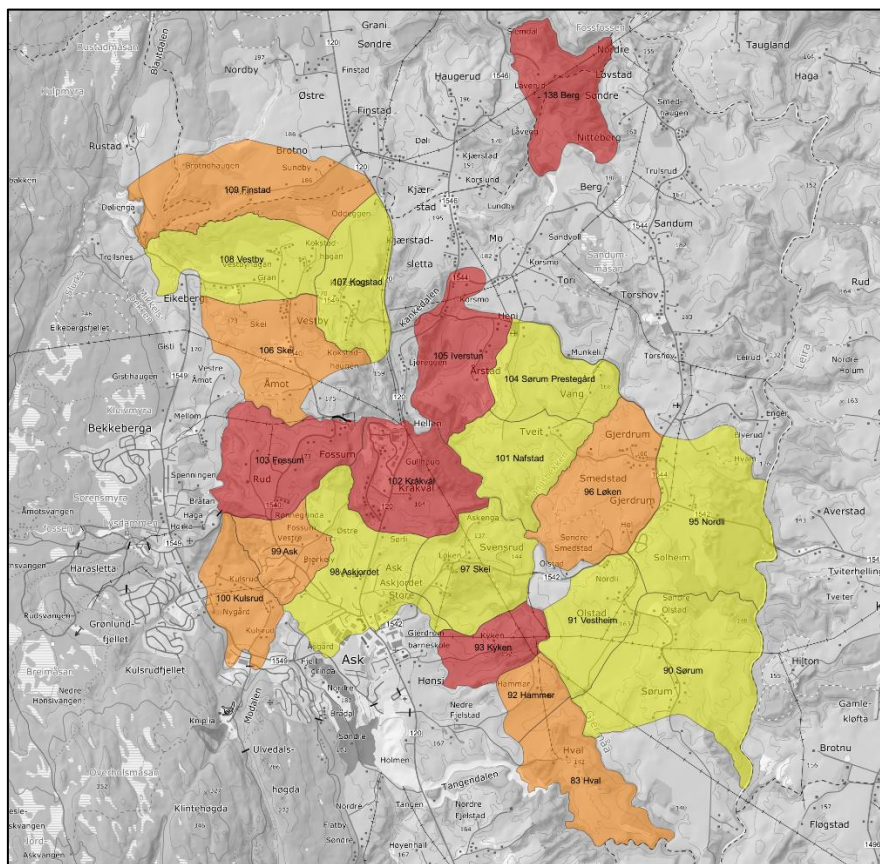


Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

22311 Forenklet soneutredning Gjerdrum

Rapport nr. 3. Delleveranse 3. Stabilitetsberegninger



Vurderte faresoner. Vist faregrad er ved oppstart prosjekt.

Prosjektnr: 22311	Dato: 29.10.2024	Prosjektleder: Kjetil Grødal Eppeland
Kundenr: 10413	Dato: 29.10.2024	Fagansvarlig: Stian Kalstad

Fylke: Akershus	Kommune: Gjerdrum
Adresse: flere	Gnr/Bnr.: flere

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Rapport: 22311 Rapport nr. 3. Delleveranse 3
Rapporttype: Geoteknisk rådgivning
Stikkord: Områdestabilitet, forenklet utredning, stabilitetsberegning
UTM 32: Øst: 613000 Nord: 6660000

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Førsteutkast med stabilitetsberegninger av dagens situasjon	13.09.2024
01	Oppfølgingsmøte med NVE og uavhengig kvalitetssikrer AFRY. Befaringer ved kritiske snitt i faresone 101 Nafstad, 105 Iverstun og 138 Berg samt ved kritisk snitt 105-13X.	16.10.2024
02	Oppfølgingsmøte nr. 2 med NVE og AFRY.	29.10.2024

Følgende team fra Løvlien Georåd har arbeidet med delleveranse 3:

Prosjektleder	Kjetil Grødal Eppeland
Fagansvarlig	Stian Kalstad
Prosjektmedarbeidere	Karsten Engdal Mykleset, Tor-Ivan Granheim, Kari Lien Johnsen og Kristian Marthinsen Kjærstad

Sammendrag

Løvlien Georåd har fått i oppdrag å utføre en forenklet soneutredning av 22 utvalgte faresoner for kvikkleireskred i Gjerdrum kommune. Foreliggende rapport, delleveranse 3, omfatter beregningsgrunnlag og stabilitetsberegninger for utvalgte snitt tilknyttet faresone 96 Løken, 100 Kulsrud, 101 Nafstad, 104 Sørums prestegård, 105 Iverstun, 138 Berg og 471 Berger.

I revisjon 00 presenteres utførte drenerte og udrenerte stabilitetsanalyser for dagens situasjon og foreløpige vurderinger og anbefalinger om behov for sikringstiltak og videre arbeid.

Revisjon 01 og 02 er utarbeidet etter oppfølgingsmøter med NVE og uavhengig kvalitetssikrer AFRY, samt befaringer ved utvalgte kritiske snitt. På første møtet ble den foreløpige rapporten gjennomgått og endelig omfang av stabilitetsberegninger for tiltak og nødvendig sikkerhetsnivå diskutert og bestemt. I revisjon 01 og 02 er stabilitetsanalyser av sikringstiltak samt vurdering av behov for omfang og tilkomst presentert. Befaringer er utført for å vurdere adkomst for etablering av sikringstiltak.

