

SINTEF Energi

► SINTEF Horizon - områdestabilitetsutredning av Gløshaugens vestskråning ved EFI

Oppdragsnr.: 5175072 Dokumentnr.: 5175072-RIG12 Versjon: 3 Dato: 2021-07-05



Oppdragsgiver:	SINTEF Energi
Oppdragsgivers kontaktperson:	Per-Normann Mikalsen
Rådgiver:	Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder:	Christofer Klevsjø
Fagansvarlig:	Arnfinn Emdal
Saksbehandler:	Egil A. Behrens

► Sammendrag

SINTEF Energi planlegger utvidelse av sitt kontorbygg, EFI-bygget. Prosjektet er gitt navnet SINTEF Horizon og omfatter påbygg av EFI-bygget samt etablering av kjeller under gatearealet utenfor. Bygget ligger lengst vest på Gløshaugen, umiddelbart sør for NTNUs Elektrobygg og ut mot kanten av Høgskoleparkens skråning mot Klæbuvegen og Døvekirken.

Det ble ved en grunnundersøkelse for SINTEF Horizon i 2019 funnet leire med sprøbruddegenskaper (kvikke egenskaper) og Norconsult har som følge av dette i 2020 utført en utvidet grunnundersøkelse samt en områdestabilitetsutredning etter NVEs kvikkleireveileder nr. 7/2014. Denne rapporten tar for seg områdestabilitetsutredningen i forbindelse med dette arbeidet.

Planområdet vurderes å være byggbart geoteknisk sett og områdestabiliteten er funnet å være tilstrekkelig for regulering for planlagt utbygging av prosjektet SINTEF Horizon. Stabilitetsforholdene gir ikke rom for vesentlig økt belastning på skrånningen, med mindre det gjøres stabiliserende tiltak. Dette vil være krevende i det aktuelle området, og prosjektet bør derfor utformes med hovedprinsipp at tiltaket ikke vil medføre en samlet økt belastning på skrånningen. Dette må ivaretas ved detaljprosjektering.

Dette er versjon 3 av rapporten, som inneholder justeringer slik at vurderingene samsvarer med revidert kvikkleireveileder utgitt desember 2020, innarbeidet som preakseptert ytelse til TEK17 fra februar 2021. Justeringer ifbm versjon 3 er skrevet i blått og kursiv.

3	2021-07-05	Rapport oppdatert iht. revidert NVE-veileder.	Egil A. Behrens	Christofer Klevsjø	Christofer Klevsjø
2	2020-08-18	Rapport justert etter innspill fra uavhengig kvalitetssikring	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø
1	2020-06-24	Ferdig rapport.	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Innhold

1	Bakgrunn	4
2	Tiltaket og tilhørende klassifisering og sikkerhetskrav	5
3	Topografi og overordnede grunnforhold	7
3.1	Topografi og grunnforhold	7
3.2	Seismisitet – jordskjelvdimensjonering - utelatelteskriterium	8
4	Lagdelling, representativt stabilitetssnitt og poretrykk	10
4.1	Lagdelling	10
4.2	Representativt stabilitetssnitt	10
4.3	Poretrykk	12
5	Avgrensning av løsne- og utløpsområde for kvikkleireskred	13
6	Faregradsevaluering	15
7	Stabilitetsberegninger	18
7.1	Beregningsprogram og datagrunnlag	18
7.2	Materialparametere	18
7.3	Belastninger – eksisterende og planlagte bygg	19
7.4	Belastninger – anleggssituasjonen	20
7.5	Beregningstilfeller og -resultater	21
8	Sikkerhet mot andre skredtyper / naturpåkjenninger	22
9	Konklusjon	23
10	Sluttord	24
11	Referanser	24

Tegninger	Format	Målestokk	Tegningsnr
Situasjonsplan utførte grunnundersøkelser	A3	1:500	V101
Poretrykksmåleravlesninger BH03, BH08 og BH10	A4		V501-V503
Stabilitetsberegning - Profil A	A3	1:600	V601

Vedlegg	Vedleggsnr
Trykksonderinger – måledata, avledede verdier, tolket udrenert skjærfasthet, OCR. BH01, BH03, BH07, BH08 og BH10	A

1 Bakgrunn

SINTEF Energi har engasjert Norconsult som geoteknisk rådgiver i forprosjektfasen for prosjektet SINTEF Horizon, som er et påbyggingsprosjekt ved SINTEF Energis lokaler på Gløshaugen i Trondheim. Et oversiktskart over områdets beliggenhet er gitt i Figur 1. Grunnundersøkelser i 2019 ved planlagte påbyggingstiltak rundt eksisterende bygg påviste kvikkleire som det er naturlig å se i sammenheng med kvikkleireforekomstene på Gløshaugen for øvrig. Dette medfører behov for en områdestabilitetsutredning i forbindelse med regulering for planlagt påbygging.

Denne rapporten tar for seg områdestabilitetsutredning i forbindelse med SINTEF Horizon. Det er skrånningen mot vest (Høgskoleparken) som er den aktuelle problemstillingen. I forbindelse med utredningen har Norconsult utført supplerende grunnundersøkelser i skrånningen. Resultater fra grunnundersøkelsene er gitt i separat datarapport, dokumentnummer 5175072-RIG13 (Ref. 1).



Figur 1: Oversiktskart over områdets beliggenhet i Trondheim. Kart hentet fra kart.finn.no.

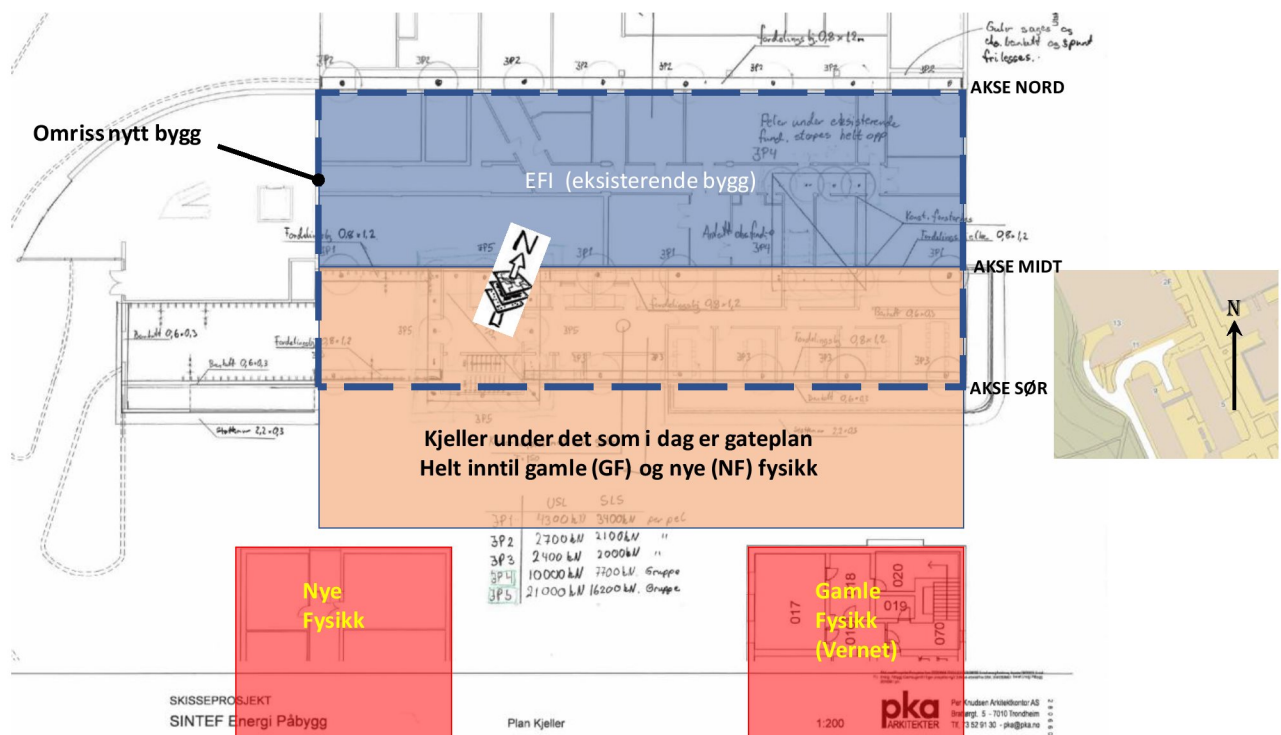
2 Tiltaket og tilhørende klassifisering og sikkerhetskrav

Planlagt tiltak (påbygging og utgraving for kjeller) omfatter påbygging av 3-4 etasjer over eksisterende bygg, med en utvidelse av bygget mot syd i full høyde. Prosjektet omfatter bygging av kjeller under utvidelsen og derfra videre under gatearealet mot syd som avgrenses av eksisterende nabobygg (NTNU Gamle og Nye Fysikk), se Figur 2 og Figur 3.

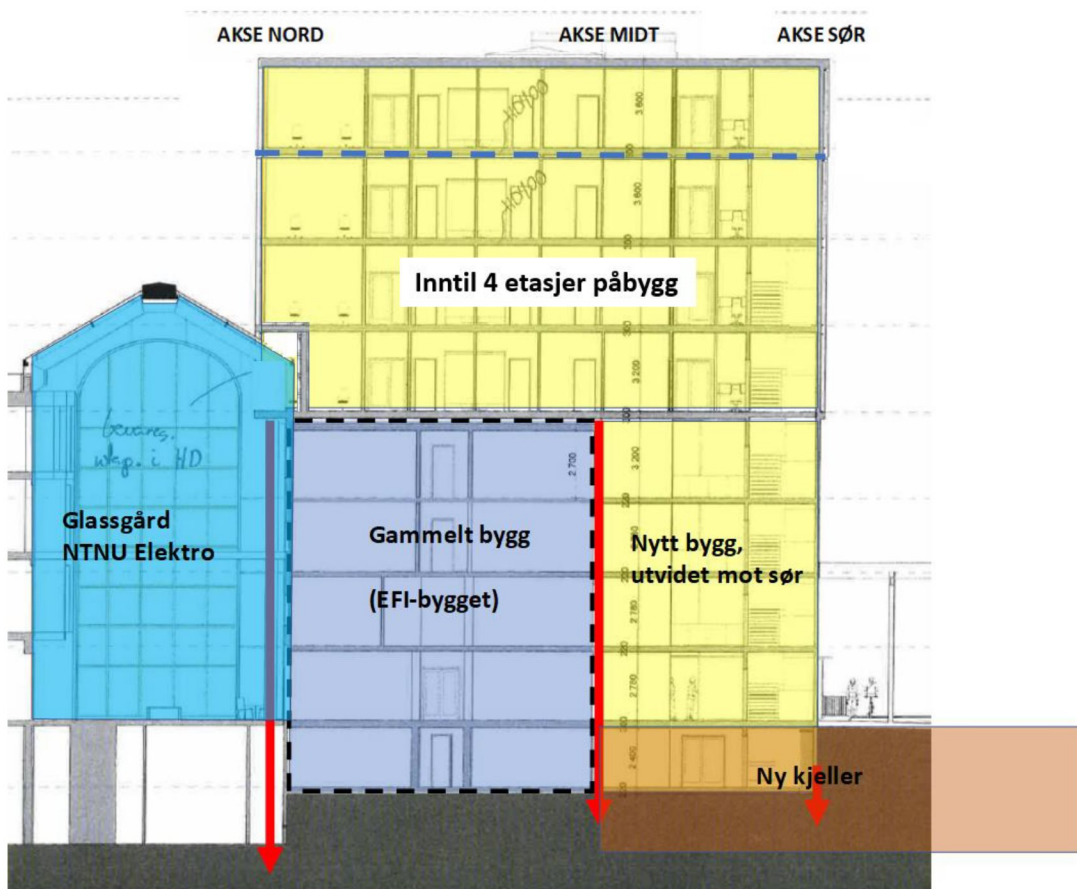
Påbyggingen vil gi flere kontorarbeidsplasser og møterom samt undervisningsareal for NTNU. Følgelig må påbyggingen regnes å gi en persontilflytning tilsvarende mer enn 2 boenheter, og påbyggingen plasseres i tiltakskategori K4 iht. NVEs veileder om Sikkerhet mot kvikkleireskred (Ref. 4 og revidert veileder Ref. 12). Kategorien omfatter typisk skoler, større næringsbygg og kontorbygg.

NVEs veileder anbefaler at områdestabilitetsutredning for tiltak i tiltakskategori K4 kvalitetssikres av uavhengig foretak. SINTEF Energi har engasjert Multiconsult som uavhengig kvalitetssikrer. Norconsult har, i tråd med veilederens anbefaling, hatt dialog med Multiconsult underveis i prosessen vedrørende plan for grunnundersøkelser og også vurdering av grunnlaget for stabilitetsanalysene.

Versjon 2 av denne områdestabilitetsrapporten ble endelig kvalitetssikret av Multiconsult gjennom deres kontrollnotat 10217766-RIG-NOT-001 rev 01, datert 2020-08-21. Versjon 3 inneholder kun endret referanse til oppdatert veileder, samt utdypning om kompensert fundamentering og andre mindre endringer, og er ellers lik versjon 2.



Figur 2 Oversiktskart for eksisterende bygg og planlagt utvidelse av eksisterende bygg med utvidet kjeller mot sør.



Figur 3 Oppriss i prinsipp av eksisterende bygg, nybygg og ny kjeller. *Figur revidert.*

Tiltakskategori K4 medfører at det er krav om å oppnå en sikkerhetsfaktor mot områdestabilitetsbrudd minst lik **1,40 for korttidssituasjon (udrenert)**, og **1,25 for langtidssituasjon (drenert)**, under betingelse av at tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Dersom sikkerhetsfaktoren for eksisterende situasjon er mindre enn 1,4 udrenert, tillates en relativ forbedring av sikkerheten på 0-15 % avhengig av hva sikkerheten er i utgangspunktet, selv dersom sikkerhetsfaktoren etter forbedring skulle være mindre enn 1,4. Forbedring oppnås eksempelvis med motfylling ved bunn av skråning.

For lokalstabilitet i udrenert (korttids) situasjon stiller prosjekteringsstandarden NS-EN 1997-1 (Eurokode 7) krav til minste sikkerhetsfaktor lik 1,4, og for drenert situasjon lik 1,25 (på tangens til friksjonsvinkel).

I praksis vil man i det aktuelle tilfellet måtte oppnå en sikkerhetsfaktor minst 1,4 i udrenert situasjon, totalspenningsanalyse, og **1,25 i drenert situasjon (langtidsstabilitet, effektivspenningsanalyse)**.

3 Topografi og overordnede grunnforhold

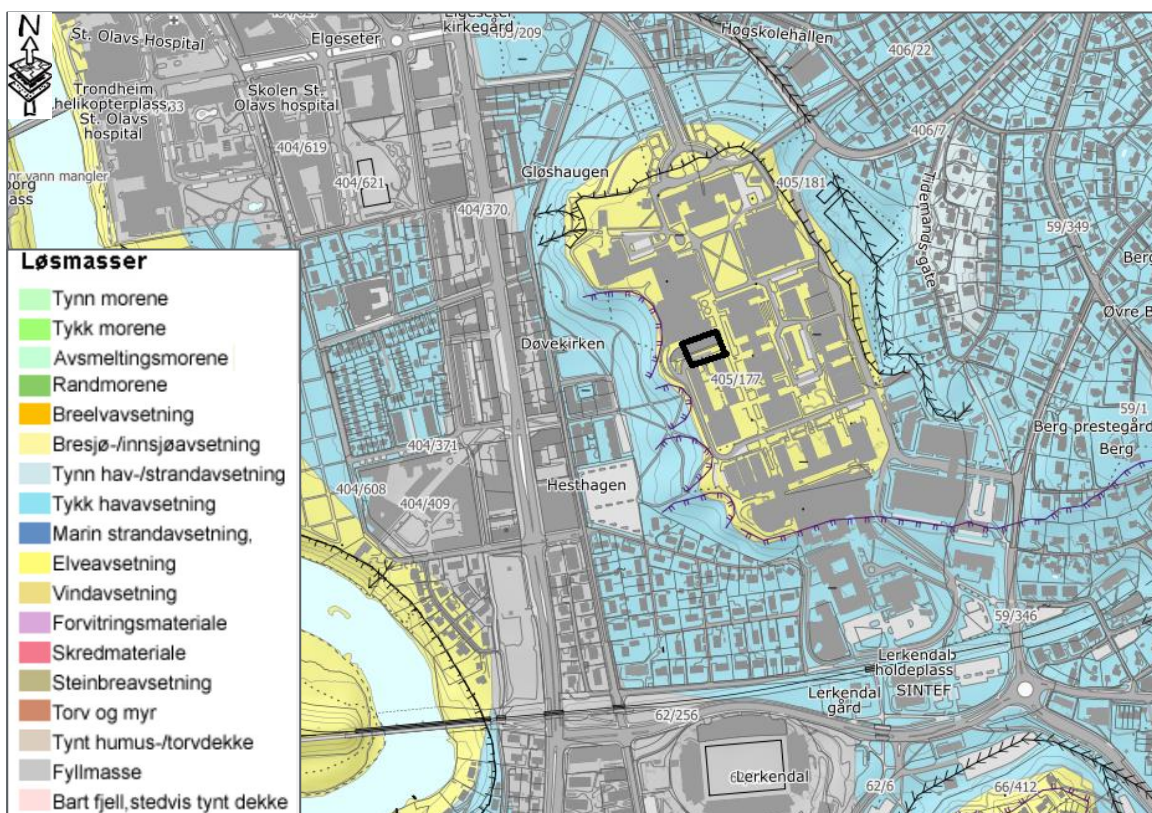
3.1 Topografi og grunnforhold

Planlagt påbygging ligger på Høgskoleplatået Gløshaugen i Trondheim, som er en elveavsetning, bestående hovedsakelig av sand, og ligger under den marine grense i området. Løsmassekart fra NGU (Figur 4) indikerer at det er havavsetninger bestående av leire og silt under elveavsetningene. Tidligere og nylig utførte grunnundersøkelser bekrefter dette.

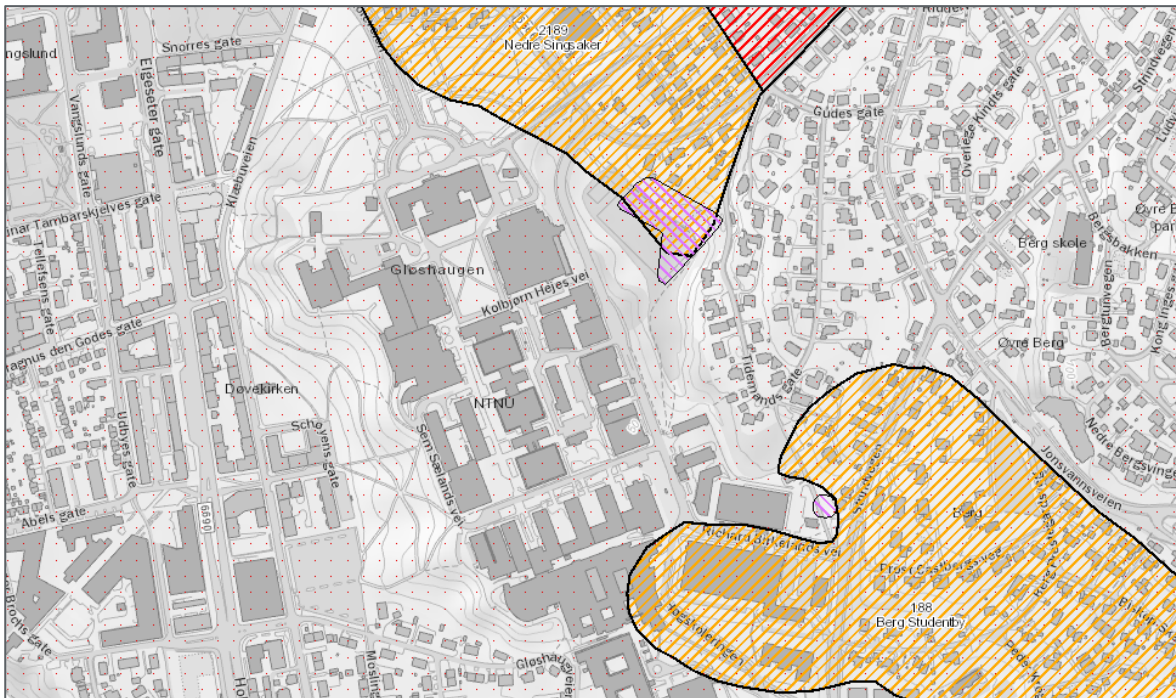
Høgskoleplatået strekker seg i god avstand nord-, øst- og sydovert fra planlagt tiltak, og er tilnærmet flatt. Mot vest er det en nokså jevn skråning ned mot boligområdet ved Klæbuveien. Skråningshøyden er omtrent 25 meter og gjennomsnittlig terrenghelning er omtrent 1:2,8 nedenfor planlagt tiltak. Kotehøyden er omtrent +23 i bunnen av skråningen og omtrent +47 på toppen.

Det er tidligere påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale lenger øst på Gløshaugen, blant annet ved Sentralbygget NTNU og i Høgskoledalen øst for Gløshaugen. Ved SINTEF Energis bygg og i skråningen mot vest (del av Høgskoleparken) er det ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale tidligere. Området er derfor ikke kartlagt som kvikkleirefaresone, selv om skråningshelningen er så stor at kvikkleireskred i utgangspunktet ikke kan utelukkes ut fra topografiske forhold. Registrerte kvikkleirefaresoner er vist i Figur 5.

De nye grunnundersøkelsene, utført av Norconsult i 2019 og 2020, gir grunnlag for vurdering av om dette området er en kvikkleirefaresone, og eventuell avgrensning av denne sonen. Dette følger i de neste kapitler.



Figur 4: Løsmassekart over Gløshaugen og omegn, hentet fra geo.ngu.no/kart/losmasse. Planlagt bygg vist med sort rektangel.



Figur 5: Kart over nærliggende, registrerte kvikkleirefarezoner (atlas.nve.no). Grunnundersøkelser viser at det også er kvikkleire ved Dødens dal, dvs mellom de 2 registrerte sonene «Berg studentby» og «Nedre Singsaker».

3.2 Seismisitet – jordskjelvdimensjonering - utelatelseskriterium

Bygninger og konstruksjoner klassifiseres i seismiske klasser etter prosjekteringsstandarden NS-EN 1998-1 (Ref. 8). Planlagte kontorbygg (middels stor påbygging av kontorbygg) plasseres etter standarden normalt i seismisk klasse 2. Planlagt bygg vil inneholde enkelte rom som tidvis kan bli brukt som undervisningsarealer for NTNU. Dette gjelder rom i kjeller i byggets utvidelse mot syd. Undervisningsbygg plasseres normalt i seismisk klasse 3, men kan i noen tilfeller plasseres i klasse 2. Ettersom den dominerende bruken er som kontorbygg, velges seismisk klasse 2.

Bygninger i seismisk klasse 2 skal dimensjoneres for å motstå seismiske krefter (jordskjelv), med mindre kriterium for utelatelse av dette er oppfylt. Seismisk faktor for seismisk klasse 2 er 1,0. Dersom bygget må dimensjoneres for seismiske krefter, må også skråninger som byggets integritet er avhengig av, dimensjoneres for seismiske krefter. Det vil i praksis si en beregning med påført seismisk akselerasjon i massene og udrenert materialoppførsel i både leire og sandmasser.

Ifølge seismisk sonekart over Norge (gitt i Ref. 8) er den seismiske grunnakselerasjonen ved Trondheim lik $a_{g40Hz} = 0,35 \text{ m/s}^2$ (evt. $0,37 \text{ m/s}^2$ om man ikke runder av etter vanlig praksis). Løsmassene på tomten består av et cirka 20 m tykt lag bestående av silt og sand (drenerende masser) over fast leire (kohesjonsmasser). Utførte grunnundersøkelser viser at det er minst 60 m til fjell. Følgelig er grunnen ved tiltaksområdet av seismiske grunnstype D i henhold til tabell 3.1 i Ref. 8. For seismisk grunnstype D er forsterkningsfaktoren $S = 1,55$.

Dette gir da at $a_g * S = 0,35 \text{ m/s}^2 * 0,8 * 1,0 * 1,55 = 0,43 \text{ m/s}^2 < 0,49 \text{ m/s}^2$. Utelatelseskriterium for

seismisk dimensjonering, basert på grunntype og grunnakselerasjon, er dermed oppfylt. Følgelig er det ikke nødvendig å gjøre stabilitetsberegning av skråning / områdestabilitet i seismisk situasjon med udrenerte sandmasser og seismisk akselerasjon.

4 Lagdeling, representativt stabilitetsnitt og poretrykk

4.1 Lagdeling

Nylig utførte grunnundersøkelser i skråningen, sammenholdt med tidligere utførte grunnundersøkelser i og ovenfor skråningen, gir grunnlag for bestemmelse av løsmassenes lagdeling i området.

