

Til: NVE Region Sør
v/ Martin N. Jespersen
Kopi til:
Dato: 2019-05-21
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20110045-19-TN
Prosjekt: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik
Prosjektleder: Håkon Heyerdahl
Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Laura Rødvand, Marius M. Søvik
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Kvikkleirefaresone 1258 Gjelstad, geoteknisk utredning

Sammendrag

På oppdrag for NVE Region Sør har NGI utført geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1258 Gjelstad. Oppdraget inngår i et større oppdrag med sikring av kvikkleiresone 1255 Stubberud på motsatt av Lågen. Sikringsarbeider mot Lågen langs sone 1255 Stubberud ble utført i 2016.

Datagrunnlag og grunnforhold

Beregningsgrunnlaget for geoteknisk utredning av Gjelstad kvikkleiresone er forbedret ved supplerende grunnundersøkelser i flere omganger. Generelt er grunnforholdene varierende og vanskelige å kartlegge i detalj, og datakvaliteten er til dels dårlig. Drenerte materialparametere brukt i stabilitetsberegningene er erfaringsverdier for aktuelle materialtyper, mens udrenert skjærfasthet i leire er basert på CPTU-sonderinger. Det er registrert poreovertrykk sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling i en målestasjon nord i sonen, hvor det er installert piezometre i to dybder.

Oppe på terrassekanten, dvs. inn under elveskråningen, antas overkant av kvikkleira i hovedsak å ligge dypere enn kote -1, med unntak av lengst i nord og lengst i sør, hvor kvikkleire påtreffes noe grunnere.

Bakover i sonen (lenger fra elva) har topplag av friksjonsmasser mindre mektighet, med stor mektighet av leire og kvikkleire fra liten dybde under terreng. Basert på grunnundersøkelsene kan dette gjelde langs hele sonens utstrekning. I den sørligste del av sonen er det dog kun utført boringer ut mot elva, ikke lenger inn på plataået.

Stabilitetsforhold

Det er foretatt stabilitetsberegninger i to profiler ned mot elva, og to profiler ned i ravinen midt i sonen.

Mot elva

Ned mot elva nord for ravinen er beregnet materialfaktor for skråningsstabiliteten 1.22 for udrenert analyse og 1.13 for drenert analyse. Med andre ord er skråningssikkerheten her ikke kritisk (men langt fra tilstrekkelig dersom tilflytting til sonen skulle være aktuelt).

Sør for ravinen er stabiliteten beregnet i ett profil. Her resulterer analysen i betydelig dårligere beregnet stabilitet enn i nord, med materialfaktor < 1.0 for drenert analyse og 1.05 for udrenert analyse. Antatt høye poretrykk i skråningen ut mot elva er en viktig årsak til den dårlige beregnede stabiliteten. Drenert sikkerhet < 1.0 følger naturlig av at skråningshelningen lokalt er meget stor.

Mot ravinen

Stabiliteten er kontrollert for to profiler ned i ravinen (ett på tvers midt i ravinen, og ett øverst i ravinen). For begge profilene viser beregningene akseptabel beregningsmessig sikkerhet for udrenert analyse (hhv. 1.43 og 1.47), men for ett av profilene viser drenert beregning dårlig stabilitet (1.04 i profil M).

Sikringstiltak

Beregningsmessig sikkerhet er funnet rimelig god for skråningen mot elva nord for ravinen. Sikringstiltak nord for ravinen vurderes derfor ikke som nødvendig, ettersom strømningsforholdene i elva ikke medfører vesentlig erosjon i denne delen av sonen. For langsiktig stabilisering av skråningen kan likevel erosjonssikring/plastring også nord for ravinen være gunstig, for å forhindre lokale utglidninger inn i kvikkleire i nedre del av skråningen.

Sør for ravinen ligger elvebunnen dypere, typisk på kote -4, og det pågår erosjon på deler av denne strekningen. Det er beregningsmessig dårlig sikkerhet sør for ravinen. Kvikkleire slår ut i nedre del av skråningen og er eksponert på elvebunnen i noen profiler, men ikke overalt.

En "fullverdig" løsning ville tilsi erosjonssikring og steinplastring av elvebunnen og nedre del av elveskråningen ca. fra ravinen i nordre delen av sonen (profil C på tegning 020), og ca. 500 meter sørover (forbi profil K på tegning 020). En slik sikring burde i så fall føres opp til over flomvannstand, og i utgangspunktet så høyt at eksponert kvikkleirelag i skråningen er dekket. Et slikt tiltak er svært omfattende og kostbart.

Bunnsenkning er kun påvist på en begrenset del av elvestrekningen nedenfor ravinen (profil F til H). Samtidig er kvikkleire ikke eksponert på elvebunn på denne strekningen nord for profil H. Dette kan tilsi at behovet for erosjonssikring er mindre enn antatt ut

fra dagens forhold. Erosjonssikring av ravinen sentralt i sonen bør utføres, mens omfattende sikringstiltak i og langs elva bør vurderes ut fra en kost/nyttevurdering

Oppdeling og utstrekning av sonen

Vi kan med grunnlag i foreliggende grunnundersøkelsesdata ikke anbefale å oppdele sonen ytterligere. Det er lite trolig at et skred som starter langt sør i sonen vil kunne resultere i et skred som berører hele sonen. Samtidig er det ikke, ut fra eksisterende topografi, mulig å trekke noen linjer som sikkert avgrenser skredutbredelsen. Konsekvensen av dette blir at sonen må beholdes intakt.

Soneutbredelsen er nylig vurdert forholdsvis detaljert som ledd i sikringsprosjektet for Stubberud kvikkleiresone på motsatt side av Lågen. Gjelstad kvikkleiresone ble da utvidet betydelig sammenliknet med opprinnelig soneutbredelse.

Det er i denne omgang kun foreslått mindre justeringer lokalt ved bebyggelsen sentralt i sonen, som resultat av supplerende boringer. I den nordlige delen av sonen anses det utover denne justeringen ikke mulig å oppnå noen vesentlig reduksjon av sonens utstrekning.

Det er et visst potensial for å redusere sonens utstrekning i den sørligste delen, dersom evt. grunnundersøkelser skulle viser at det ikke er sammenhengende kvikkleire. Dette vil ha liten praktisk betydning med hensyn til eksisterende bebyggelse.

Innhold

1	Innledning	5
2	Grunnundersøkelser og grunnforhold	6
2.1	Generelt	6
2.2	Beskrivelse av grunnforhold	6
2.3	Datagrunnlag og tolkning	8
3	Stabilitetsberegninger	8
3.1	Profil	8
3.2	Poretrykk og grunnvannsnivå	8
3.3	Styrkeparametere og romvekt	9
3.4	Anisotropifaktorer	10
3.5	Stabilitetsberegninger mot elva	10
3.6	Stabilitetsberegninger mot ravinen	11
3.7	Kommentar til utførte beregninger	12
4	Krav til sikring	13
5	Avgrensning og oppdeling av sonen	13
5.1	Avgrensning av sonen	13
5.2	Oppdeling av sonen	14
6	Anbefalte tiltak	16
6.1	Stabiliserende tiltak	16
6.2	Erosjonssikring	16
7	Referanser	21

Vedlegg

Vedlegg A	Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sondering
Vedlegg B	Resultater fra stabilitetsberegninger
Vedlegg C	Faktaark 1258 Gjelstad

Tegninger

020	Borplan Gjelstad med beregningsprofiler
200-203	Lengdeprofiler A tom. Q

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har tidligere bistått NVE Region Sør med geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik (ref. /1/). I 2016 ble sonen sikret ved utlegging av støttefyllinger langs Lågen. Prosjekterte tiltak er oppsummert i ref. /2/. Detaljerte stabilitetsanalyser pr. delstrekning er dokumentert i ref. /3/-/5/.

Vis à vis Stubberud kvikkleiresone, dvs. på venstre side av Lågen (dvs. østsiden), ligger kvikkleiresone 1258 Gjelstad. En innledende vurdering av behov for sikring på østsiden av elva er gitt i ref. /6/. Orienterende stabilitetsberegning for et beregningsprofil innenfor Gjelstad kvikkleiresone er gitt i ref. /7/.

I 2016 ble risikovurderingen for sone 1258 Gjelstad revidert (ref. /8/). Ny vurdering ble gjort på grunnlag av ny kunnskap om grunnforholdene (ref. /11/ og /12/). Sonen ble som følge av dette oppjustert fra faregrad "1 - lav" til faregrad "3 - høy", men med uendret skadekonsekvensklasse (2 - alvorlig) og risikoklasse (3 – middels prioritet). Utbredelsen av sonen ble økt, som følge av de nye grunnundersøkelsene, som viste mye større mektighet av kvikkleire oppover mot bebyggelsen enn det som var påvist i tidligere undersøkelser utført i forbindelse med oversiktskartlegging av kvikkleireskredfare (ref. /10/). Det var i den anledning kun utført én sondering på plataet ut mot elva.

NVE har bedt NGI utføre en full utredning av sonen, basert på supplerende grunnundersøkelser. Da både risikovurdering og avgrensning av sonen i utgangspunktet allerede er revurdert (ref. /8/), er det i hovedsak stabilitetsvurderinger samt vurdering av sikringsbehov som gjenstår. Det er imidlertid i tillegg gjort en ny vurdering av muligheten for avgrensning av sonen, på basis av supplerende grunnundersøkelser nær bebyggelsen på Gjelstad, utført i 2016/2017 (ref. /13/).

En forutsetning for arbeidene er at en generell stabilitetsforbedring som innebærer en større utfylling ut i Lågen, er lite ønskelig (jfr. ref. /18/).

I dette notatet brukes begrepet "kvikkleire" for enkelhets skyld som samlebegrep for både kvikkleire og sprøbruddmateriale. Kvikkleire er leire som har maksimal omrørt udrenert skjærfasthet < 0.5 kPa, mens sprøbruddmateriale er definert som leire med sensitivitet¹ > 15 og omrørt udrenert skjærfasthet < 2 kPa (ref. /15/).

¹ Sensitivitet S_t er forholdstallet mellom intakt udrenert skjærfasthet s_u og omrørt udrenert skjærfasthet s_{ur} ; $S_t = s_u / s_{ur}$

2 Grunnundersøkelser og grunnforhold

2.1 Generelt

I forbindelse med opprinnelig kvikkleirekartlegging for Gjelstad ble det kun utført én dreietrykksondering innenfor sonen (ref. /10/). Det er senere utført grunnundersøkelser innenfor Gjelstad kvikkleiresone i flere omganger, i forbindelse med pågående prosjekt for sikring av Stubberud kvikkleiresone (ref. /11/- /13/). Høsten 2017 ble det utført supplerende boringer inkludert prøvetaking i sentrale deler av sonen (ref. /14/). Plassering av borpunkter er vist på borplan, tegning 020.

Løsmassene langs elvebredden veksler mellom faste lag med sand og grus og bløtere lag med silt og leire. I dybden er det ved dreietrykksonderinger (og enkelte CPTU-sonderinger og prøver) som regel antatt å være påtruffet kvikkleire, med enkelte unntak. Det er tatt opp en del prøver, i første rekke i den hensikt å bekrefte/avkrefte forekomst av kvikkleire. Stedvis har prøvetaking vært svært vanskelig pga. topplag bestående av faste friksjonsmaterialer, særlig langs elva. De samme problemene har vært gjeldende også for nedtrengning med sonderingsutstyr.

Sonderinger er vist i profiler på tegning 200-203 (sonderinger utenfor profillinjene er trukket inn normalt på profillinjen, avstand fra profilet er angitt i parentes etter borpunktnummeret). Tolket kvikkleire er opptegnet på profilene, og materialtype fra opptatte prøver er vist på profilene. På tross av en ikke ubetydelig datamengde er det noe usikkerhet knyttet til nøyaktige laggrensener og mektighet av kvikkleirelaget, da sonderingskurvene (boremotstanden) i mange tilfeller ikke gir klart skille mellom sand/-silt-sedimenter, og undersøkelsene dessuten viser at lagene med forskjellige massetyper skifter fort, både lateralt og vertikalt. Merk for øvrig at på tegning 200-203 er det for enkelte sonderinger lagt inn antatt jordtype under kode for borstopp; dette er kun antatt jordart fra boreleder, og opplysningene må ikke brukes til prosjekterings-formål.

2.2 Beskrivelse av grunnforhold

I hovedtrekk kan grunnforholdene beskrives som følger:

- Ute i elva påtreffes i dybden et fast leirlag som ikke er kvikt. Et eksempel er sondering 506 sør i sonen. Dette faste, antatt lite sensitive leirlaget er også påvist i elva på motsatt side av Lågen, dvs. vestre elvebredd (ref. /1/).
- Flere steder er det imidlertid bløte masser fra elvebunn og i stor mektighet, ned til det underliggende fastere leirlaget. Det er eksempelvis bekreftet kvikkleire (fra kote -1 til -5) i laboratorieprøver fra det bløte topplaget ute i elva rett utenfor skråningsfoten, i borpunkt 501 i nordre del av sonen (profil B).
- Boringer utført på toppen av elveskråningen viser svært lagdelt grunn, noe som gjør tolkning vanskelig. Kvikkleire er ikke påvist grunnere enn kote -1 i borpunktene utført på toppen av skråningen (Tabell 1). Det er enkelte bløte lag

med silt/leire grunnere i profilene, men disse er usammenhengende og heller ikke påvist kvikke.

- ↗ I øvre del av sonen, bakenfor terrassen og i økende avstand fra elva ligger leira grunnere, og med større mektighet. Særlig i nordre del av sonen er det stor mektighet av kvikkeleire, som påtreffes fra få meters dybde under terreng.
- ↗ Mektigheten av kvikkeleirelaget avtar mot sør.
- ↗ Det antas å være leire/kvikkeleire på nivå med, eller noe over, elvebunn i foten av skråningen.

Tabell 1 Antatt overkant av kvikkeleirelag ved foten av elveskråningen og på platået på toppen av elveskråningen for profiler ut mot elva langs Gjelstad kvikkeleiresone

Profil	Antatt øvre avgrensning av kvikkeleire (ca. kote)		Kommentar
	Ved skråningsfot	På platået	
A	+3	+4.5	Prøver på platået (523). Kvikkeleire er påvist med prøver først ved kote -1.
B	-1	0	Kvikkeleire påvist med prøver i elva (501) og antatt fra sonderinger på platået (502). Lenger bak i sonen er kvikkeleire bekreftet med prøver (526) ved kote +23 til +11.
C	-2	-2	Kvikkeleire er påvist med prøver på platået (524) ved kote -4.
D	-1.5	-1	Dreietrykksondring på platået (532) indikerer kvikkeleire ved kote -1 og dypere.
E	Usikkert		Muligens så dypt som -5, ev. tynne lag med kvikkeleire grunnere: Totalsondering på platået (505).
F			
G	Usikkert		Muligens så dypt som -7, ev. tynne lag med kvikkeleire grunnere: Dreietrykksondring på platået (533).
H	-1	-1	Lagdelt. Muligens tynne lag grunnere enn -1: Dreietrykksondring på platået (534).
I	0	0	Muligens kvikkeleire: Dreietrykksondring på platået (535).
J	-	-	Ikke kvikkeleire ute i elva (506); ikke utført boring på land.
K	+2.5	+2.5	Ikke tatt prøver, men indikasjon på et cirka 3 m tykt kvikkeleirelag: Dreietrykksonderinger på land (507, 508, 510).
Sør for K	+2.5	Usikkert	Basert på dreietrykksondring (509) på lavt platå kote +4 og dreietrykksondring (511) på platå kote 11.

2.3 Datagrunnlag og tolkning

Lagdeling varierer sterkt, og gjør det vanskelig å være konsistent i tolkningen av lagdeling fra profil til profil. Prøver er utnyttet i den grad de finnes, og analog tolkning mellom innbyrdes like sonderinger med og uten prøver er forsøkt benyttet.

Generelt gjelder det at grunnlagsdata fra utførte grunnundersøkelser har vært vanskelig å tolke/sammenstille, og utførelsen av feltarbeidene synes dessuten å ha bydd på til dels store problemer. Blant annet er CPTU-data av varierende kvalitet, og i flere tilfeller stemmer nivå av opptatte prøver ikke med antatt lagdeling basert på andre data (sonderinger). I enkelte punkter stemmer innmålt nivå av borpunkt ikke overens med terreng fra kart. Data fra CPTU og dreietrykksonderinger stemmer heller ikke alltid overens innbyrdes. Avanserte laboratorieforsøk har ikke vært aktuelt pga. dårlig prøve kvalitet og vanskelige prøvetakingsforhold gjennom faste lag. Drenerte styrkeparametere i sand og silt benyttet i beregningene er erfaringsparametere.

3 Stabilitetsberegninger

3.1 Profiler

Mot elva

Stabiliteten er beregnet for to profiler ned skråningen mot elva, profil P og profil H. For Profil P er stabiliteten tidligere beregnet (ref. /7/), og resulterte da i beregningsmessig kritiske forhold for både udrenerte og drenerte forhold. Dataene om grunnforholdene er nå supplert, slik at beregningen nå revideres med noe mer gunstige forutsetninger.

Mot ravinen

I tillegg er det utført stabilitetsberegning for to profiler (profil M og Q) ned i den markerte ravinen sentralt i sonen.

3.2 Poretrykk og grunnvannsnivå

Poretrykksforholdene er basert på poretrykksmålere i borpunkt 523, nord i sonen, hvor det er to målere på hhv. 7 og 14 m dypde (dvs. ca. kote +6 og -1). En ny poretrykksavlesning i 2016 bekrefter noenlunde poretrykksforholdene fra tidligere avlesning (ref. /19/). Antatt grunnvannsnivå i dette borpunktet er nær nivået for den grunneste måleren (svinger noe over og under denne), mens det er betydelig poreovertrykk ned til den dypeste måleren (ca. 20 kPa overtrykk sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling).

Det vil være lokale variasjoner i grunnvannsnivå og poretrykksverdier langs elve-skråningen sørover langs sonen. Det er imidlertid ingen poretrykksmålinger ved skråningsfoten, og heller ikke i søndre del av sonen. Det betydelige poreovertrykket som

er målt ved borpunkt 523 er derfor i beregningene forutsatt å eksistere også videre sørover.

Den sterke lagdelingen, hvor leirlag veksler med lag av mer drenerende masser, kan medvirke til at grunnvannsnivået ligger lavt, og i grus- og sandlag kan grunnvannet trolig stå nær bunnen av disse. Poretrykksantakelsene kan muligens derfor være for konservative (for høye poretrykk) for enkelte av profilene.

3.3 Styrkeparametere og romvekt

Detaljert lagdeling, styrkeparametere og romvekt for hvert jordlag i beregningsmodellene fremgår av vedlegg B.

Romvekt av materialene er basert på opptatte prøver, og varierer mellom 18 og 20 kN/m³.

Drenerte styrkeparametere er basert på erfaringsverdier, se Tabell 2; i tillegg er det sett hen til styrkeverdier målt i leire fra motsatt side av elva (ref. /1/).