Basert på tilgjengelig datagrunnlag og utførte stabilitetsberegninger anbefales det å vurdere sikringstiltak ved 5 av de 9 beregningssnittene. Ved 4 av beregningssnittene vurderes det ikke å være behov for sikringstiltak. Overvåkning av erosjon anbefales ved 2 av snittene hvor det ikke er vurdert behov for sikringstiltak. En oppsummering av utførte beregninger, vurderinger og anbefalinger er gitt i tabellen under.

Snitt nr.	Beregnet sikkerhet		Erosjon	Vurderinger/anbefalinger
	Udrenert	Drenert		
96-3	1,04	1,01	Litt-noe erosjon	○ Beregningsmessig lav sikkerhet for store glideflater, labil skråning. ○ Høyt poretrykk ved skråningsfot/bekk. ○ Litt erosjon ved kritisk snitt, noe erosjon sør for snittet. ○ Skred vil kunne ramme bebyggelse. ○ Poretrykksforhold, lagdeling og beregnet sikkerhet tilsier at sikringstiltak bør vurderes. ○ Erosjonssikring vurderes å være tilstrekkelig som sikring.
100-1	1,22	1,24	Noe erosjon	○ Beregningsmessig robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer. ○ Ikke indikasjon på kvikkleire i relevant dybde ved skråningsfot, kvikkleira ligger trolig dypt i skråningen. ○ Ikke anbefalt sikringstiltak. ○ Overvåkning av erosjon ses i sammenheng med snitt 471-2.
101-6	1,12	0,92/ 1,09	Litt erosjon	○ Kritisk udrenert glideflate er stor og går dypt. ○ Faren for et større kvikkleireskred vurderes som liten. ○ En viss beregnet robusthet mot udrenerte spenningsendringer. ○ Litt erosjon ved kritisk snitt. Noe erosjon lenger sør ved snitt 101-5. ○ Mye bebyggelse i området ○ I samråd med NVE og AFRY ble det bestemt å se nærmere på aktuelle sikringstiltak ○ Erosjonssikring vurderes å være tilstrekkelig som sikring.
104-3	1,06	1,00	Noe erosjon	○ Beregningsmessig lav sikkerhet. Kritiske glideflater går ned i kvikkleire.

Snitt nr.	Beregnet sikkerhet		Erosjon	Vurderinger/anbefalinger
	Udrenert	Drenert		
				○ Bebyggelse ligger utenfor vurdert maksimal løsnedistanse (rotasjonsskred og mer enn 5H og 100 m fra skråningsfot). ○ Ikke anbefalt sikringstiltak.
105-2	1,18	1,00	Noe-kraftig erosjon	○ Kritisk drenert glideflate går ikke ned i kvikkleire. ○ Det vurderes som lite sannsynlig at et naturlig utløst skred vil ha stor utbredelse og nå bebyggelse. ○ Kvikkleira ligger trolig dypt i skråningen, men det er usikkerhet rundt lagdelingen i midt- og fot skråning. ○ Det synes vanskelig å utføre opprinnelig anbefalte supplerende grunnundersøkelser uten å etablere anleggsvei. Det vurderes derfor som hensiktsmessig å utføre erosjonssikring og ikke nye grunnundersøkelser.
105-13x	1,04	0,93	Noe erosjon	○ Beregningsmessig lav sikkerhet, labil skråning. ○ Kritisk drenerte glideflater går ikke ned i kvikkleire, men utglidninger ved skråningsfot kan utløse større rotasjonsskred i skråningen som kan påvirke bebyggelse. ○ Ikke indikasjon på kvikkleire ved skråningsfot. Kvikkleira ligger trolig dypt i skråningen. ○ Sikringstiltak bør vurderes. Beliggenheten av kvikkleira ned mot skråningsfot og plassering av kritisk glideflate taler for at snittet ikke gis topp prioritet. ○ Erosjonssikring vurderes å være tilstrekkelig som sikring.
138-1	1,03	1,00/ 1,08	Noe erosjon	○ Beregninger indikerer at skråningen er labil. ○ Risikoen for et større kvikkleireskred vurderes å være til stede og et skred kan ramme boligen på Låverud. ○ Erosjonsgrad, lagdeling og beregnet sikkerhet tilsier at sikringstiltak bør vurderes. ○ Erosjonssikring, eventuelt med utvidet fylling, vurderes å være tilstrekkelig som sikring. Det anbefales at det utføres supplerende grunnundersøkelser og erosjonskartlegging for å avgrense hvor langt sikringen skal utføres.
138-6X1	1,33	1,12/ 1,36	Noe erosjon	○ Skråningen har relativt god beregningsmessig sikkerhet mot brudd. ○ Kvikkleiren ligger dypt og det virker lite sannsynlig at troverdige bruddmekanismer kan nå ned i kvikkleire. ○ Det er lite som tilsier at man bør prioritere å sikre denne skråningen.
471-2	0,98	0,99	Noe erosjon	○ Beregninger indikerer at skråningen er labil. ○ Naturlig utløst skred vil trolig ikke nå bebyggelsen øst for Kulsrudbekken ○ Overvåkning av erosjon bør vurderes.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
2	Befaring	9
3	Beregningsmetodikk	10
4	Tolkning av materialeparametere	12
5	Kvalitet grunnlagsdata	15
6	Sone 96 Løken	16
7	Sone 100 Kulsrud	24
8	Sone 101 Nafstad	30
9	Sone 104 Sørums Prestegård	37
10	Sone 105 Iverstun	43
11	Sone 105 Iverstun	49
12	Sone 138 Berg	57
13	Snitt 138-6X1	65
14	Sone 471 Berger	70
15	Referanser	75