Grovt sett består massene i hele området av et tykt lag leire (stedvis siltig leire) under sand- og siltmasser. Det øvre laget kan deles inn i flere tynnere lag med større eller mindre innslag av silt og sand, med stedvis noe leir eller grus.

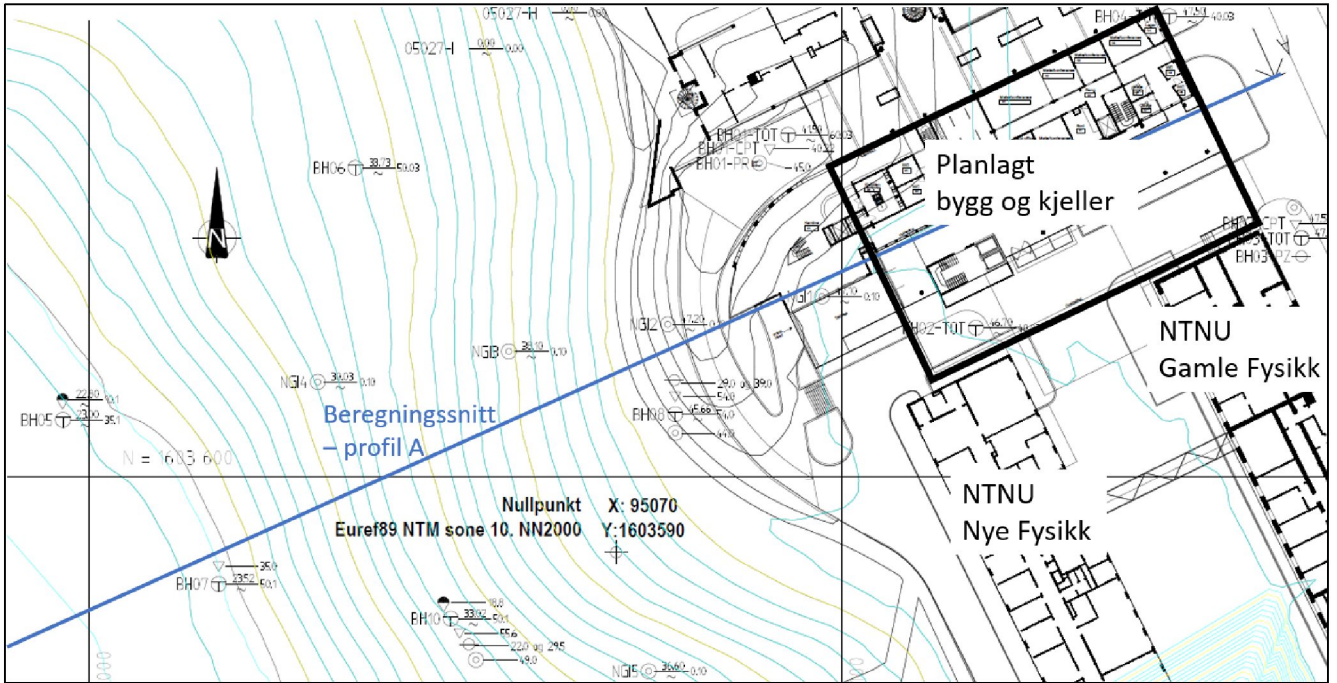
Lagdelingen viser en helning fra Gløshaugplatået og vest-sydvestover ned skråningen i retning mot Klæbuveien. Lagdelingens helning er noe slakere enn terrengoverflaten, det vil si at det øvre laget som er dominert av silt og sand er noe tykkere på Gløshaugplatået enn det er ved bunnen av skråningen. Ved planlagt bygg (på Gløshaugplatået) er dybden ned til det tykke leirlaget opp mot 25 m, mens tilsvarende dybde ved skråningsbunnen er cirka 15 m.

I nord-syd-retning (N-NV mot S-SØ) er grunnforholdene / lagdelingen mer homogen. Det er ingen store forskjeller mellom de sydligste (BH09/BH10) og nordligste (BH06) av våre undersøkelsespunkter i så måte. Sammenligning med grunnundersøkelsesdata fra et tilsvarende snitt ved Hestehagen (datarapport Multiconsult, Ref. 2) bekrefter en jevn lagdeling. Plassering av borepunkter er vist i tegning V101.

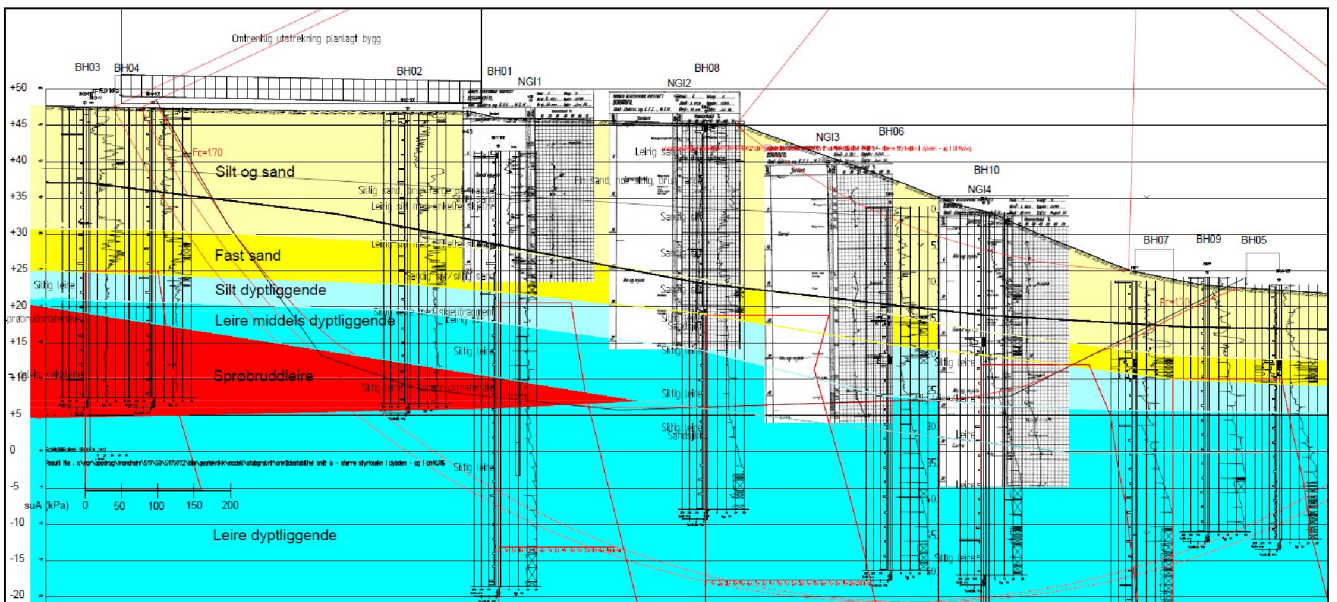
4.2 Representativt stabilitetsnitt

Lagdelingen vurdert sammen med topografien gjør at ett enkelt beregningsnitt anses å være representativt for å vurdere stabiliteten av skråningen i tilknytning til planlagt tiltak (SINTEF Horizon). Dette er et snitt gjennom SINTEF Energis bygg, vinkelrett ned skråningen mot vest-sydvest. Snittet er vist som profil A-A i situasjonsplanen gjengitt i tegning V101. Skråningshelningen er litt brattere i dette beregningsnittet (terrengsnittet) enn den er noen titalls meter mot syd og nord. Dette medfører at beregningen kan vise en stabilitet som er litt mindre enn stabiliteten gjennomsnittlig er i området, altså noe konservativt. Ettersom skråningens høyde er mest avgjørende for stabiliteten, og denne er jevn mot syd og nord, vurderes likevel konservatismen i valgt beregningsnitt å være begrenset. Beregningsnittet med stabilitetsberegning er gitt i tegning V601 (Stabilitetsberegning - Profil A) og snittets beliggenhet er gitt i situasjonsplan, tegning V101. Utsnitt fra disse tegningene er gitt i Figur 6 og Figur 7.

Gløshaugplatået avgrenses i øst av Høgskoledalen, ca. 200 meter øst for SINTEF Horizons tiltaksområde. Høgskoledalen er en gammel ravedal som er gjenfylt til dagens nivå på kote ca. +35. Gløshaugen ligger i øst på ca. kote +47-48. Det er dermed en ca. 13 meter høy skråning fra Høgskoleringen ned mot Høgskoledalen. Det er kvikkleire i dette området, men over kvikkleira ligger det et relativt tykt lag med masser som ikke er kvikkleire eller sprøbruddmateriale. Dette medfører at et eventuelt initialscred mot Høgskoledalen ikke vil nå tiltaksområdet, selv om det kan være sammenhengende kvikkleirelag fra østsiden av Gløshaugen og over mot tiltaksområdet. Multiconsult har i Ref. 11 beskrevet løsnemåteområdet utstrekning for et scenario med skred mot Høgskoledalen, og området avgrenses på den østre delen av Gløshaugplatået til å ligge mer enn 100 m fra SINTEF Horizons tiltaksområde. Det vil dermed ikke påvirke SINTEF Horizon.



Figur 6: Utsnitt av situasjonsplan for utførte grunnundersøkelser (tegning V101), med planlagt utbyggingsområde og beregningssnittets beliggenhet tegnet inn.



Figur 7: Utsnitt av beregningssnitt (profil A), fra tegning V601.

4.3 Poretrykk

Grunnvannstanden på Gløshaugen er undersøkt gjennom prosjekter helt tilbake til 1950-tallet (NGI). I området er det et drenerende lag på ca. kote +35. Fra dette nivå er det funnet å være om lag hydrostatisk grunnvann.

Det er i Norconsults grunnundersøkelser i 2019 og 2020 installert elektriske poretrykksmålere (piezometere) ved kote +31,5 i BH03 ved NTNU Gamle Fysikk, samt ved kote +16,7 og +6,7 i BH08 ved topp skråning og ved kote +10,8 og +3,3 ved BH10 midt i skråningen mot vest. Trykkmålingene fra poretrykksmålerne er vist i tegningene V501-V503.

Avlesning av målerne den 2020-04-28 viser stighøyde omtrent til kote +37 i BH03, til kote +22 og +24 i BH08 og til kote +15 og +20 i BH10. Loggede data viser at trykkmålingene stabiliserte seg i god tid før avlesningen.

Det er den grunnest liggende måleren i BH10 (måler kt +10,8) som indikerer poretrykk med stighøyde til kote +15. Det kan være vanskelig å forstå denne målingen, all den tid nivået i Klæbuvegen og platået vestover mot Tilfredshet kirkegård 500 meter unna ligger på kote ca. +21 og en naturlig skulle forvente en høyere grunnvannstand. Konservativt har vi valgt å ikke stole på den grunneste måleren i BH10 og har lagt til grunn en hydrostatisk grunnvannstand til kote +20 i leirmassene ved BH10. Dette virker sannsynlig ut fra lagdelingen i området.

Måleverdiene fra BH08 indikerer en noe underhydrostatisk poretrykksfordeling i de dyptliggende leirmassene. I de overliggende sand-/siltmassene er det lave poretrykk og lag som drenerer. NGIs undersøkelser fra 1950-tallet (Ref. 3) gir indikasjoner på poretrykket i disse massene og er sammen med de nye målingene lagt til grunn for tolkning av grunnforholdene.

5 Avgrensning av løsne- og utløpsområde for kvikkleireskred

Tegning V601 viser profil, plassering av borehull, tolket lagdeling og kritiske skjærflater, et utsnitt av denne er vist i Figur 7.

Resultater fra laboratorieforsøk på prøver tatt opp i felt, påviser kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybdene 33-34 m og 37-38 m ved borpunkt BH03 (østside av planlagt bygg) samt i dybde 33-34 m ved borpunkt BH01 (vestside av planlagt bygg). BH08 var i undersøkelsen plassert lenger vest, ut på toppen av skråningen, for om mulig å avgrense kvikkleirens utstrekning. Laboratorieundersøkelsene i BH08 ble gjennomført uten at kvikkleire/sprøbruddmateriale ble påvist.

Det ovenstående, sammenholdt med sonderingskurver fra trykksonderinger og totalsonderinger indikerer at laget av kvikkleire/sprøbruddmateriale er tykkere i øst enn i vest og at det kiler ut i null mellom BH01 og BH08.

Tolkningen av dette er vist med rød farge i Figur 7.

Ut fra grunnundersøkelsene avgrenses sprøbruddmaterialet å ligge mellom cirka kote +5 og +20 ved borpunkt BH03. Under planlagt bygg eller lenger vest er det følgelig ingen kvikkleire/sprøbruddmateriale over kote +20. Bunn av skråningen ligger på kote +23 og terrenget faller slakt av (tilnærmet flatt) videre vestover mot Klæbuveien. Sprøbruddmaterialet vil dermed ikke ha utløpsmulighet og progressivt brudd kan utelukkes som bruddmekanisme (siden alt sprøbruddmateriale ligger lavere enn skråningsbunn). Kvikkleire/sprøbruddmateriale lenger øst på Gløshaugen ligger noe høyere, men, på grunn av den store horisontalavstanden, ikke så høyt at disse massene har utløpsmulighet mot vest. Massene ligger lavere enn en 1:15-linje fra skråningsfoten.

Flaskred er heller ikke relevant bruddmekanisme, da sprøbruddmaterialet ligger langt fra overflaten og heller ikke har lagdeling som følger overflaten i skråningen.

Rotasjonsskred er den aktuelle bruddmekanismen for sprøbruddmaterialet. Jfr. oversikt over løsneområdelengde for tidligere rotasjonsskred, oppsummert i NIFS rapport 21/2013 (Ref. 10) og 14/2016 (Ref. 9), kan løsneområdets lengde for et rotasjonsskred settes lik 5 ganger skråningshøyden som et konservativt anslag. *Disse anvisningene er nå innarbeidet i NVEs reviderte kvikkleireveileder (Ref. 12).* Skråningshøyden er omtrent 25 meter og følgelig vil løsneområdet være cirka 125 m langt bakover fra skråningsfoten, det vil si under mesteparten av planlagt påbygging. Utløpsdistansen vil være omtrent halvparten av løsneområdet, det vil si cirka 65 m, dette samsvarer med anvisninger i Ref. 9 og Ref. 12.

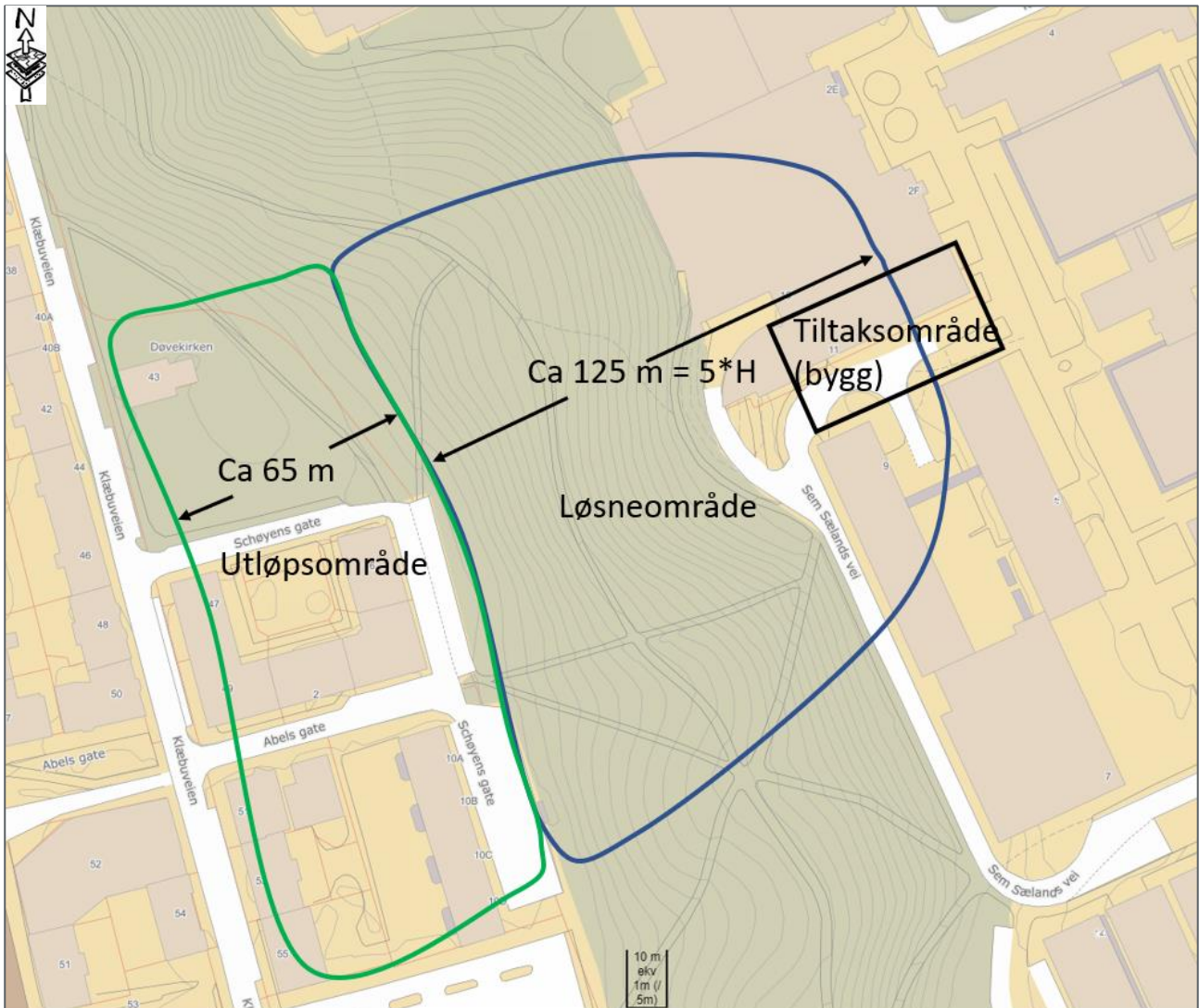
En volumvurdering ut fra kritisk glideflate (se senere stabilitetskapittel) bekrefter at 125 m løsneområde og 60-70 m utløpsområde er realistisk. Dette gir en indikasjon på avgrensning av løsne- og utløpsområde som vist i Figur 8.

Bredden av løsne- og utløpsområdene vil for rotasjonsskred være tilnærmet like i det aktuelle området, ettersom topografien gir en tilnærmet 2-dimensjonal stabilitetssituasjon. Bredden er vanskelig å fastslå nøyaktig. I veiledningen til Byggeteknisk forskrift (TEK17) §7-3 (2) står det følgende om hvilket område som må utredes: «Utredning av områdestabilitet (soneutredning) innebærer å vurdere alle skråninger hvor et skred kan utløses og forplante seg inn i tiltaksområdet, samt områder hvor skredmasser ovenfra kan ramme tiltaksområdet.» Det vil si at det i forbindelse med denne utredningen for planlagt bygg / tiltaksområde skal avgrenses det løsne- og utløpsområdet som vil kunne påvirke tiltaksområdet.

I denne utredningen for planlagt utbygging SINTEF Horizon vil aktuelt løsne- og utløpsområde være omtrent som vist i Figur 8. Løsne- og utløpsområdet er tegnet omtrent 50 m nordover og sydover fra tiltaksområdet, da vi vurderer at et eventuelt skred mindre enn 50 m unna vil kunne gi en ustabil raskant som deretter kan

rase/slakes ut mot tiltaksområdet. 50 m er vurdert på bakgrunn av at skråningshøyden er omtrent 25 m og at en skråning med helning 1:2 (= 25:50) vil være stabil med tilstrekkelig sikkerhet i de stedlige massene.

Avgrensningen mot nord og syd betyr ikke at områdene mot nord og syd uten videre er klarert med tanke på kvikkleireskredfare, men eventuelle skred i disse områdene vil ikke ha påvirkning på planlagt utbygging SINTEF Horizon.



Figur 8: Avgrensning av løsne- og utløpsområde for skred etter Ref. 9 (NIFS) og revidert NVE-veileder, samt utført stabilitetsberegning.

6 Faregradsevaluering

Bestemmelse av faregrad for kvikkleireskred i det aktuelle området bestemmes ut fra vektallsskjema som vist i NVEs veileder ([Ref. 12](#)).

Det har tidligere (i et historisk perspektiv) vært noe skredaktivitet i området. Skråningen er markert som en raskant i NGUs løsmassekart. Skråningshøyden er cirka 25 meter. Overkonsolideringsgraden (OCR) er like over 1,0 ved topp skråning og over 2-3 i leirmassene ved bunn skråning, ut fra grunnundersøkelseresultatene og løsmassenes avsetningshistorikk. Poretrykket er målt i 3 posisjoner på området og funnet å være lave og omtrent hydrostatisk. Sonderingene og laboratorieforskene viser at kvikkleiremekktigheten ved aktuell glideflate er mindre enn en fjerdedel av skråningshøyden. Sensitiviteten er opp mot 100 i sprøbruddmaterialet, men stort sett lavere enn 20 i leirmassene som helhet. Det er ingen erosjon i området. Planlagt tiltak vil ha minimal påvirkning på områdestabiliteten, da utbyggingen planlegges omtrentlig vekt kompensert. Totalt sett medfører dette at faregraden er lav.

Konsekvensklassen vurderes ut fra hva som rammes av et eventuelt kvikkleireskred. Nærings-/undervisningsbyggene ved tiltaksområdet kan rammes, og det samme kan de nærmeste boligblokkene på nedsiden av skråningen (øst for Klæbuveien). Ingen trafikkert vei eller jernbane vil bli berørt. Med dette har man konsekvensklasse alvorlig.

Kombinasjonen av lav faregrad og konsekvensklasse alvorlig gir risikoklasse 3 (Figur 11 og Figur 12).

Klassifiseringen er vist skjematisk i Figur 12 ut fra vektallsskjemaer i Figur 9 og Figur 10.

Tabell for evaluering av faregrad, fra ref. /2/. 0-17 poeng gir lav faregrad, 18-25 poeng gir middels og 26-51 poeng høy faregrad.					
Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk. Overtrykk, kPa:	3	> +30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa:	-3	> -50	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremekktighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Figur 9: Vekttingsskjema for faregrad. Fra NVEs Veileder 7/2014. *Vektingen er uendret i ny veileder.*

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ADT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Figur 10: Vektingsskjema for konsekvensklasse.

• Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra	0 til	170
• Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra	171 til	630
• Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra	631 til	1 900
• Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra	1 901 til	3 200
• Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra	3 201 til	10 000

Figur 11: Inndeling i risikoklasser, iht. NGI-rapport 20001008-2 Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Inndelingen er videreført uten endring i Ref. 12 via Ref. 13.

FAREGRAD ETTER NVE VEILEDER 7/2014					
PROSJEKT:	Sintef Horizon				
OPPDRAK:	5175072				
Utført av:	Egil A. Behrens				
FAREGRAD					
FAKTORER	VEKTALL	Faregrad, score 0-3 (lav-høy)		KONTROLLFELT	
		Score	Poeng	Maxscore	Maxpoeng
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	3	3
Skråningshøyde i meter	2	2	4	3	6
OCR	2	1	2	3	6
Poretrykk - overtrykk	3	0	0	3	9
Poretrykk - undertrykk	-3	0	0		0
Kvikkleiremektighet	2	1	2	3	6
Sensitivitet	1	2	2	3	3
Erosjon	3	0	0	3	9
Inngrep forverring	3	1	3	3	9
Inngrep forbedring	-3	0	0		0
Sum			15		51
%av maksimal poengsum			29,4 %		100,0 %
Faregrad LAV					
KONSEKVENSKLASSE					
FAKTORER	VEKTALL	Konsekvens, score 0-3 (lav-høy)		KONTROLLFELT	
		Score	Poeng	Maxscore	Maxpoeng
Boligheter	4	2	8	3	12
Næringsbygg, personer	3	3	9	3	9
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	3	3
Vei, ÅDT	2	0	0	3	6
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	3	6
Kraftnett	1	0	0	3	3
Oppdemning/flom	2	0	0	3	6
Sum			17		45
%av maksimal poengsum			37,8 %		100,0 %
Konsekvensklasse alvorlig					
RISIKOKLASSE					
Risiko 1111,111					
Risikoklasse 3					

Figur 12: Faregradsklassifisering og konsekvens-/risikoklasse.

7 Stabilitetsberegninger

7.1 Beregningsprogram og datagrunnlag

Stabilitetsberegninger i kritisk beregningsnitt er utført ved hjelp av beregningsprogrammet GeoSuite Stability, versjon 16.1.1.0 (2018). Det er lagt inn geometri, lagdeling og styrke iht. grunnundersøkellesdataene. Styrken er tolket ut fra trykksonderingsresultater sammenholdt med laboratorieresultater og erfaringsverdier.