Tabell 2 Drenerte styrkeparametere og romvekt benyttet i stabilitetsberegningene

Materiale	Friksjonsvinkel ϕ' (grader)	Kohesjon c' (kPa)	Romvekt (kN/m ³)	Basert på
Sand	35	0	19	Erfaringsverdi
Leire1	30	3	19.5	Erfaringsverdi
Kvikkleire/Kvikkleire1	27	3	18	Erfaringsverdi, normalt for bløt leire
Kvikkleire2	27	3	20	Erfaringsverdi, normalt for bløt leire
Leire2	33	5	20	Triaksialforsøk fra Stubberud (ref. /1/)
Morene	38	0	20	Erfaringsverdi

Lagene leire1 og leire2 er hhv. leire som påtreffes mellom sandlag oppe i skråningen (leire1) og det faste leirlaget som påtreffes i dybden ute i elva (leire2). I profil P er det skilt mellom to lag i kvikkleire, hhv Kvikkleire1 og Kvikkleire2, hvor Kvikkleire1 har betydelig lavere romvekt enn Kvikkleire2 (jmf. vedlegg B01). I andre profiler er det kun ett lag med kvikkleire, med romvekt 18 kN/m³.

Udrenert styrke i leire er basert på prøver og tolkning av CPTU-sonderinger (jfr. vedlegg A01-A06). Det er ved vurdering av udrenerte styrkeprofiler tatt hensyn til varierende overkonsolideringsforhold langs skråningen. Styrkeprofilene er vist i selve stabilitetsprofilene i vedlegg B01-B04.

3.4 Anisotropifaktorer

Følgende anisotropifaktorer er benyttet:

Ikke-kvikk leire:	$s_{uD}/s_{uA}=0.7, s_{uP}/s_{uA}=0.4$
Kvikkleire:	$s_{uD}/s_{uA}=0.60, s_{uP}/s_{uA}=0.35$ samt 15% reduksjon for s_{uA}

s_{uA} , s_{uD} og s_{uP} er hhv aktiv, direkte og passiv udrenert skjærfasthet.

Reduksjonen på 15 % for aktiv udrenert skjærfasthet i kvikkleire er foreslått i NVEs retningslinjer (ref. /15/), og er en bloc-kompensasjon for "sprøbruddeffekt" i sprøbruddmateriale, dvs. tap av udrenert styrke ved skjærtøyning over tøyingsnivået ved maksimal målt udrenert skjærfasthet. Det er på samme måte gjort en mindre reduksjon av anisotropifaktor i kvikkleire for direkte skjærfasthet (fra 0.7 til 0.60).

3.5 Stabilitetsberegninger mot elva

Resultater fra stabilitetsberegninger er vist i vedlegg B, figurene B01 tom. B04.

3.5.1 Profil P-P (elvebredden)

Beliggenhet av profil P er vist på tegning 020. Profilet går fra bebyggelsen i øvre del av sonens nordlige del og ned til elva. Beregningsresultater for profil P-P er vist på figur B01.

For drenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.13$

For udrenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.22$

Endrede beregningsforutsetninger sammenliknet med tidligere beregning (ref. /7/) innebærer bl.a. at gruntliggende lag som tidligere (konservativt) var antatt å bestå av kvikkleire, i revidert beregning ikke lenger anses å være kvikke. Dette gjelder for lag ned til nivåer angitt i Tabell 1. Denne endringen i materialtype medfører at materialparametere, derunder anisotropifaktorer for udrenert analyse, i disse lagene endres i positiv retning, og gir en forbedret beregningsmessig stabilitet.

Beregnet materialfaktor i størrelsesorden 1.2 anses ikke kritisk for en naturlig skråning (men er heller ikke tilstrekkelig for evt. utbygging innenfor kvikkleireområder, dersom dette medfører tilflytting til sonen). Stabiliserende tiltak anses ikke nødvendig med mindre det pågår naturlige prosesser som gradvis kan forverre stabilitetsforholdene. Spesielt er erosjon direkte inn i eksponert kvikkleire ugunstig.

3.5.2 Profil H (elvbredden)

Profil H er av de bratteste sør for ravinen, og stedvis er skråningshelningen $>1:1$. Beregningsresultater for profil H er vist på figur B02.

For drenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 0.88$

For udrenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.05$

For både drenert og udrenert beregning som vist i Figur B02 gjelder at de kritiske glideflatene er tvunget ned i kvikkleire (under sandlaget), slik at det kun er glidninger som berører kvikkleirelaget som vurderes (og som er vist på Figur B02). Resulterende kritiske glideflater er likevel relativt grunne. Den dypeste glideflaten (for udrenert analyse) går ca. 1 m under elvebunn.

Beregningsforutsetningene må for drenert analyse være noe for ugunstige, siden materialfaktoren ikke kan være lavere enn 1.0. Dette kan skyldes både at antatt friksjonsvinkel er for lav, at det er noe kohesjon i materialet (antatt kohesjonsløst i beregningene), eller at poretrykksantakelsene er for konservative. Det kan også være effekt av negative poretrykk (sug) i sand- og siltlag over grunnvannstand (som evt. dissiperer ved nedbør og resulterer i grunne glidninger).

Uansett er det liten tvil om at kritiske stabilitetsforhold langs elvbredden må anses dokumentert. Dette gjelder alle steder hvor skråningsprofil og lagdeling er noenlunde tilsvarende som ved profil H, og i utgangspunktet størstedelen av strekningen sør for ravinen.

Overflateglidning av terrengoverflaten vil beregningsmessig være mer kritisk enn beregninger hvor glidesirkelene tvinges ned i kvikkleire (disse er ikke vist). Dette skyldes at skråningshelningen er høyere enn antatt friksjonsvinkel. For glidning parallelt med skråningen i sandlaget (forutsatt at dette er kohesjonsløst) vil materialfaktoren være ca. 0.7. Slike grunne glidninger i overliggende friksjonsmasser er i liten grad relevant for utløsning av større skred som involverer kvikkleire, men vil medføre skade på vegetasjon/trær osv.

3.6 Stabilitetsberegninger mot ravinen

3.6.1 Profil M (ravinen)

Profil M, se tegning 020, går fra nord til sør (på tvers av ravinen) ca. midtveis oppe i ravinen. Grunnundersøkelsene indikerer at kvikkleira ligger grunnere på sørsiden enn på nordsiden av ravinen, hvor topplaget av sand har større mektighet. Terrenget stiger slakt opp i retning av bebyggelsen i sør og i øst. Beregningsresultater for profil M er vist på figur B03.

For drenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.04$
For udrenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.43$

Stabilitetsanalysene i profil M gir lav beregnet sikkerhet for drenert analyse, nær kritisk skråningsstabilitet. Det er i beregningene antatt høye poretrykk basert på målte data. Det er imidlertid begrensede poretrykkdata tilgjengelig, og beregningsforutsetningene kan være noe gunstige. For udrenert analyse er beregnet sikkerhet god.

3.6.2 Profil Q (ravinen)

Beregningsresultater for profil Q er vist i figur B04.

Profil Q (tegning 020) går fra bebyggelsen i nordre del av sonen og ned gjennom ravinen mot vest, i retning elva. Skråningen ned i ravinen har helning ca. 1:2. Basert på grunnundersøkelsene antas ca. 2 m topplag sand over et lag med ikke-kvikk leire, over underliggende kvikkleirelag. Kvikkleira ligger trolig grunt nede i ravinen, muligens i dagen.

For drenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.34$
For udrenert analyse gir kritisk glideflate beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 1.47$

Ut fra tolket lagdeling kan erosjon i ravinen antas å skje i kvikkleire. Stabilitetsforholdene er forøvrig beregningsmessig gode.

3.6.3 Ytre del av ravinen

Ytre del av ravinen mellom profil C og D (se tegning 020) er bratt og dyp, med noenlunde samme skråningshøyde og skråningshelning som elveskråningen, jmf. profil L (tegning 203). Kvikkleira i profil L på tvers av ravinen ligger noe under ravinebunn. Det er ikke utført separat beregning av stabiliteten i den ytre delen av ravinen, men det antas at stabilitetsforholdene er nokså like (muligens litt bedre) enn for profiler ned skråningen mot elva. Brudd i skråningen ned i ytre del av ravinen antas å skje i friksjonsmasser og ikke-kvikk leire.

3.7 Kommentar til utførte beregninger

Lagdelingen som fremgår av profilene i tegning 200-203 baserer seg på foreliggende data. Stabilitetsberegningene beskrevet i dette kapittelet er ikke oppdatert for siste runde med grunnundersøkelser (ref. /14/). Eventuell oppdatering av lagdeling basert på de nyeste grunnundersøkelsene kan gi marginal endring i beregnet sikkerhet, men vurderes uansett ikke å ga noen praktisk betydning for vurdering av behov for sikringstiltak langs elva, eller ravinen.

4 Krav til sikring

For eksisterende bebyggelse finnes det ingen spesifikke krav til beregnet skråningsstabilitet (materialfaktor). For evt. nye boliger innenfor sonen krever TEK 17 (teknisk veiledning til plan- og bygningsloven, ref. /16/) at områdestabiliteten vurderes, og NVEs retningslinjer gir da nærmere beskrivelse av krav til stabiliteten og nødvendige tiltak. I praksis må enten nåværende materialfaktor være 1.4 eller bedre (for både drenert og udrenert analyse). Dersom stabiliteten er dårligere enn dette, må stabilitetsforholdene forbedres, enten slik at stabiliteten etter tiltak er 1.4, eller prosentvis forbedret (mellom 0 og 15 %, ut fra dagens beregningsmessige sikkerhet og faregrad for sonen).

5 Avgrensning og oppdeling av sonen

5.1 Avgrensning av sonen

Avgrensning og evt. oppdeling av en kvikkleiresone kan baseres på bl.a. topografiske kriterier (som dypere raviner), dokumentert ikke-sammenhengende kvikkleirelag eller oppstikkende berg. Basert på stabilitetsberegninger kan også utbredelsen av sonen i prinsippet revurderes, ved at dybden av kritiske glideflater sammen med lagdeling benyttes for en detaljert vurdering av løснеområdets utbredelse. En revurdering av sonen er imidlertid foretatt i mars 2016 (ref. /8/), basert på nokså omfattende supplerende grunnundersøkelser.

Høsten 2017 ble det utført ytterligere supplerende undersøkelser i sonen (ref. /14/). På grunnlag av prøveresultater som avkrefte sprøbruddmateriale i borpunkt 527 ble det i samråd med NVE bestemt å innskrenke en liten del av kvikkleiresonen (jf. ref. /23/), slik at ett hus ved bebyggelsen på Gjelstad ble ekskludert fra sonen i øst.



Figur 1 Justering av sonegrense ved bebyggelsen på Gjelstad. Sonen er lagt nord og vest for det østligste huset (tidligere lå sonegrensen øst for dette huset).

Det er fortsatt et visst (uavklart) potensiale for innskrenkning av sonen i søndre del, hvor det er utført færre grunnundersøkelser. Spesielt dybden til kvikkleire bakover i sonen (innover jordet) må da undersøkes nærmere, samt om avsetningen er sammenhengende. En eventuell reduksjon helt i sør vil ha liten praktisk betydning for skredfaren, og også for sikringsbehov, for bebyggelsen innenfor sonen. I nordre del av sonen anses potensialet for reduksjon av soneutbredelsen å være lite, da overkant av kvikkleirelaget stiger raskt bakover i sonen og terrenget samtidig stiger. Det er oppstikkende berg-overflate som i hovedsak avgrenser sonen i nordre del.

5.2 Oppdeling av sonen

Profilene vist på tegning 200-203 (beliggenhet vist på tegning 020) viser at det er noe større mektighet av kvikkleire i nord enn i sør, men samtidig at kvikkleirelaget må antas å være sammenhengende langs hele strekningen, og gjennom hele sonen. Kvikkleirelaget ligger dypere ut mot elveskråningen. I de fleste av profilene er det også tolket kvikkleire i dagen på elvebunnen rett utenfor skråningsfoten. Kvikkleirelaget er tynnere i sør, og antas i profilene I, J og K å utgjøre et lag med 2-4 m tykkelse ut mot elva.

Det er knyttet en del usikkerhet til lagdelingen i profilene. Flere steder er sonderinger avsluttet på grunn av fastere masser, steinblokker og generelt

Basert på lagdelingen er det mulig for et skred, som griper inn i denne avsetningen, å bre seg både langt til siden og bakover i sonen.

Nord for profil F

Nord for den sørligste bebyggelsen i sonen må det antas at skred som løsner i elveskråningen potensielt vil kunne utvikle seg til et skred som omfatter hele det bebygde området, dvs. fra og med (søndre) Gjelstad og helt til sonegrensen i nord.

Bergknollen ved profil F

En mulig fysisk sonedeling kunne tenkes lagt ved bergknollen rett nedenfor bebyggelsen på (søndre) Gjelstad, dvs. ca. følge profil F. Grunnboringene 527, 538 og 540 nær bebyggelsen viser imidlertid at det er 6-8 m leire og antatt kvikkleire ovenfor og på begge sider av bergknollen. Prøvetaking høsten 2017 (ref. /14/) viser at leira i dybde 2-7 m i boringpunkt 527 er på grensen til å karakteriseres som sprøbruddmateriale, med omrørt skjærfasthet hårfint over 2.0 kPa og i ett tilfelle under 2 kPa. Sondering 540 nærmere bebyggelsen indikerer sensitiv leire i dybde 2.5-4 m. Kvikkleira antas å strekke seg opp til den vestligste delen av bebyggelsen, som ligger en god del høyere enn skråningskanten mot elva. Vestre del av bebyggelsen må derfor antas å kunne rammes av skred, enten et skred løsner nord eller sør for denne bergknollen. Det østligste huset er foreslått tatt ut av sonen (jf. avsnitt 5.1).

Skred som løsner langs elvekanten enten nord eller sør for bergknollen ved profil F kan i prinsippet bre seg inn på plataet/oppover skråningen og forbi bergknollen. En

avgrensning/oppdeling av sonen her, med grunnlag i bergknollen, anses derfor ikke tilrådelig (mulig).

Mellom profil F og profil H

Skråprofilet N (tegning 203), som starter ca. ved profil H viser at kvikkleirelaget her ligger dypt. Likevel har kvikkleirelaget langs profil N en slik helning, beliggenhet og mektighet bakover i sonen at det vanskelig kan utelukkes helt at eventuelle lokale skred mot elva, ved profil H, kan nå bakover til bebyggelsen lenger nord/øst. Bebyggelsen ligger rett til høyre for borpunkt 538 på profil N, jmf. tegningene 020/203.

Sør for profil I

Skråprofilet O (tegning 203) som starter ca. ved profil J, er langt gunstigere enn profil N, da kvikkleirelaget tolkes til å ligge dypt og bare er noen få meter tykt et godt stykke bakover fra skråningsfoten/elva. En lokal glidning mot elva vil her vanskelig forplante seg videre bakover. For områdene sør for profil I vurderes sannsynligheten derfor stor for at et skred som løsner mot elva ikke vil bre seg lateralt over større avstander og omfatte hele sonen. For et tilfeldig valgt løsnepunkt for et initialskred er det likevel ikke mulig å fastslå akkurat hvor et slikt skred vil stoppe sideveis, og det er derfor ikke tilrådelig å dele opp sonen ut fra en slik betraktning. Sør for profil H er det kun utført boringer ute på skråningskanten og ute i elva, og lagdeling bakover i sonen er derfor ikke kjent.

Oppsummering

Basert på det tilgjengelige datagrunnlaget, er det ikke funnet grunnlag for videre oppdeling av sonen. Det horisontale plataet langs elveskråningen, hvor kvikkleira ligger dypt, danner en buffer mot en alvorlig skredutvikling, ved at initialskred vil løsne i en sone hvor største del av jordprofilet er (til dels faste) friksjonsmasser, og kvikkleirelaget i hovedsak delvis bare er noen meter tykt. Dette er særlig utpreget sørover i sonen.

Likevel er det ikke funnet noe åpenbart sted hvor sonen kan deles, ut fra et kriterium om at skred som løsner på den ene siden av avgrensningen ikke skal kunne bre seg over sonegrensen. Dette gjelder i praksis hele elvestrekningen langs sonen, hvor terrassen langs Lågen er noenlunde flat og jevn høy, og kvikkleira ligger noenlunde på samme nivå, samt med større mektighet bakover i sonen.

Grunnforholdene og beregnet stabilitet tilsier i utgangspunktet behov for å erosjonssikre elva langs en relativt lang strekning, dette bør imidlertid vurderes ut fra bl.a. erosjonsforhold; se diskusjon i kapittel 0.

6 Anbefalte tiltak

Foreslåtte sikringstiltak tar utgangspunkt i at det her ikke vurderes som tilrådelig å dele opp sonen i mindre deler, basert på foreliggende data for grunnforholdene.

6.1 Stabiliserende tiltak

Der skråningsstabilitet er beregningsmessig dårlig, er det generelt ønskelig med reell stabilitetsforbedring (det er dog ikke noen krav om dette for eksisterende bebyggelse). Ved lav sikkerhet kan små endringer i ugunstig retning (naturlige eller menneskeskapte) få store konsekvenser. Ut fra ønsket fra NVE om å unngå utfyllinger i Lågen, er større motfyllinger ved skråningsfoten (dvs. utover erosjonssikring) lite aktuelt. Stabilitetsforbedring vil evt. kunne gjøres ved avlastning på toppen av elveskråningen (primært sandmasser, og ikke ned i kvikkleire). Dette antas relativt enkelt å gjennomføre, og kan gi en betydelig stabilitetsmessig forbedring for den bratte skråningen mot elva. Samtidig må det kontrolleres at avlastningen gir ønsket beregningsmessig stabilitetsforbedring for andre glidesirkler enn den opprinnelig mest kritiske. Gravemasser fra avlastning må trolig kjøres ut av sonen for deponering (evt. planeres jevnt utover i god avstand fra skråningskanten, forutsatt at stabilitetsberegninger viser at dette er akseptabelt). Eventuelle tiltak må detaljprosjekteres.

Noe stabilitetsforbedring i nedre del av ravinen vil være gunstig, i kombinasjon med erosjonssikring, se avsnitt 6.2

6.2 Erosjonssikring

6.2.1 Generelt

Det viktigste forebyggende tiltak mot naturlig utløste skred er å unngå at naturlige prosesser, i første rekke erosjon langs elver og bekker, gradvis medfører stabilitetsmessig forverring og fører skråningen nærmere en kritisk situasjon. Initialskred som griper inn i, eller medfører lokal overbelastning av kvikkleire i foten av en skråning, kan medvirke til retrogressiv (evt. progressiv) bruddutvikling, som er typiske bruddforløp for kvikkleireskred.

6.2.2 Erosjonsforhold

Forskjellen i erosjonsaktivitet og beregningsmessig stabilitet nord for og sør for ravinen gir grunnlag for vurdering av sikringstiltak. Det synes ikke å være vesentlig erosjon i skråningen mot elva nord for ravinen, mens mer aktiv erosjon antas sør for ravinen, hvor hovedstrømningen i elva går inn mot elveskråningen. Kvikkleire er eksponert både på elvebunn og i nedre del av skråningen på elvestrekningen hvor det antas å være noe erosjon. Det mest aktuelle tiltaket for å redusere faren for kvikkleireskred i Gjelstad kvikkleiresone er derfor erosjonssikring.