TEGNINGER

Situasjonsplaner

Tegning nr.	Rev.	Tittel
A-01	0	Oversiktskart faresoner
A-96	1	Situasjonsplan sone 96 Løken
A-100	1	Situasjonsplan sone 100 Kulrud
A-101	1	Situasjonsplan sone 101 Nafstad
A-104	1	Situasjonsplan sone 104 Sørums prestegård
A-105	1	Situasjonsplan sone 105 Iverstun
A-138	1	Situasjonsplan sone 138 Berg
A-471	1	Situasjonsplan sone 471 Berger

Stabilitetsberegninger dagen situasjon

Tegning nr.	Rev.	Tittel
E-96-3	2	Stabilitetsberegning snitt 96-3
E-100-1	0	Stabilitetsberegning snitt 100-1
E-101-6	2	Stabilitetsberegning snitt 101-6
E-104-3	0	Stabilitetsberegning snitt 104-3
E-105-2	0	Stabilitetsberegning snitt 105-2
E-105-13x	0	Stabilitetsberegning snitt 105-13x
E-138-1	0	Stabilitetsberegning snitt 138-1
E-138-6X1	0	Stabilitetsberegning snitt 138-6X1
E-471-2	0	Stabilitetsberegning snitt 471-2

Stabilitetsberegninger med sikringstiltak

Tegning nr.	Rev.	Tittel
E-96-3-1	0	Stabilitetsberegning snitt 96-3 erosjonssikring
E-101-6-1	0	Stabilitetsberegning snitt 101-6 erosjonssikring
E-105-13x-1	0	Stabilitetsberegning snitt 105-13x erosjonssikring
E-138-1-1	0	Stabilitetsberegning snitt 138-1 erosjonssikring

VEDLEGG

- 1 Referanseliste geotekniske rapporter

1 Innledning

Løvlien Georåd har fått i oppdrag å utføre en forenklet soneutredning av 22 utvalgte faresoner for kvikkleireskred i Gjerdrum kommune. En oversikt over de 22 utvalgte faresonene er vist på figur 1.1.

Målet med den forenklede soneutredningen er å få bedre oversikt over fare for naturlig utløste skred som følge av erosjon, og om eksisterende bebyggelse kan være utsatt for skredfare. Basert på dette skal det utarbeides en oversikt med prioritering av hvilke soner/områder hvor det anbefales å utføre sikringstiltak. Oversikten skal være et verktøy for NVE ifm. prioritering av ressursbruk til sikringsarbeid.

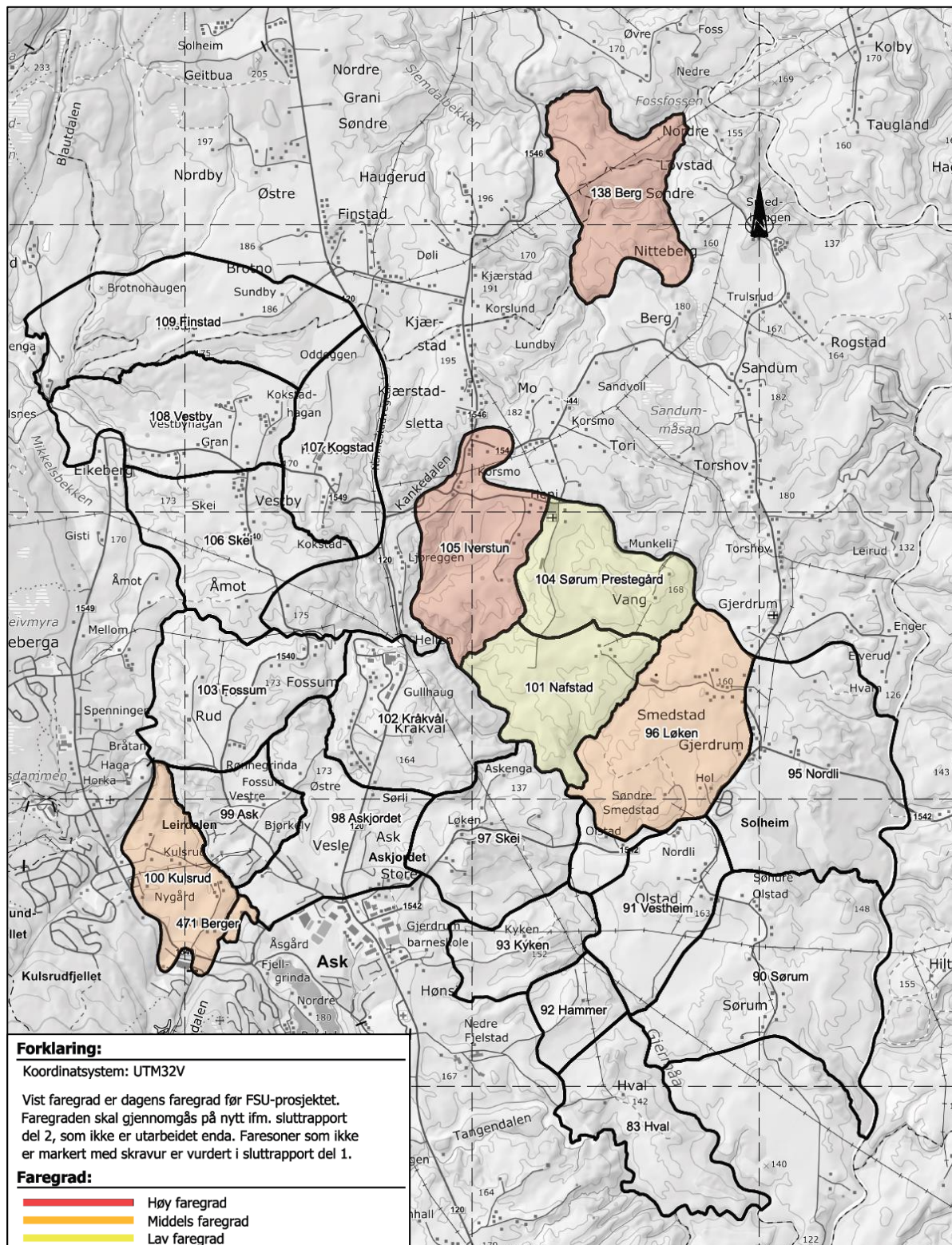
Foreliggende rapport, delleveranse 3, presenterer utførte stabilitetsberegninger i 9 utvalgte kritiske snitt tilknyttet de 7 faresonene som er prioritert videre for stabilitetsberegninger og vurdering av sikringstiltak. De aktuelle faresonene er vist i tabell 1.1 og på figur 1.1. Vurderinger for de 14 faresonene som ikke er prioritert videre for stabilitetsberegninger og fysiske sikringstiltak er presentert i Sluttrapport del 1 [1].