7.2 Materialparametere

Stabiliteten er beregnet både med drenert og udrenert styrke i leire-/siltmassene, det vil si for henholdsvis langtid og korttid belastningssituasjon. For kvikkleire/sprøbruddmateriale er aktiv udrenert skjærstyrke redusert med 15 % iht. NVEs veileder 7/2014 der styrken er bestemt fra trykksondering tolket vha. korrelasjoner mot blokkprøver. *Etter revidert veileder er denne reduksjonen ikke nødvendig, og beregningen er dermed noe på forsiktig side ift. ny veileder. Fjerning av reduksjonen vil imidlertid ikke har stor innvirkning, da kvikkleirelaget utgjør en liten del av kritisk bruddflate.* For øvrig er det benyttet anisotropifaktorer iht. NIFS-rapport (Ref. 6) for lavplastisk leire, det vil si aktiv 1,0, direkte 0,63 og passiv 0,35. Laboratorieforskene har vist at leiren i de fleste dybder og posisjoner er lavplastisk, med plastisitetsindeks omtrent 10 %, mens den stedvis er opp mot omtrent 15 %.

Tolkningen av udrenert skjærstyrke ut fra trykksonderinger er kalibrert mot utførte styrkeforsøk i laboratorium, samt ved hjelp av erfaringsbaserte sammenhenger mellom vanninnhold og prekonsolidering (tidligere belastning). Det er lagt mest vekt på Shansep-tolkning. Tolkningen er vist i vedlegg A.

Enkelte av de utførte laboratorieundersøkelsene viser tydelige tegn på at prøvematerialet er forstyrret fra in situ – situasjon. Treaksialforsøk ved BH10 dybde 31,5 m (kote +1,5) viser mye utpresset porevann under konsolidering. Vi har derfor ikke lagt vesentlig vekt på resultatene fra dette forsøket. Treaksialforsøk ved BH01 dybde 28,3 m (kote +13,2) ble konsolidert med spenninger noe høyt i forhold til sannsynlig og målt prekonsolidering (OCR), og viser derfor en høyere styrke enn det som er realistisk. Ved tilpasning av resultatet med riktigere konsolidering, kan vi estimere en mer reell styrke. Denne samsvarer godt med tolket styrke fra trykksonderingen.

Ødometerforsøk (stivhetsforsøk) på prøver fra BH01 tilsier en forsiktig prekonsolidering, mens prekonsolideringen på prøver fra BH10 viser en betydelig prekonsolidering. Prekonsolidering fra stivhetsforsøkene stemmer bra med den prekonsolidering som man kan estimere ut fra en antagelse at området vest for Gløshaugen i tidligere tider har vært på omtrent samme nivå som dette området av Gløshaugen er i dag (ca. kt +46 - +47). Prekonsolideringen som fremkommer fra laboratorieforskene, tilsier at mye av den tidligere overlagingen må ha vært drenert (lav grunnvannstand i drenerende topplag også den gangen). Den store tykkelsen av de drenerende massene på selve Gløshaugen sannsynliggjør dette.

For de drenerende massene (sand, grov silt og grus) over de dyptliggende leire-/siltmassene, er det benyttet erfaringsbaserte styrkeverdier iht. Statens vegvesens håndbok V220, kap. 2.9.5 (Ref. 7). Det samme gjelder for de dyptliggende leire-/siltmassene i langtidssituasjonen, som også er basert på utførte treaksialforsøk. Benyttede verdier er som følger (Tabell 1):

Tabell 1: Drenerte styrkeverdier.

Løsmasselag	Tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Attraksjon (kohesjon)
Silt og sand (øverst)	18 kN/m ³	32 grader	5 (3,1) kPa
Fast sand	19 kN/m ³	36 grader	5 (3,6) kPa

Silt dyptliggende	19 kN/m ³	31 grader	10 (6,0) kPa
Leire dyptliggende	19 kN/m ³	28 grader	10 (5,3) kPa

I nivå dypere enn utførte trykksonderinger (CPTU), er udrenert skjærstyrke vurdert ut fra erfaringsmessig styrkeøkning med dybden. Det er benyttet en styrkeøkning med dybden på 2,5 kPa/m for aktiv udrenert skjærfasthet, beregnet ut fra at massene har en effektiv tyngdetetthet cirka 9 kN/m³ og at minste erfaringsmessige aktive styrke er 0,25-0,30 ganger vertikalt overlagingstrykk.

7.3 Belastninger – eksisterende og planlagte bygg

Rundt og på tiltaksområdet er det mange eksisterende bygninger. De fleste av bygningene har 1 eller 2 utgravde kjelleretasjer og 3-5 etasjer over bakken.

En oversikt over byggenes plassering og lastsituasjon er gitt i Figur 13.

Nord for planlagt bygg er NTNU Elektro, som har kontinuerlig kjeller, mens omtrent halvparten av arealet over bakken er åpent areal (glassgård). Totalt sett er dette bygningskomplekset vesentlig lettere enn massene som ble utgravd for å etablere det (lastoverkompensert).

Syd for planlagt bygg er NTNU Gamle og Nye Fysikk. Gamle fysikk er fundamentert med begrenset utgravning og gir en tilleggslast i forhold til omkringliggende terreng. Nye Fysikk har full kjeller og har en vekt omtrent som vekten av massene som ble gravd ut for kjelleren.

Planlagt utbygging vil være lastkompensert totalt sett. Påbyggingen over nåværende EFI-bygg vil gi en lastøkning, mens planlagt kjeller mot syd under deler av nybygget samt under gatearealet mot fysikk vil gi en avlastning. *Byggetekniker (RIB) har beregnet total bygningslast i bruddgrense, eksklusiv snølast, til 84 000 kN. Dette inkluderer vekt av fundament/gulvdekke, og 4 etasjer over eksisterende bygg (tidligere 3 etasjer). Utgravningen for etablering av kjelleren vil utgjøre et flateareal på omtrent 750 kvm og dybde 6 m, som gir et utgravningsvolum på 4500 m³ og en tilhørende vekt omtrent 85 000 kN (tyngdetetthet snaut 19 kN/m³). Det kan diskuteres om det skal benyttes bruddgrenselast (byggningsvekt med sikkerhetsfaktor cirka 1,35) ved sammenligning mot utgravd vekt, eller om forsiktig (høyt) anslått karakteristisk bygningsvekt er tilstrekkelig. Uansett vil dette aktuelle prosjektet tilfredsstillende kravene til kompensering gitt i NVEs veileder. I realiteten vil vekten av bygget være lavere enn bruddgrenselasten, og følgelig utgjør tiltaket en liten stabilitetsforbedring. Det må holdes kontroll på vektbalansen ifbm detaljprosjekteringen, og dersom det blir behov for å redusere utgravnings-/fundamenteringsdybden, vil det kunne bli behov for å bruke lette masser i tilbakefyllingen mot kjellerkonstruksjonen for å opprettholde tilstrekkelig avlastning. Dette anses uansett løsbart.*

Den eksisterende utgravingen for nedkjøringen til kjelleren under **NTNU Elektro** representerer en avlastning som ikke er medtatt i stabilitetsanalysene.

Nedenfor skråningen, mot Klæbuveien, er det boligblokkbebyggelse. Disse murbygningene har en normal kjelleretasje (cirka 2 m nedgravd) og er bygget med 4 etasjer over terreng. Følgelig er disse tilnærmet kompensert fundamentert, og trenger dermed ikke å hensyntas i stabilitetsberegningene.

I områdestabilitetssammenheng mener vi at lasten fra de over- og underkompenserte byggene, både eksisterende og planlagte, vil nulle hverandre ut i forhold til terrengnivået. Vi mener videre at man kan regne på gjennomsnittlig last lik null (fra terrengnivå) i kritisk beregningssnitt, da byggenes utstrekning vinkelrett på beregningssnittet er lite sammenlignet med kritiske skjærflaters utstrekning. Det vil si at last fra tunge bygg og avlastningen fra naboliggende lette bygg vil spre seg slik at de påvirker det samme løsmassevolumet som stabilitetsberegnes. Dette gjelder både for eksisterende situasjon og for planlagt utbygging.

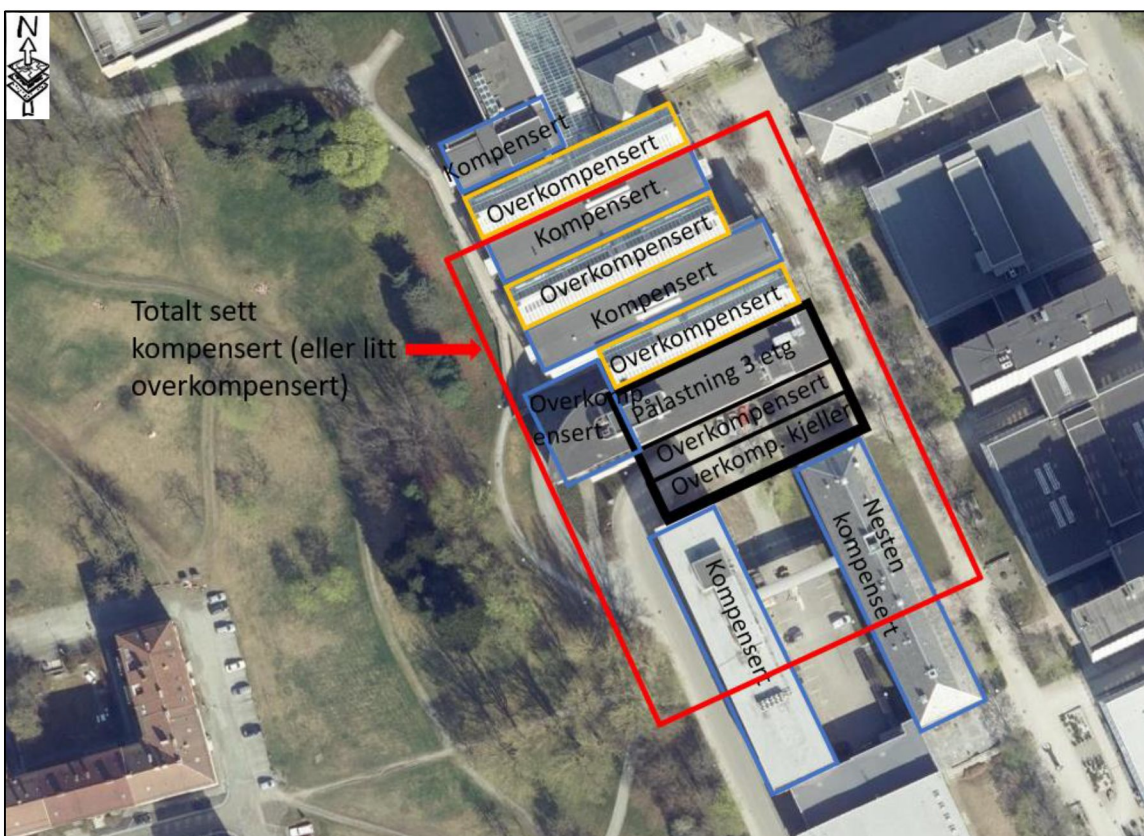
7.4 Belastninger – anleggssituasjonen

Planlagt utbygging (SINTEF Horizon) vil medføre utgravning for kjeller, samt fundamentering av nye etasjer og oppstøtting av nabobygg antakelig ved hjelp av jetpeler (høytrykksinjisert betong) slik planene foreligger.

På området (tiltaksområdet og nærliggende arealer) vil det være mye annen aktivitet og begrenset plass til riggområde. Bruk av arealer til lagring av tunge masser (utgravde løsmasser eller konstruksjonsdeler) vil derfor måtte ha et begrenset omfang og dermed ikke ha nevneverdig innvirkning på områdestabiliteten i anleggssituasjonen.

Injisering av jetpeler gjøres på en måte som gir lite massefortrengning og dermed liten poretrykksoppbygning. Injeksjonsarbeidene vil strekke seg over lang tid og det vil derfor ikke være vesentlige destabiliserende poreovertrykk annet enn lokalt rundt de til enhver tid nyligst injiserte jetpelene.

Følgelig vurderer vi at planlagte arbeider ikke vil gi forverret områdestabilitet i anleggsfasen.



Figur 13: Oversikt over belastning fra bebyggelsen ved tiltaksområdet. Planlagt bebyggelse i sort.

7.5 Beregningstilfeller og -resultater

Det er regnet på eksisterende situasjon, med terreng slik det er i dag (kote +47,5 ved toppen av beregningssnittet). ~~For å studere hvor stor lastøkning som kan gjøres før stabiliteten faller under minstekravet, har vi gjort beregning med tilleggslast på terrenget ved topp skråning. Tilleggslasten er justert til minstekravet er oppnådd. Margin for tilleggslast gir mulighet for justeringer i prosjektets lastbilde, mellomlagring av masser i anleggsfase, eller lignende.~~

Beregnet sikkerhetsfaktor mot stabilitetsbrudd for mest kritiske bruddflater er som vist i Tabell 2. Tegning V601 viser de beregnede bruddflatene.

Tabell 2: Oversikt over beregnede sikkerhetsfaktorer for skråningsstabiliteten.

	Udrenert beregning (korttid)	Drenert beregning (langtid)	Minstekrav
Eksisterende situasjon, <i>anleggssituasjon</i> og planlagt situasjon (lastkompensert)	1,43	1,93	1,40 og ikke-forverring (udrenert) 1,25 drenert
Lastøkning 15 kPa i byggets bredde bak topp skråning	1,40	1,93 (upåvirket av økt last ved planlagt bygg)	1,4

Av de utførte beregninger ser vi at stabiliteten av eksisterende og planlagt situasjon er like over minstekravet (sikkerhetsfaktor 1,40). *Det tillates heller ikke forverring av stabiliteten, ettersom beregnet stabilitet på 1,43 er mindre enn grenseverdien på $1,40 \cdot 1,15 = 1,61$ som etter NVEs nyeste veileder må dokumenteres for å tillate forverring. Følgelig kan det ikke tillates vesentlig tilleggslast i anleggsfasen eller i permanent situasjon. Stabilitetsberegningene viser at det kan tillates pålasting med gjennomsnittlig verdi inntil 15 kPa (15 kN/m²) på hele byggets område (og syd og nord for bygget).*

Beregning med en ikke-sirkulærsylindrisk skjærflate gjennom kvikkleirelaget gir bedre beregnet stabilitet (sikkerhetsfaktor 1,7), som tegning V601 viser. Kritisk bruddflate er dermed den sirkulærsylindriske.

8 Sikkerhet mot andre skredtyper / naturpåkjenninger

I henhold til Byggteknisk forskrift (TEK17) §7 om Sikkerhet mot naturpåkjenninger, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og ras.

Kotehøyden på tomten er cirka +47 - +48 og tomten/bygget vil derfor ikke være utsatt for stormflo. Det vil heller ikke det lavereliggende området mot vest (Klæbuveien) på kote cirka +21 - +24.

Topografien i området, med det flate Gløshaugplatået som ligger høyere enn omkringliggende terreng, der de høyestliggende løsmassene har god dreneringsevne og lav målte poretrykk, tilsier at tomten ikke vil være utsatt for flom. Risikoen for bygningskadelig flom forårsaket av nedbør er neglisjerbar.

Steinsprang og snøskred kan også utelukkes ved tiltaksområdet.

Ut fra dette, samt områdestabilitetsvurderingene beskrevet i foregående kapitler, mener vi at sikkerheten mot naturpåkjenninger er tilfredsstillende for planlagt utbygging.

9 Konklusjon

Områdestabiliteten er funnet å være tilstrekkelig for planlagt utbygging av prosjektet SINTEF Horizon. Stabilitetsforholdene tillater *som utgangspunkt ikke* lastøkning på tomten.

Stabilitetsberegningene er basert på utførte grunnundersøkelser i felt og i laboratorium. Ytterligere, mer omfattende og komplisert prøvetakning kan gi bedre forsøksresultat som i sin tur eventuelt kan dokumentere at stabilitets situasjonen er bedre enn beregnet. *Nøyaktigere beregninger som tar hensyn til tøyningssavhengig styrke i leirmassene kan også tilsi at vurderingene er på forsiktig side. Vi anser imidlertid at konservatismen neppe er så stor at stabilitetsforverring kan tillates.*

Planområdet vurderes å være byggbart geoteknisk sett. Stabiliteten må ivaretas ved detaljprosjektering av bygg på tomten.

Ettersom det er påtruffet kvikkleire / sprøbruddmateriale, og planlagt tiltak er i tiltakskategori K4 iht. Ref. 12, skal det avgrenses en kvikkleirefaresone for å avgrense området for kvikkleire / sprøbruddmateriale som kan ramme planlagt bygg. Avgrensning er vurdert og vist i Figur 8. Faresonen har faregrad lav, konsekvensklasse alvorlig og sonen havner i risikoklasse 3. Klassifiseringen som faresone betyr imidlertid ikke at det er stor risiko for skred, da stabilitetsberegningene viser at stabiliteten tilfredsstillende minimumskravet iht. NVEs kvikkleireveileder; sikkerhetsfaktor 1,40.

10 Sluttord

~~Veilederen for områdestabilitetsutredning, NVEs veileder nr. 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred (Ref. 4), er under revisjon (pr. juni 2020). Ny utgave er planlagt utgitt i løpet av 2020 (opprinnelig 2019). I høringsutkastet til ny utgave foreslås endringer som delvis kan gi mildere krav til stabiliteten av eksisterende skrånning og delvis strengere. På nåværende tidspunkt er det vanskelig å si om tiltaket blir vurdert mildere eller strengere dersom det må gjøres en supplerende utredning iht. ny utgave av veilederen. I høringsutkastet foreslås kravet til sikkerhetsfaktor skjerpet til cirka 1,6 for situasjoner der tiltak øker belastningen på en skrånning, slik SINTEF Horizon vil gjøre dersom avlastningen (utgravd vekt) er mindre enn tilført vekt. Dette kan medføre at en slik lastøkning må unngås.~~

Revidert veileder er nå utgitt, og vurderingene er i samsvar med denne.

11 Referanser

Ref. 1: SINTEF Energi Gløshaugen – geoteknisk datarapport – grunnundersøkelser i skrånning mot vest, dokumentnr 5175072-RIG13, utarbeidet av Norconsult, datert 2020-06-10.

Ref. 2: NTNU, vurdering av byggbarhet - Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser, dokumentnr 10215021-RIG-RAP-001, utarbeidet av Multiconsult, datert 2020-02-19.

Ref. 3: NGI Rapport O.268 Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for skrånningen på vestsiden av Gløshaugplatået i Trondheim, 12. januar 1956

Ref. 4: NVE veileder nr 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred, tilgjengelig fra http://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_07.pdf

Ref. 5: Høringsutkast til revidert NVE veileder (nr 3/2019) Sikkerhet mot kvikkleireskred

Ref. 6: Naturfareprosjektet (NIFS) Dp. 6 Kvikkleire: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer, rapport 14/2014, tilgjengelig fra http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_14.pdf

Ref. 7: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», 2018

Ref. 8: NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.

Ref. 9: Naturfareprosjektet (NIFS:) Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred. Rapport 14/2016.

Ref. 10: Naturfareprosjektet (NIFS): Delprosjekt 6 Kvikkleire: Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge. Rapport 21/2013.

Ref. 11: Geoteknisk vurdering av områdestabilitet - Dødens dal, dokumentkode 10200155-RIG-NOT-006, utarbeidet av Multiconsult, datert 24.09.2018

Ref. 12: NVE veileder nr 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred (desember 2020), tilgjengelig fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf

Ref. 13: NVE ekstern rapport nr 9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred (desember 2020), tilgjengelig fra https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2020/eksternrapport2020_09.pdf

TEGNFORKLARING

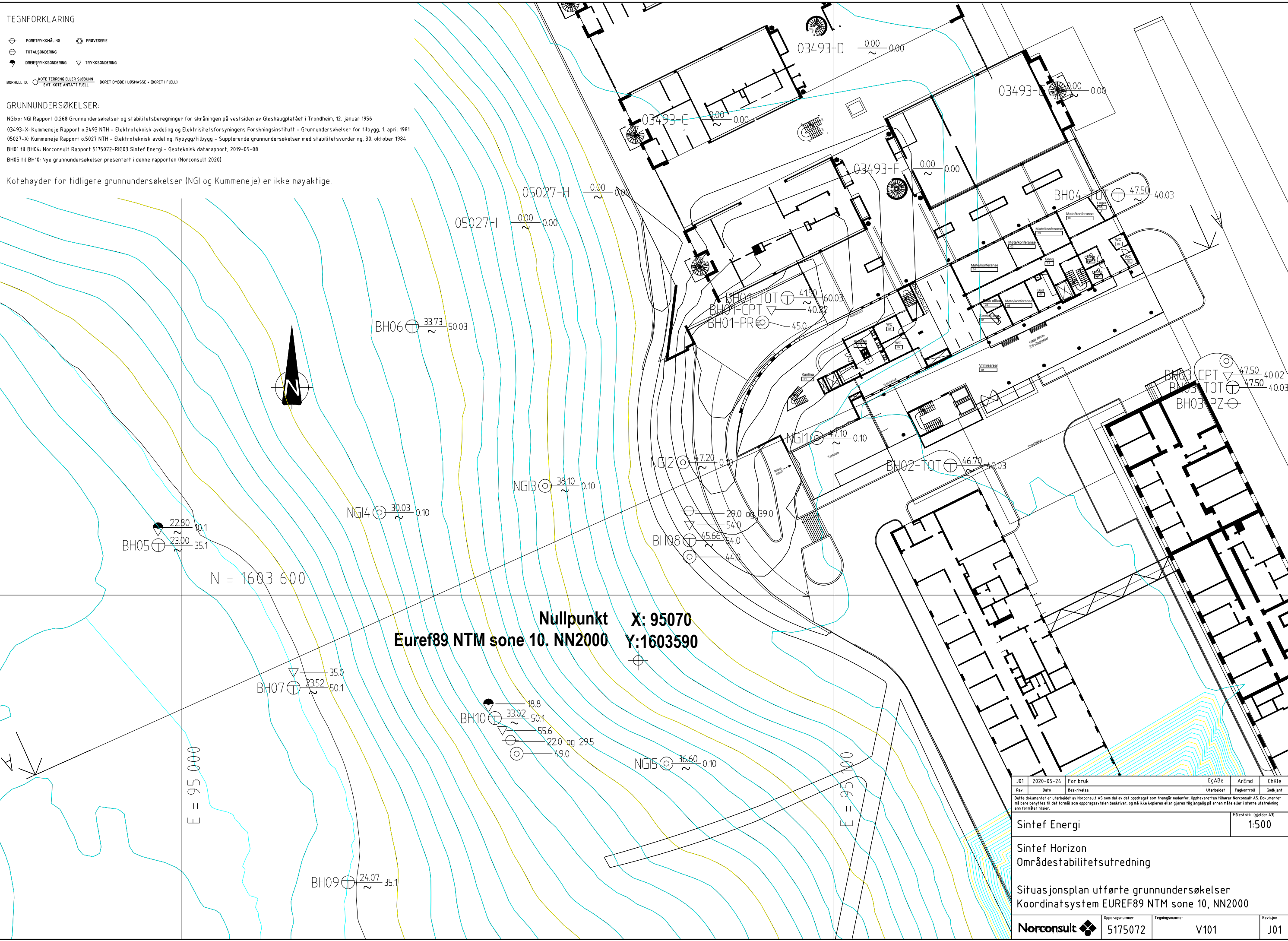
- ⊕ PORETRYKHMÅLING ⊙ PRØVESERIE
- ⊖ TOTALFØNDERING
- ⊖ DREIETRUKKSONDERING ▽ TRYKKSØNDERING

BORHULL ID: ○ KOTE TERRENG ELLER SÅBUNN ○ BORET DYBDE I LØSHASSE + (BORET I FJELL)
 EVT. KOTE ANTATT FJELL

GRUNNUNDERSØKELSER:

NG1xx: NGI Rapport 0.268 Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for skrånningen på vestsiden av Gløshaugplatået i Trondheim, 12. januar 1956
 03493-X: Kummeneje Rapport o.3493 NTH - Elektroteknisk avdeling og Elektrisitetsforsynings Forskningsinstitutt - Grunnundersøkelser for tilbygg, 1. april 1981
 05027-X: Kummeneje Rapport o.5027 NTH - Elektroteknisk avdeling, Nybygg/tilbygg - Supplerende grunnundersøkelser med stabilitetsvurdering, 30. oktober 1984
 BH01 til BH04: Norconsult Rapport 5175072-RIG03 Sintef Energi - Geoteknisk datarapport, 2019-05-08
 BH05 til BH10: Nye grunnundersøkelser presentert i denne rapporten (Norconsult 2020)