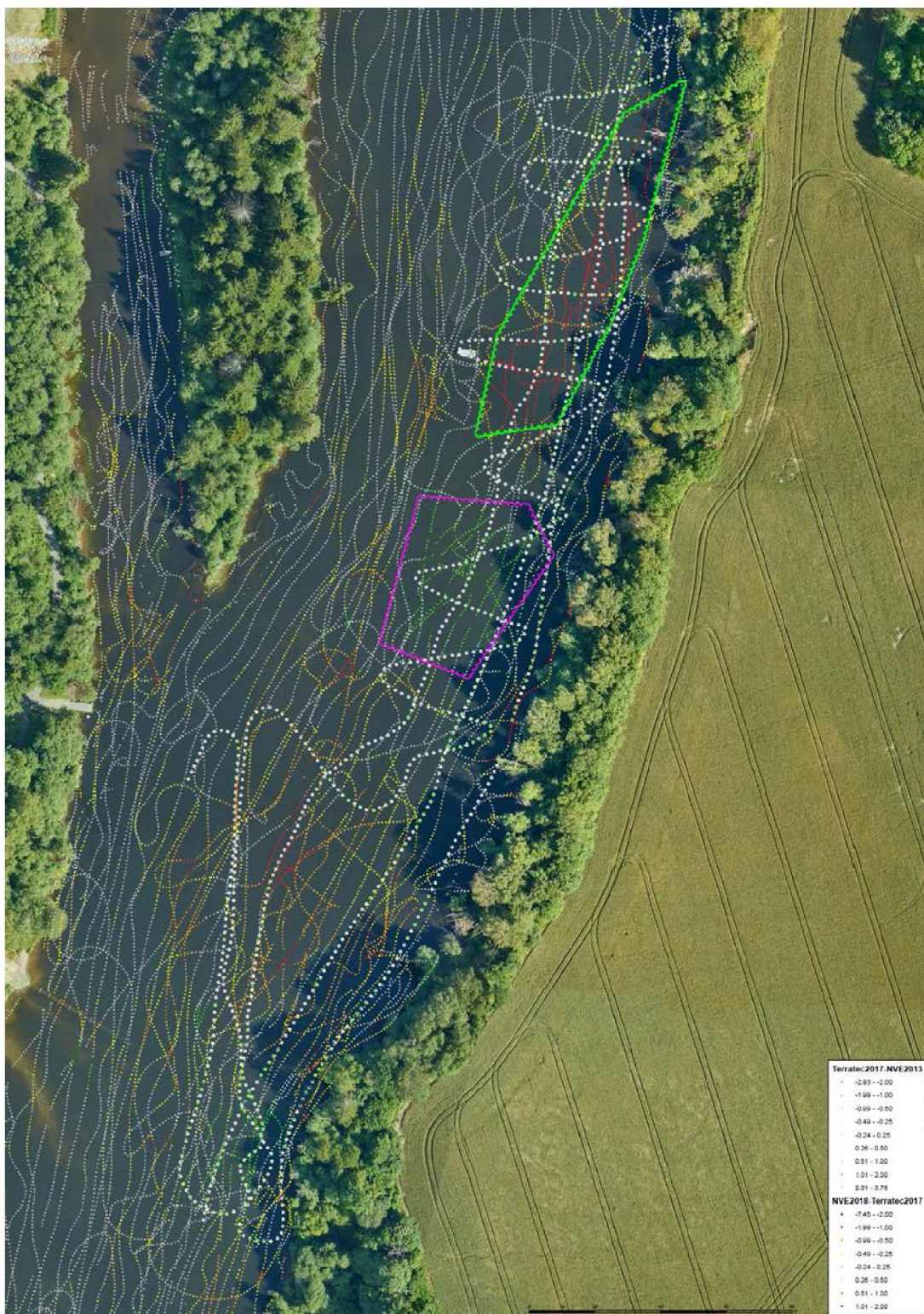
Elva er betydelig dypere sør for ravinen enn nord for ravinen (dvs. profil C). Typisk ligger elvebunnen på ca. kote -4 inn mot skråningsfoten på strekningen sør for ravinen. Stabiliteten er også beregningsmessig dårligere sør for ravinen (profil H) enn nord for ravinen (profil P). Basert på grunnundersøkelsene antas det at kvikkleire er eksponert i foten av elveskråningen ved profil D, men at det ikke er kvikkleire eksponert på elvebunnen ved profil E, F og G. I profil H er det imidlertid igjen antatt kvikkleire eksponert på elvebunnen. I profiler lenger sør, er kvikkleire eksponert, men antatt bare som et tynnere lag.

NVE har utarbeidet et notat om erosjonsforholdene langs elva (ref. /24/). Det fremgår at overflateerosjon pågår langs store deler av elveskråningen, med veltede trær osv. som resultat. Erosjon skjer i liten grad nord for ravinen, hvor vann dybden er liten. Erosjonen øker i sørlig retning, samtidig som vann dybden øker. På et parti har elvebunnen senket seg, mens den har hevet seg på et parti umiddelbart nedenfor, se Figur 2. Partiet med senket elvebunn strekker seg ca. fra profil F og sørover til profil H (jf. Tegning 020).

Grunne glidninger i elvebredden (over elvenivå) er påvist en rekke steder. Dette er ikke i seg selv et betydelig problem for områdestabiliteten. Imidlertid kan undergraving av elvebredden som følge av erosjon i leire på elvebunn/under vann over tid være en medvirkende årsak til skred.

I øvre del av ravinen er kvikkleire antatt eksponert i dagen, og her vil erosjon kunne skje i sensitiv leire. Tolket overkant av kvikkleirelaget i borpunkt 537 sør for ravinen ligger på ca. kote +10.5, mens ravinen rett nord for borpunktet går ned til ca. kote +5.

Skred som løsner i ravinen vil kunne berøre bebyggelsen øst og sørøst for ravinen, da det er sammenhengende kvikkleirelag på et nivå som gjør dette mulig. Beregningsmessig synes stabiliteten dog å være relativt god, men en stabilisering av situasjonen ved erosjonssikring opp gjennom ravinen anbefales. Dette behøver ikke være veldig omfattende tiltak.



Figur 2 Erosjonsforhold innenfor Gjelstad kvikkleiresone (NVE, ref. /24/). Elvebunnen innenfor grønn markering har senket seg mellom 2013-2014 og 2017, mens elvebunnen har hevet seg innenfor området med fiolett markering.

6.2.3 Anbefalt sikring

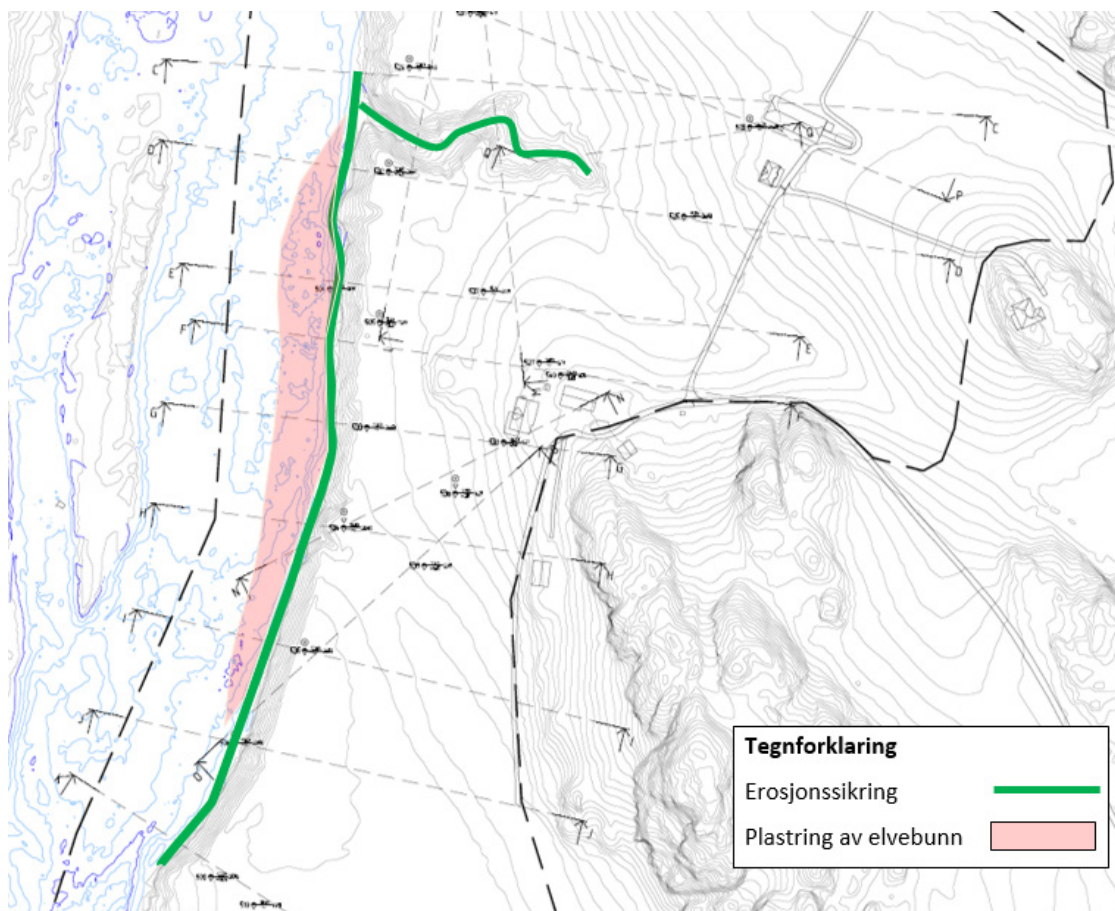
Erosjonssikring mot Lågen sør for ravinen, samt i ravinen som går inn i sonens nordre del, vil forhindre fremtidig forverring av skråningsstabiliteten. Imidlertid bør tiltak sees i sammenheng med hvor bunnsenkning pågår, samt hvor kvikkleire faktisk er eksponert.

Ideelt sett vil en bunn- og skråningsplastring langs elvebredden i områder med aktiv erosjon være gunstig. I så fall vil systematisk sikring kunne utføres som vist på Figur 3.

Siden kvikkleire antatt ikke er eksponert på elvebunn i profil E, F og G, bør erosjonssikring i disse profilene ikke anses kritisk.

Ved profil H, som ligger ca. ved søndre avgrensning av område med bunnsenkning, er man allerede nokså langt unna bebyggelsen, og sannsynligheten for at skred som initieres her kan nå sideveis og bakover til bebyggelsen anses liten (eksisterende metodikk for vurdering av kvikkleireskredfare gir ikke direkte svar på om en slik skredutvikling er mulig eller ikke). Det svært faste laget av sand/grus/stein i skråningen langs elvebredden vil også gi en betydelig risikoreduserende faktor. Sannsynligvis er underliggende leire også relativt fast og overkonsolidert, noe som også er gunstig i så måte. Nord for ravinen er det ikke aktiv erosjon, og tiltak er ikke nødvendig.

På denne bakgrunn bør en minimums erosjonssikring i hvert fall utføres for ravinen sentralt i sonen. Omfattende og kostnadskrevenende sikringstiltak i og langs elva, som teknisk sett ville være en optimal løsning, bør vurderes ut fra en kost/nyttevurdering.



Figur 3 "Maksimalløsning" for erosjonssikring og bunnplastring langs kvikkleiresone Gjelstad. Elvbunn og nedre del av elveskråningen foreslås bunnplastret/erosjonssikret på strekningen mellom profil C og K; i tillegg foreslås ravinen innover i sonen mellom profil C og D sikret. NB: Sonegeometri endres ved huset i enden av profil N.

6.2.4 Lokal sikring av bebyggelsen med k/s-peler (avskjæring)

Lokal sikring av bebyggelse, slik at boliger ikke berøres av et eventuelt skred, kunne teoretisk tenkes utført ved bruk av kalk/semestabilisering av grunnen. Ribber av k/s-peler i skråningen nedenfor og til side for boliger vil gi en avskjærende effekt som forhindrer at skred som starter nedenfor sikringen brer seg til husene. Tilsvarende sikring ble e.g. utført for sikring av bebyggelse etter kvikkleireskredet i Kattmarka ved Namsos i 2009. Tilsvarende tiltak kunne gjennomføres også her, men ville bli omfattende og kostbart, og anbefales ikke.

6.2.5 Utforming av sikring

Tiltakene må detaljprosjekteres før de gjennomføres.

7 Referanser

- /1/ NGI (2013). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Stabilitetsberegninger. Rapport nr. 20110045-00-5-R, rev. 0, datert 23. august 2013.
- /2/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Oppsummering av stabiliserende tiltak. Teknisk notat nr. 20110045-10-TN, rev. 0, datert 18. desember 2014.
- /3/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil E-E, K-K, L-L. Teknisk notat nr. 20110045-05-TN, rev. 0, datert 15. juli 2014.
- /4/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil C-C, I-I, J-J. Teknisk notat nr. 20110045-06-TN, rev. 0, datert 13. juli 2014.
- /5/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik. Stabilitetsberegninger og stabiliserende tiltak – profil A-A, B-B, H-H. Teknisk notat nr. 20110045-07-TN, rev. 0, datert 14. juli 2014.
- /6/ NGI (2014). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Sikringstiltak øst for Lågen. Teknisk notat nr. 20110045-09-TN, rev. 1, datert 15. desember 2014.
- /7/ NGI (2015). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Stabilitetsberegning profil P-P (Gjelstad). Teknisk notat nr. 20110045-11-TN, rev. 0, datert 1. desember 2014.
- /8/ NGI (2016). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune. Revurdering av kvikkleirefaresone 1258 Gjelstad. Teknisk notat nr. 20110045-16-TN, rev. 2, datert 29. mars 2016.
- /9/ NGI (2006). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Larvik kommune. Rapport nr. 20001008-62, datert 8. juni 2006.
- /10/ NGI (1994). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Sandefjord M=1:50.000. Boreresultater. Rapport nr. 830073-2, datert 18. mars 1994.
- /11/ Geostrøm AS (2014). Supplerende grunnundersøkelse i faresonen Stubberud i Larvik kommune. Oppdrag/rapport nr. 584/3, datert 5. juni 2014.
- /12/ Geostrøm AS (2015). Supplerende grunnundersøkelse ved Stubberud, Gjelstad. Oppdrag/rapport nr. 1284/R1, datert 9. april 2015.
- /13/ Geostrøm AS (2017). Grunnundersøkelse Stubberud kvikkleiresone. Gjelstad-sonen. Oppdrag/rapport nr. 1627/R1, datert 19. januar 2017.

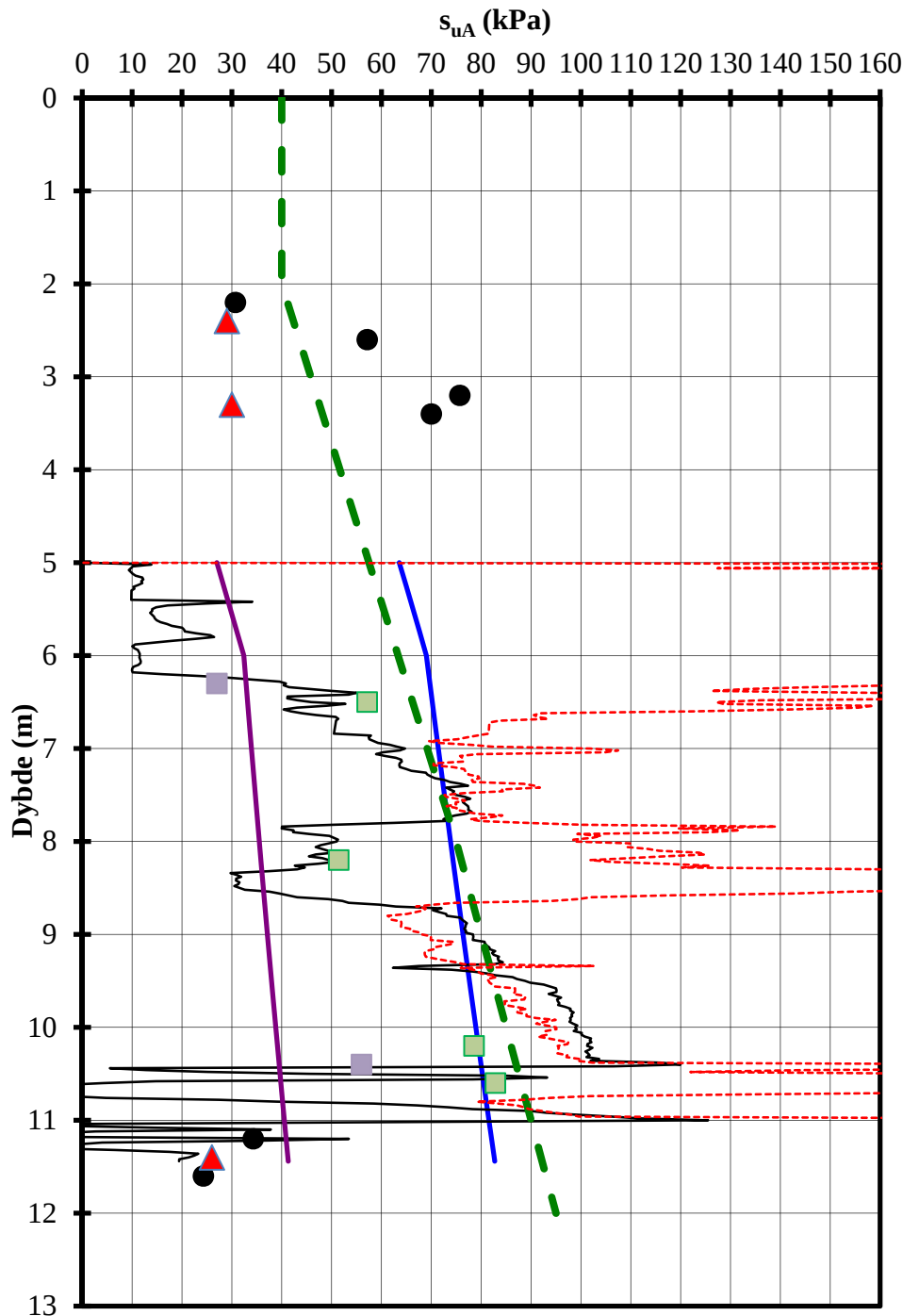
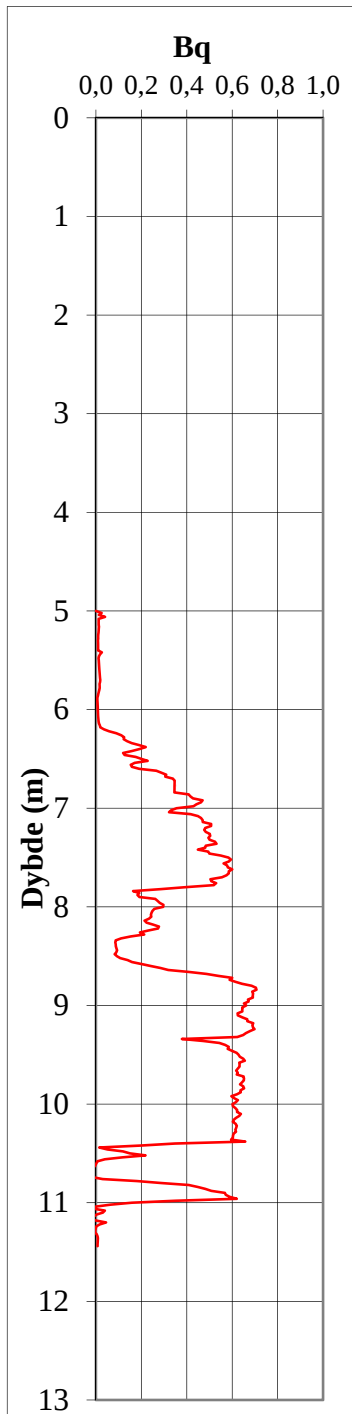
- /14/ Geostrøm AS (2017). Totalsonderingsresultater for borpunkt 505, 527, 538. Laboratorieresultater for prøveserier i borpunkt 527 og 538.
- /15/ NVE (2014). Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- /16/ Direktoratet for byggvalitet (2017). Byggteknisk forskrift Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK17). Datert 01.07.2017.
- /17/ NVE (2015). Epost fra NVE v/Martin Jespersen til NGI v/Håkon Heyerdahl. Poretrykksavlesninger fra Stubberud, oversendt NGI pr. epost 25. mars 2015.
- /18/ NVE (2016). Epost fra NVE v/ Martin N. Jespersen til NGI v/ Håkon Heyerdahl 10. august 2016 (tema: videre arbeid i Stubberud og Gjelstad).
- /19/ NVE (2016). Epost fra NVE v/ Martin N. Jespersen til NGI v/ Håkon Heyerdahl 10. oktober 2016 (poretrykksmålinger borpunkt 523 Gjelstad).
- /20/ NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 8. oktober 2008.
- /21/ Dr. Blasy – Dr. Øverland (2014). Numedalslågen ved Stubberud hydraulisk modellering og konsekvensutredning. Forandring i strømningshastighet (planlagt – nåværende tilstand). Q_{200} (1700 m³/s) med havvannstand -1,1 m. Tegning nr. H 227, datert 10.12.2014.
- /22/ Dr. Blasy – Dr. Øverland (2014). Numedalslågen ved Stubberud hydraulisk modellering og konsekvensutredning. Oversiktskart strømningshastighet. Q_{200} (1700 m³/s) med havvannstand -1,1 m. Tegning nr. H 127, datert 10.12.2014.
- /23/ NVE (2017). Epost fra NVE v/ Ellen D. Haugen til NGI v/Håkon Heyerdahl. Gjelstad kvikkleiresone, oversendt NGI pr. epost 17. oktober 2017.
- /24/NVE (2018). Vurdering av erosjon fra Numedalslågen langs Gjelstad kvikkleiresone – oppsummering fra båtbefaring 02.05.2018. Internt notat datert 2. september 2018.