Revisjon 00 av foreliggende rapport presenterer stabilitetsberegninger for dagens situasjon. Foreløpige vurderinger og anbefalinger om behov for sikringstiltak og videre arbeid er også presentert.

Revisjon 01 og 02 er utarbeidet etter oppfølgingsmøter med NVE og uavhengig kvalitetssikrer AFRY, det vises til referat fra det første møtet i ref. [2]. På første møtet ble den foreløpige rapporten gjennomgått og endelig omfang av stabilitetsberegninger for tiltak og nødvendig sikkerhetsnivå diskutert og bestemt. I revisjon 01 og 02 er stabilitetsanalyser av sikringstiltak samt vurdering av behov for omfang og tilkomst presentert. Det er utført befaringer ved kritiske snitt for å vurdere adkomst for etablering av sikringstiltak.

Tabell 1.1 Oversikt over utvalgte faresoner for stabilitetsberegninger og vurdering av sikringstiltak.

Sonenr.	Sonenavn	Faregrad ved oppstart prosjekt
96	Løken	Middels
100	Kulsrud	Middels
101	Nafstad	Lav
104	Sørum prestegård	Lav
105	Iverstun	Høy
138	Berg	Høy
471	Berger	Middels



Figur 1.1 Oversiktskart med de 22 utvalgte faresonene i Gjerdrum kommune som er inkludert i den forenklete utredningen (FSU). I delleveranse 3 presenteres stabilitetsberegninger i utvalgte kritiske snitt tilknyttet 7 av faresonene. Aktuelle faresoner er vist med skravur for faregrad (vist faregrad er faregrad før FSU-prosjektet).

1.1.1 Oppdragets oppbygning

Oppdraget er delt opp i tre delleveranser og to sluttrapporter:

Delleveranse 1

Innledende vurderinger av sonene med forslag til plassering av kritiske snitt og supplerende grunnundersøkelser. Snittene er vurdert som kritiske eller ikke kritiske basert på eksisterende grunnundersøkelser, tilgjengelig kartdata og utførte erosjonskartlegginger. Delleveranse 1 er presentert i Løvlien Georåd sin rapport 22311 Rapport nr. 1 [3].

Delleveranse 2

Grunnlag for utlysning av grunnundersøkelser. Delleveranse 2 er presentert i Løvlien Georåd sin rapport 22311 Rapport nr. 2 [4].

Delleveranse 3

Rapport med stabilitetsberegninger i utvalgte kritiske snitt tilknyttet faresoner som omtales i sluttrapport del 2. Grunnlag for stabilitetsberegninger og presentasjon av disse. Anbefalinger ved behov for sikring og forslag til eventuelle sikringstiltak. Denne rapporten.

Sluttrapport del 1

Oppdaterte faregrad-, konsekvens og risikoklasser for faresoner som ikke vurderes videre for stabilitetsberegninger og fysiske sikringstiltak. Vurderinger av avgrensning av løseområder basert på supplerende grunnundersøkelser. Forslag til videre arbeid og oppfølging. Sluttrapport del 1 er presentert i Løvlien Georåd sin rapport 22311 Rapport nr. 4 [1].

Sluttrapport del 2

Vurderinger med oppdaterte faregrad-, konsekvens og risikovurderinger for faresoner hvor det er utført stabilitetsberegninger og potensielt anbefales sikringstiltak (fra delleveranse 3). 22311 Rapport nr. 5 er på nåværende tidspunkt enda ikke utgitt.