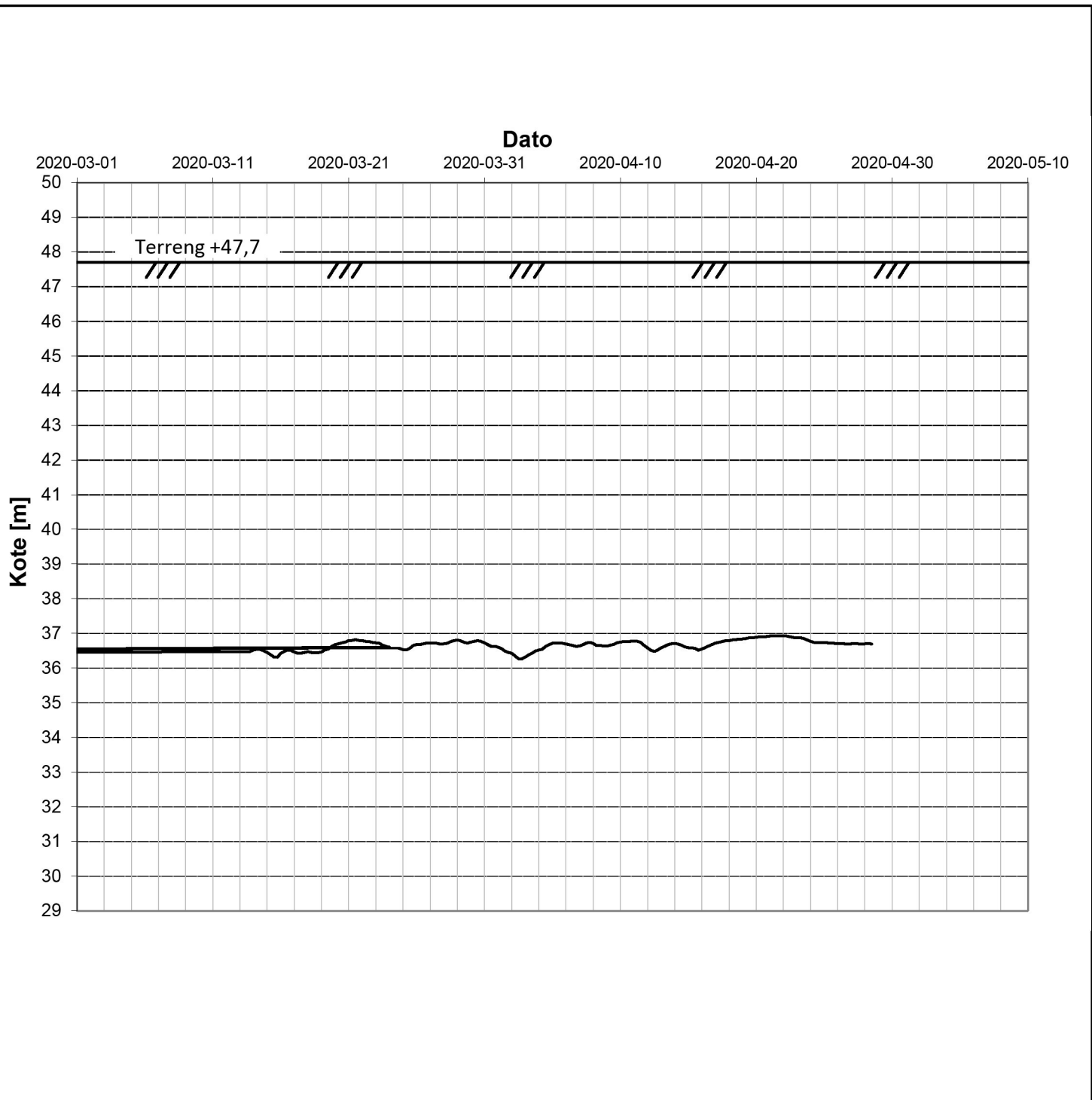
Kotehøyder for tidligere grunnundersøkelser (NGI og Kummeneje) er ikke nøyaktige.




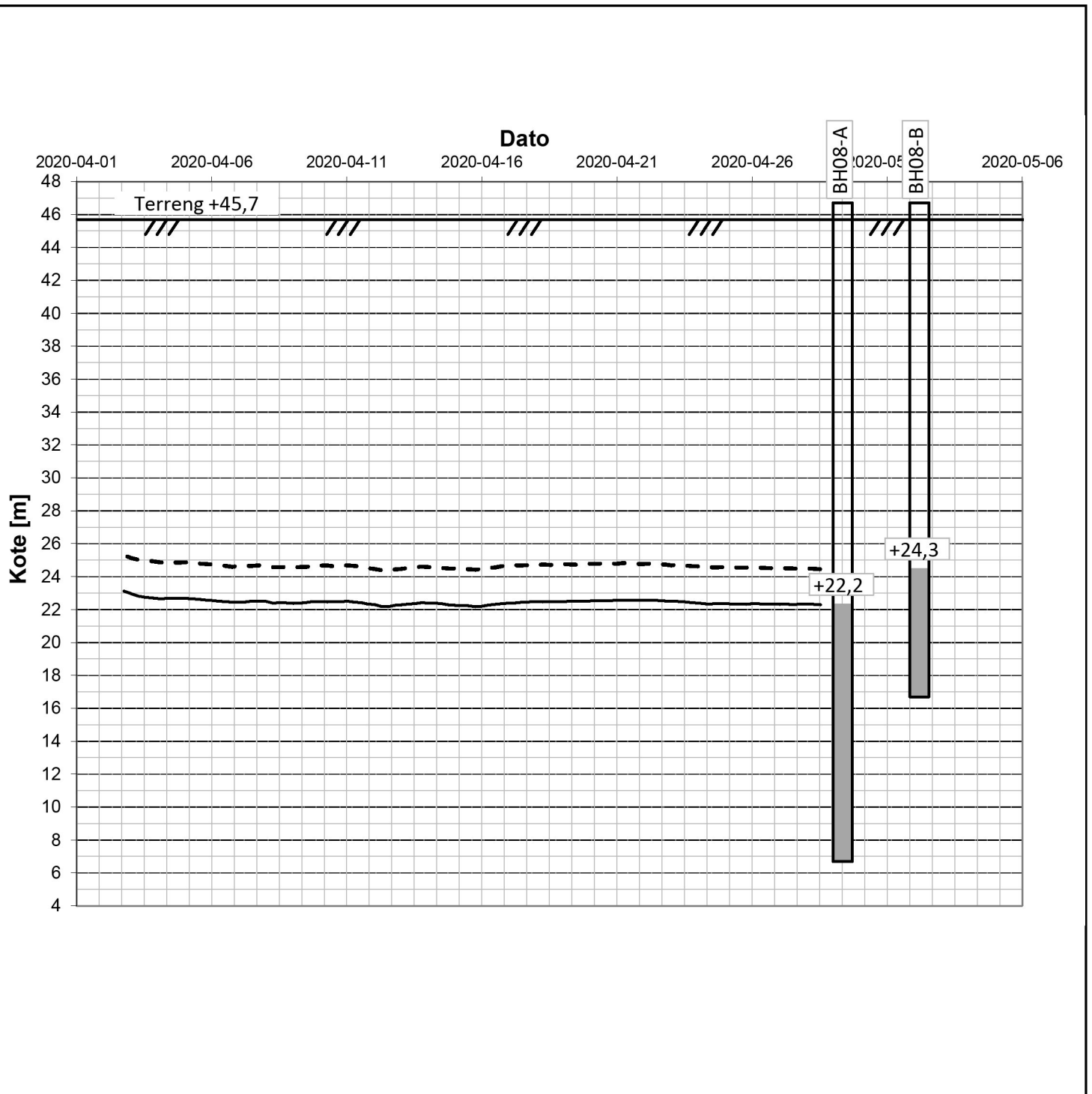
Nullpunkt X: 95070 Y:1603590
Euref89 NTM sone 10. NN2000


Rev.	Dato	Beskrivelse	EgÅBe	ArEmd	ChKle
J01	2020-05-24	For bruk			
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small>					
Sintef Energi					Målestokk Igjelder A3! 1:500
Sintef Horizon Områdestabilitetsutredning					
Situasjonsplan utførte grunnundersøkelser Koordinatsystem EUREF89 NTM sone 10, NN2000					
Norconsult		Oppdragsnummer 5175072	Tegningsnummer V101	Revisjon J01	

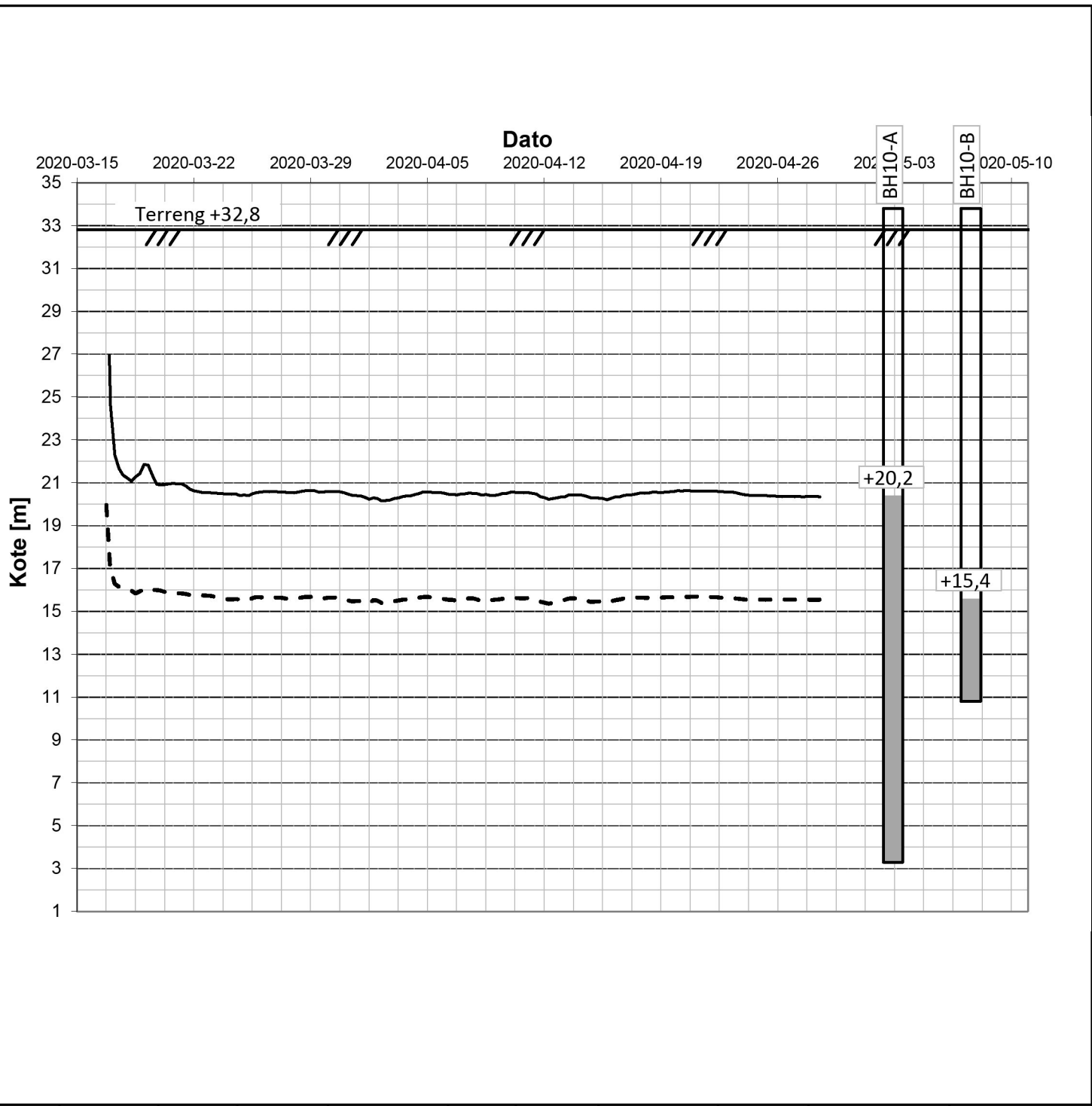
"X:\nor\oppdrag\Trondheim\5175072\5175072\BHM\Geoteknikk\Modell\Borplan_2020.dwg - EgÅBe - Plotter: 2020-06-02, 15:23:28 - XREF = Terrenngnuddl_egbbe_2020"




	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest
—	BH03	47,7	1,0	16,0	31,7	6	Elektrisk	15345	2019-03-10	2020-04-28
- - -									(omtrent)	
- . .										
Kunde Sintef Energi										
Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet										
Forsøk Poretrykksmåler				Tegning V501			Rapport 5175072-RIG01			
Utført Egil A. Behrens		Kontrollert Arnfinn Emdal		Godkjent Christofer Klevsjø			Posisjon BH03		Dato 2020-05-25	

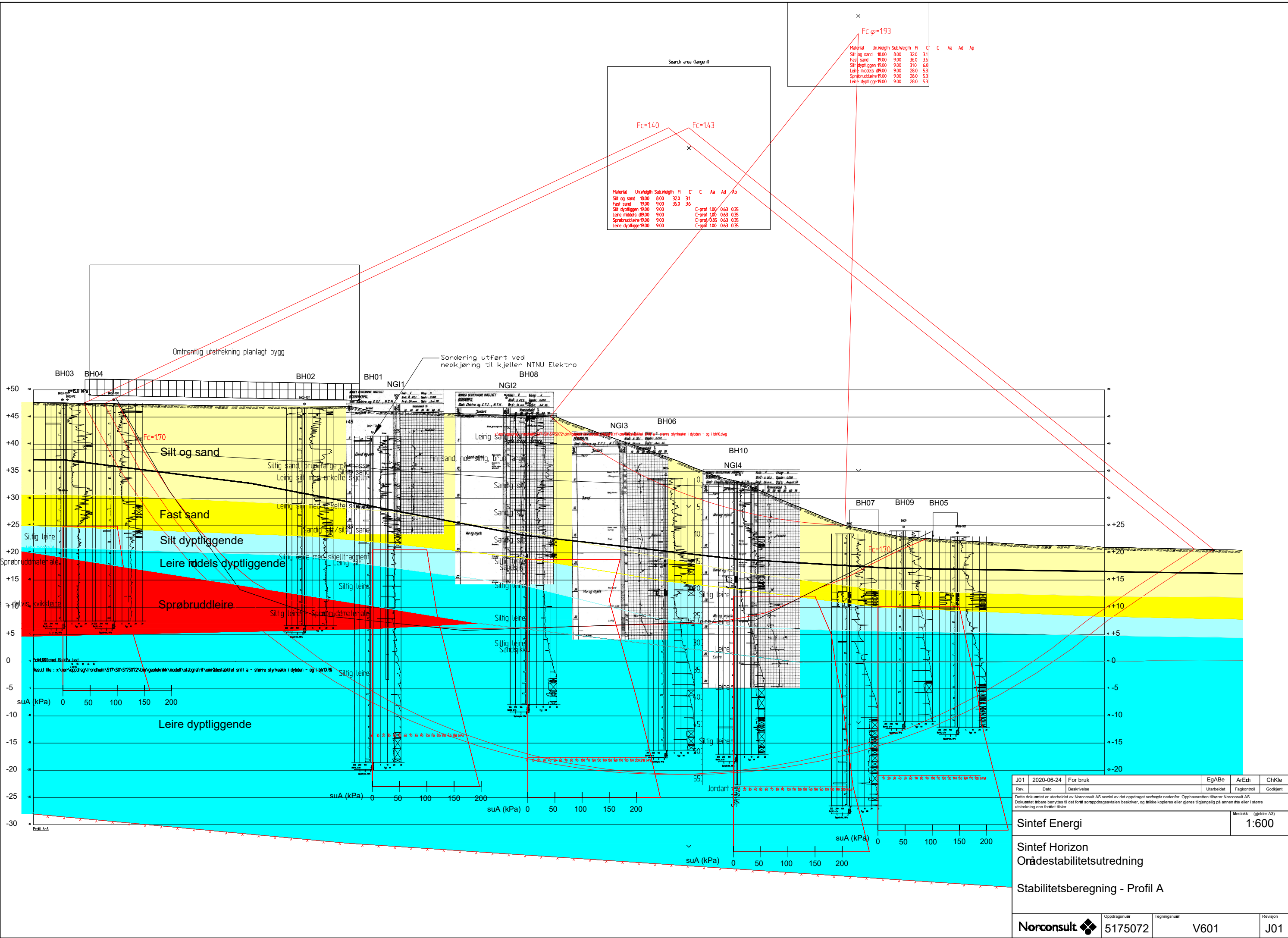


	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest	
—	BH08-A	45,7	1,0	39,0	6,7	6,0167	Elektrisk	17505	2020-04-02	2020-04-28	
- - -	BH08-B	45,7	1,0	29,0	16,7	6	Elektrisk	17479	2020-04-02	2020-04-28	
- . .											
Kunde Sintef Energi											
Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet											
Forsøk Poretrykksmåler				Tegning V502			Rapport 5175072-RIG13				
Utført Egil A. Behrens		Kontrollert Arnfinn Emdal		Godkjent Christofer Klevsjø			Posisjon BH08		Dato 2020-05-25		



	Måler- posisjon	Kote terreng	Topp rør	D. u. terreng spiss	Kote spiss	Intervall [timer]	Målertype	Sondenr.	Installert	Sist avlest	
—	BH10-A	32,8	1,0	29,5	3,3	6	Elektrisk	17590	2020-03-16	2020-04-28	
- - -	BH10-B	32,8	1,0	22,0	10,8	6	Elektrisk	15465	2020-03-16	2020-04-28	
- . .											
Kunde Sintef Energi											
Oppdragsnr. 5175072 Sintef Energi områdestabilitet											
Forsøk Poretrykksmåler				Tegning V503			Rapport 5175072-RIG13				
Utført Egil A. Behrens		Kontrollert Arnfinn Emdal		Godkjent Christofer Klevsjø			Posisjon BH10		Dato 2020-05-25		

X:\nonoppdrag\Trondheim\17505175072\Beregning\Stabilitetsberegning 2020 anfil.dwg - EgABe - Plottet: 2020-06-24, 16:28:01 - XREF = ORDESTABILITET SNITTA - Endelig, Profil A, omtab m2020 end lagdeling



Search area (tangent)

Material	Un	Wegh	Sub	Wegh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Silt og sand	18.00	8.00	32.0	31						
Fast sand	19.00	9.00	36.0	36						
Silt dyptliggende	19.00	9.00	31.0	6.0						
Leire middels dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3						
Sprøbruddeleire	19.00	9.00	28.0	5.3						
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3						

Material Un Wegh Sub Wegh Fi C C Aa Ad Ap

Material	Un	Wegh	Sub	Wegh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Silt og sand	18.00	8.00	32.0	31						
Fast sand	19.00	9.00	36.0	36						
Silt dyptliggende	19.00	9.00	31.0	6.0						
Leire middels dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3						
Sprøbruddeleire	19.00	9.00	28.0	5.3						
Leire dyptliggende	19.00	9.00	28.0	5.3						

Rev.	Dato	Beskrivelse	EgABe	ArEdh	ChKle
J01	2020-06-24	For bruk			
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdragsforfagte nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det forfagte oppdragsavtalen beskriver, og ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn forfagte tilser.			Mestek (gjelder A3)		
Sintef Energi			1:600		
Sintef Horizon					
Orådestabilitetsutredning					
Stabilitetsberegning - Profil A					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5175072	V601	J01	

Vedlegg A

Sonde og utførelse

Sondennummer	4775	Boreleder	Knut Dahl
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	16
Kalibreringsdato	2018-05-03	Maks helning (°)	20,9
Dato sondering	2019-03-15	Maks avstand målinger (m)	0,01
Filtertype	Porøst filter		

Kalibreringsdata

	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2
Måleområde (MPa)	50	0,5	2
Skaleringsfaktor	1572	3714	3652
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,4853	0,0103	0,0209
Arealforhold	0,8430	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	39,289	0,881	1,002
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	4744,8	157,9	252,4
Registrert etter sondering (kPa)	-7,8	4,0	0,9
Avvik under sondering (kPa)	7,8	4,0	0,9
Maksimal temperatureffekt (kPa)	15,7	0,4	0,4
Maksverdi under sondering (kPa)	20765,0	464,2	1961,4

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	24,0	0,1	4,4	0,9	1,3	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					

Måleverdier under kapasitet/krav

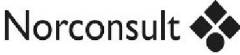
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	Ikke OK	OK

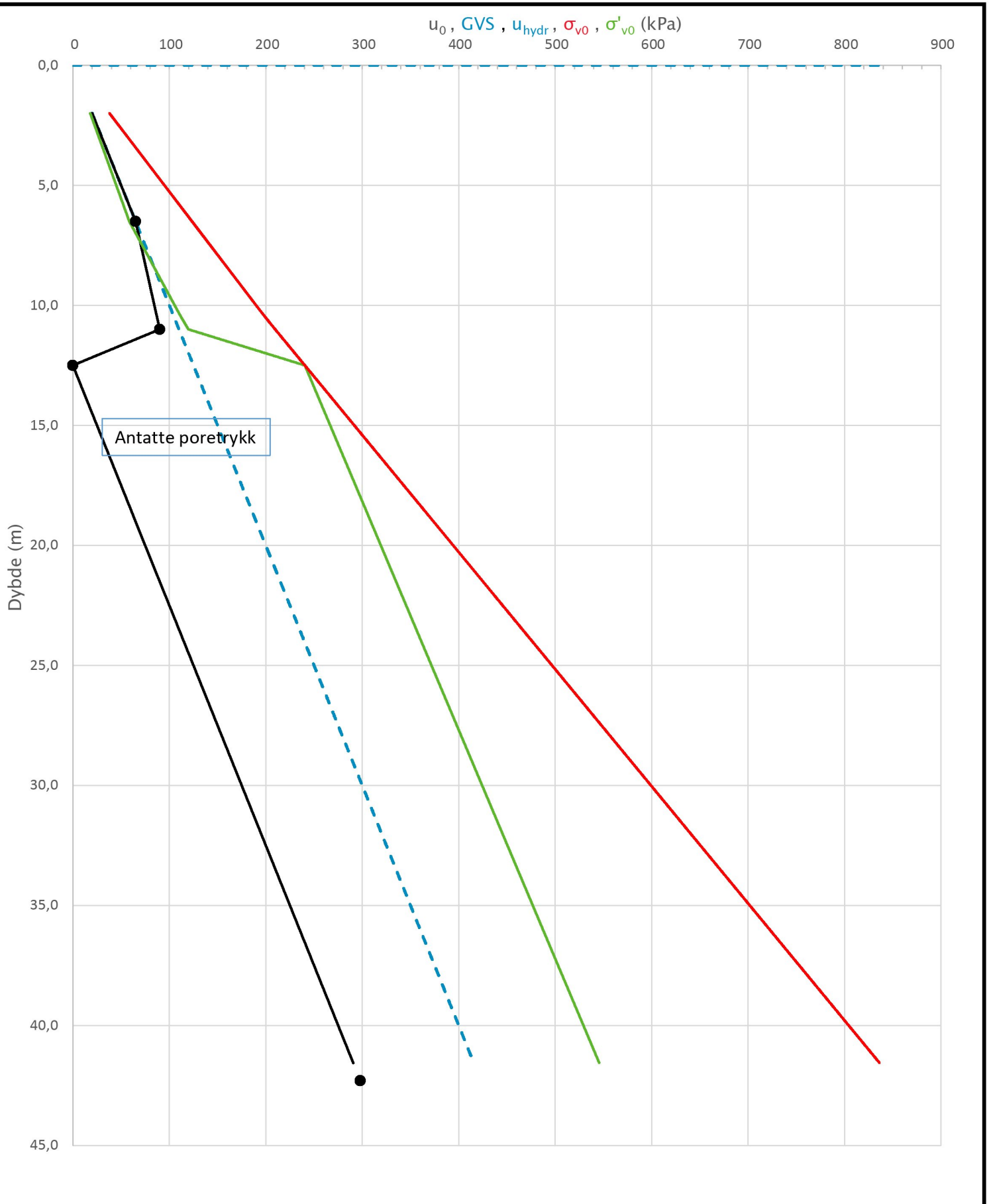
Kommentarer:

CPT-sondens helning overstiger 15 grader ved ca. dybde 32 meter.