Vedlegg A

TOLKNING AV UDRENERT SKJÆRFESTHET FRA CPTU-SONDERING

Innhold

Vedlegg nr.	Tittel
A01	Borhull 502
A02	Borhull 521
A03	Borhull 523_a
A04	Borhull 523_b
A05	Borhull 526
A06	Borhull 534



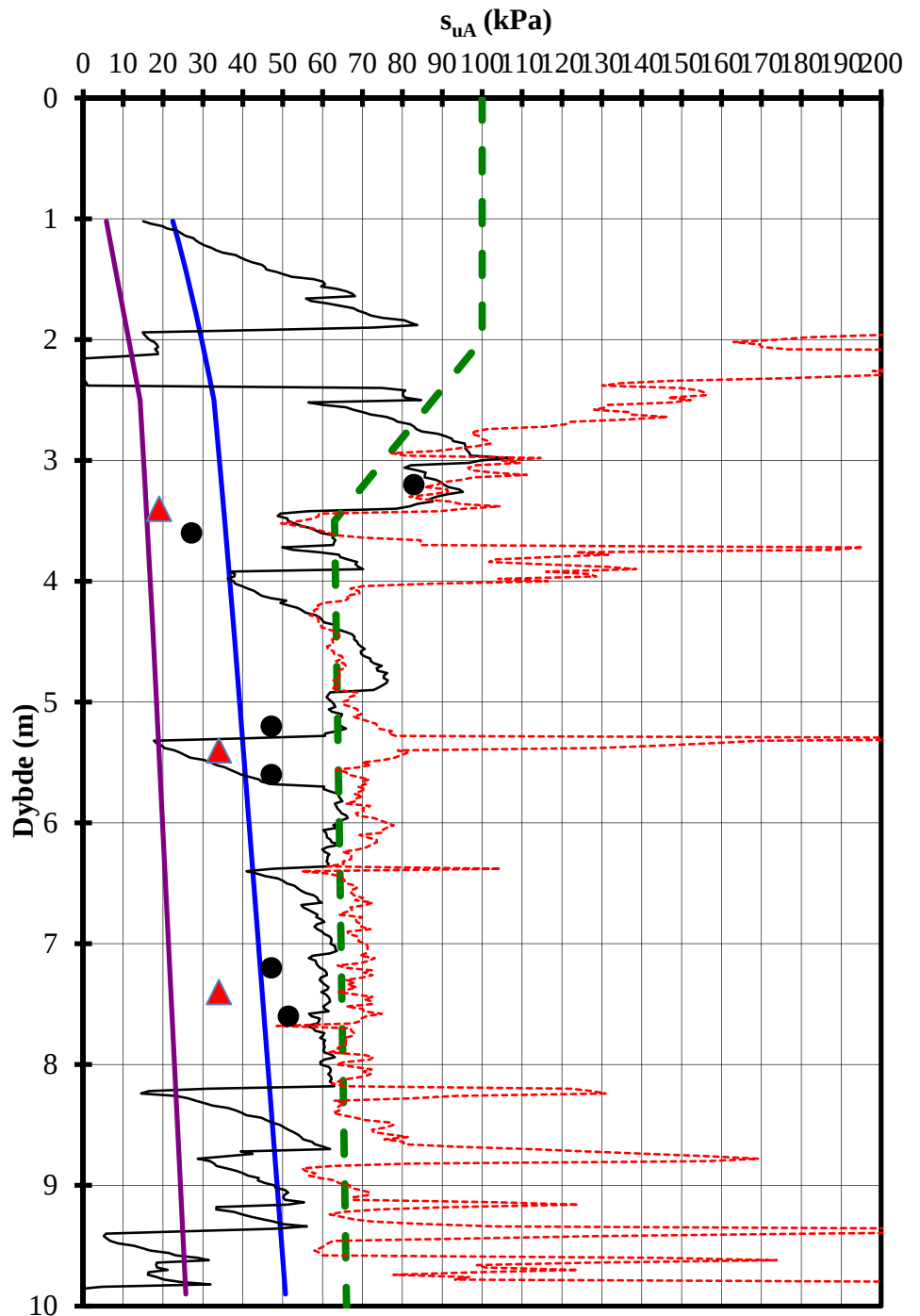
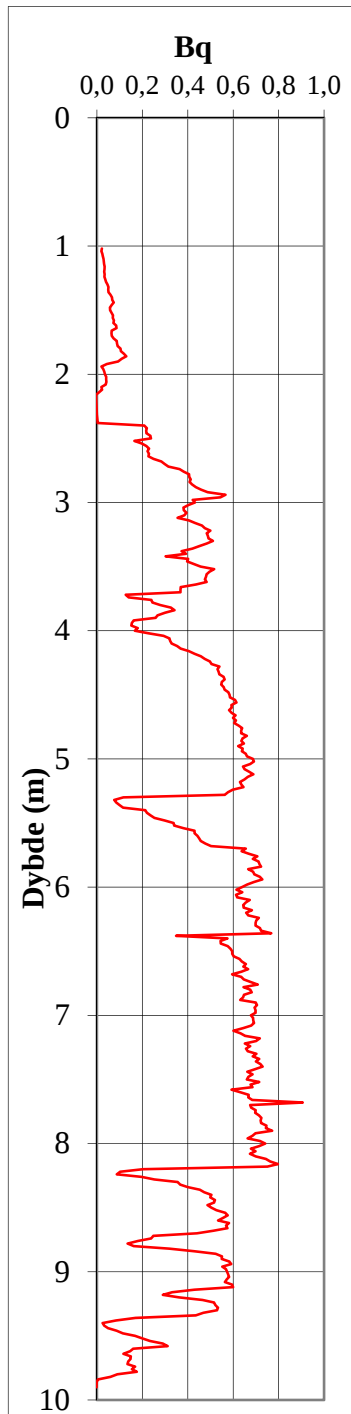
Grunnvannstand på 6 m.
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m
 Sensitiv leire: fra 15 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- PR524 - enaks
- ▲ PR523 - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR524 - konus (ekv. Su,a)
- PR523 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 13 m
Tidligere terrengnivå: 43 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk[CPTU-tolk2006_Stubberud_502_oppdaterter.xls]sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	20110045-19-TN	A01
	Tegner	Dato
	LaH	2017-03-07
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	NGI
	HHe	
	Godkjent	
Borhull 502	HHe	




Grunnvannstand på 2,5 m.
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m
 Sensitiv leire: under 4,5 m

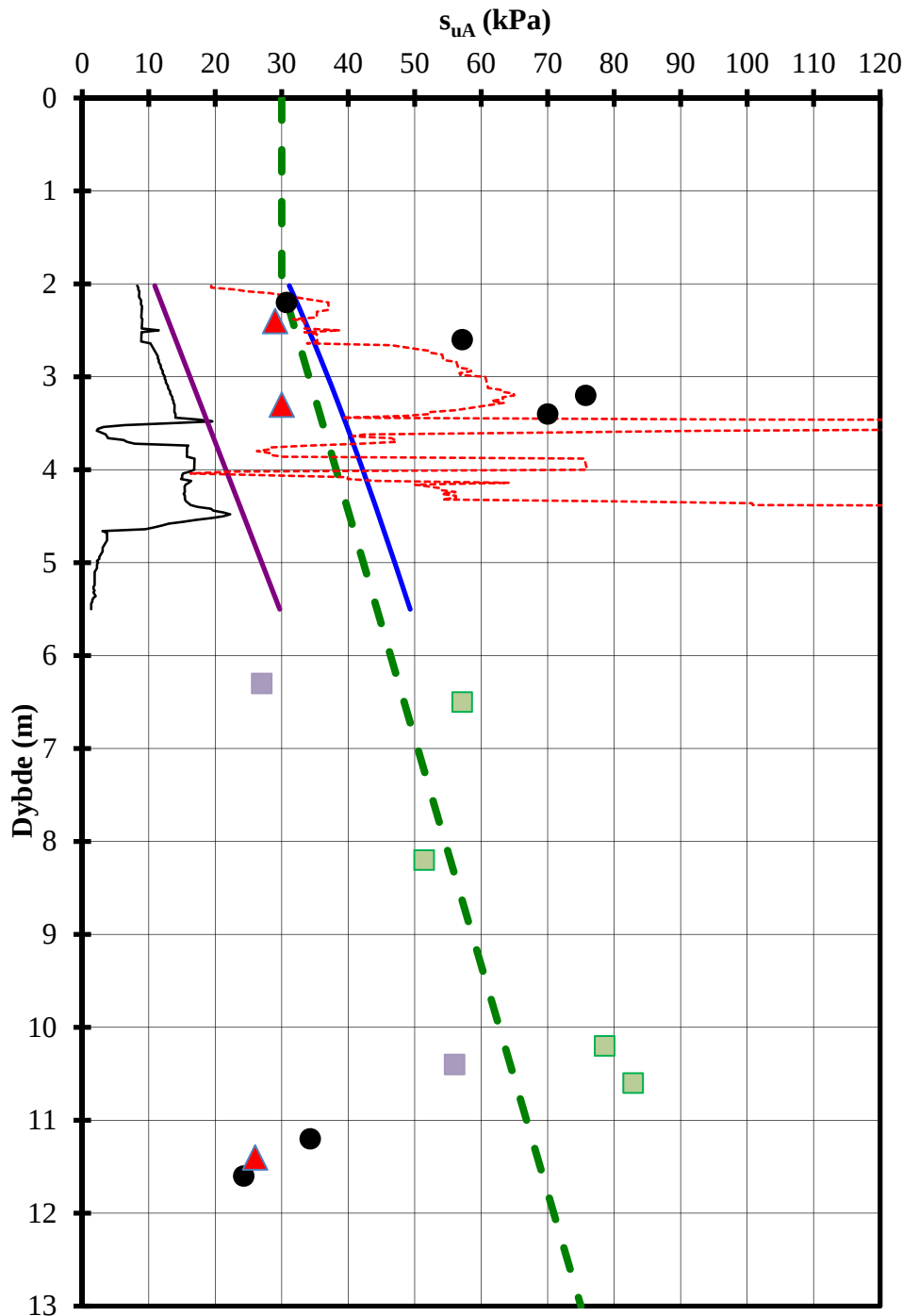
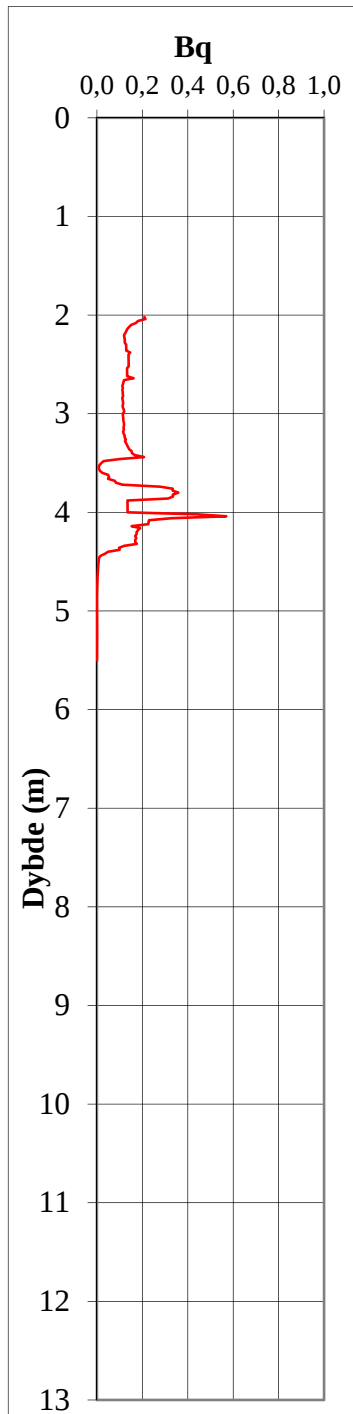
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR521 - enaks
- Ndu basert su
- - - Anbefalt su
- PR521 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 31,4 m

Tidligere terrengnivå: 46,4 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_Stubberud_521.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	20110045-19-TN	A02
	Tegner	Dato
	LaH	2017-03-07
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	
	HHe	
	Godkjent	
Borhull 521	HHe	



Grunnvannstand på 7 m
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m.
 Sensitiv leire: fra 6,5 m

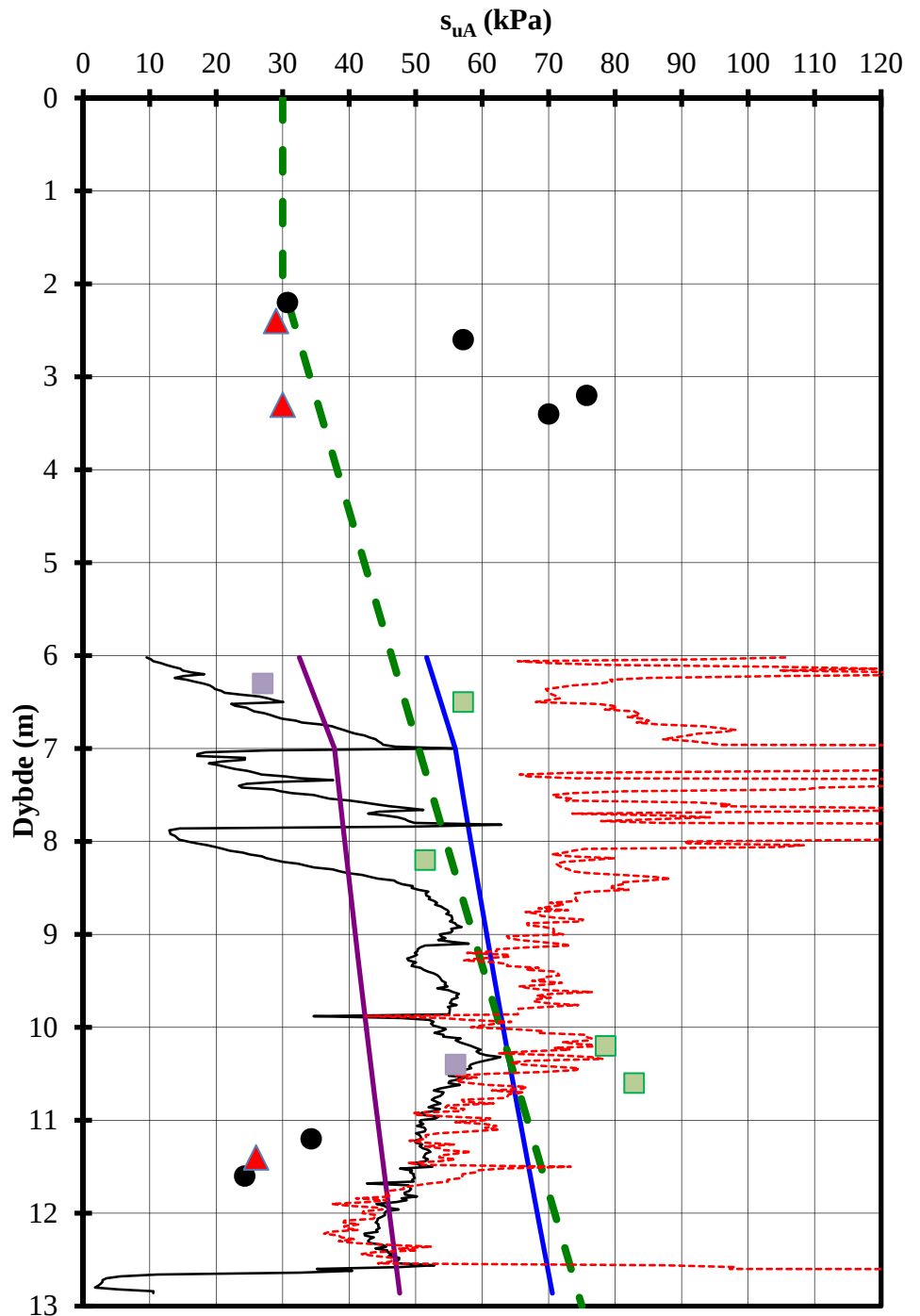
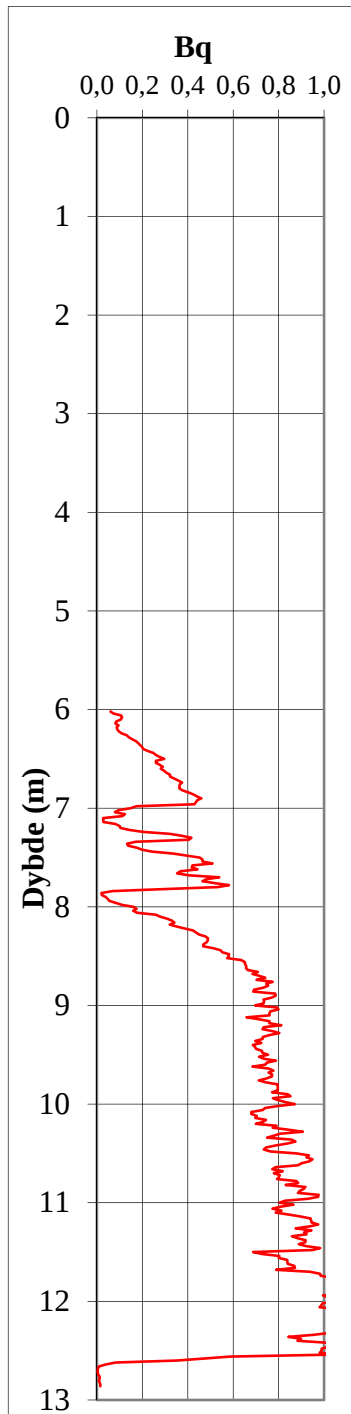
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- PR524 - enaks
- ▲ PR523 - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR524 - konus (ekv. Su,a)
- PR523 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 10,4 m