2 Befaring

Det ble gjennomført befaring 30. september 2024 ved kritisk snitt 101-6 (Nafstad), 105-2 (Iverstun), 105-13X og 138-1 (Berg) av geoteknikere Tor-Ivan Granheim, Karsten Engdal Mykleset og Kari Lien Johnsen i Løvlien Georåd.

Det primære målet for befaringen var å vurdere adkomstmuligheter til ravinene for etablering av sikringstiltak. Observasjoner fra befaringen og vurdering av adkomstmuligheter er beskrevet under hvert enkelt kritisk snitt i denne rapporten.

3 Beregningsmetodikk

3.1 Generelt

Stabilitetsberegningene er utført i GeoSuite Stability med BEAST som beregningsmetode [5]. Det er utført både totalspenningsanalyser (udrenert tilstand i leiren, ADP-metoden) og effektivspenningsanalyser (drenert tilstand i leiren). Både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater er kontrollert. Kritiske sirkulærsylindriske glideflater er presentert. Der hvor det vurderes som hensiktsmessig er også kritiske sammensatte glideflater presentert. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle positive bidrag fra geometrieffekter i beregningene (3D-effekter).

Dybde til elvebunn/bekkebunn vurderes i hvert enkelt tilfelle ut ifra størrelse på vassdraget, samt fra eventuell kartlegging av dybder fra befaringer. Ved usikkerheter er det i enkelte tilfeller gjort stabilitetsberegninger med økt dybde til elvebunn/bekkebunn for å vurdere sensitiviteten i beregningene.

3.2 Sikkerhetskrav

Det er ikke angitt spesifikke krav til sikkerhet for dagens situasjon eller for sikringsprosjekter i NVEs veileder 1/2019 [6].

Det er i den forenklete soneutredningen vurdert risiko for naturlig utløste skred basert på flere forhold og parametere, blant annet:

- Beregnet sikkerhetsfaktor (kort- og langtidsstabilitet)
- Plasseringen til kritisk glideflate
- Beliggenheten til kvikkleire i skråningen
- Erosjonsgrad
- Topografiske forhold i området ved kritisk snitt

Med bakgrunn i forholdene over er det gjort spesifikke vurderinger av behov for sikring for hvert beregningssnitt.

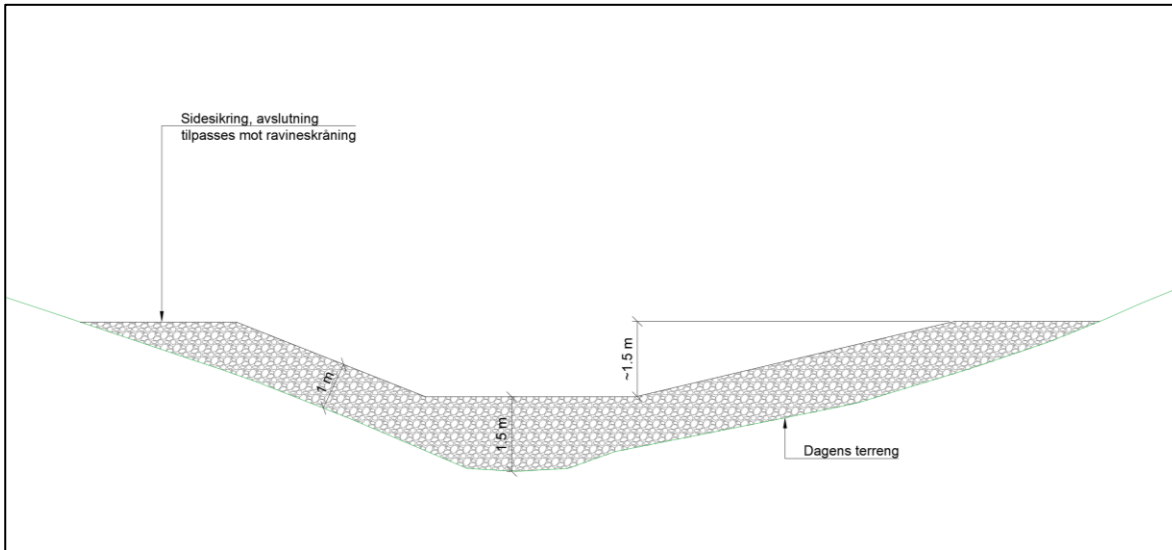
I delleveranse 3 skal det presenteres anbefalinger om eventuelle behov for sikring og forslag til mulige sikringstiltak, samt om det er behov for supplerende grunnundersøkelser/videre utredning for aktuelle beregningssnitt og/eller soner. Selve sikringstiltakene skal detaljprosjekteres i en senere fase.