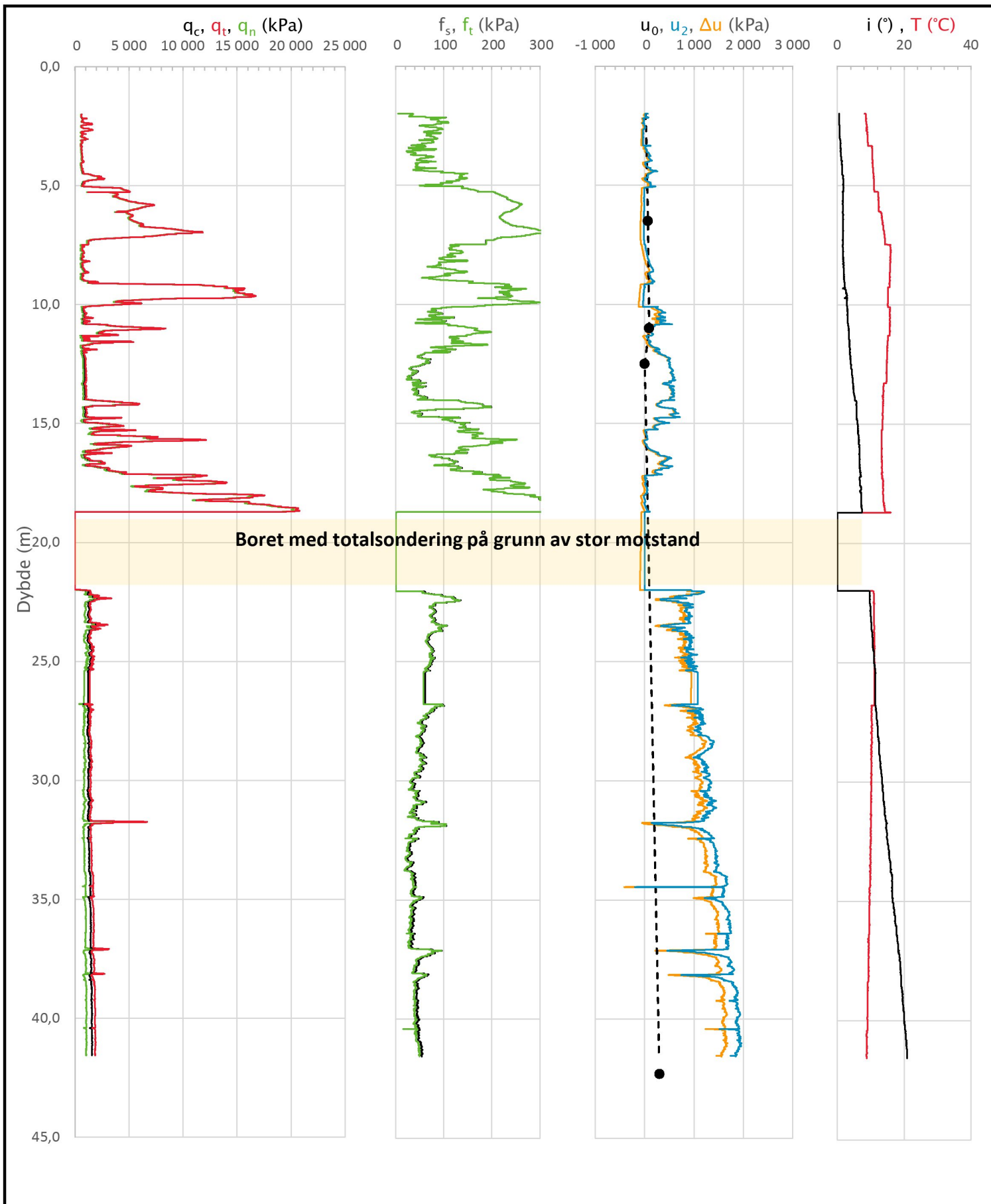
Sonderinger er utført i to intervall med gjennom boring av fast lag ved bruk av totalsondering.


Filene er deretter sammenslått.

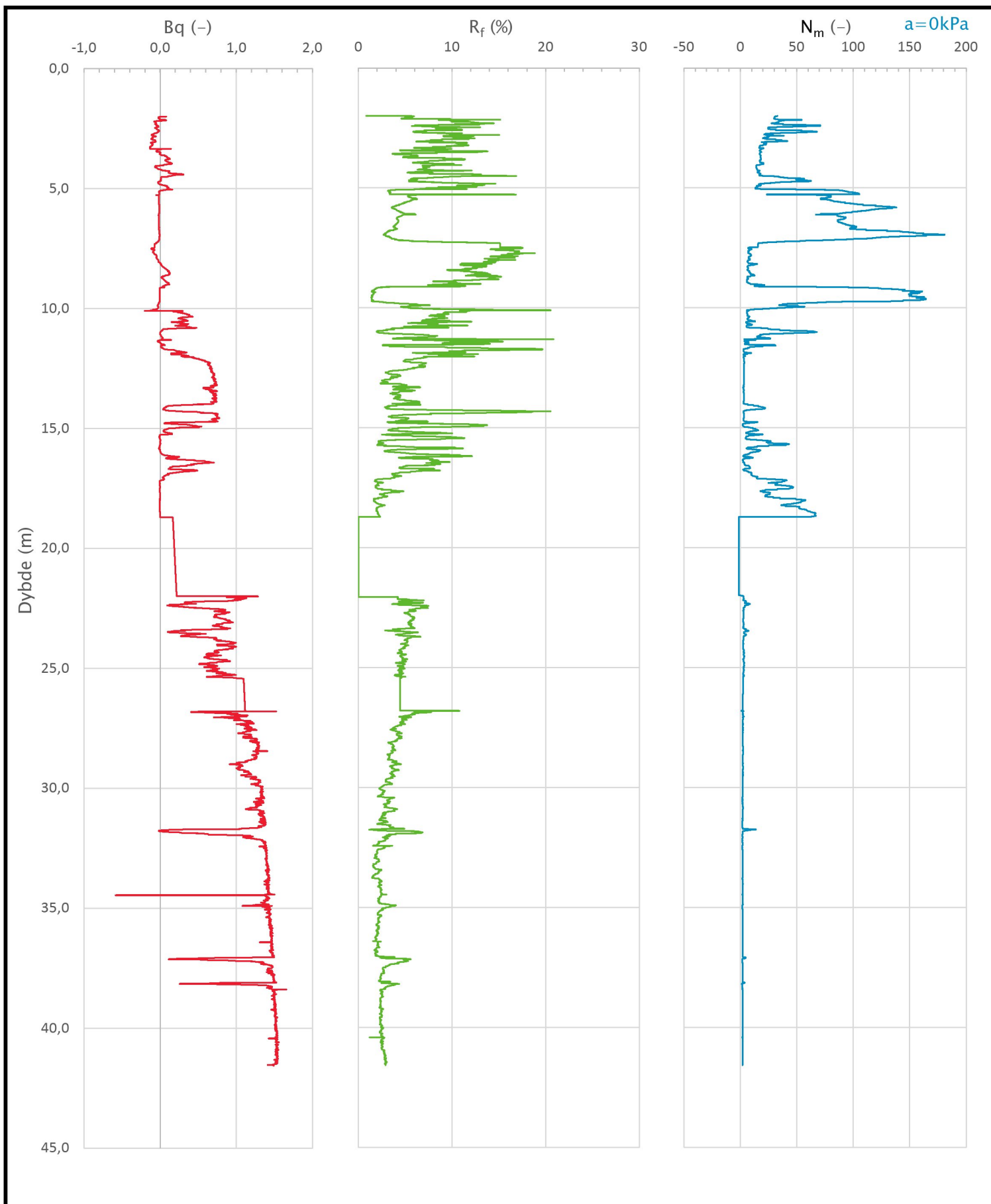
Prosjekt	Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03			Borhull
Sintef Horizon				1
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer
				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	ChKle	ArEmd	ChKle	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef	2019-03-15	Rev. dato	1




Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 1
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 2



Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 1
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 3



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull
Sintef Horizon				1
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	ChKle	ArEmd	ChKle	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef	2019-03-15	Rev. dato	4

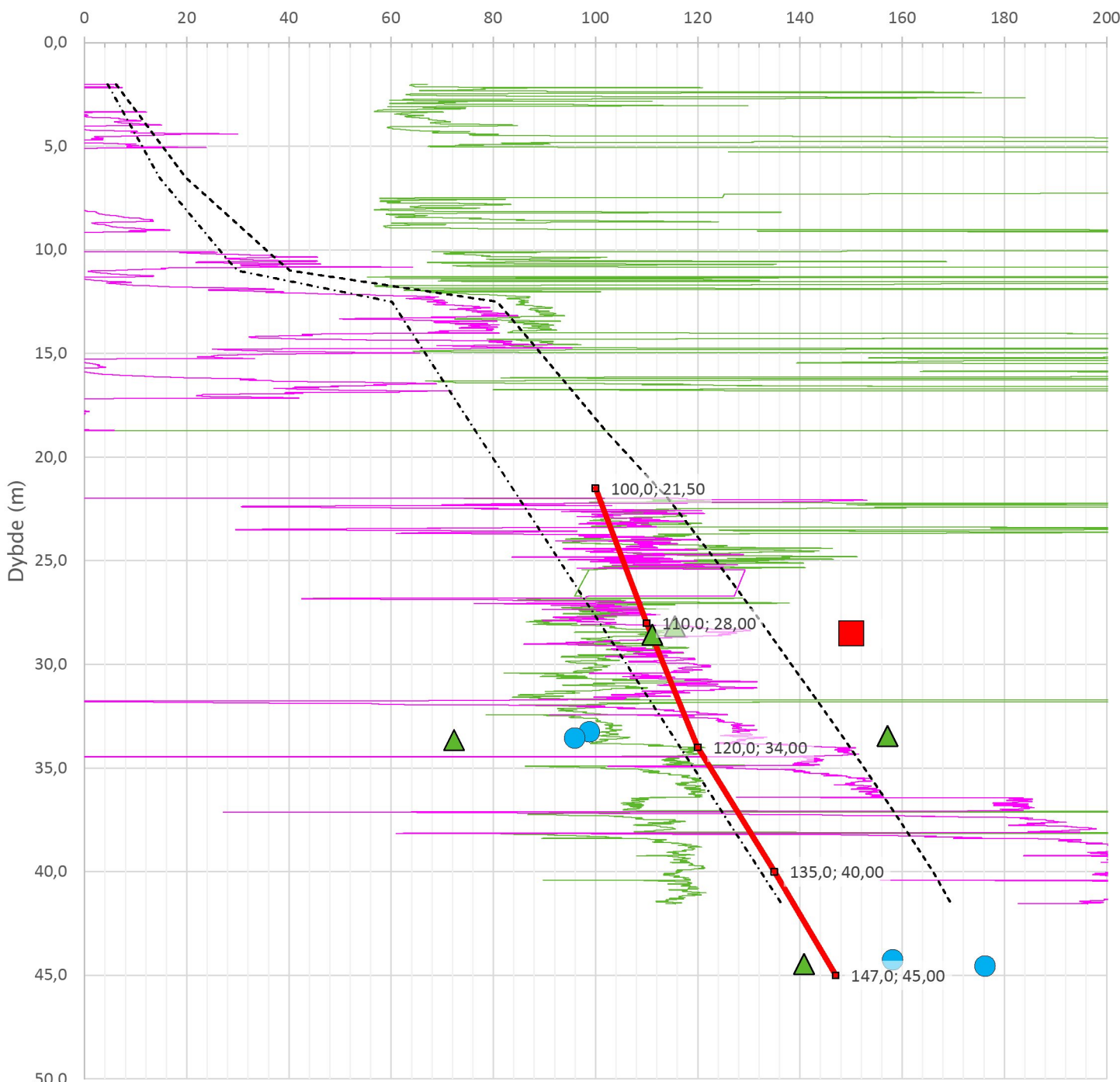
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 1: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 1: $c_{uc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,641 max:0,651)}$

Konus BH 1: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,651)}$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0,082/0]·Ip

NΔu.K=[6,9/9,8]-[4/4,5]·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0,07/0]·Ip

----- SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=[0,30-0,31]$, $m=[0,66-0,71]$)


----- cuNC: $0,25 \cdot \sigma'_{v0}$

■ Treaks BH 1

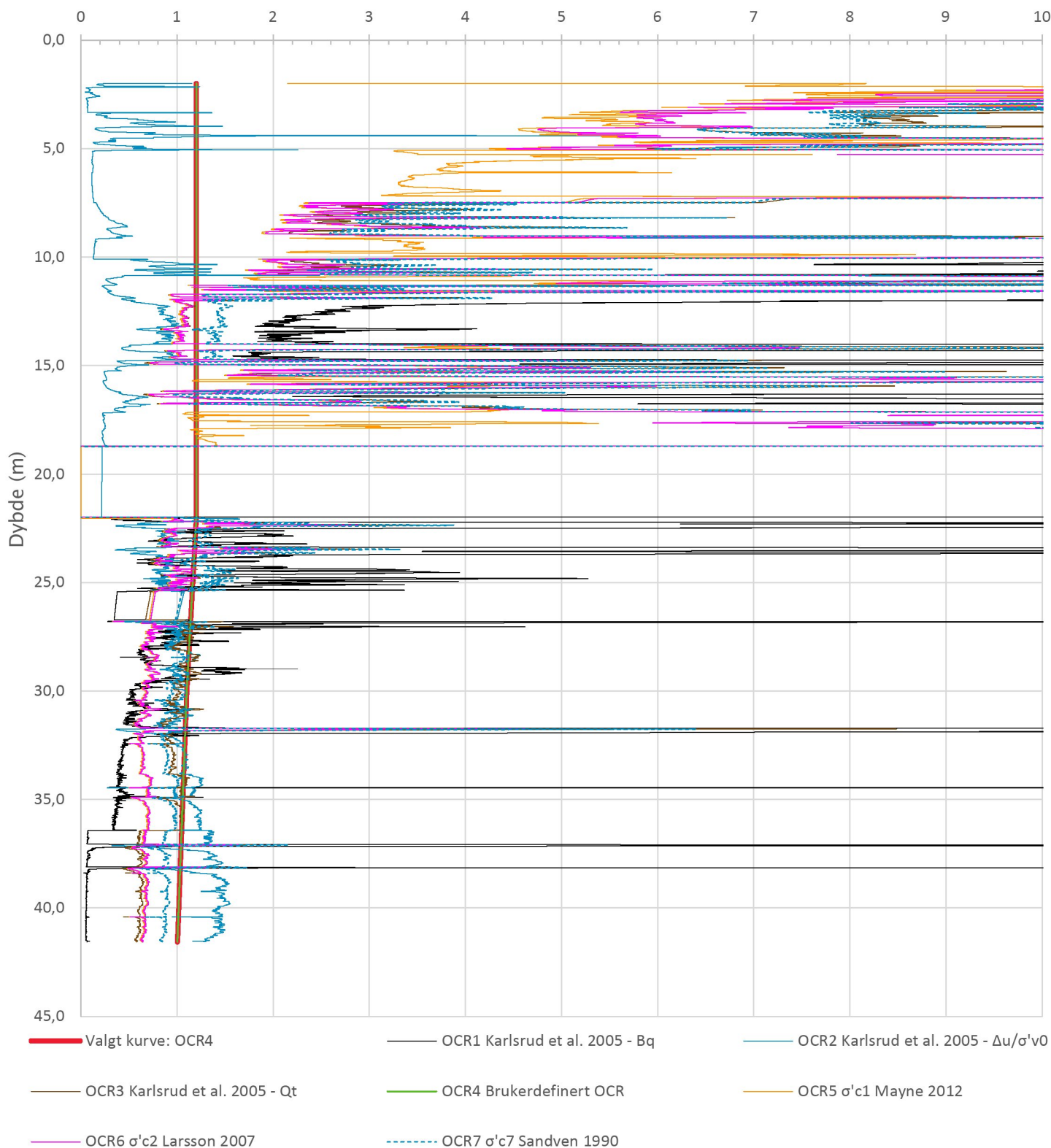
● Enaks BH 1


▲ Konus BH 1

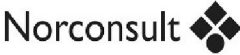
—■— Anbefalt kurve

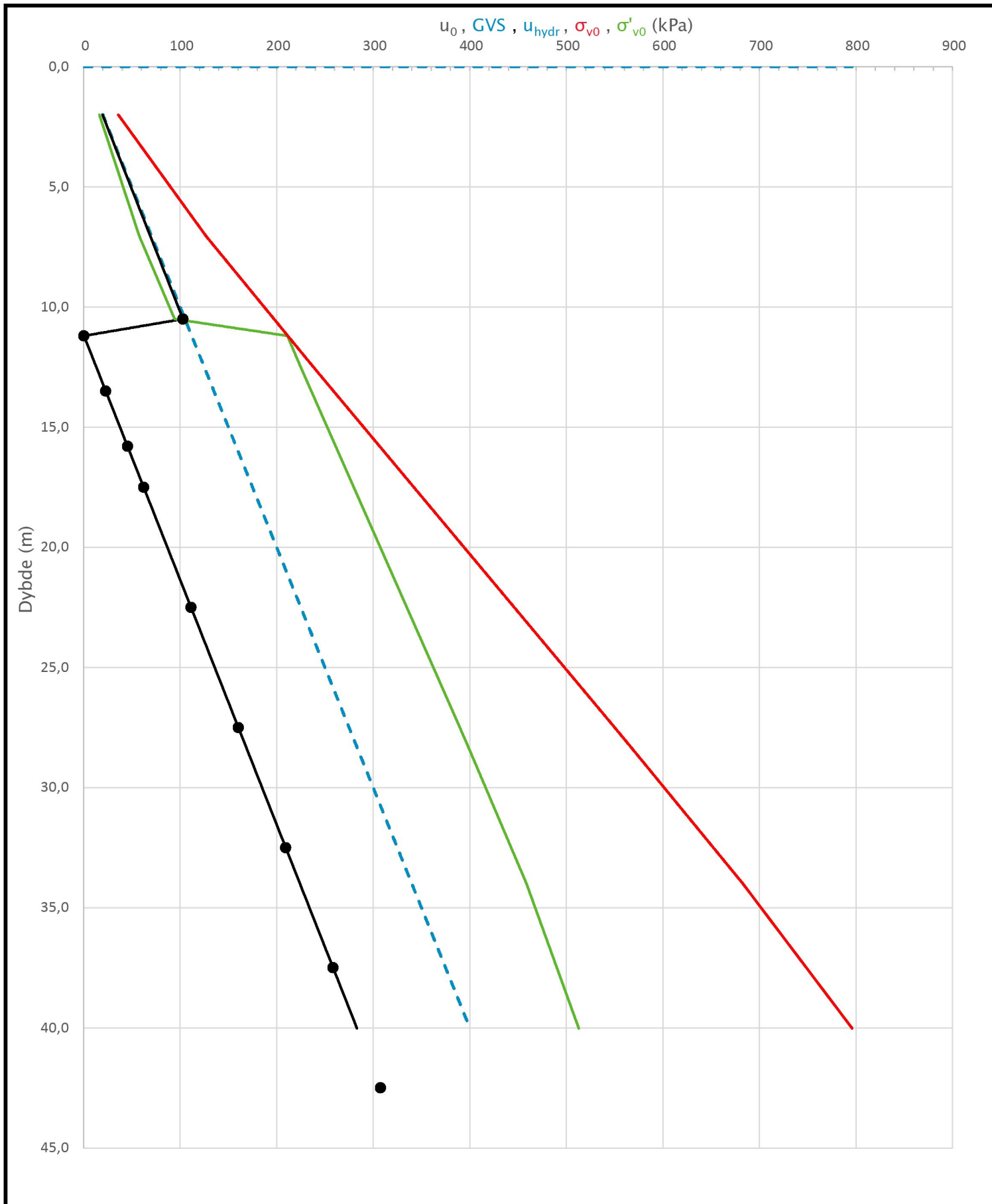
Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 1
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 5

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

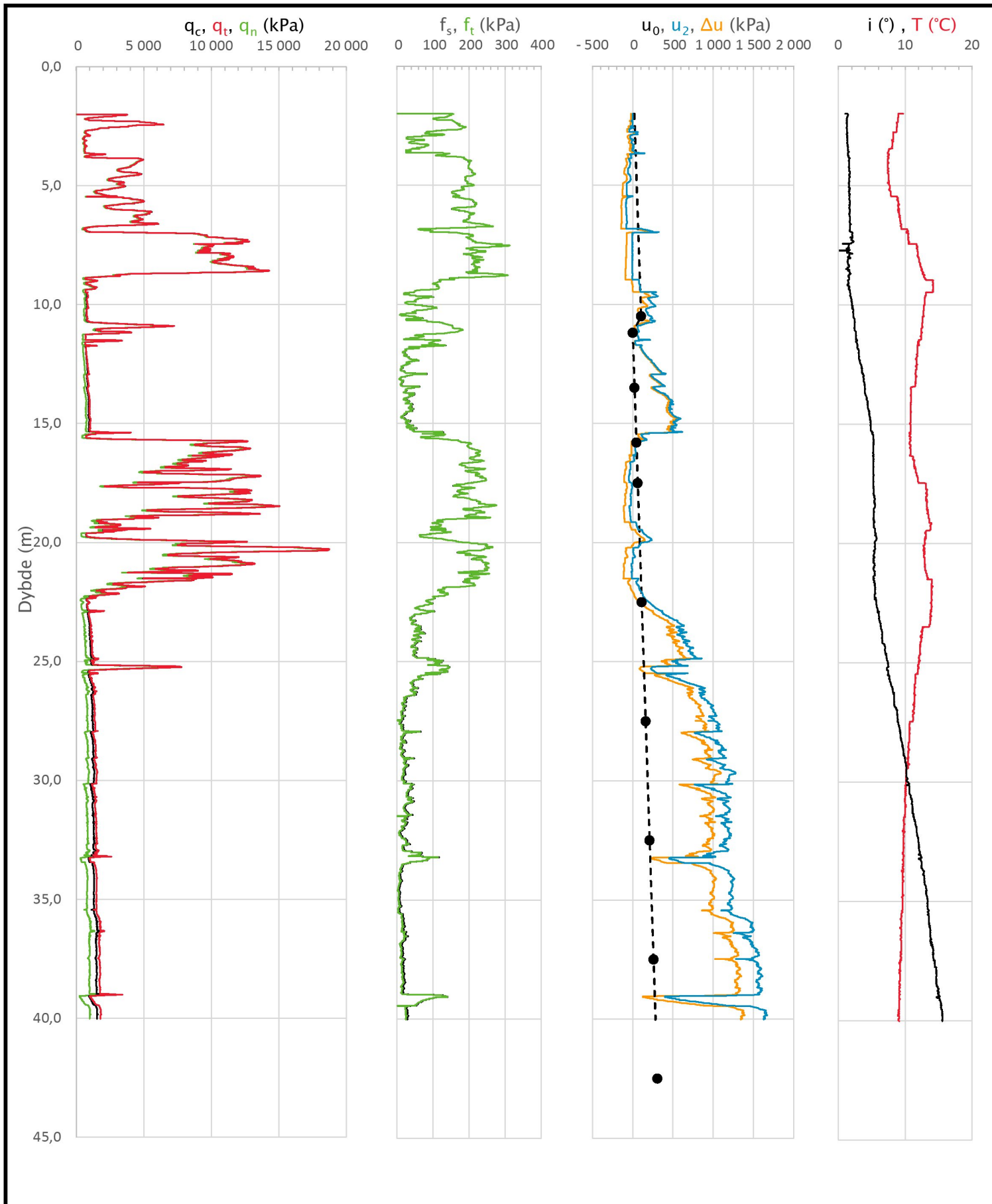


Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 1
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 8

