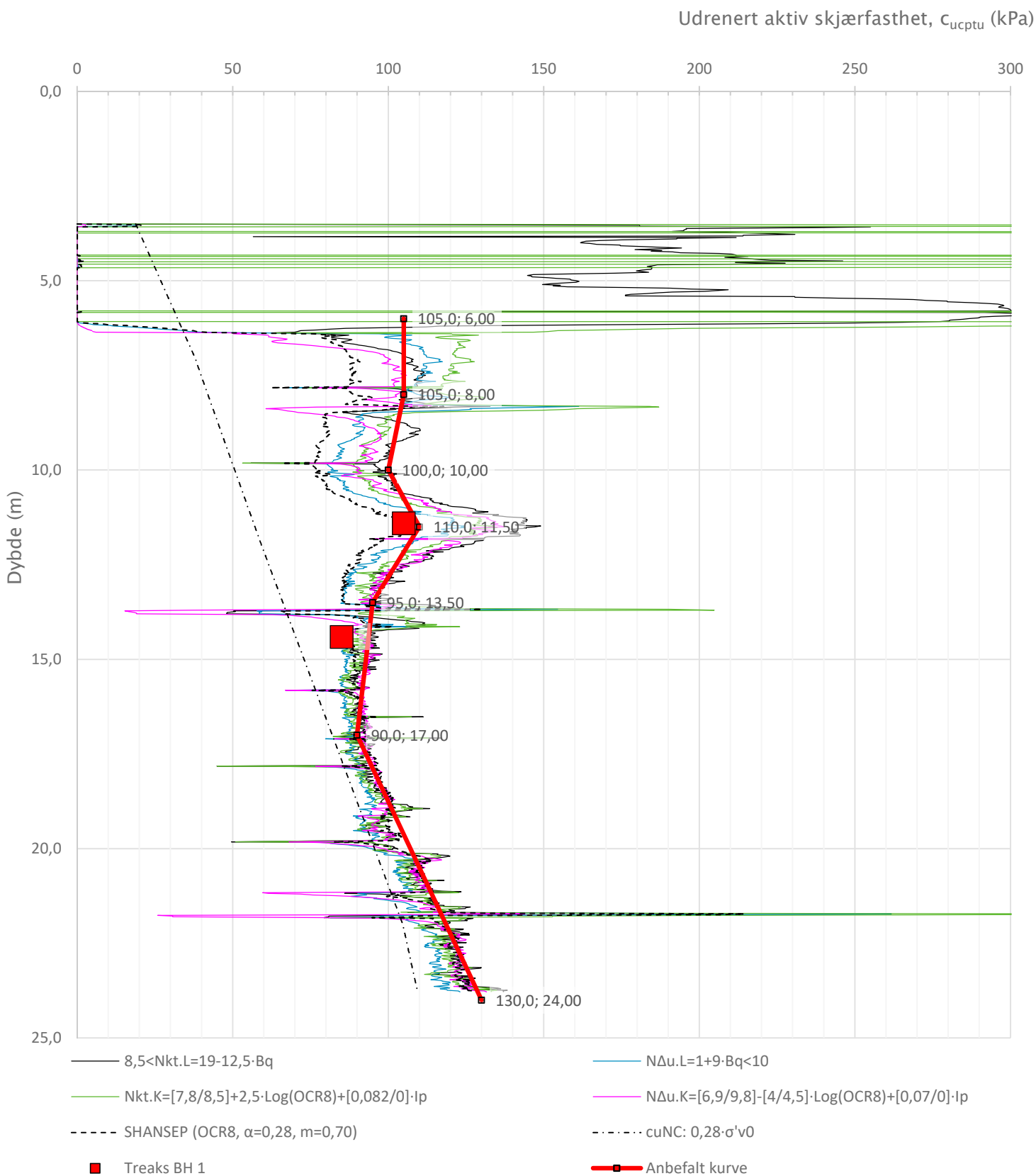


Prosjekt		Prosjektnummer: 10211512 Rapportnummer: 10211512-RIG-RAP-001		Borhull
Cecilienbrog, detaljregulering				1
Innhold		Sondennummer		
Prekonsolideringstrykk, σ'_c		4354		
	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	IVA	ALM	ALM	1
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Multiconsult	29.04.2019	0 Rev. dato 09.07.2019	
				500.5



Prosjekt			Prosjektnummer: 10211512 Rapportnummer: 10211512-RIG-RAP-001	Borhull
Cecilienbrog, detaljregulering				1
Innhold			Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR			4354	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	IVA	ALM	ALM	1
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
Multiconsult		29.04.2019	Rev. dato	
			0	500.6
			09.07.2019	

Anisotropiforhold i figur:
Treaks BH 1: $c_u C / c_{u\text{cptu}} = 1,000$



Prosjekt		Prosjektnummer: 10211512 Rapportnummer: 10211512-RIG-RAP-001		Borhull
Cecilienbrog, detaljregulering				1
Innhold		Sondenummer		4354
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	IVA	ALM	ALM	1
Multiconsult	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Multiconsult	29.04.2019	0	
		Rev. dato	09.07.2019	500.7