Tidligere terrengnivå: 27,4 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_Stubberud_523_a.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	20110045-19-TN	A03
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 523	Tegner	Dato
	LaH	2017-03-07
	Kontrollert HHe	
Godkjent HHe		



Grunnvannstand på 7 m
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m.
 Sensitiv leire: fra 6,5 m

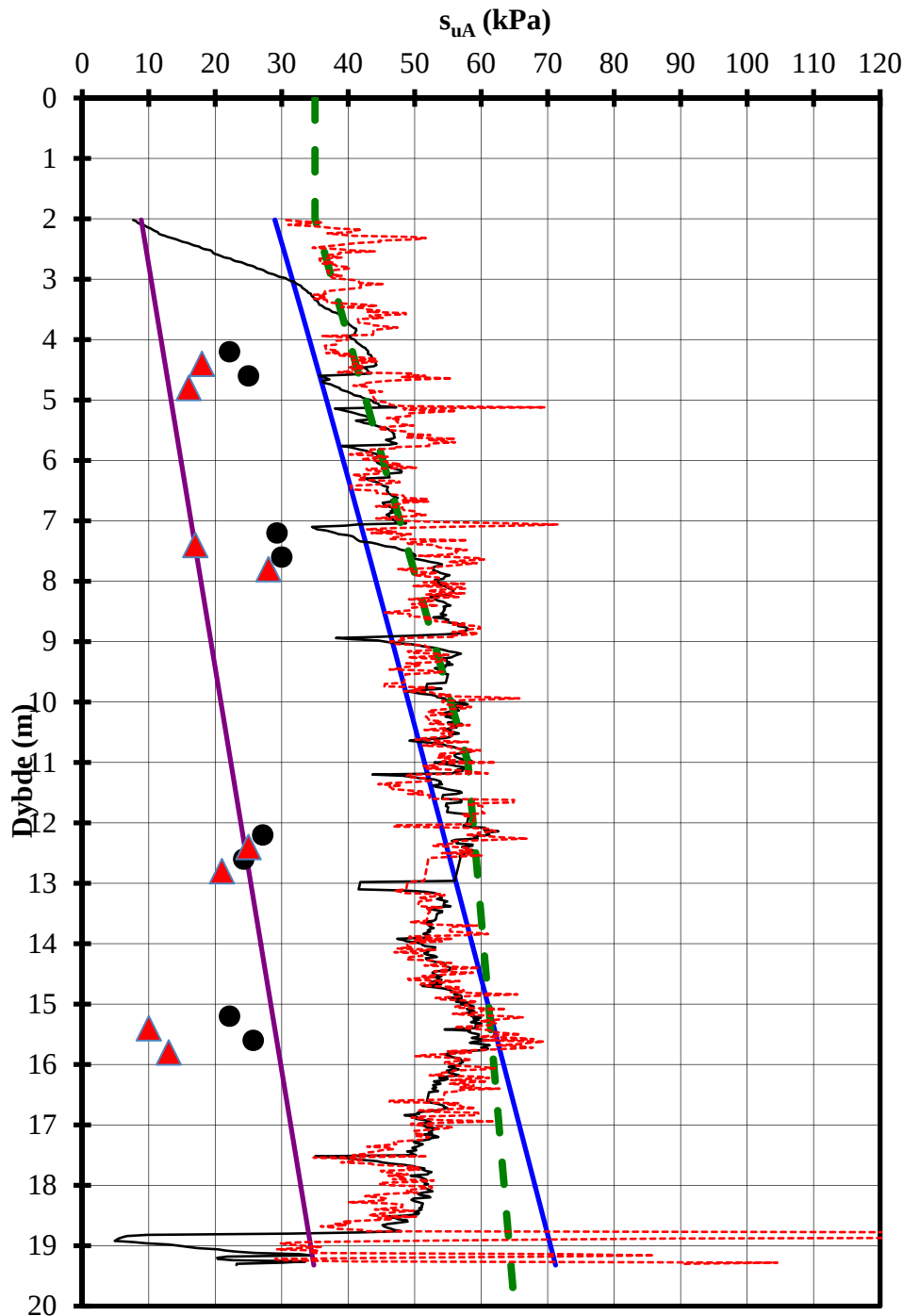
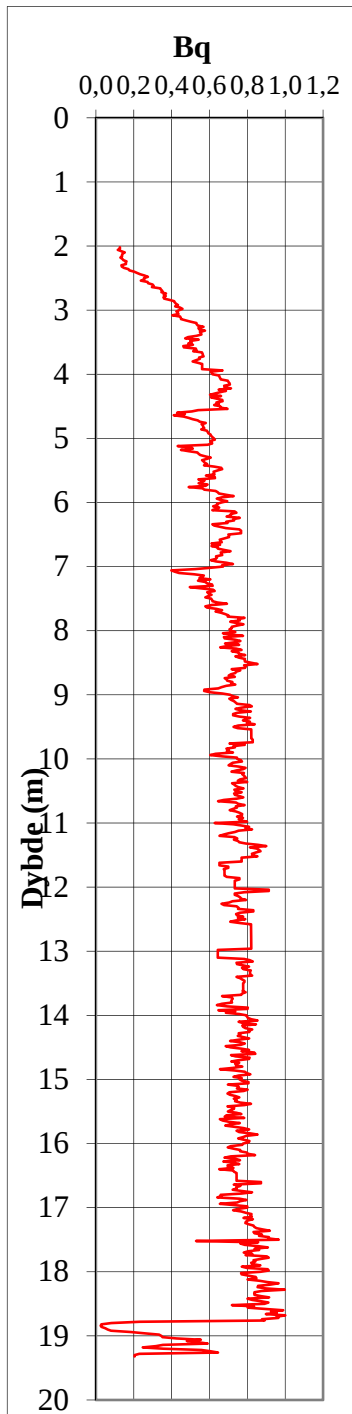
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- PR524 - enaks
- ▲ PR523 - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR524 - konus (ekv. Su,a)
- PR523 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 10,4 m

Tidligere terrengnivå: 27,4 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_Stubberud_523_b.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr. 20110045-19-TN	Figur nr. A04
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 523	Tegner LaH	Dato 2017-03-07
	Kontrollert HHe	
	Godkjent HHe	



Grunnvannstand på 1,5 m.
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m.
 Sensitiv leire: fra 1,5 m.

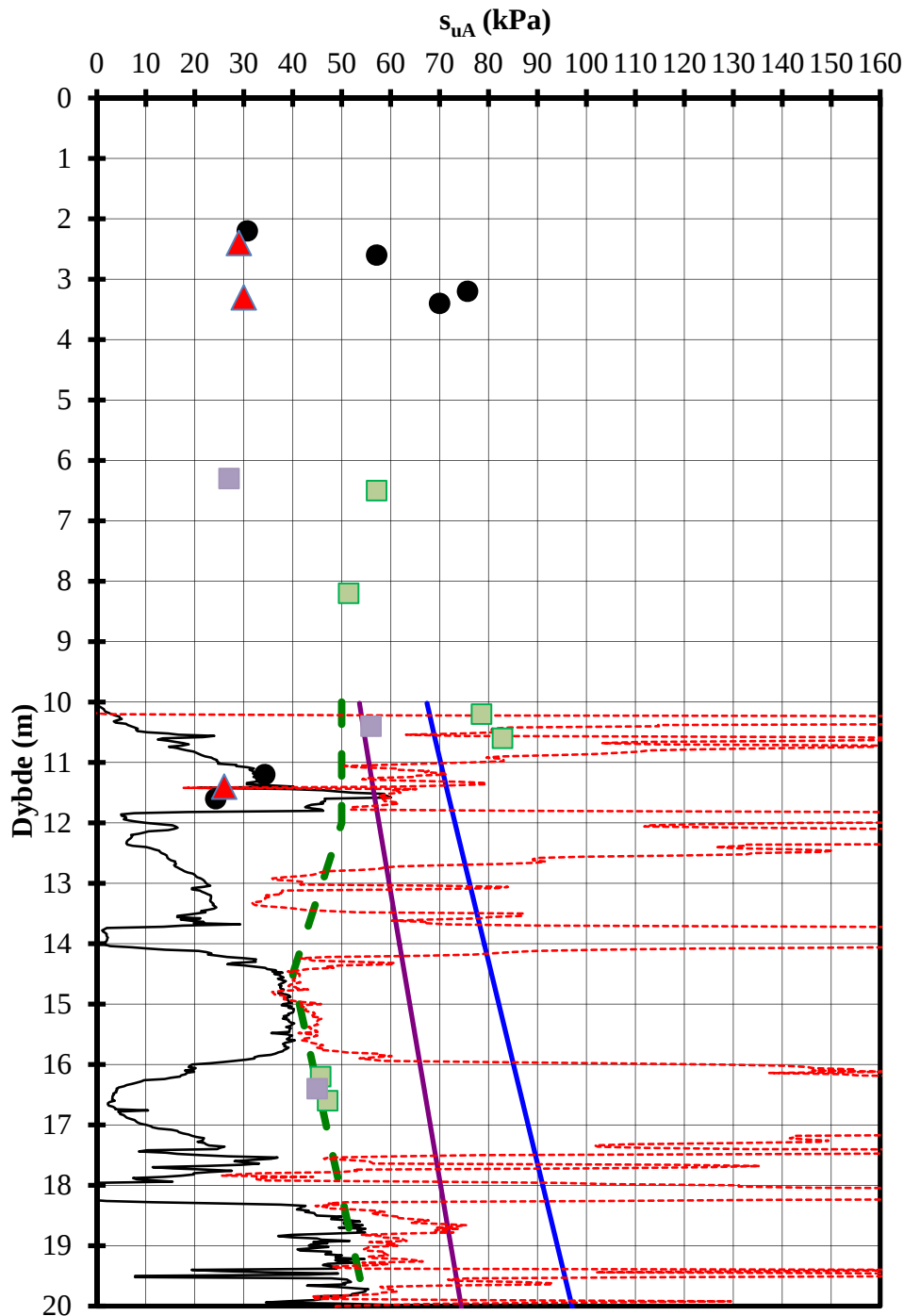
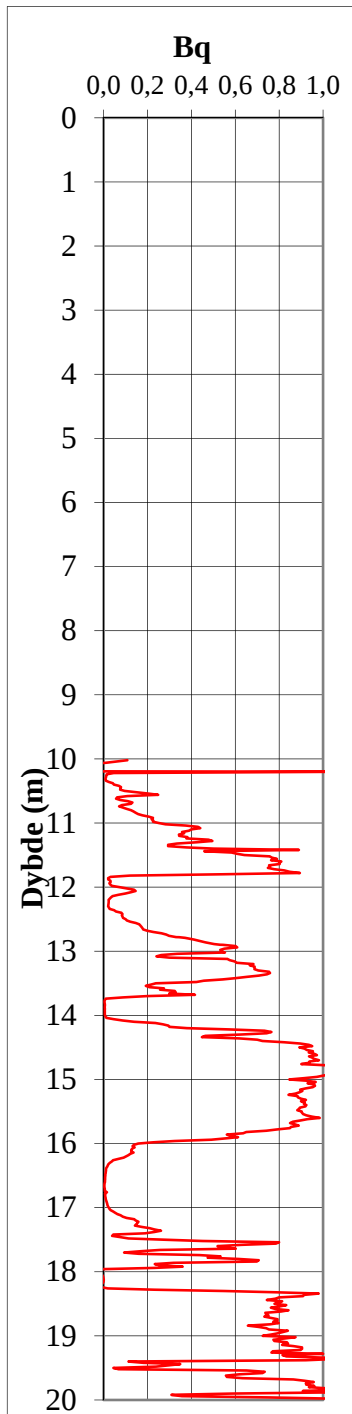
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR523 - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR523 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 26,3 m

Tidligere terrengnivå: 43,3 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk[CPTU-tolk2006_Stubberud_526.xls]sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	20110045-19-TN	A05
	Tegner	Dato
	LaH	2017-03-07
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	
	HHe	
Borhull 526	Godkjent	
	HHe	



Grunnvannstand på 9 m.
 Poretrykksøkning: 13 kPa/m
 Sensitiv leire: fra 11,5 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- PR524 - enaks
- ▲ PR523 - enaks
- Ndu basert su
- - - anbefalt su
- PR524 - konus (ekv. Su,a)
- PR523 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 10,3 m

Tidligere terrengnivå: 15,3 m

P:\2011\00\20110045\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_Stubberud_534.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 1255 Stubberud i Larvik kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	20110045-19-TN	A06
	Tegner	Dato
	LaH	2017-03-07
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	NGI
	HHe	
Borhull 534	Godkjent	
	HHe	

Vedlegg B

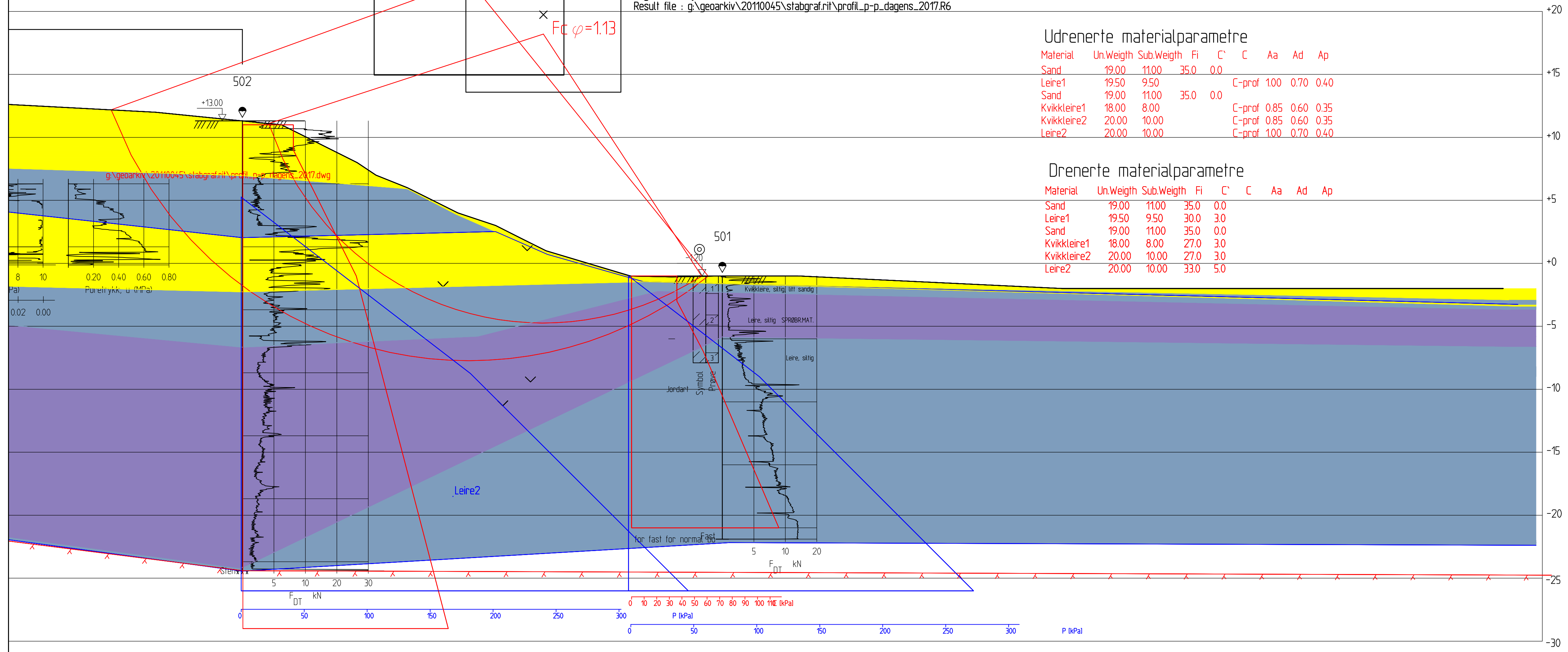
RESULTATER FRA STABILITETSBEREGNINGER

Innhold

Vedlegg nr.	Rev.	Tittel
B01	0	Profil P. Dagens situasjon.
B02	0	Profil H. Dagens situasjon.
B03	0	Profil M. Dagens situasjon.
B04	0	Profil Q. Dagens situasjon.