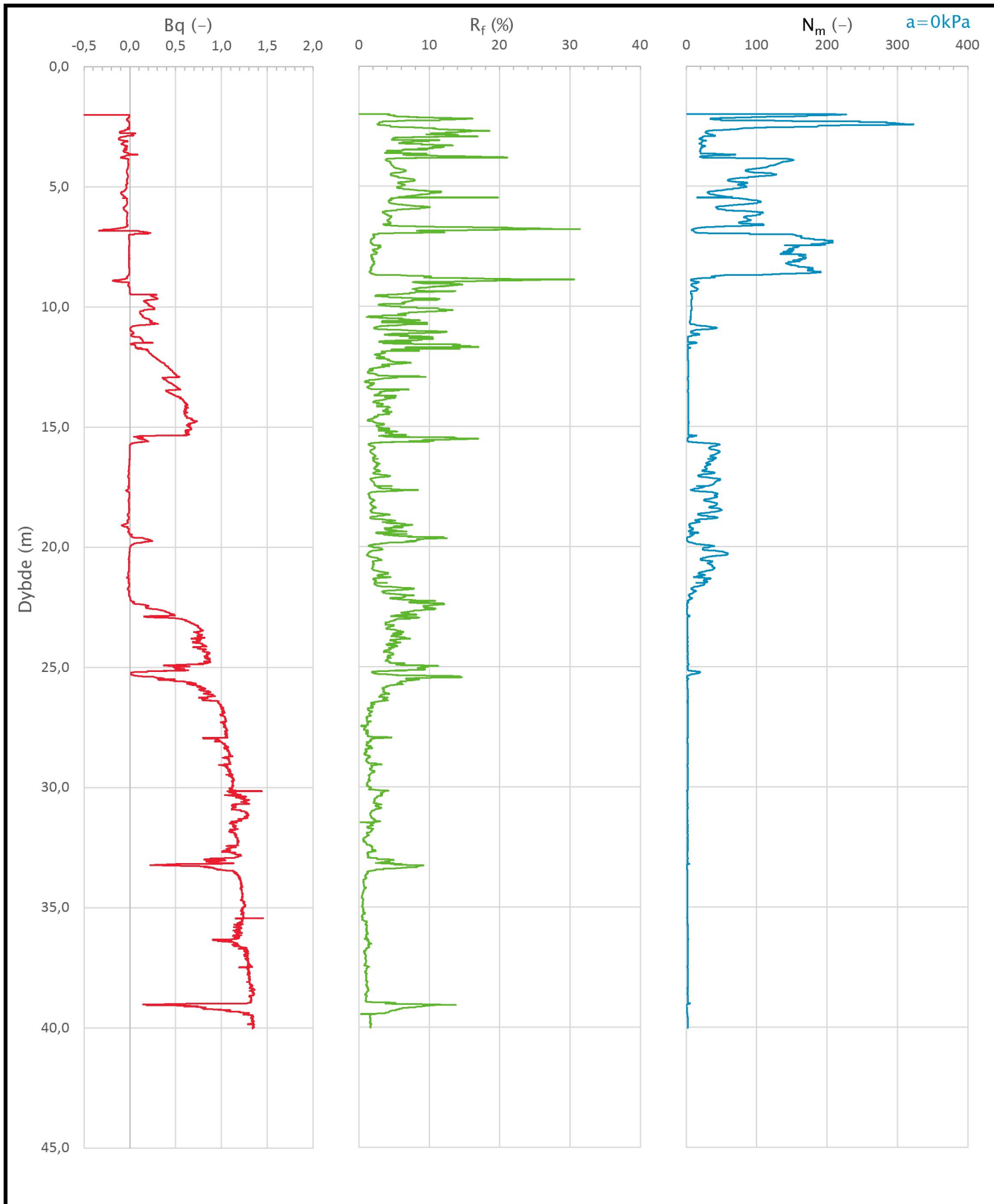
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775	Boreleder	Knut Dahl			
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	6,8			
Kalibreringsdato	2018-05-03	Maks helning (°)	15,6			
Dato sondering	2019-03-15	Maks avstand målinger (m)	0,01			
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk			
Maksimal last (MPa)	50	0,5	2			
Måleområde (MPa)	50	0,5	2			
Skaleringsfaktor	1572	3714	3652			
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-	-	-			
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,4853	0,0103	0,0209			
Arealforhold	0,8430	0,0000				
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	39,289	0,881	1,002			
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA	NB	NC			
Registrert før sondering (kPa)	4731,7	162,1	250,9			
Registrert etter sondering (kPa)	-2,0	-0,6	1,1			
Avvik under sondering (kPa)	2,0	0,6	1,1			
Maksimal temperatureffekt (kPa)	6,7	0,1	0,2			
Maksverdi under sondering (kPa)	18733,2	313,6	1672,9			
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	9,2	0,0	0,8	0,2	1,3	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	OK	Ikke OK	OK		
Kommentarer:						
Feilmåling sidefriksjon i enkeltpunkt korrigert, helning > 15 grader i de nederste 1,5 meter av sonderingen.						
Prosjekt	Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03				Borhull	
Sintef Horizon					3	
Innhold	Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet				Sondennummer	
					4775	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	ChKle	ArEmd	ChKle	1		
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	Sintef	2019-03-15	Rev. dato	1		

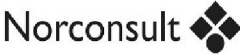


Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 3
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 2



Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 3
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4775
	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 3



Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 3
Innhold Avledede dimensjonsløse forhold				Sondennummer 4775
	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 4

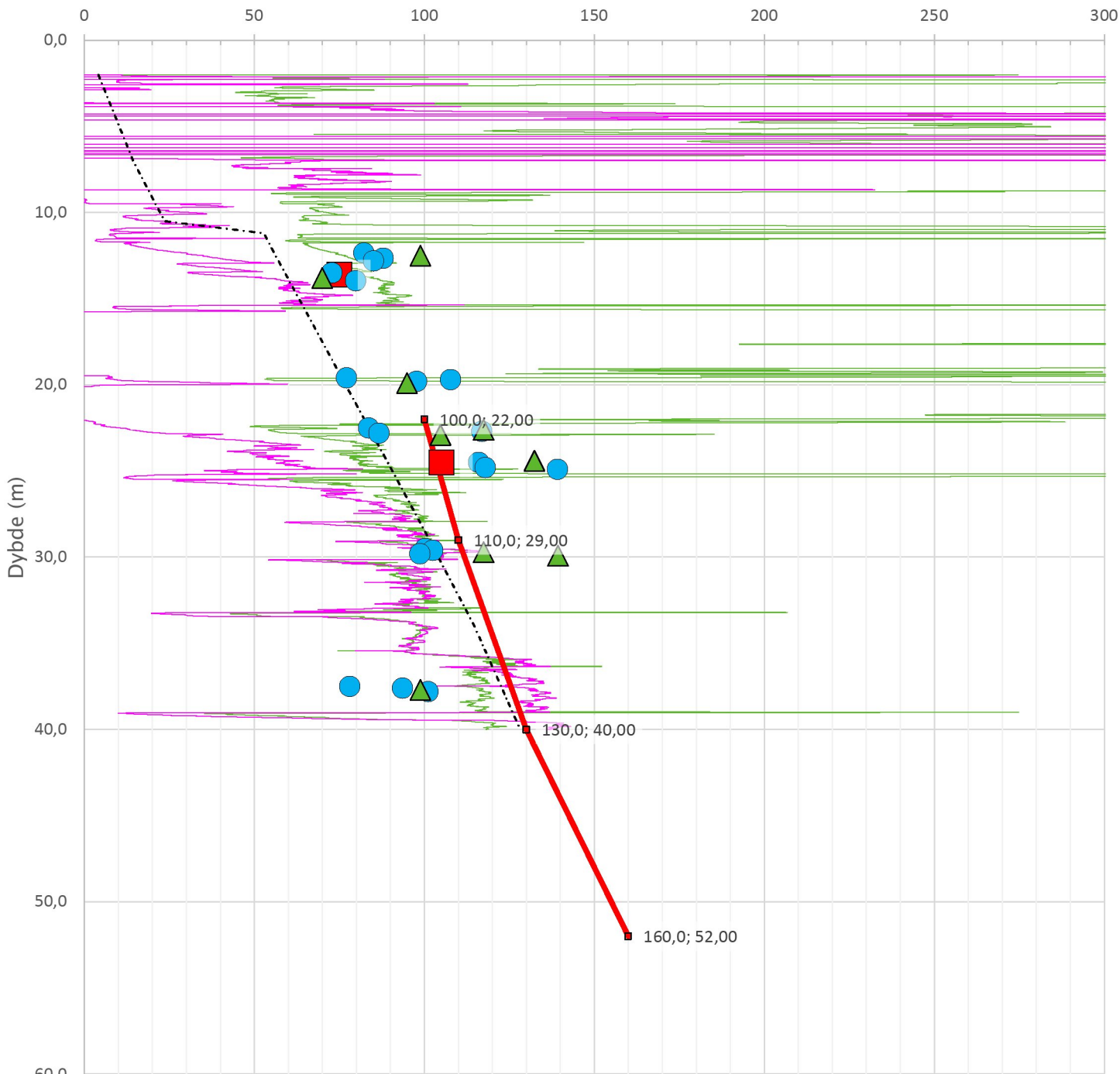
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 3: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 3: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH 3: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



$N_{kt}.K=[7,8/8,5]+2,5 \cdot \text{Log}(OCR3)+[0,082/0] \cdot I_p$

$N_{\Delta u}.K=[6,9/9,8]-[4/4,5] \cdot \text{Log}(OCR3)+[0,07/0] \cdot I_p$

--- $c_{uNC}: 0,25 \cdot \sigma'_{v0}$


■ Treaks BH 3

● Enaks BH 3

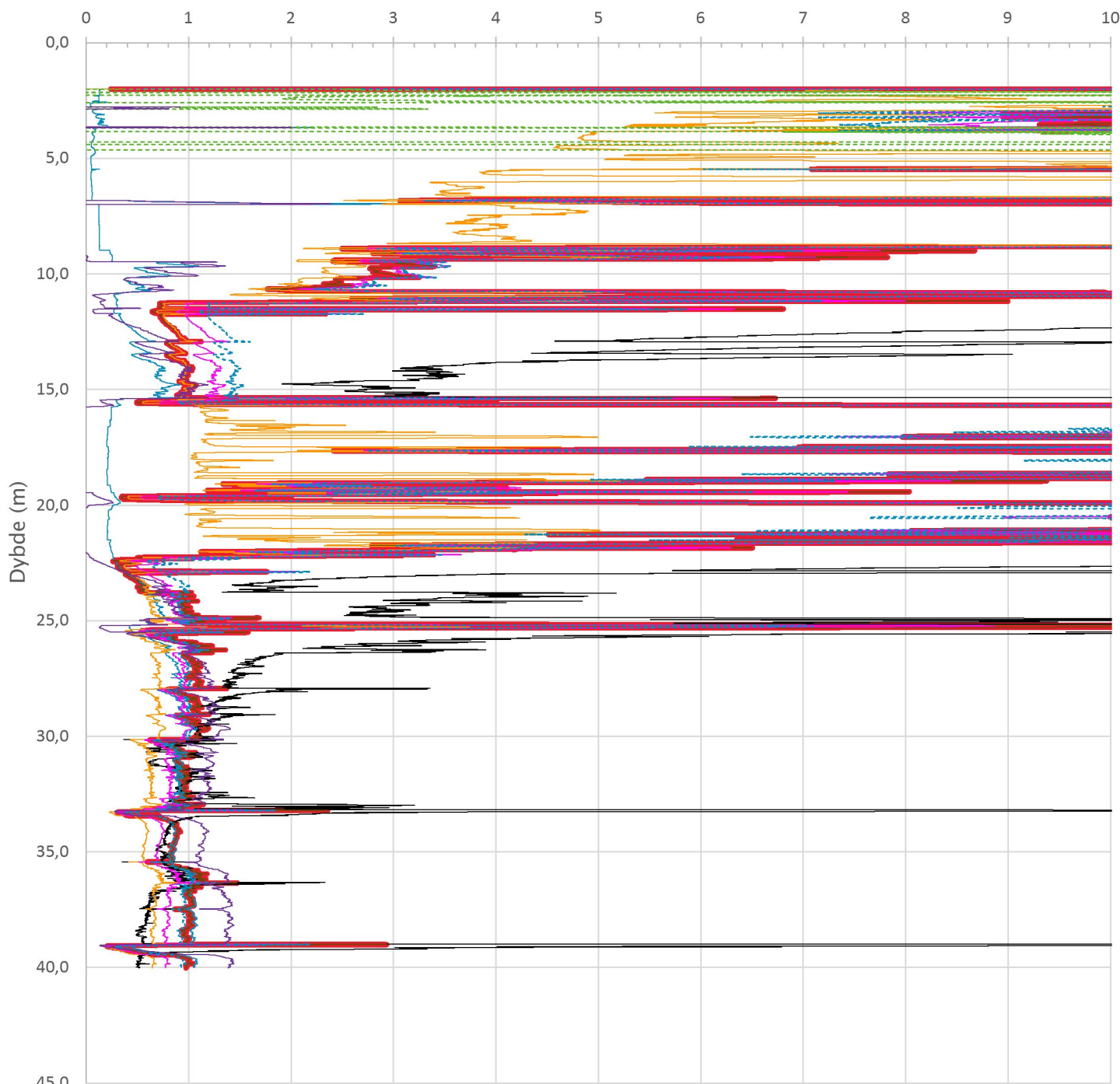
▲ Konus BH 3

—■— Anbefalt kurve

NB! CU-konus og CU-enaks er konvertert til aktiv størrelse med ADP-se topp av side


Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 3
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 4775
Norconsult 	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 5

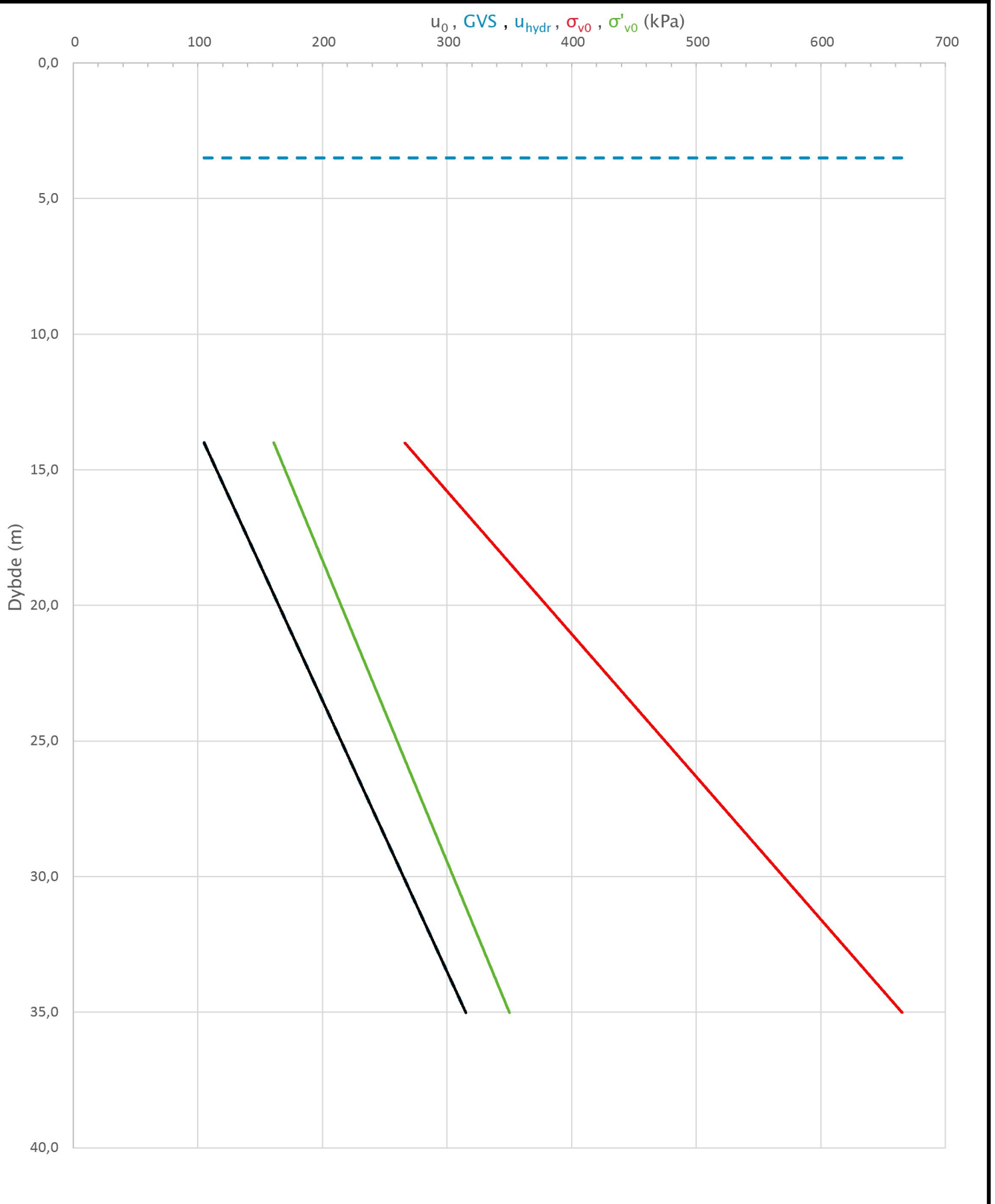
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)




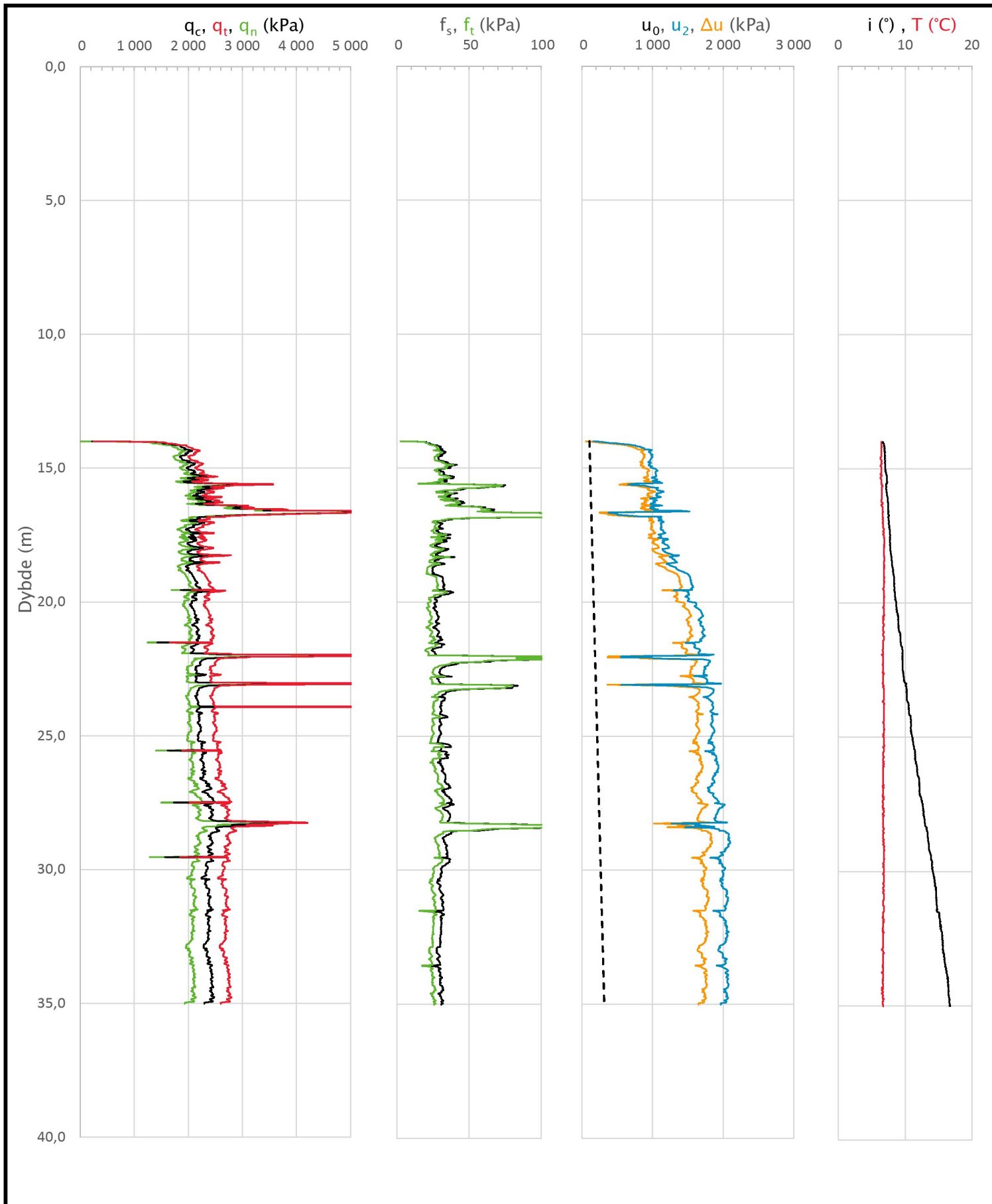
- Valgt kurve: OCR3
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011


Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072 Rapportnummer: 5175072-RIG-03		Borhull 3
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR				Sondennummer 4775
	Utført ChKle	Kontrollert ArEmd	Godkjent ChKle	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef	Dato sondering 2019-03-15	Revisjon Rev. dato	Figur 8

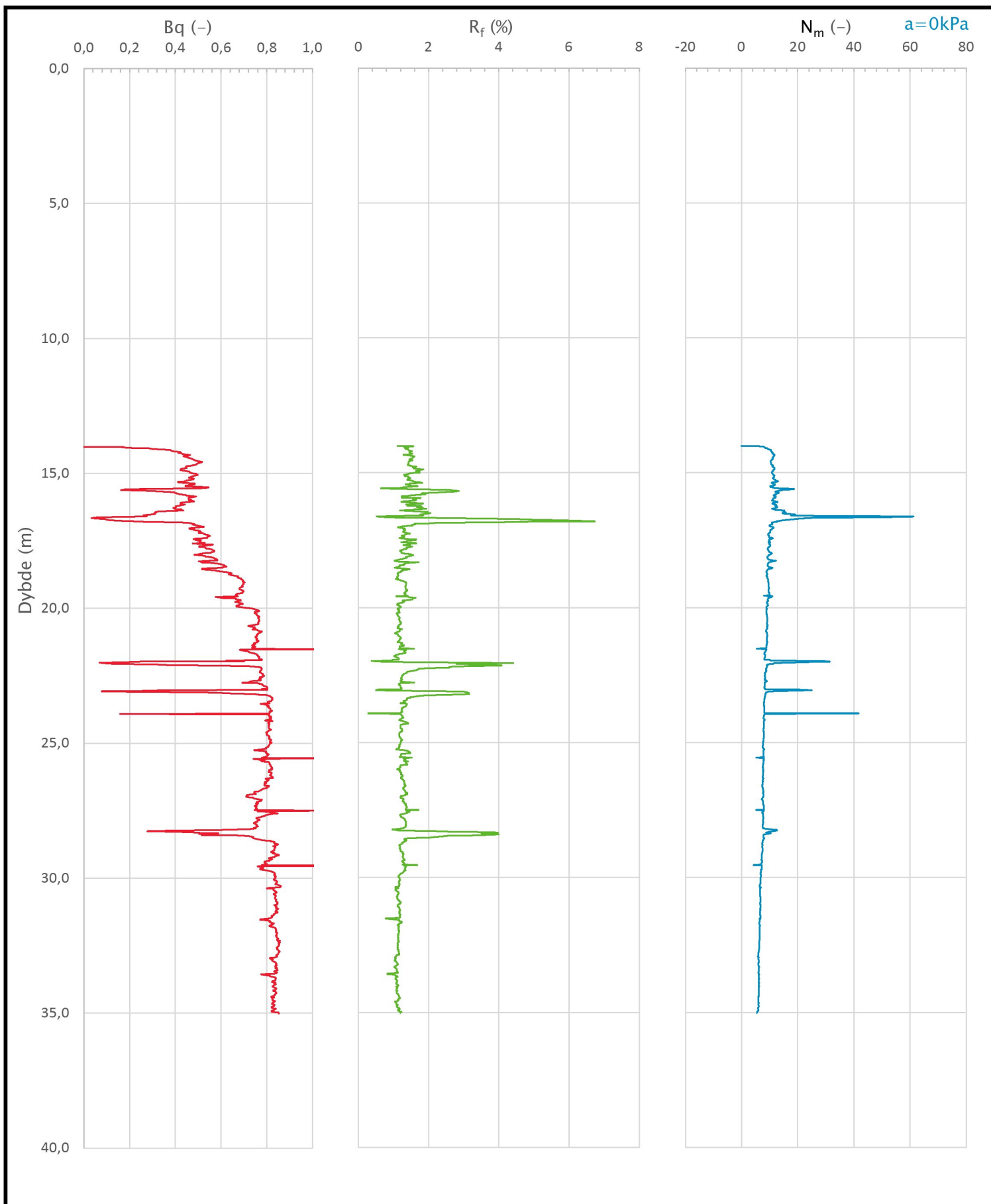
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder		SH	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		0,6	
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)		16,7	
Dato sondering	2020-03-14		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	6009,4		126,0		252,8	
Registrert etter sondering (kPa)	40,2		-1,8		3,6	
Avvik under sondering (kPa)	40,2		1,8		3,6	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,5		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	11381,8		180,2		2101,1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	41,2	0,4	1,8	1,0	3,7	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	Ikke OK	Ikke OK	OK		
Kommentarer: Poretrykkskapasitet så vidt overskredet. Stor helning.						
Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072		Borhull BH07	
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					Sondennummer 4775	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø		Anvend.klasse 1	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon Rev. dato		Figur 1	




Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull
Sintef Horizon					BH07
Innhold					Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger					4775
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø		1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon		Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato		
					2