3.3 Sikrings- og stabiliseringstiltak

I kritiske snitt hvor det er anbefalt å se videre på sikringstiltak, er det utført beregninger for følgende to alternativer:

A. Etablering av erosjonssikring

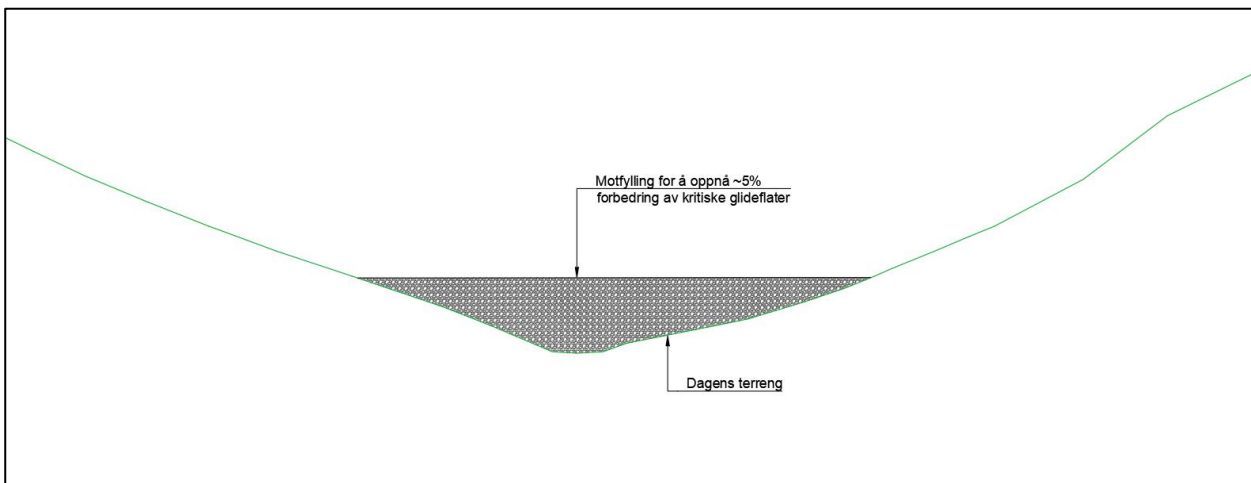
Det er gjort beregninger med 1,5 m bunnheving og sidesikring med mektighet 1 m, se prinsippsnitt på figur 3.1



Figur 3.1 Prinsippsnitt med erosjonssikring.

B. Etablering av motfylling med ~5 % forbedring av kritiske glideflater

Det er gjort beregninger med etablering av motfylling for å oppnå 5 % forbedring av kritiske glideflater. I noen tilfeller kan motfyllingen bli uforholdsmessig stor, det er da gjort beregninger for et alternativ som vurderes å være mer realistisk mht. utførelsen. Den faktiske beregningsmessige forbedringen for de kritiske glideflatene er presentert for disse tilfellene.



Figur 3.2 Prinsippsnitt med motfylling.

3.4 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegninger i totalt 9 snitt i denne rapporten. 7 av beregningssnittene ligger innenfor de 7 faresonene som er vurdert, mens 2 av beregningssnittene ligger utenfor faresonene. Disse er markert med X i navnet. Det vises til kap. 2.4 og kap. 4 i delleveranse 1 for nærmere beskrivelser for valg av kritiske snitt i og utenfor faresonene.

Plasseringen til beregningssnittene er vist på vedlagte situasjonsplaner (A-tegninger) samt i rapportteksten for hvert beregningssnitt.

3.5 Lagdeling

Lagdelingen i beregningssnittene er vurdert fra tilgjengelige og relevante grunnundersøkelser. Ved usikkerhet er lagdelingen tolket på en forsiktig måte. For eksempel er kvikkleirelaget antatt å ligge ut i skråningen der grunnundersøkelser indikerer kvikkleire ved skråningstopp, men ikke ved skråningsfot, der det ikke er utført sonderinger i midten av skråningen.

Tolket lagdeling i beregningssnittene er vist på E-tegningene. Utklipp fra tegningene er også vist i rapportteksten for hvert beregningssnitt.

4 **Tolkning av materialeparametere**

4.1 Omrørt skjærfasthet fra laboratorieundersøkelser

Kvikkleire

Leire som i omrørt tilstand har skjærfasthet mindre enn 0,5 kPa etter gammel konus-standard (NS8015, tilbaketrukket i 2017). Etter ny konus-standard (ISO 17892-6:2017 [7]) tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 0,33 kPa.

Sprøbruddmateriale

Leire som i omrørt tilstand har skjærfasthet mindre enn 2,0 kPa etter gammel konus-standard (NS8015, tilbaketrukket i 2017). Etter ny konus-standard (ISO 17892-6:2017 [7]) tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 1,27 kPa. Kvikkleire er en type sprøbruddmateriale.

4.2 Tolkning av kvikkleire fra CPTu-sonderinger

Fra CPTu-sonderingene er poretrykksforholdet, B_{q1} , sammen med revidert spissmotstandstall, N_{mc} , benyttet som en indikasjon på kvikkleire/sprøbruddmateriale. Iht. NIFS 126/2015 [8] er følgende kriterier satt for *mulig sprøbruddmateriale* og *sannsynlig kvikkleire* for B_{q1} og N_{mc} :

- $N_{mc} \leq 3,5$ og $B_{q1} \geq 0,75$: *Mulig sprøbruddmateriale*
- $N_{mc} \leq 2,5$ og $B_{q1} \geq 1,00$: *Sannsynlig kvikkleire*

Tolkning av sprøbruddmateriale iht. NIFS 126/2015 [8] er benyttet som grunnlag for vurdering av lagdeling.

4.3 OCR

OCR er bestemt ut fra utførte CPTu-sonderinger og gamle ødometerforsøk (ikke utført nye ødometerforsøk i dette prosjektet) der dette er utført. Tolkning av OCR fra CPTu-sonderinger er basert på korrelasjoner beskrevet av Paniagua i 2019 [9].