Fc=1,22
Dagens situasjon-udrenert
Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rit\profil_p-p_dagens_2017.R3

Fc=1,13
Dagens situasjon-drenert
Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rit\profil_p-p_dagens_2017.R6



Udrenerte materialparametre

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Leire1	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Kvikkleire1	18.00	8.00			C-prof	0.85	0.60	0.35
Kvikkleire2	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.60	0.35
Leire2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Drenerte materialparametre

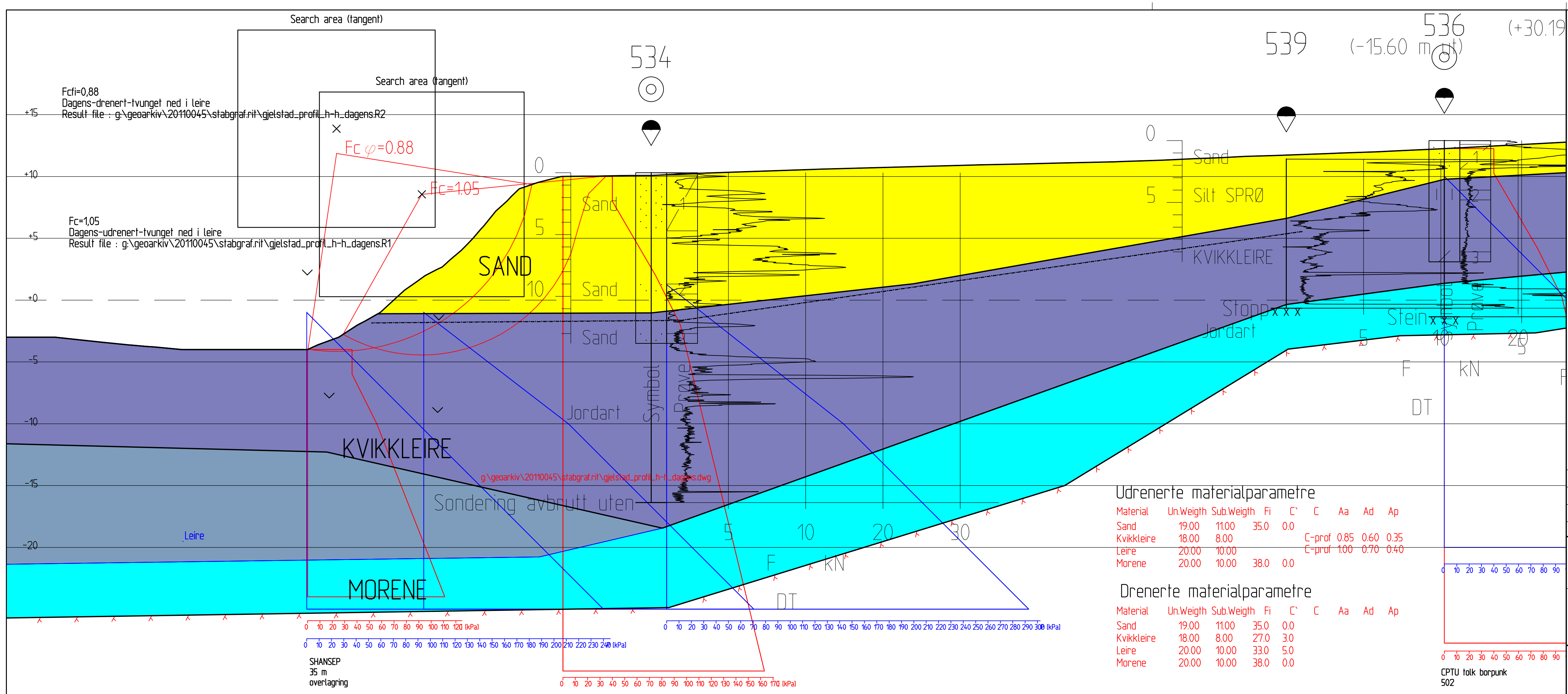
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Leire1	19.50	9.50	30.0	3.0				
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Kvikkleire1	18.00	8.00	27.0	3.0				
Kvikkleire2	20.00	10.00	27.0	3.0				
Leire2	20.00	10.00	33.0	5.0				

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning		Status Original format A3-1 Tegningens filnavn		Målestokk 1:200	
Gjelstad Stabilitetsberegninger Profil P. Dagens situasjon.		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		NGI	
Dato 07.03.2017 Oppdragsnr. 20110045		Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B01		Kontrollert BGK Godkjent HHe Rev. 0	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Udrenerte materialparametre

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	F _i	C'	C	A _a	A _d	A _p
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Kvikkleire	18.00	8.00			C-prof 0.85	0.60	0.35	
Leire	20.00	10.00			C-prof 1.00	0.70	0.40	
Morene	20.00	10.00	38.0	0.0				

Drenerte materialparametre

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	F _i	C'	C	A _a	A _d	A _p
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Kvikkleire	18.00	8.00	27.0	3.0				
Leire	20.00	10.00	33.0	5.0				
Morene	20.00	10.00	38.0	0.0				

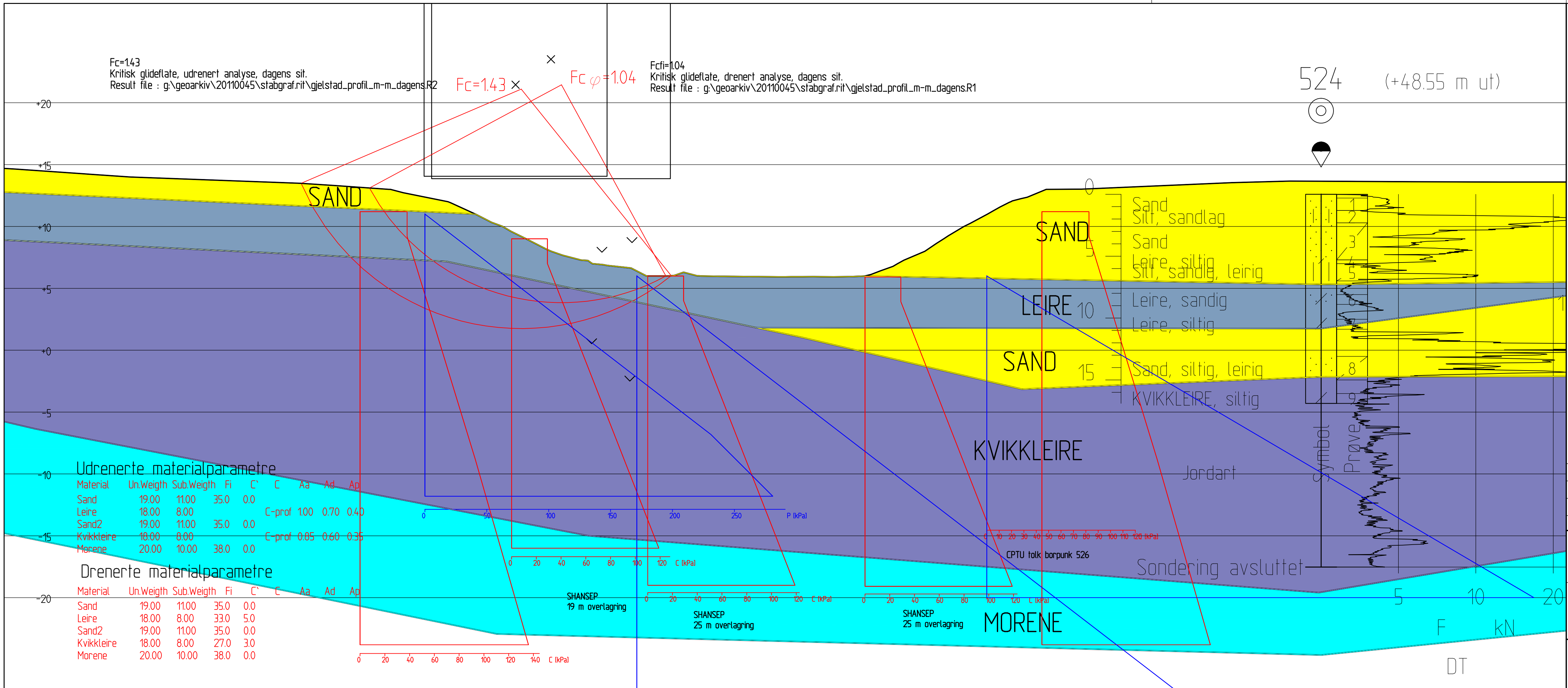
Stubberud kvikkleiresone
Geoteknisk utredning

Gjelstad
Stabilitetsberegninger
Profil H. Dagens situasjon.

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.03.2017	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent HHe
Oppdragsnr. 20110045	Tegningsnr. B02	Rev. 0		

SHANSEP
35 m
overlagring

CPTU talk borpunkt
502



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

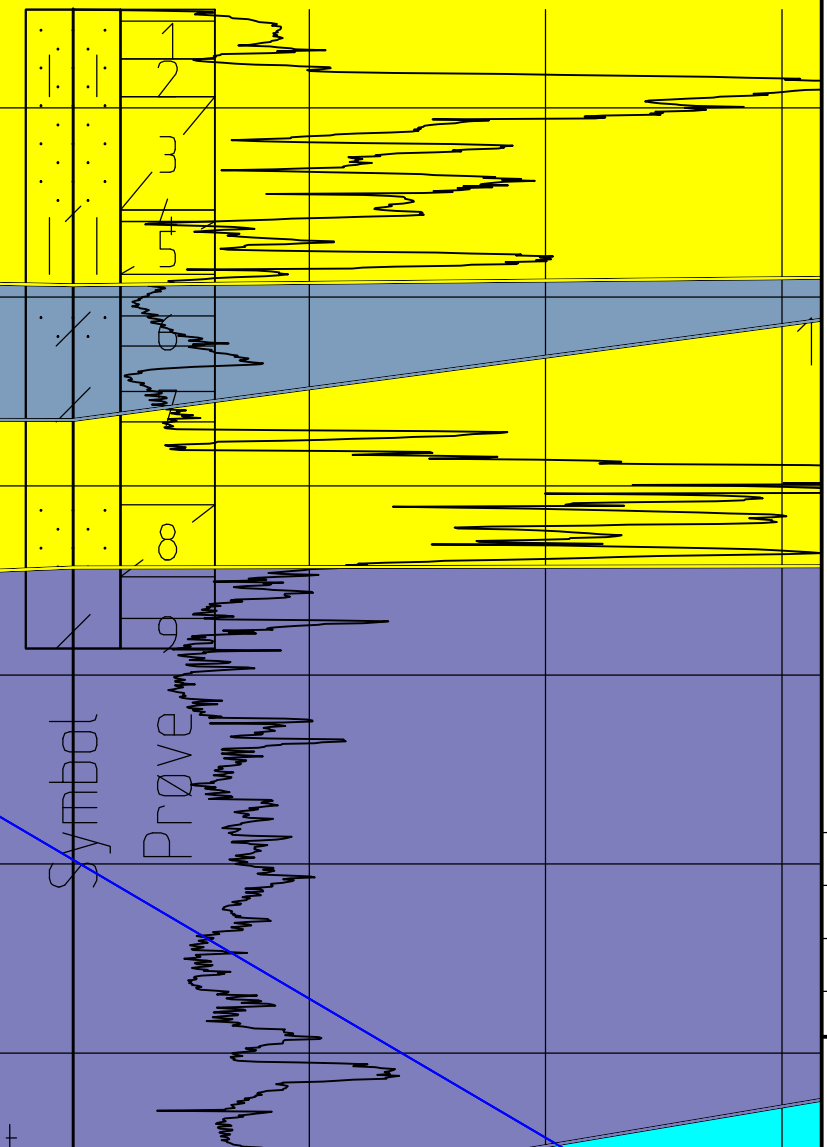
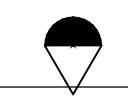
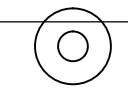
Stubberud kvikkleiresone
Geoteknisk utredning

Gjelstad
Stabilitetsberegninger
Profil M. Dagens situasjon.

Målestokk: 1200

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 07.03.2017 Oppdragsnr.: 20110045	Konstr./Tegnet: LaH Tegningsnr.: B03	Kontrollert: BGK	Godkjent: HHe
---	---	---	------------------	---------------

524 (+48.55 m ut)



$F_c=1.43$
 Kritisk glideflate, udrenert analyse, dagens sit.
 Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rit\gjelstad_profil_m-m_dagens.R2

$F_{c\phi}=1.04$
 Kritisk glideflate, drenert analyse, dagens sit.
 Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rit\gjelstad_profil_m-m_dagens.R1

SHANSEP 19 m overlagnig

SHANSEP 25 m overlagnig

SHANSEP 25 m overlagnig

DT

Fcf=1,34
 Dagens-drenert
 Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rif\gjelstad_profil_q-q_dagens.R3

Fc φ=1.34

Fc=1.47

Fcf=1,47
 Dagens-udrenert
 Result file : g:\geoarkiv\20110045\stabgraf.rif\gjelstad_profil_q-q_dagens.R2

525 (-45.50 m u)

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

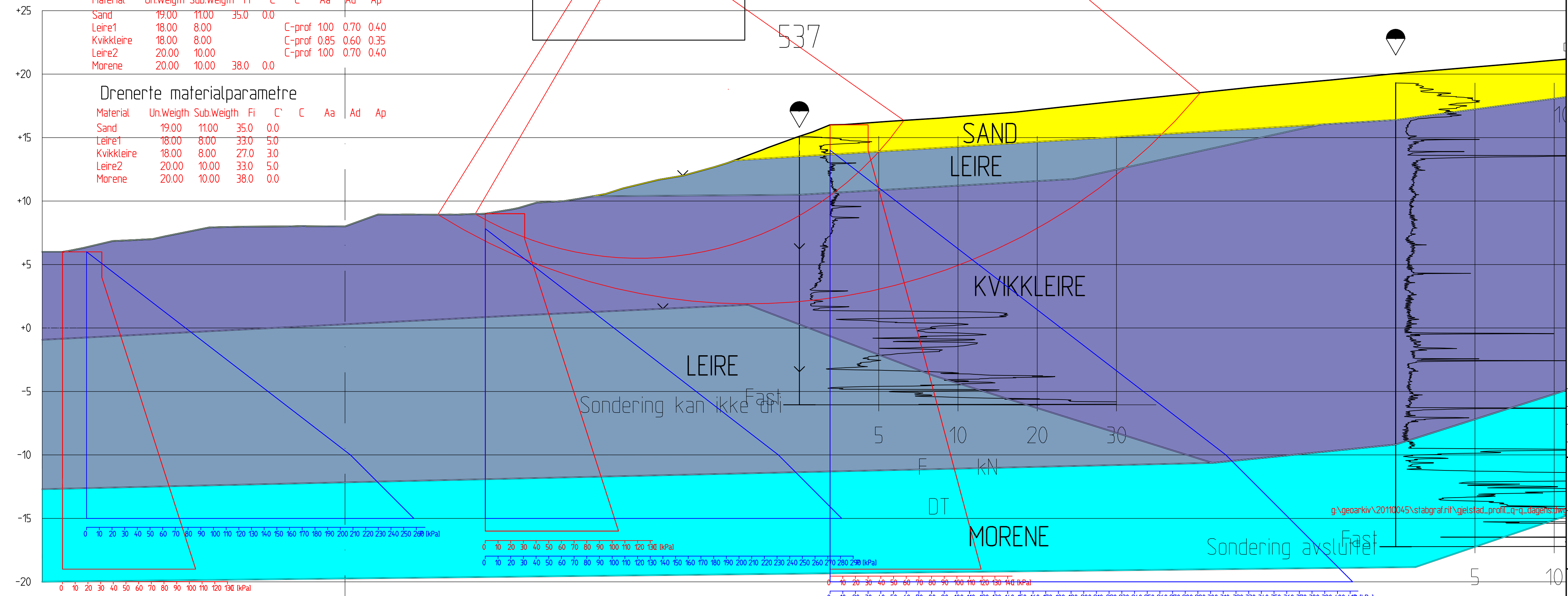
HENVISNINGER:

Udrenerte materialparametre

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Leire1	18.00	8.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire	18.00	8.00			C-prof	0.85	0.60	0.35
Leire2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Morene	20.00	10.00	38.0	0.0				

Drenerte materialparametre

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	11.00	35.0	0.0				
Leire1	18.00	8.00	33.0	5.0				
Kvikkleire	18.00	8.00	27.0	3.0				
Leire2	20.00	10.00	33.0	5.0				
Morene	20.00	10.00	38.0	0.0				



SHANSEP
19 m overlaging

SHANSEP
19 m overlaging

SHANSEP
14 m overlaging

Stubberud kvikkleiresone
 Geoteknisk utredning

Gjelstad
 Stabilitetsberegninger
 Profil Q. Dagens situasjon.



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.03.2017	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent HHe
Oppdragsnr. 20110045	Tegningsnr. B04	Rev. 0		

Vedlegg C

ENDRING AV SONEUTBREDELSE,
KVIKKLEIRESONE 1258 GJELSTAD

Innhold

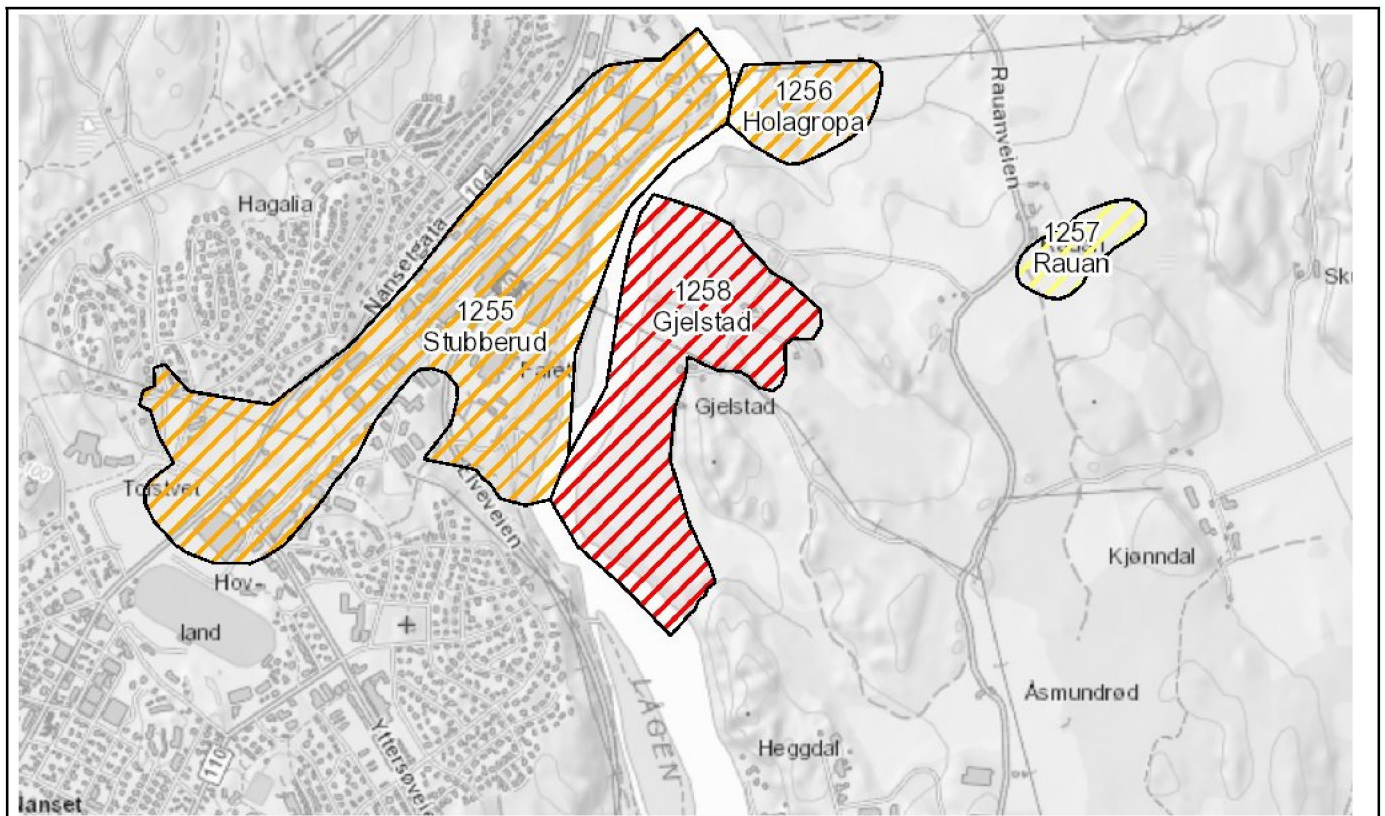
C1	Soneutbredelse	2
C2	Faktaark 1258 Gjelstad	3

C1 Soneutbredelse

Geometrien til kvikkleiresone 1258 Gjelstad er revidert basert på grunnundersøkelser utført ved bebyggelsen sentralt i sonen. Dette vedlegget viser ny utbredelse av sonen og inneholder beregning av faregrad og konsekvens.

Kvikkleiresone 1258: Gjelstad - Kommune: Larvik

Faregradklasse	Høy
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	09.12.2005
Sist oppdatert	03.04.2019
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Beregningsgrunnlaget for geoteknisk utredning av Gjelstad kvikkleiresone er forbedret ved supplerende grunnundersøkelser i flere omganger.