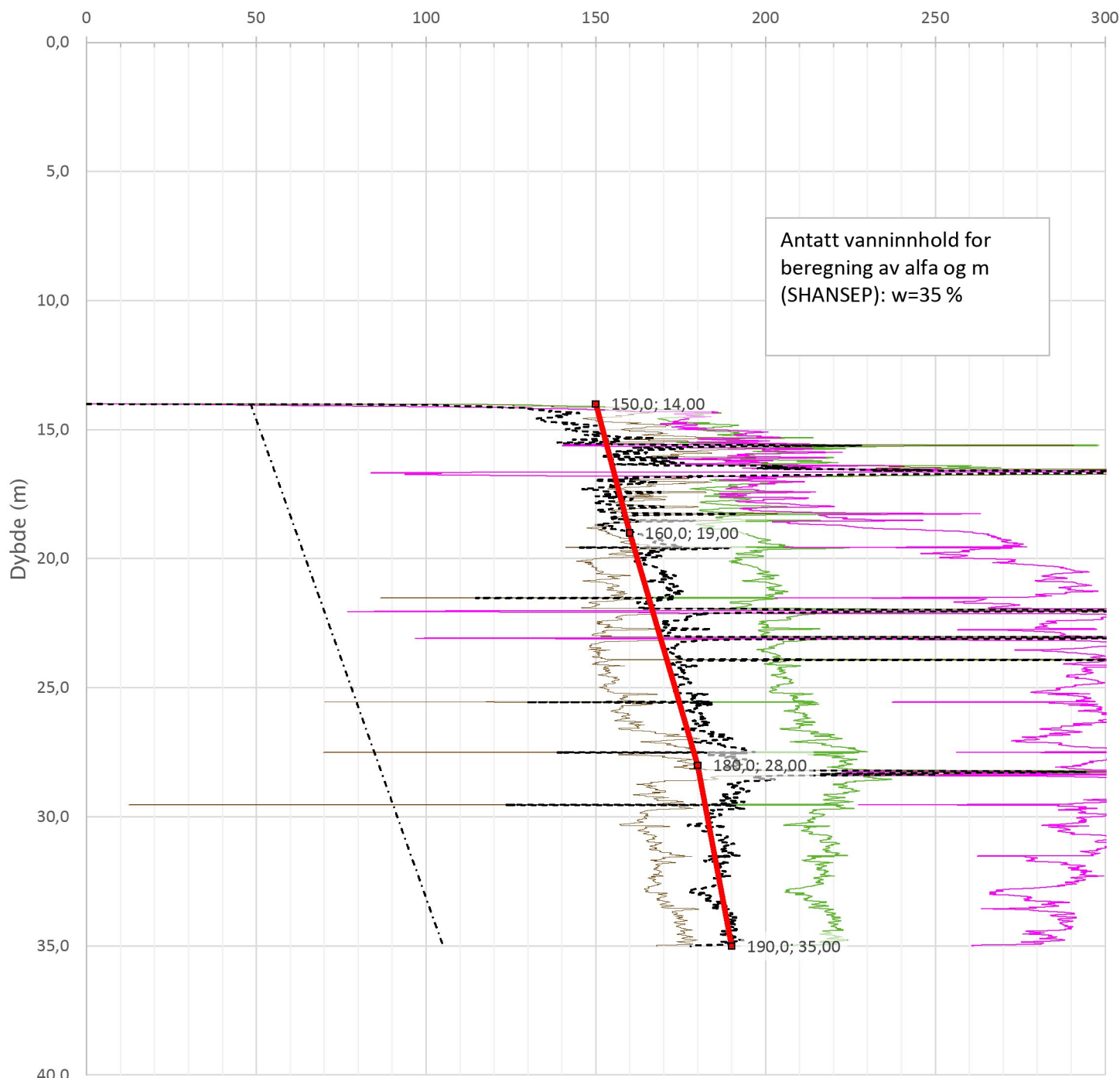


Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072		Borhull BH07
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4775
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon Rev. dato	Figur 3



Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072	Borhull
Sintef Horizon				BH07
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	4

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

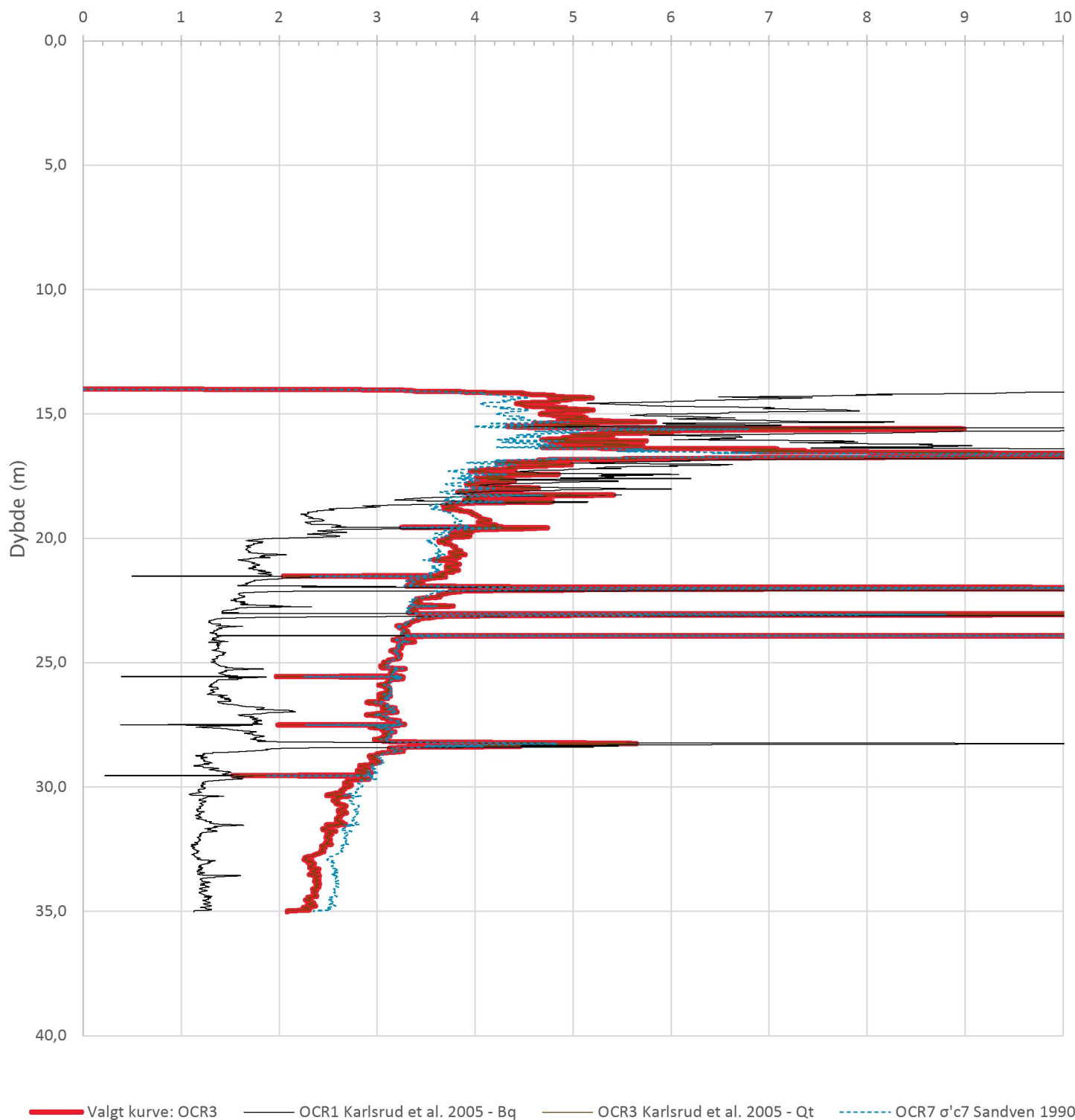


Antatt vanninnhold for beregning av alfa og m (SHANSEP): $w=35\%$


- $N_{kt}.K = [7,8/8,5] + 2,5 \cdot \text{Log}(OCR3) + [0,082/0] \cdot I_p$
- $N_{\Delta u}.K = [6,9/9,8] - [4/4,5] \cdot \text{Log}(OCR3) + [0,07/0] \cdot I_p$
- - - - SHANSEP ($\alpha = [0,30-0,31]$, $m = [0,66-0,70]$)
- - - - $c_{uNC} = 0,3 \cdot \sigma'_{v0}$
- $2 < N_{ke}.K = [11,5/12,5] - [9,05/11] \cdot B_q$
- ■ Anbefalt kurve

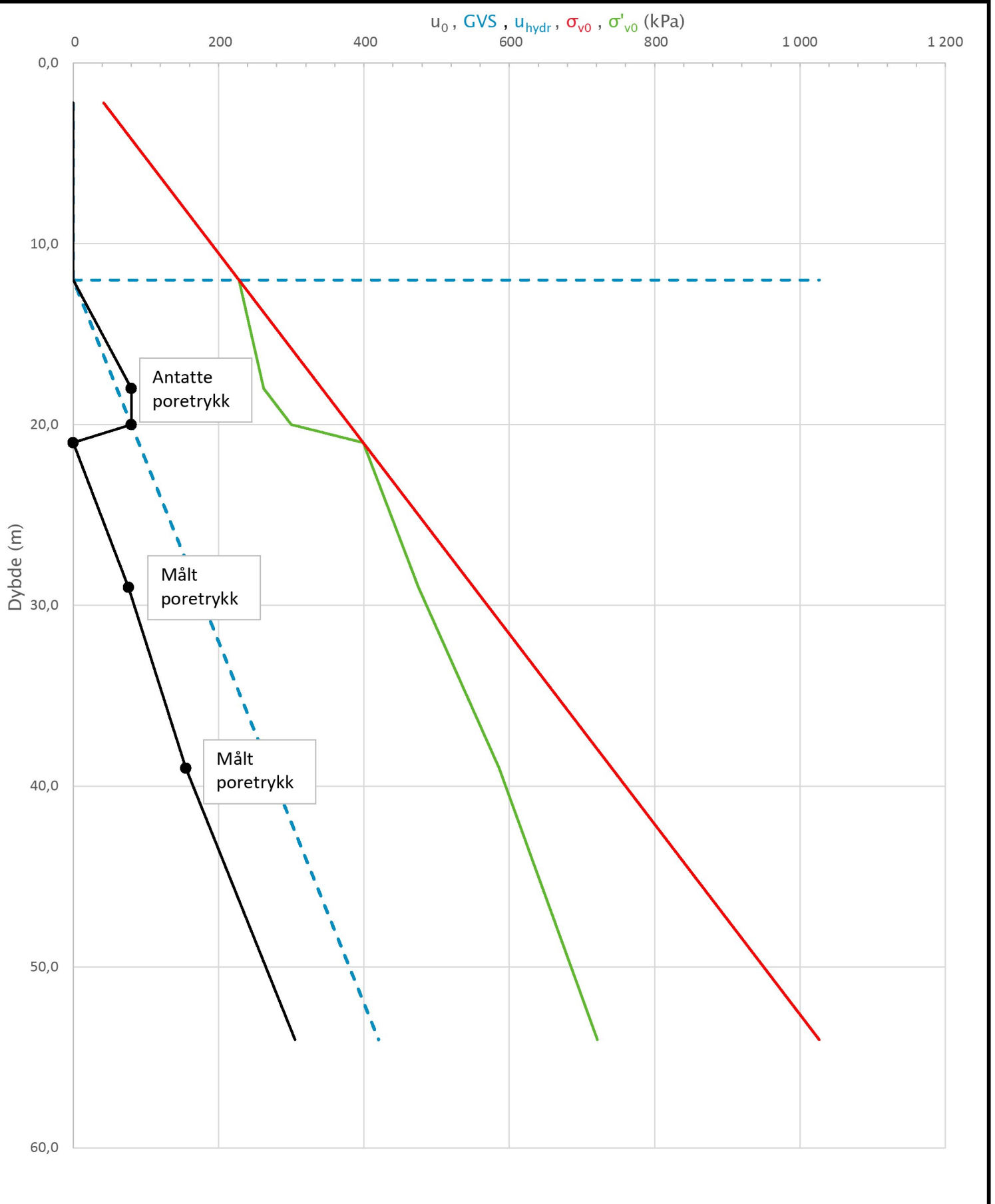
Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072	Borhull BH07
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet			Sondennummer 4775	
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon	Figur 5
			Rev. dato	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

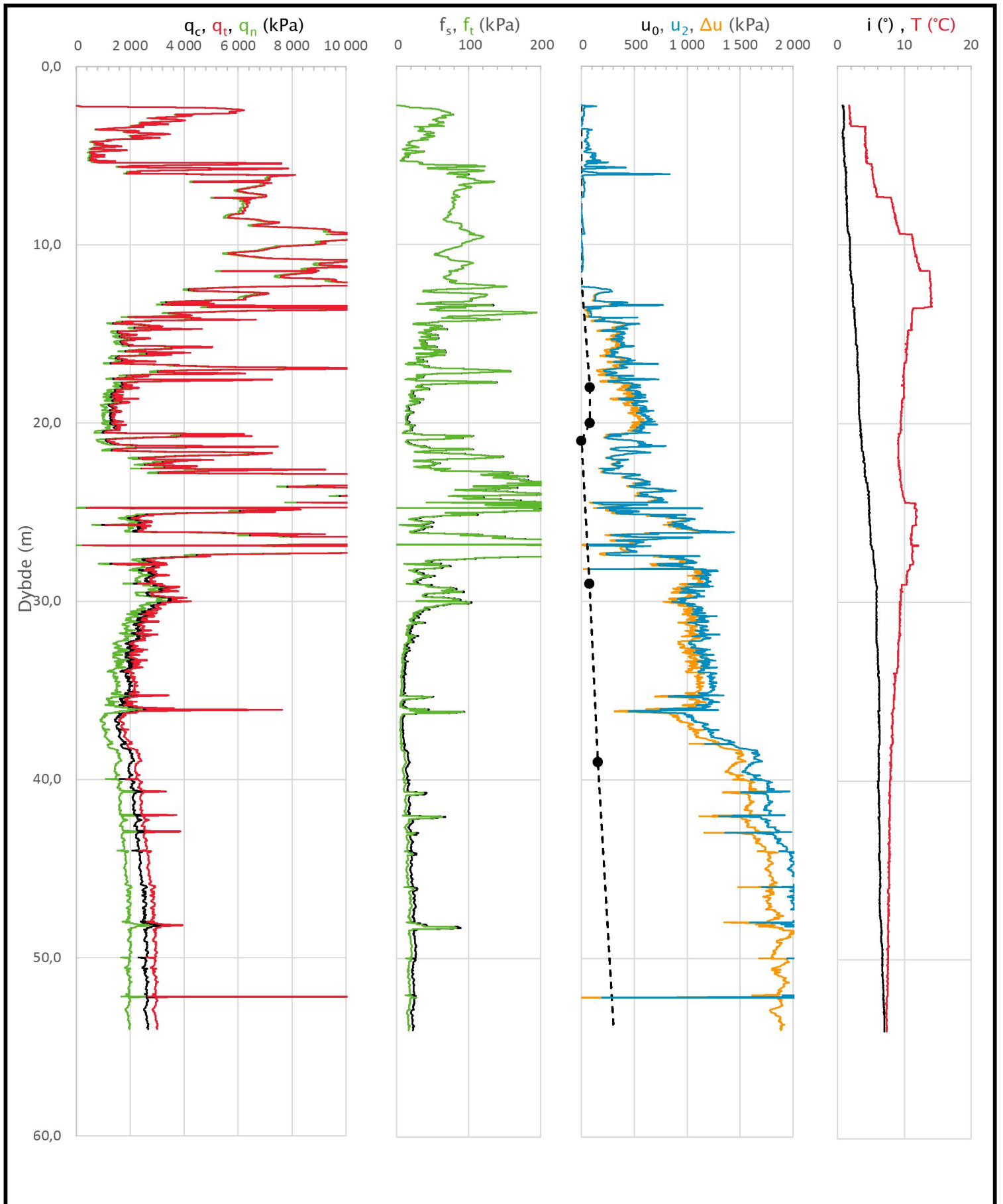


Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072	Borhull BH07
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR			Sondennummer 4775	
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-14	Revisjon Rev. dato	Figur 8

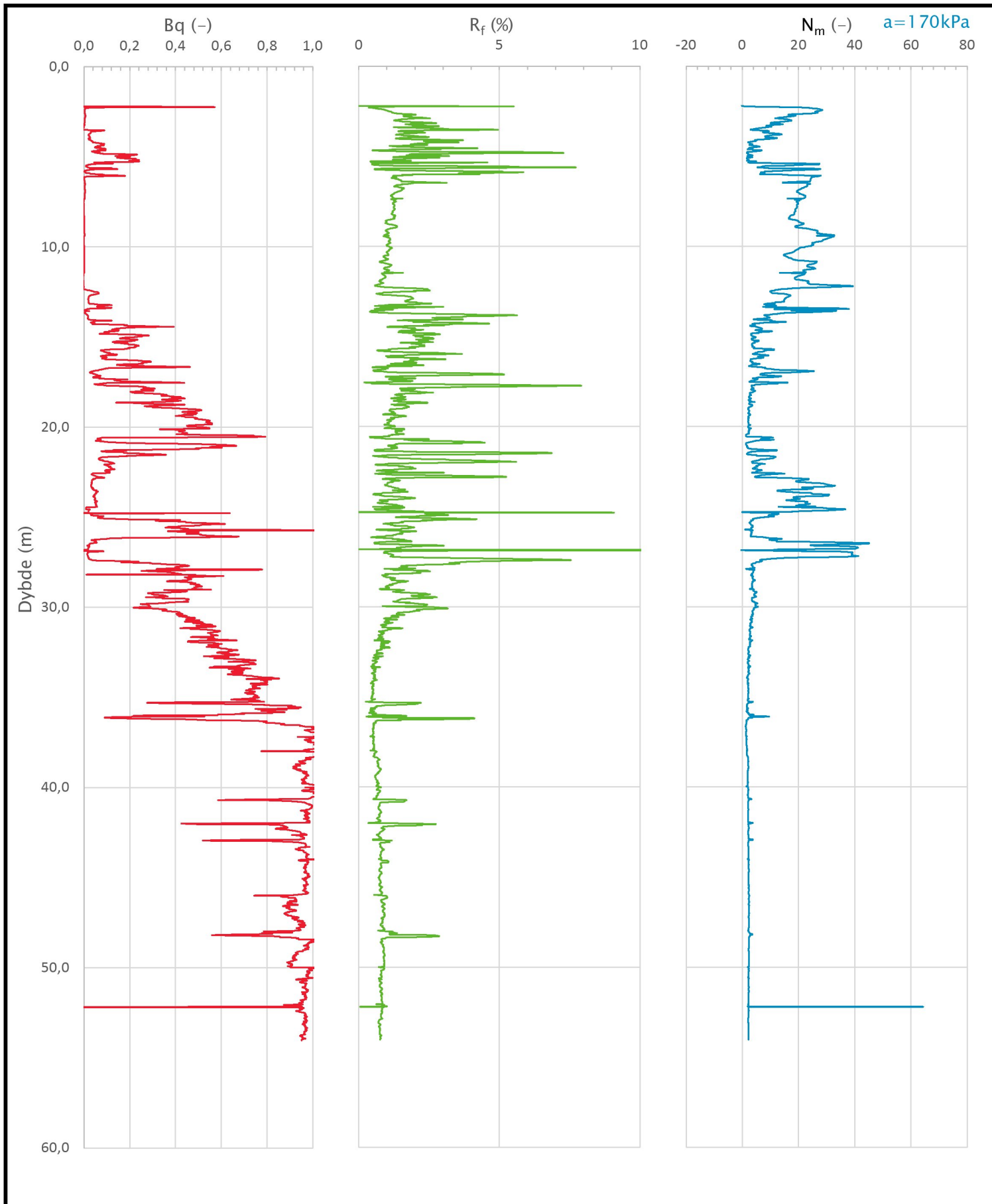
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder	SH		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	12,4		
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)	7,0		
Dato sondering	2020-03-13		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5946,9		129,5		283,5	
Registrert etter sondering (kPa)	89,6		-3,4		-1,3	
Avvik under sondering (kPa)	89,6		3,4		1,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	9,9		0,2		0,8	
Maksverdi under sondering (kPa)	57200,1		495,9		2274,0	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	100,0	0,2	3,6	0,7	2,1	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
Ikke OK	OK	Ikke OK	OK	OK		
Kommentarer:		Maksverdi 2000 kPa overskredet med 274 kPa				
		Maksverdi 50000 kPa overskredet med 7200 kPa				
Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull	
Sintef Horizon					BH08	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4775	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø		1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon		Figur	
	Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato		1	




Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull	
Sintef Horizon					BH08	
Innhold					Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger					4775	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø		1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur		
Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato	2			



Prosjekt Sintef Horizon		Prosjektnummer: 5175072		Borhull BH08
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4775
	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	Anvend.klasse 1
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-13	Revisjon Rev. dato	Figur 3



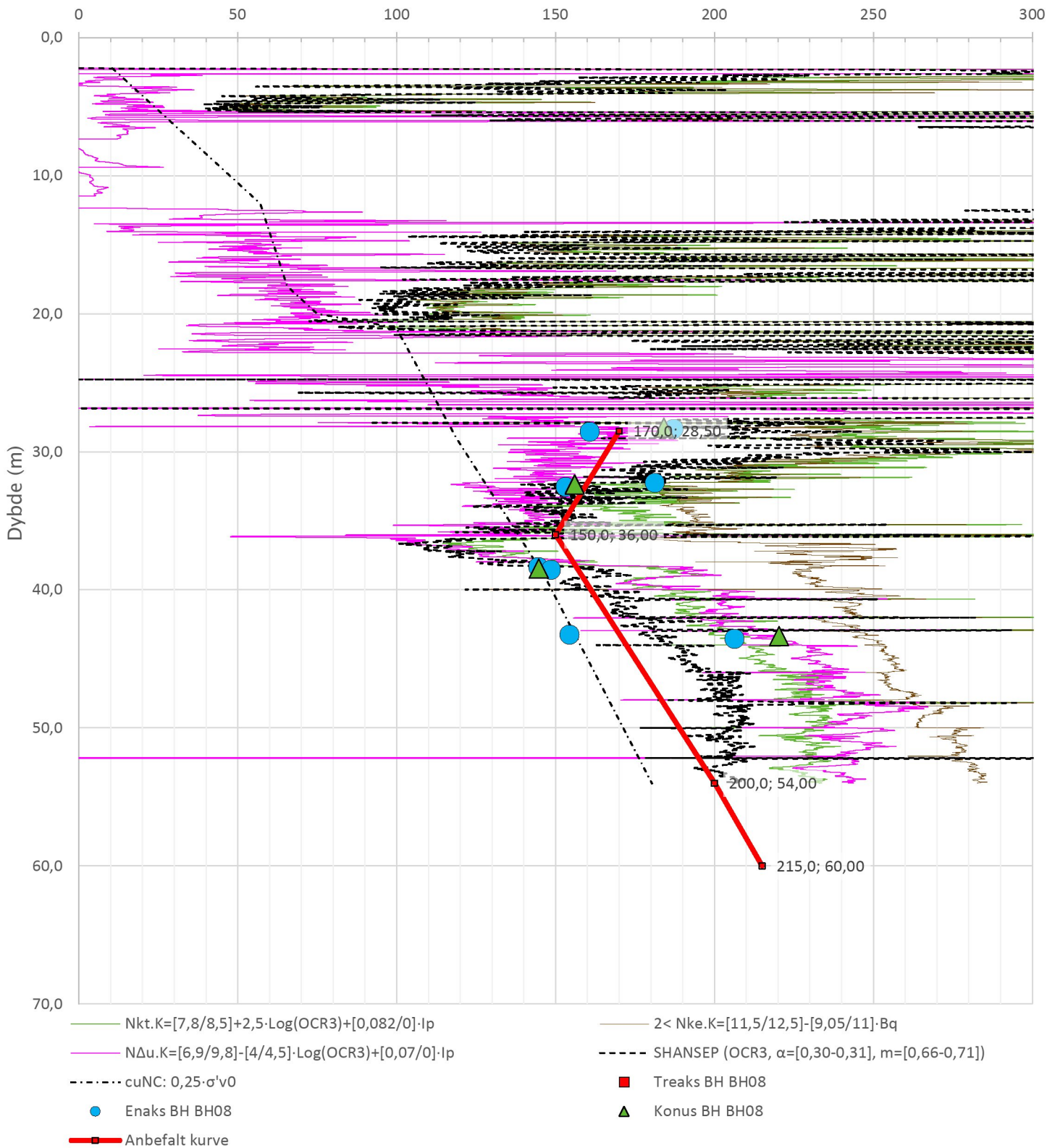
Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
Sintef Horizon				BH08
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-13	Rev. dato	4


Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH BH08: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