4.4 Udrenert skjærfasthet

Der det er utført treaksialforsøk legges det størst vekt på disse for bestemmelse av udrenert skjærfasthet, forutsatt tilstrekkelig god kvalitet på forsøkene. Det er ikke utført treaksialforsøk i dette prosjektet. Benyttede treaksialforsøk er hentet fra tidligere utførte grunnundersøkelser.

Paniagua anbefaler å estimere et best mulig OCR-profil og deretter bruke SHANSEP-tilnærming for bestemmelse av udrenert skjærfasthet [9].

Iht. anbefalingen til Paniagua legges det lite eller ingen vekt på spissmotstandstallet N_{kt} ved tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTu-sonderinger, siden dette viser liten/ingen statistisk sammenheng ($r^2 = 0,40$). N_{ke} har best statistisk sammenheng for $B_q < 1,0$ ($r^2 = 0,91$), mens

korrelasjoner basert på q_{net} , Δu og vanninnhold (w) vurderes å ha best sammenheng ved høyere verdier av B_q [9] ($r^2 = 0,91$). Det er derfor lagt hovedvekt på disse ved tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTu.

OCR-profil som inngår i korrelasjonsfaktorene for bestemmelse av udrenert skjærfasthet velges på bakgrunn av følgende i prioritert rekkefølge:

1. Ødometerforsøk (forutsatt god kvalitet)
2. OCR-profil beregnet ut fra antatt opprinnelig terrengnivå for de marine avsetningene
3. Beregnet OCR-profil basert på CPTU-sondering
(beregnet etter prosedyrer foreslått av Paniagua [9])

4.4.1.1 ADP-faktorer

Forholdet mellom aktiv, direkte, og passiv skjærstyrke velges på bakgrunn av NIFS-rapport: «*En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*» [10].

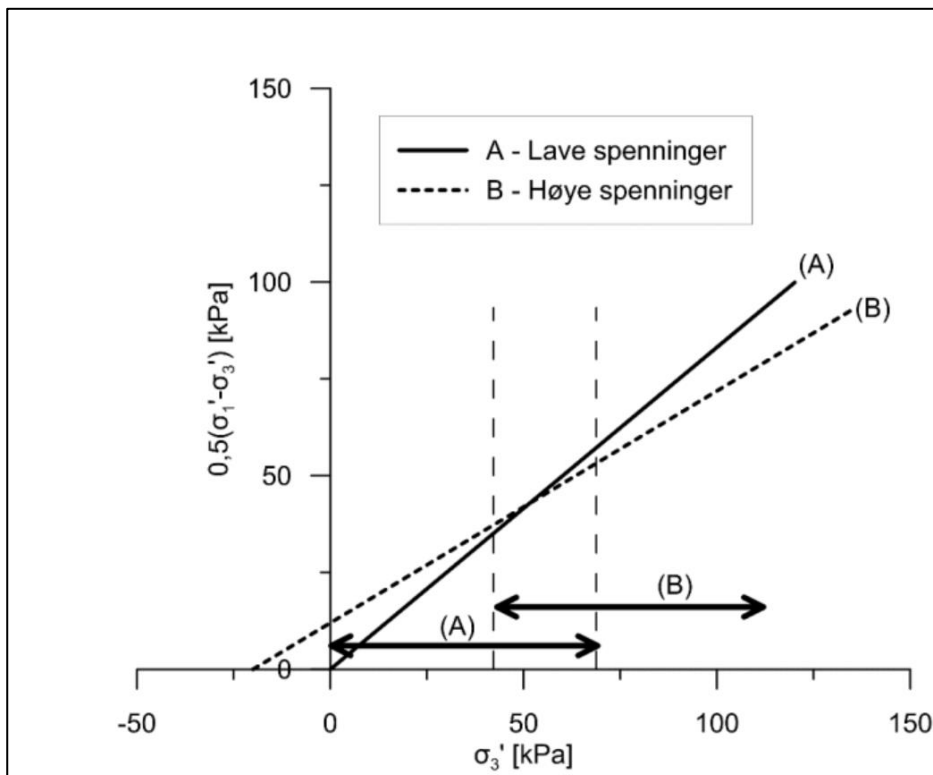
Det er generelt lagt til grunn følgende anisotropiforhold:

- $s_u^D / s_u^A = 0,63$
- $s_u^P / s_u^A = 0,35$

4.5 Drenerte materialparametere

Effektivspenningsparametere er basert på anbefalinger i Statens vegvesen Håndbok V220 [11]. Generelle effektivspenningsparametere som er lagt til grunn i stabilitetsberegningene er vist i tabell 4.1. Friksjonsvinkel og attraksjon er valgt avhengig av spenningsforholdene i grunnen. Det skilles mellom leire med lav- og høy spenning iht. figur 3.5.8.2-1 i V220, se figur 4.1 under. Figuren er tegnet for normalkonsolidert leire, men V220 anbefaler å bruke verdiene som konservative anslag for overkonsolidert leire der det ikke foreligger stedsspesifikke data [11].