Det er foretatt stabilitetsberegninger i to profiler ned mot elva, og to profiler ned i ravinen midt i sonen. Beregningsmessig sikkerhet er funnet rimelig god for skråningen mot elva nord for ravinen. Sikringstiltak nord for ravinen vurderes derfor ikke som kritisk, ettersom strømningsforholdene i elva ikke medfører vesentlig erosjon i denne delen av sonen. For langsiktig stabilisering av skråningen kan likevel erosjonssikring/plastring også nord for

Bemerkninger

ravinen være gunstig, for å forhindre lokale utglidninger inn i kvikkleire i nedre del av skråningen.

Det er et visst potensial for å redusere sonens utstrekning i den sørligste delen, dersom evt. grunnundersøkelser skulle viser at det ikke er sammenhengende kvikkleire. Dette vil ha liten praktisk betydning med hensyn til eksisterende bebyggelse.

Referanser

1.NGI teknisk notat 20110045-16-TN Revurdering av kvikkleirefaresone 1258 Gjelstad, rev. 2, 29.3.2016. 2.NGI- rapport 83073-1, datert juni 1988. 3.NGI- rapport 830073-2, datert mars 1994.

Geostrøm 1284/R1 Datarapport Geostrøm 1284 R1 Gjelstad.pdf datert 9.4.2015

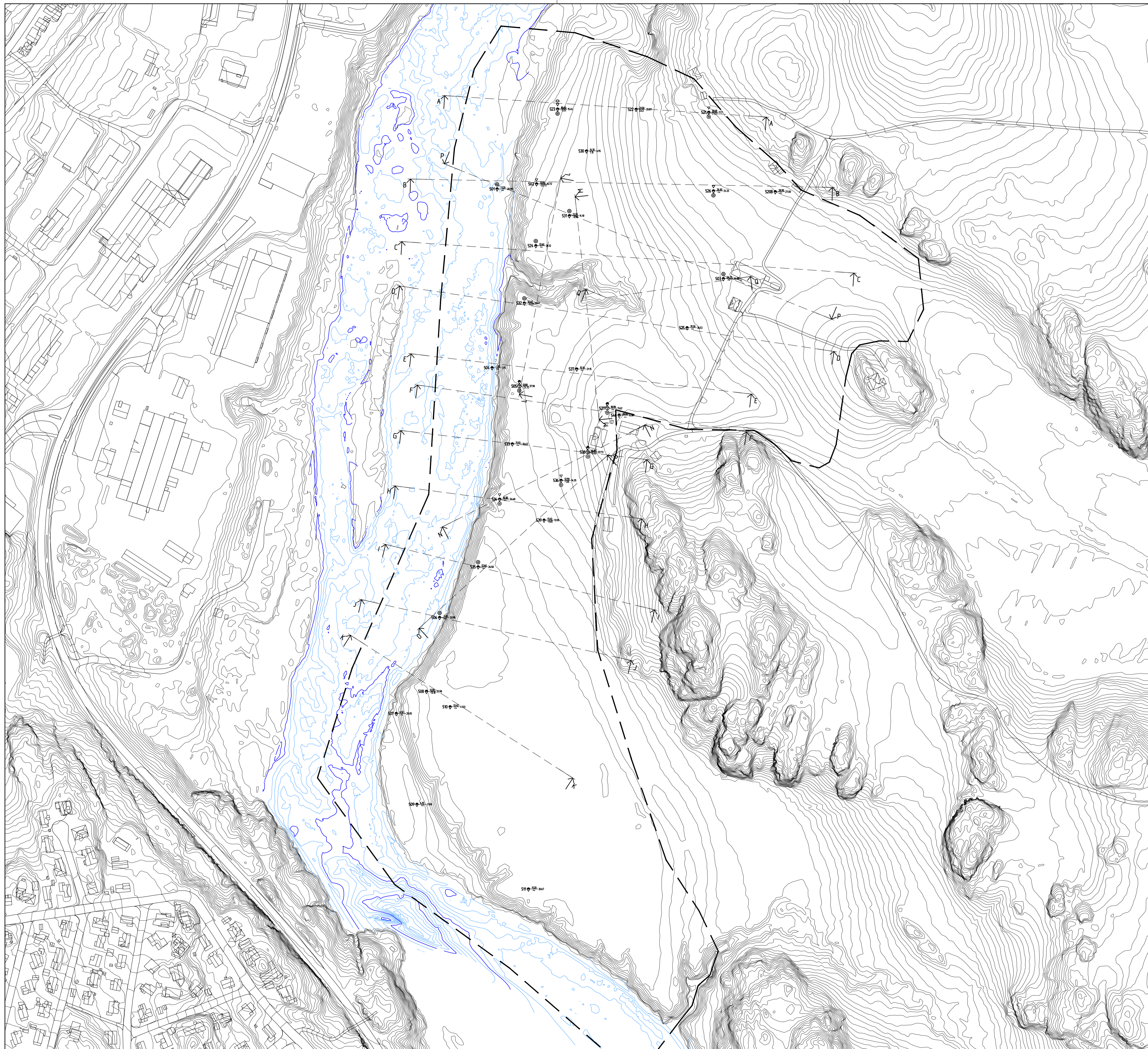
Geostrøm 1627/R1 Datarapport Rapport 1627_R1.pdf datert 19.1.2017

Fareberegning

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	På kvartærgeologisk kart over Larvik kommune fremkommer det lite skredaktivitet. Noen få rasgroper er nedtegnet.	Lav	1	1	1
Skråningshøyde i meter	Høydeforskjell fra terrasse ned til Lågen er ca 10 - 15 m, og i nordre del er høydeforskjellen til øvre del av sonen > 30 m fra elva.	>30	3	2	6
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Nordre deler av sonen er dekket av strandavsetninger og er trolig opprinnelig terrengnivå. I søndre deler av sonen ut mot Lågen er det erodert i gamle avsetninger. Antar normalkonsolidert for sonen i helhet. OCR-antagelse bekreftet ved supplerende grunnundersøkelser (Geostrøm rapport 1284/R1).	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Lav grunnvannstand ut mot elva der det er friksjonsmasser på toppen, men i øvre deler av sonen er det massive lag med leire, og oppstigende berg i bakkant. Som middelvei antas hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Dreietrykksondering nr. 41 fra NGI 83973/2 indikerte	>H/2	3	2	6

Fareberegning					
	kvikkleire fra 7-14,2 m under terreng. Supplerende boringer viser kvikkleire med mektighet, Geostrøm rapport 1284/R1.				
Sensitivitet	Sensitivitet målt til >200 (borhull 524), Geostrøm rapport 1284/R1.	>100	3	1	3
Erosjon	Noe erosjon langs elva.	Noe	2	3	6
Inngrep	Ingen inngrep observert.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					28
Prosent av maks					54.90
Sist oppdatert	03.04.2019				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligenheter	Ved revidert soneutbredelse omfattes mer enn 5 boenheter, spredt bebyggelse.	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Privat vei.	<100	0	2	0
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Et ras i dette området vil kunne skape store skader, og lenger nedstrøms vil flombølge kunne skape store ødeleggelser. To bruer kan bli tatt av direkte flombølge. Få boliger langs Lågen.	Alvorlig	3	2	6
Total poengsum					15
Prosent av maks					33.33
Sist oppdatert	03.04.2019				



FORKLARINGER:

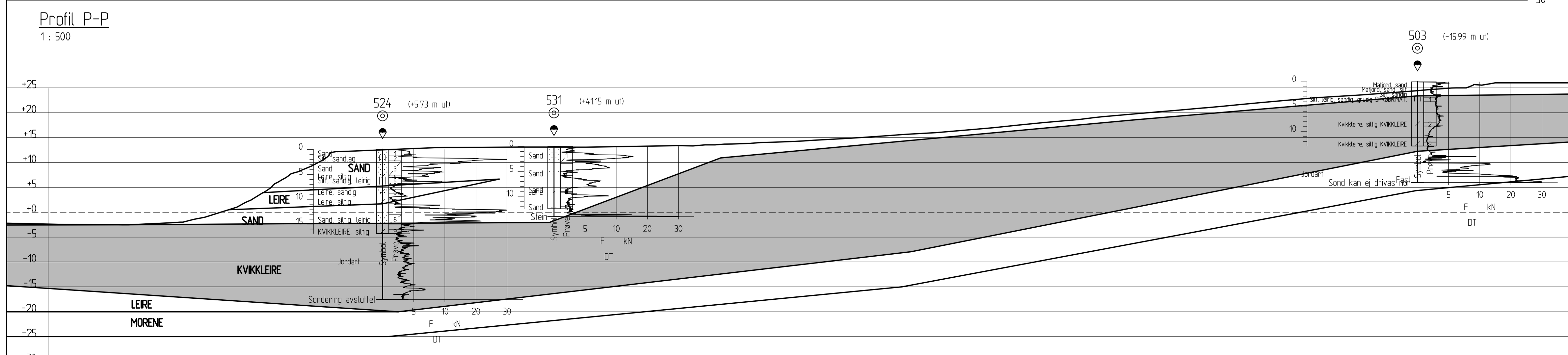
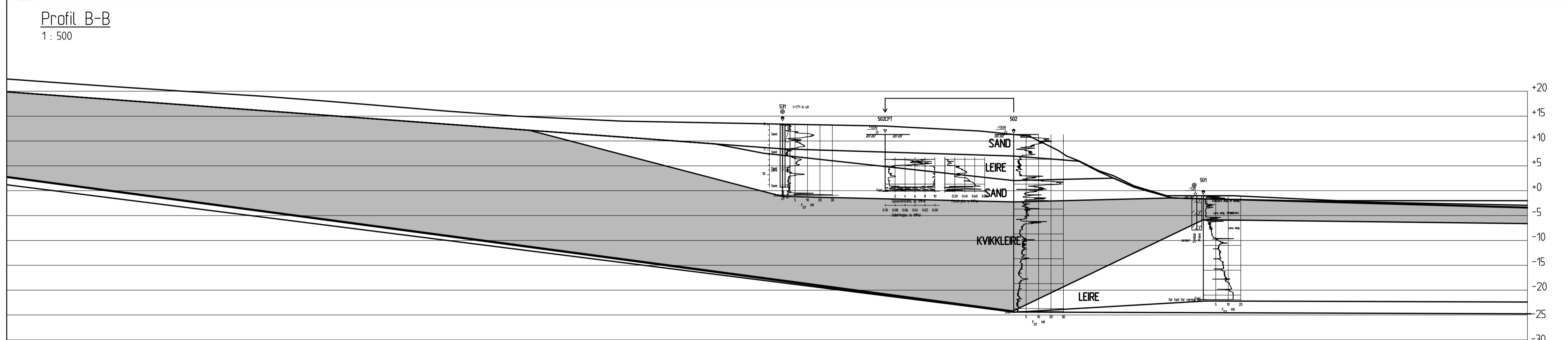
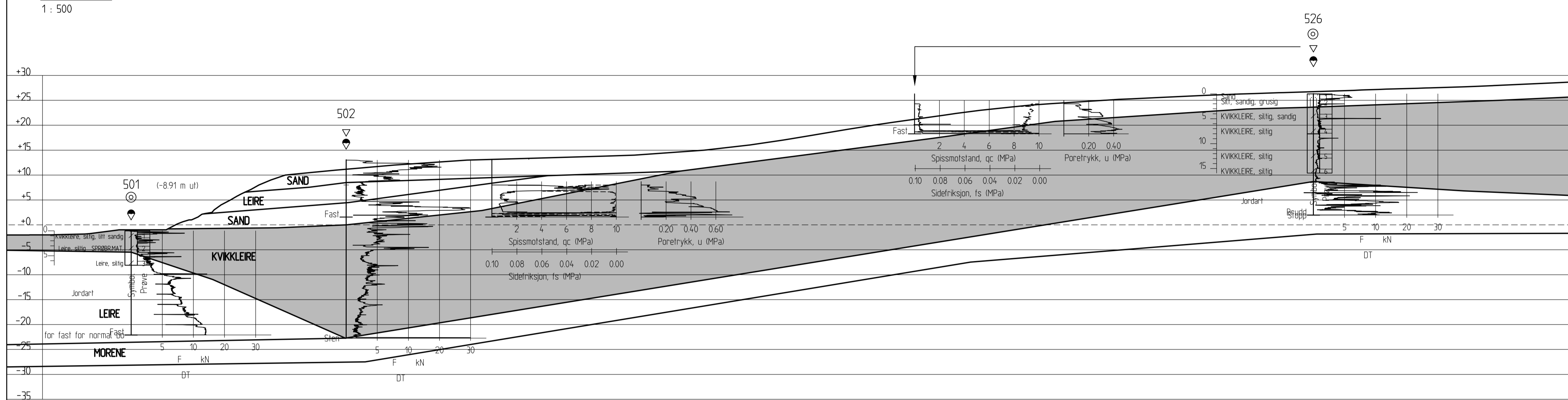
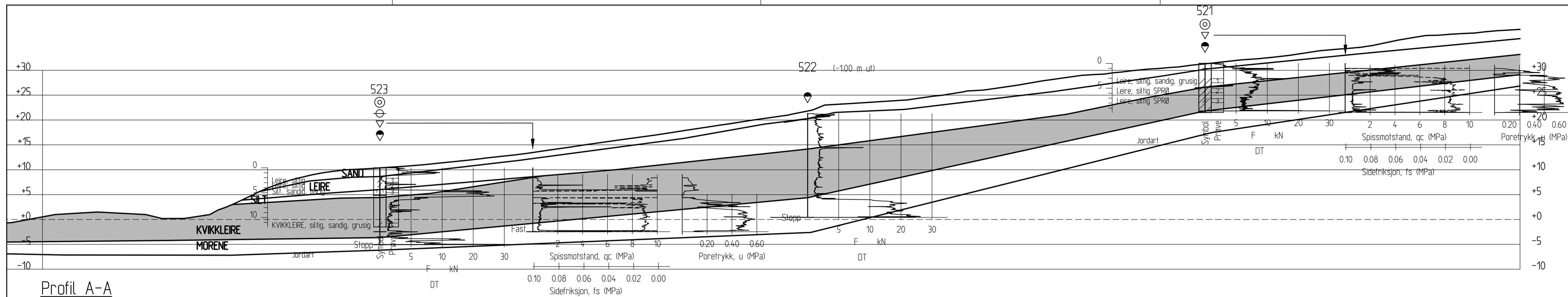
- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjelkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Tegningsnr. Gjelstad, borplan og beregningsprofiler	Tegningsnr. 020	Rev. 0
---	-----------------	--------

Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontroll. Godk.
Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning	Status Original format A-1 Tegningens tittel Målestokk	
Gjelstad Borplan og beregningsprofiler	12000	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 16.08.2018 Oppdragsnr. 20110045	Karst. / Egnet LaH Tegning 020
	Kontrollert OAH	Godkjent HHe
	Rev. 0	Rev. 0





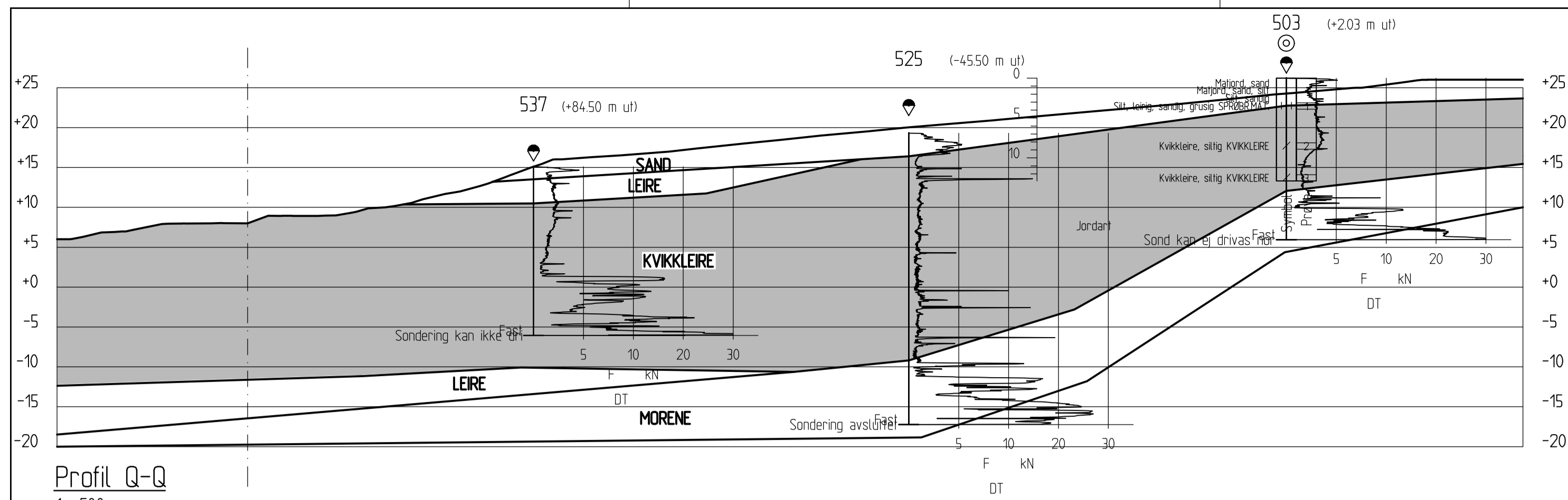
- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksonering
 - ⊗ Fjellkontrollboring
 - ⊖ Dreietrykksonering
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Praveserie
 - Pravegrep
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⊗ Fjell i dagen
- ┆ Boring avsluttet
- ┆ Antall fjell, berg
- ┆ Antall fjellløp
- ┆ Antall stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Boret i fjell

Tegningstittel:	Tegningsnr:	Rev:
Lengdeprofiler, del 1	200	0

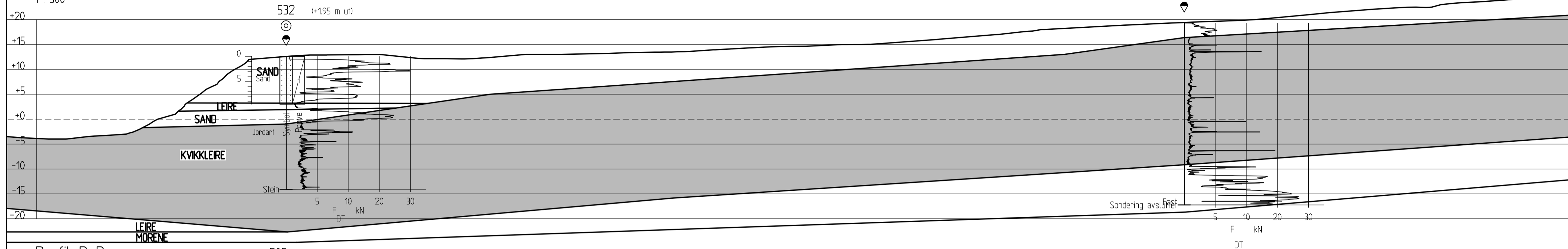


Rev:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn:	Kontr:	Godkj:
	Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning	28.11.2017	L.H. MMS	OAH	HHe
	Gjetstad Lengdeprofiler, del 1	20110045	200		0