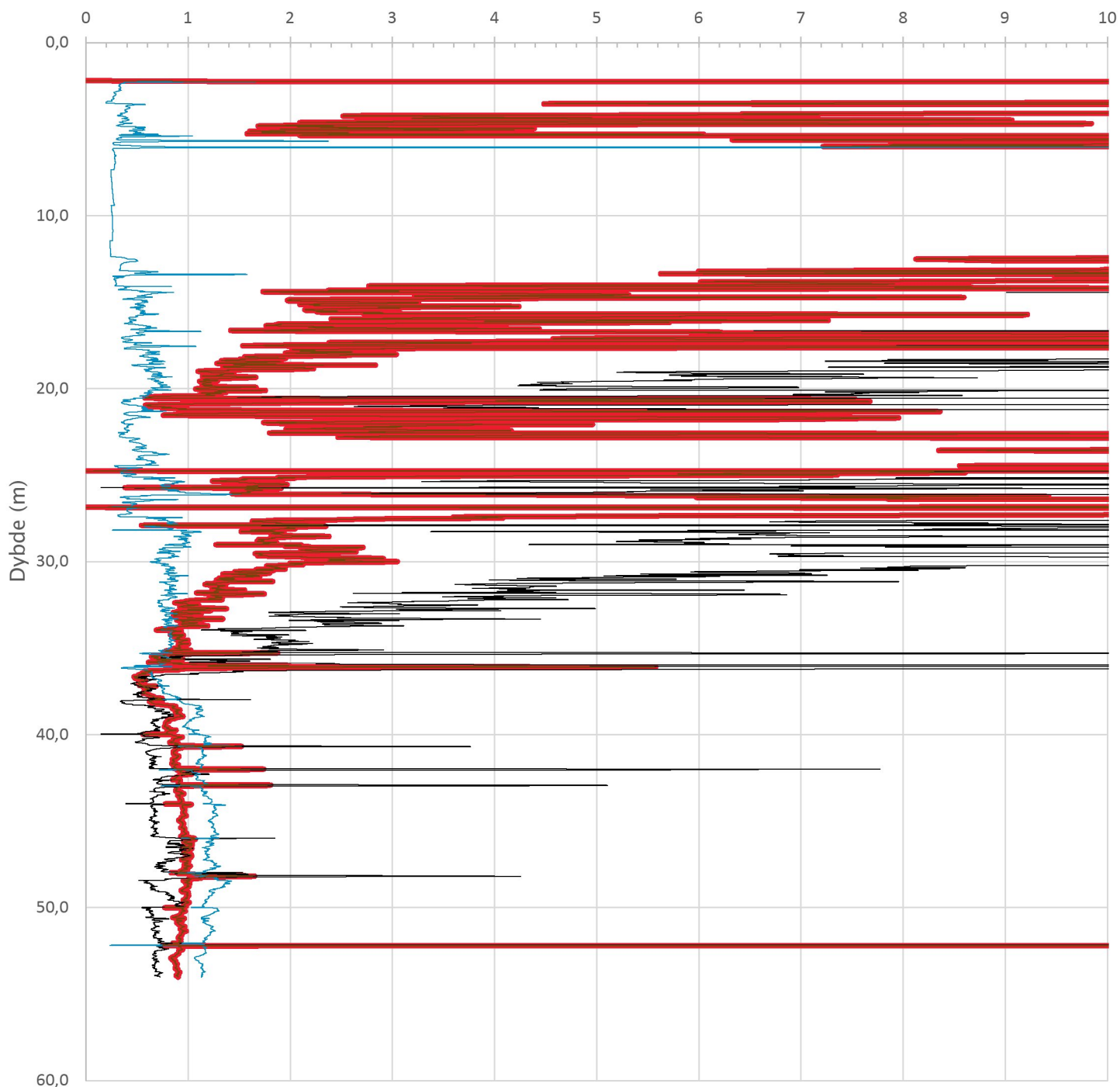
Konus BH BH08: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)





Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072	Borhull BH08
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet			Sondenummer 4775	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-13	Revisjon	Anvend.klasse 1
			Rev. dato	Figur 5

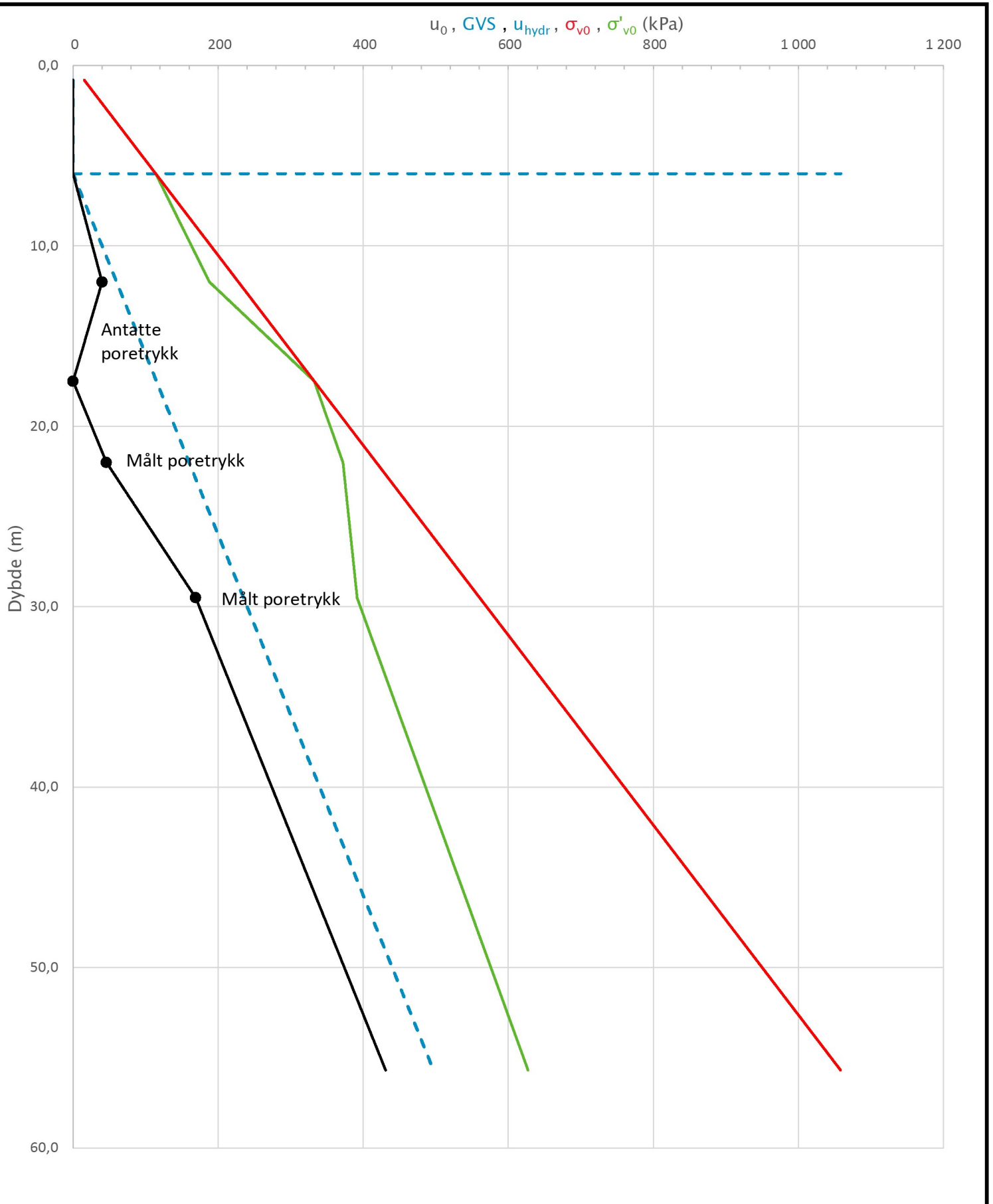
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)




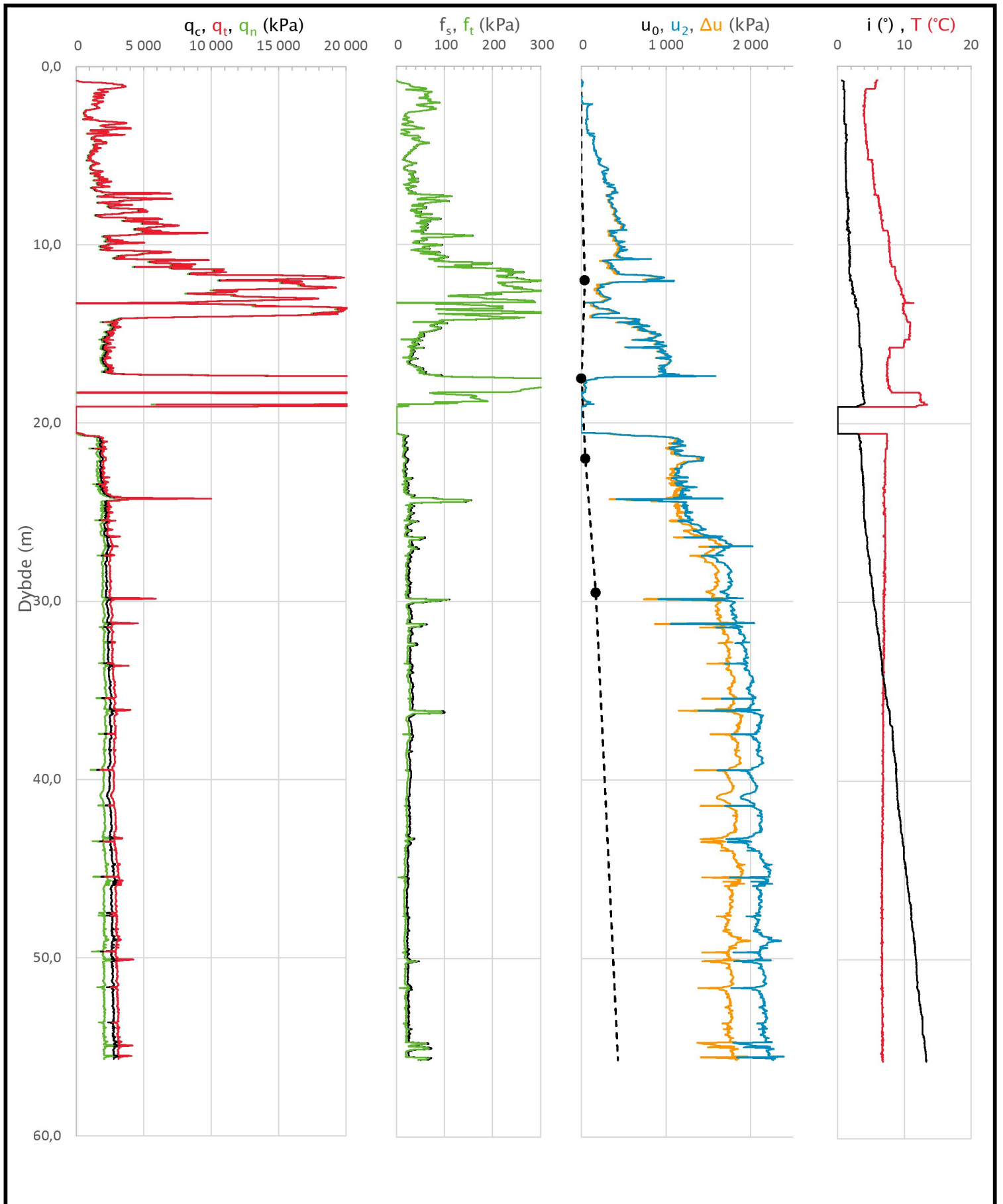
Valgt kurve: OCR3 OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$ OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt


Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072	Borhull BH08
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR			Sondenummer 4775	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens	Kontrollert Arnfinn Emdal	Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi	Dato sondering 2020-03-13	Revisjon	Anvend.klasse 1
			Rev. dato	Figur 8

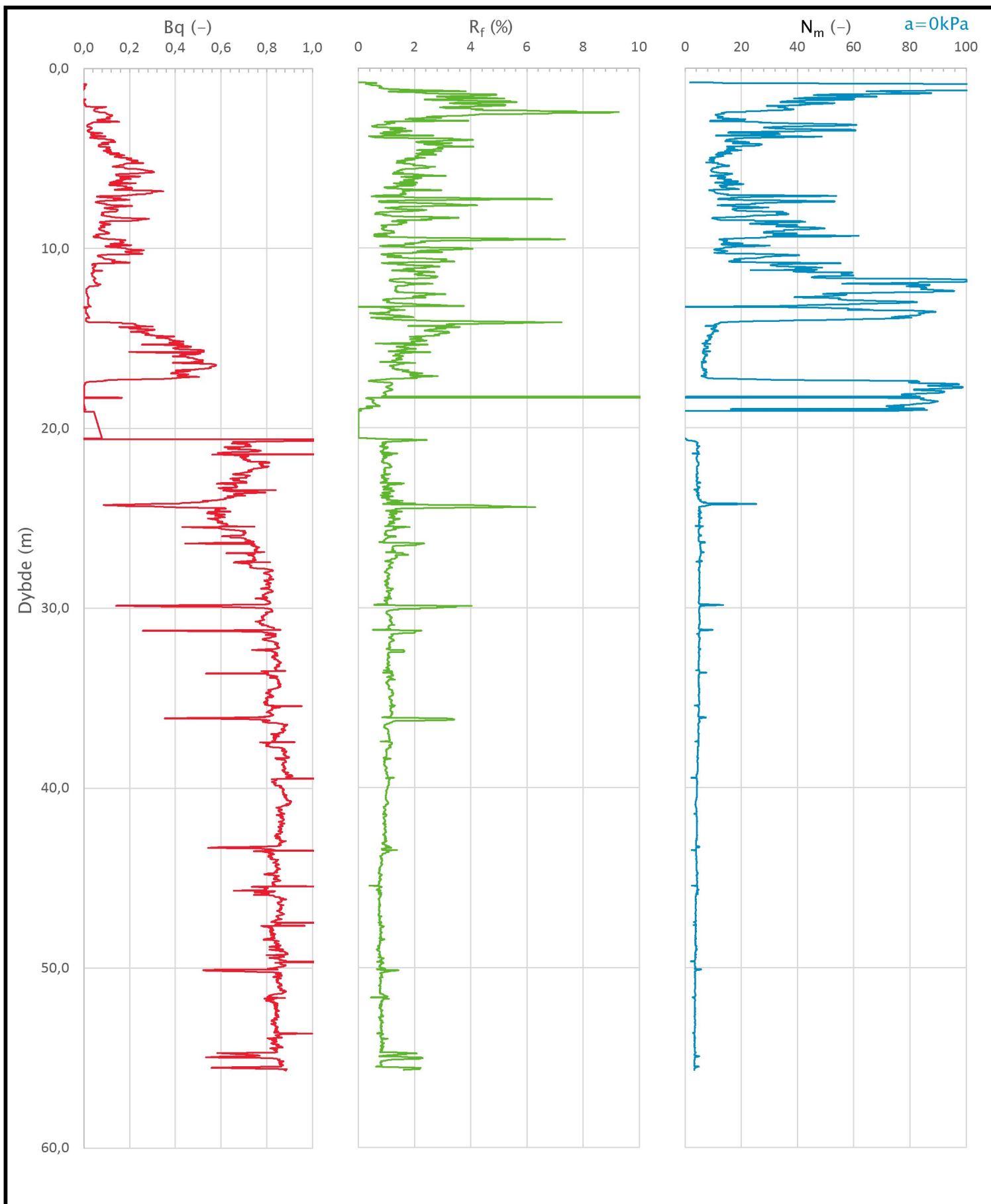
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4775		Boreleder		SH	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		13,4	
Kalibreringsdato	2019-06-20		Maks helning (°)		13,3	
Dato sondering	2020-03-14		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1574		3731		3656	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,4847		0,0102		0,0209	
Arealforhold	0,8450		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	31,972		0,735		2,502	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5989,1		127,6		267,2	
Registrert etter sondering (kPa)	27,6		-1,3		-4,3	
Avvik under sondering (kPa)	27,6		1,3		4,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	10,7		0,2		0,8	
Maksverdi under sondering (kPa)	33455,5		396,3		2394,3	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	38,8	0,1	1,6	0,4	5,2	0,2
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk		Helning	Temperatur	
OK	OK	Ikke OK		OK	OK	
Kommentarer: Poretrykkskapasiteten på 2000 kPa er overskredet med 394 kPa.						
Prosjekt Sintef Horizon			Prosjektnummer: 5175072		Borhull BH10	
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					Sondennummer 4775	
Norconsult 	Utført Egil A. Behrens		Kontrollert Arnfinn Emdal		Godkjent Christofer Klevsjø	
	Oppdragsgiver Sintef Energi		Dato sondering 2020-03-14		Revisjon Rev. dato	
					Anvend.klasse	1
					Figur	1




Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072		Borhull	
Sintef Horizon					BH10	
Innhold					Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger					4775	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø		1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon		Figur	
Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato		2		



Prosjekt			Prosjektnummer: 5175072	Borhull
Sintef Horizon				BH10
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	3



Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
Sintef Horizon				BH10
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4775
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	4

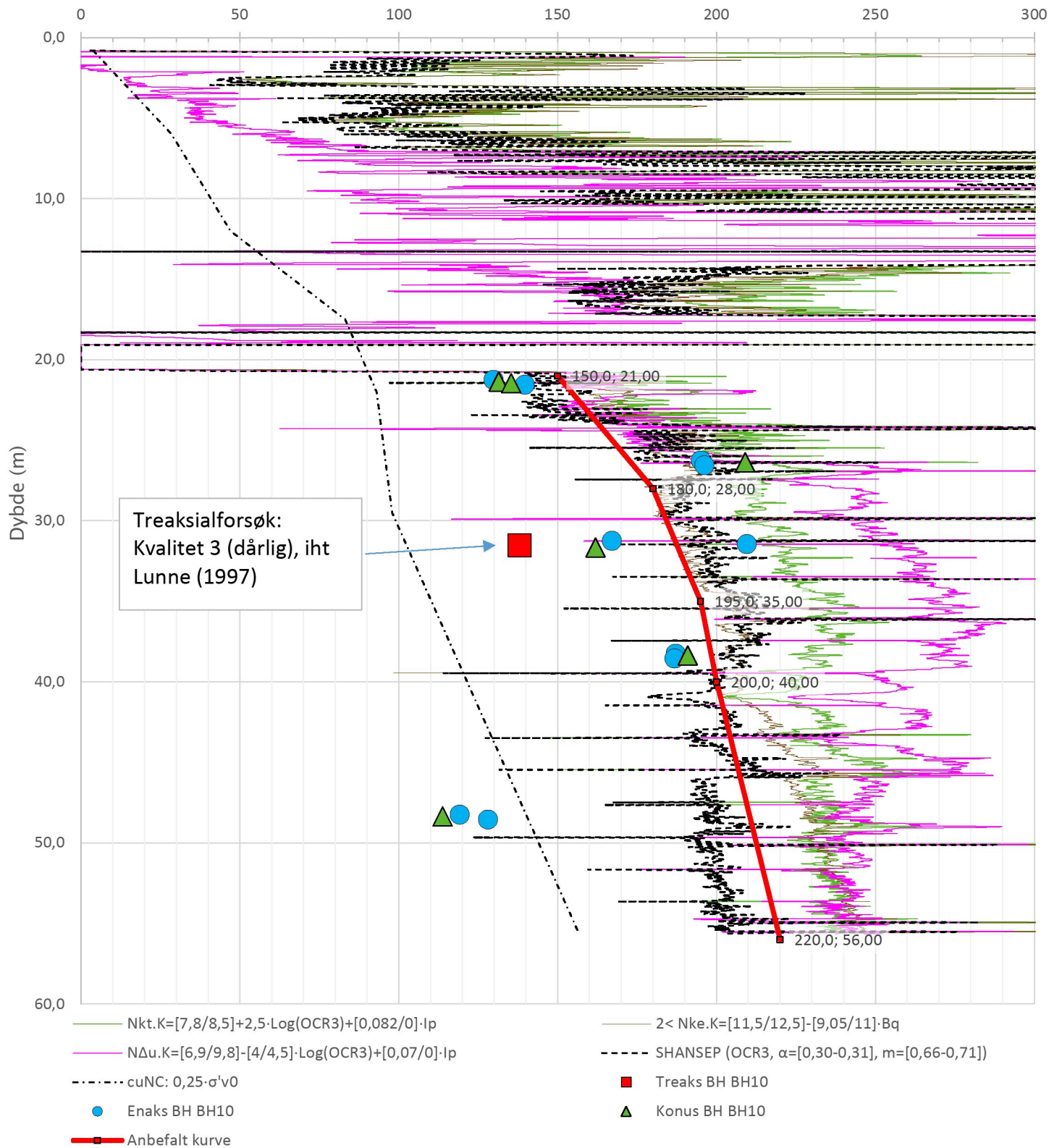
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH BH10: $c_u c / c_{u c p t u} = 1,000$

Enaks BH BH10: $c_{u c} / c_{u c p t u} = 0,630$

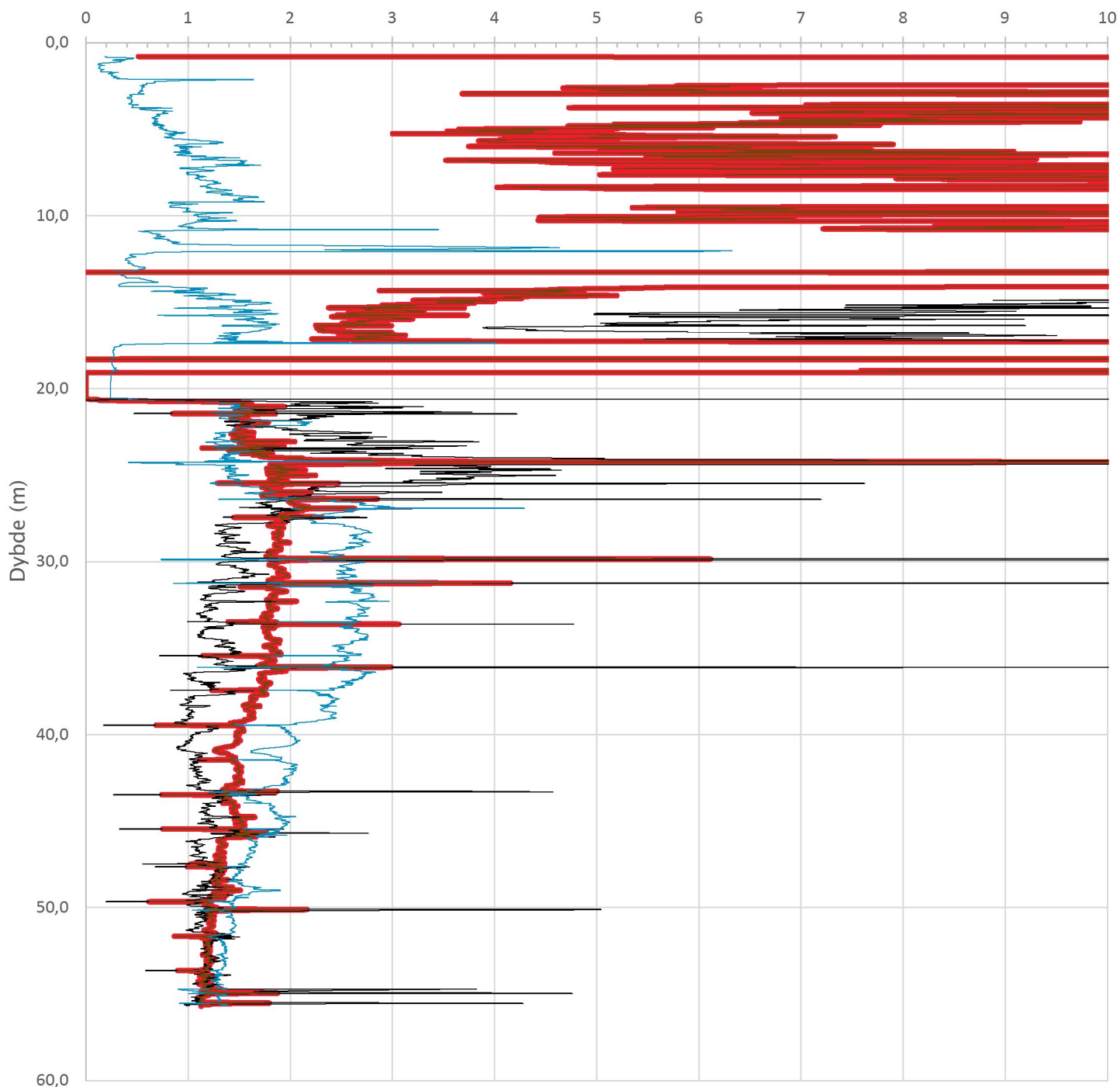
Konus BH BH10: $c_{u f c} / c_{u c p t u} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, $c_{u c p t u}$ (kPa)




Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
Sintef Horizon				BH10
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4775
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	5	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



Valgt kurve: OCR3 — OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq — OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$ — OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt

Prosjekt		Prosjektnummer: 5175072		Borhull
Sintef Horizon				BH10
Innhold			Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR			4775	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	Egil A. Behrens	Arnfinn Emdal	Christofer Klevsjø	1
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Sintef Energi	2020-03-14	Rev. dato	8