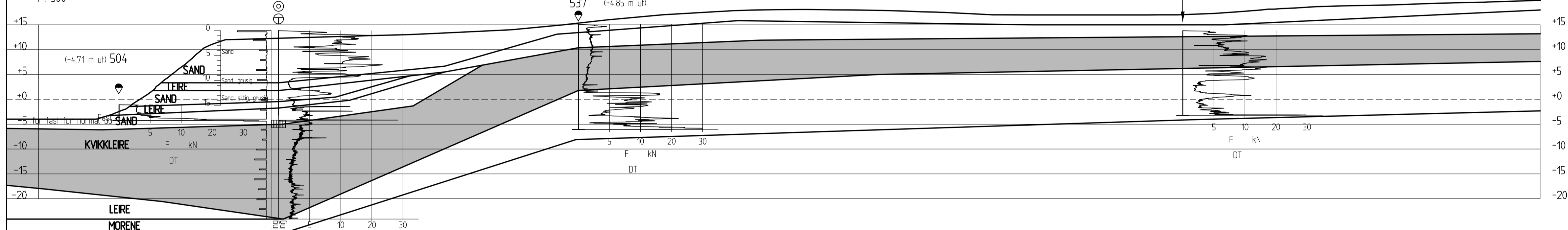
NGI
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion
NO-0806 Oslo, Norway
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48
www.ngi.no



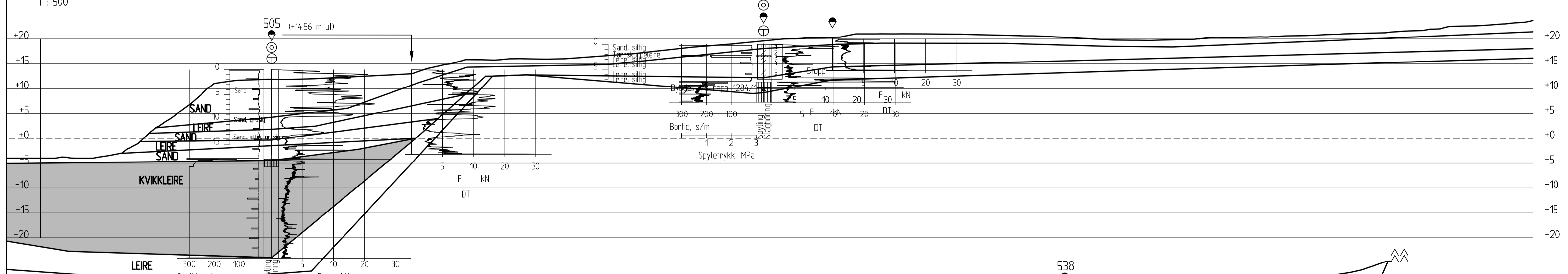
Profil Q-Q
1 : 500



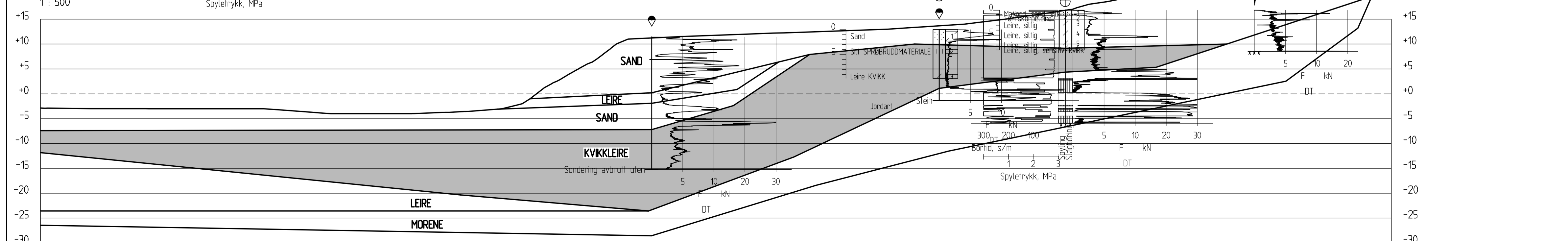
Profil D-D
1 : 500



Profil E-E
1 : 500



Profil F-F
1 : 500



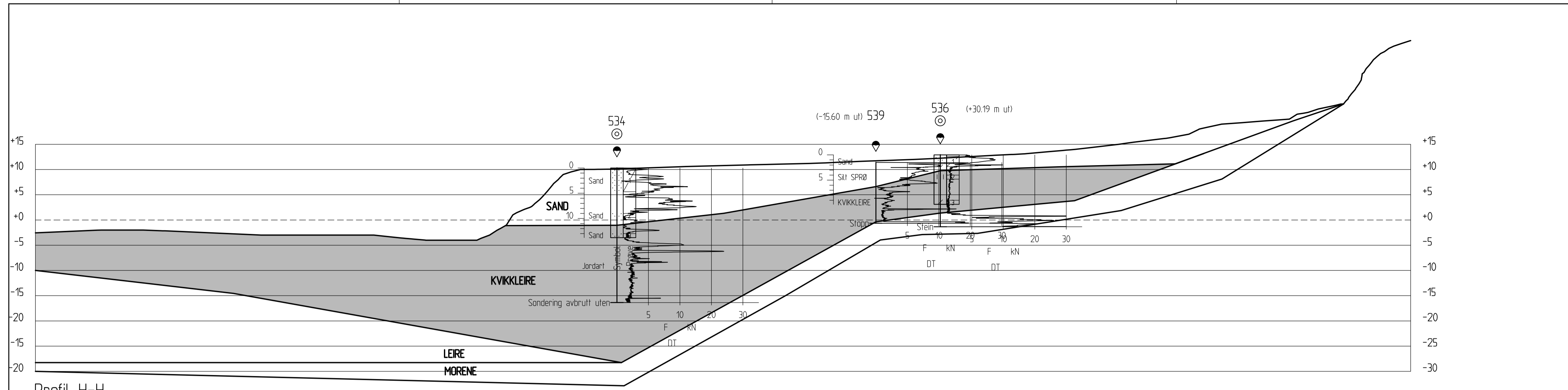
Profil G-G
1 : 500

FORKLARINGER:

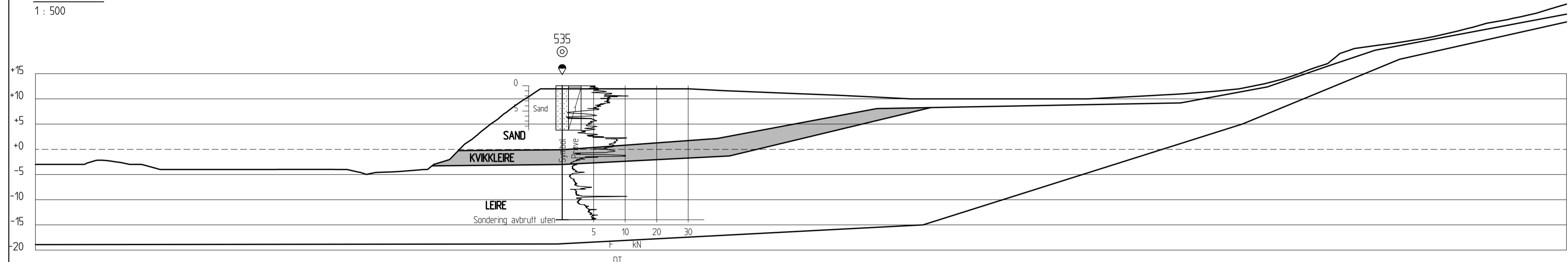
- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ⊕ Boring avsluttet
- ⊕ Antatt fjell, berg
- ⊕ Antatt fjelløst
- ⊕ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊕ Prøveserie
- ⊕ Prøvegrop
- ⊕ Vinge-boring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

Tegningsnr:	Rev:
Lengdeprofiler, del 2	0

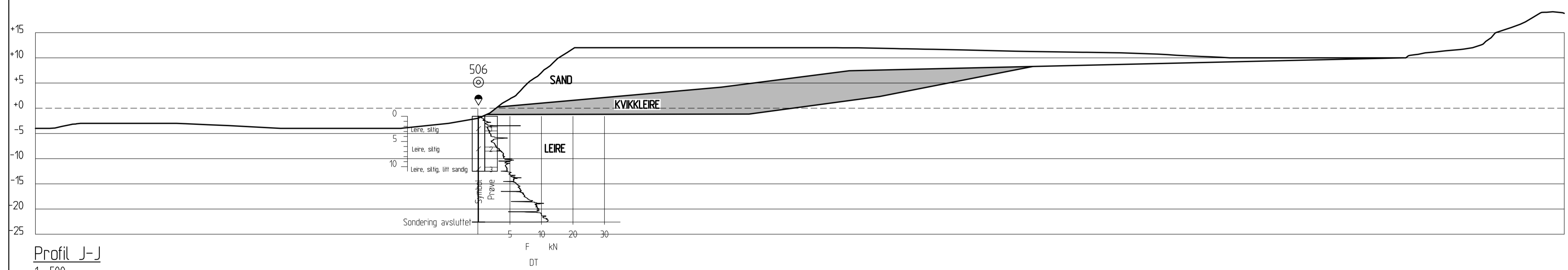
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
	Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning	28.11.2017	LaH, MMS	OAH	HHe
	Gjelstad Lengdeprofiler, del 2	20110045	201		0



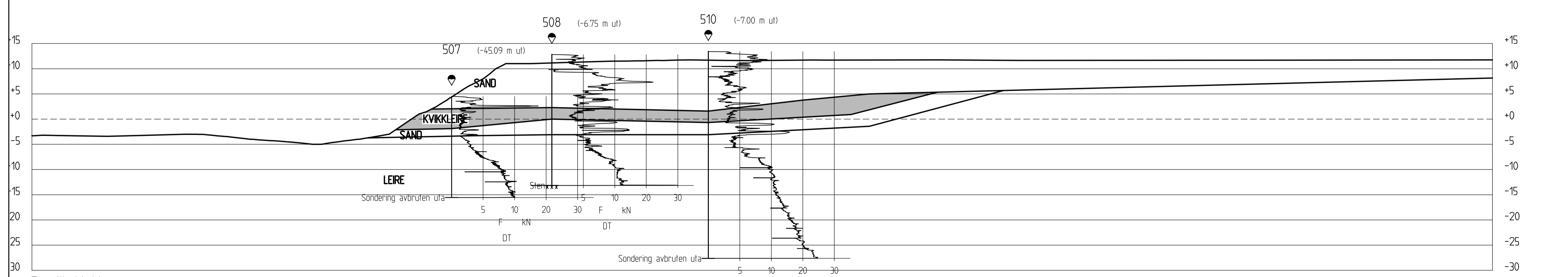
Profil H-H
1 : 500



Profil I-I
1 : 500



Profil J-J
1 : 500

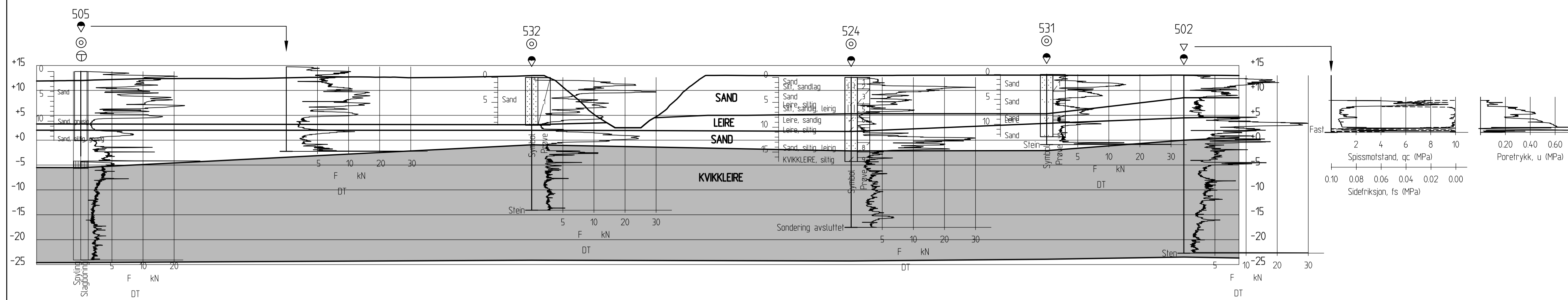


Profil K-K
1 : 500

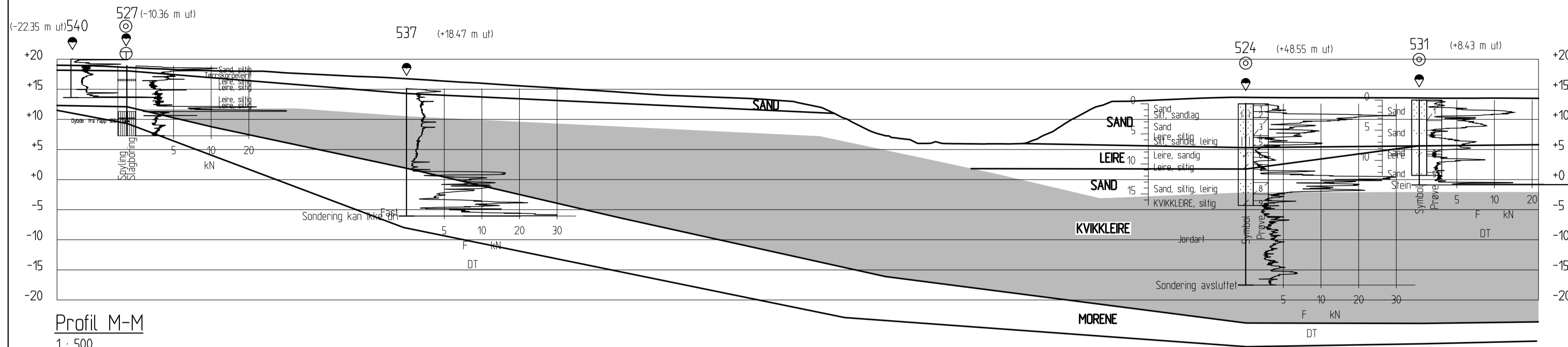
- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊛ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksonering
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen
- | Boring avsluttet
 | Antall fjell, berg
 | Antall fjell, berg
 | Antall fjellløp
- | Antall stein, blokk eller fast grunn
 | Boret i fjell

Tegningstittel:	Tegningsnr:	Rev:
Lengdeprofiler, del 3	202	0

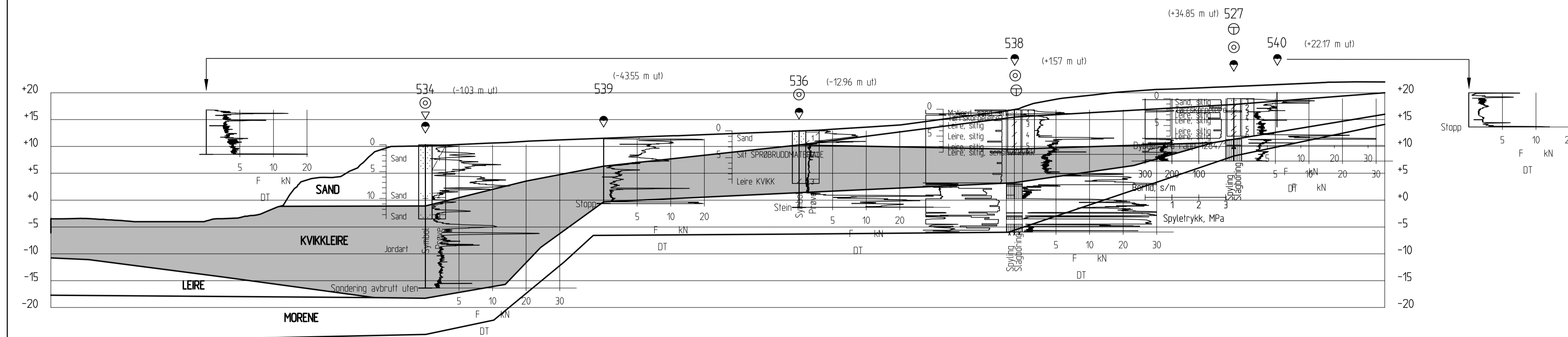
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontrollert	Godkjent
	Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning	28.11.2017	LaH, MMS	OAH	HHe
	Gjelstad Lengdeprofiler, del 3	20110045	1500	202	0
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveid Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20110045	202		



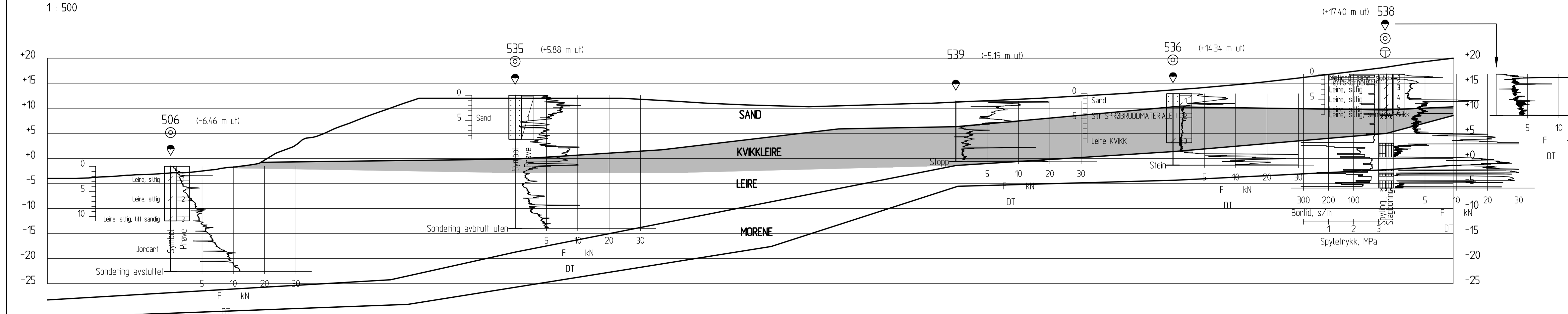
Profil L-L
1 : 500



Profil M-M
1 : 500



Profil N-N
1 : 500



Profil O-O
1 : 500

FORKLARINGER:

- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksone
 - ⊕ Fjellkontrollboring
 - ⊖ Dreitrykksone
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊕ Prøveserie
 - ⊕ Prøvegrop
 - ⊕ Vingebooring
 - ⊕ Poretrykksmåling
 - ⊕ Fjell i dagen
- | Boring avsluttet | Antall stein, blokk eller fast grunn
 | Antall fjell, berg | Boret i fjell
 ----- Antall fjellløp

Tegningsstille:	Tegningsnr:	Rev:
Lengdeprofiler, del 4	203	0

Rev:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn:	Kontroll:	Godkj:
	Stubberud kvikkleiresone Geoteknisk utredning	28.11.2017	LaH, MMS	OAH	HHe
	Gjelstad Lengdeprofiler, del 4	20110045	203		0

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 28.11.2017	Konstr./Tegnet: LaH, MMS	Kontrollert: OAH	Godkjent: HHe
	20110045	203		0

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kvikkleirefaresone 1258 Gjelstad, geoteknisk utredning		Dokumentnr./Document no. 20110045-19-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør	Dato/Date 2019-05-21
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords kvikkleire, stabilitet, risikovurdering,		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Vestfold	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Larvik	Felt navn/Field name
Sted/Location Gjelstad	Sted/Location
Kartblad/Map 1813 III Sandefjord	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: E560769 Nord: N6548770	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemannskontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2019-04-24 Marius M. Søvik	2019-04-25 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 21. mai 2019	Prosjektleder/Project Manager Håkon Heyerdahl
---	----------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