Det er valgt å legge skillet mellom leire med lav- og høy spenning ved minste hovedspenning $\sigma_3 \sim 50$ kPa. Spenningsforholdene er vurdert i hvert beregningssnitt basert på utførte laboratorieanalyser og målt poretrykk. Utbredelsen av leirelaget med lav spenning er vurdert ved topp, midt og bunn skråning i hvert beregningssnitt.



Figur 4.1: V220 Figur 3.5.8.2-1 - Prinsipp for avhengighet i valg av friksjonsvinkel og attraksjon, for NC-leire.

Tabell 4.1 Materialparametere for lag med antatt drenert oppførsel og for drenerte beregninger.

Materiale	Tyngdetetthet, γ (kN/m ³)	Eff. tyngdetetthet, γ' (kN/m ³)	Friksjonsvinkel, ϕ (°)	Kohesjon, c' (kN/m ²)
Motfylling/erosjonssikring	18	8	42	0
Tørreskorpeleire	19	9	30	0
Leire, lave spenninger	19*	9*	25–27**	0
Leire, høye spenninger	19*	9*	22–25**	5–15

*Velges fra prøvedata hvis det foreligger

**Høyere verdier benyttes hvis det foreligger grunnlag for det

4.6 Poretrykksforhold

Det er i de fleste tilfeller etablert poretrykksmålere i eller i umiddelbar nærhet av beregningssnittene. Poretrykksfordelingen målt ved beregningssnittene, eller i nærheten av beregningssnittene, legges til grunn for beregningene så lenge terreng- og grunnforholdene er relativt like. Benyttede poretrykksforhold er beskrevet nærmere i kapitlene som omhandler hvert beregningssnitt.

5 Kvalitet grunnlagsdata

5.1 CPTu

CPTU-sondering er i anvendelsesklasse 1 for både spissmotstand, friksjon og poretrykk med mindre annet er angitt i beskrivelsen av det enkelte beregningssnittet.

5.2 Rutinedata

Rutinedata benyttes i hovedsak til å bekrefte/avkrefte forekomster av sprøbruddmateriale. Rutinedataene vektlegges ikke ved valg av styrkeparametere som inngår i stabilitetsberegninger.

Forstyrrelser i prøver vurderes generelt ut fra bruddtøying på enaksialforsøkene, samt en vurdering av størrelsen på udrenert skjærfasthet fra konusforsøk. Det vises til prøveserier for aktuelle borpunkter i rapportteksten for hvert beregningssnitt.

5.3 Ødometerforsøk

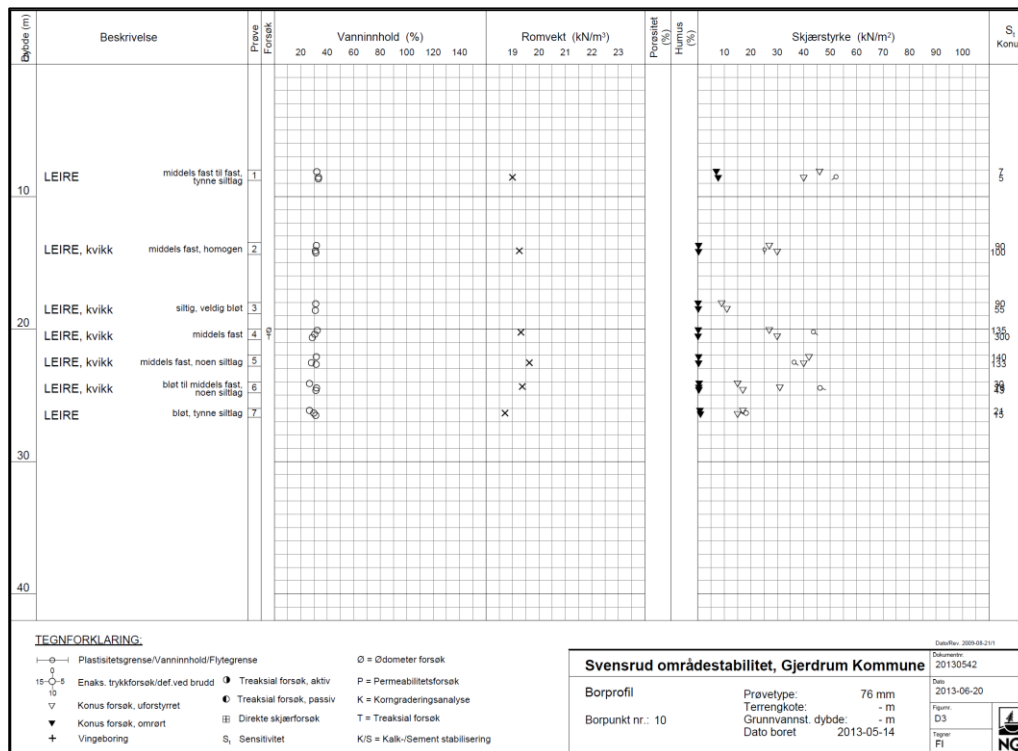
Tolket OCR fra ødometerforsøk er inkludert i tolkningen av OCR-profil der det foreligger relevante forsøk. OCR-profil for relevante CPTu-sonderinger er vist i rapportteksten for hvert beregningssnitt. Dette gjelder kun dersom det tidligere er utført ødometerforsøk i nærheten av beregningssnittene. Det er ikke utført nye ødometerforsøk i forbindelse med dette prosjektet.

5.4 Treaksialforsøk

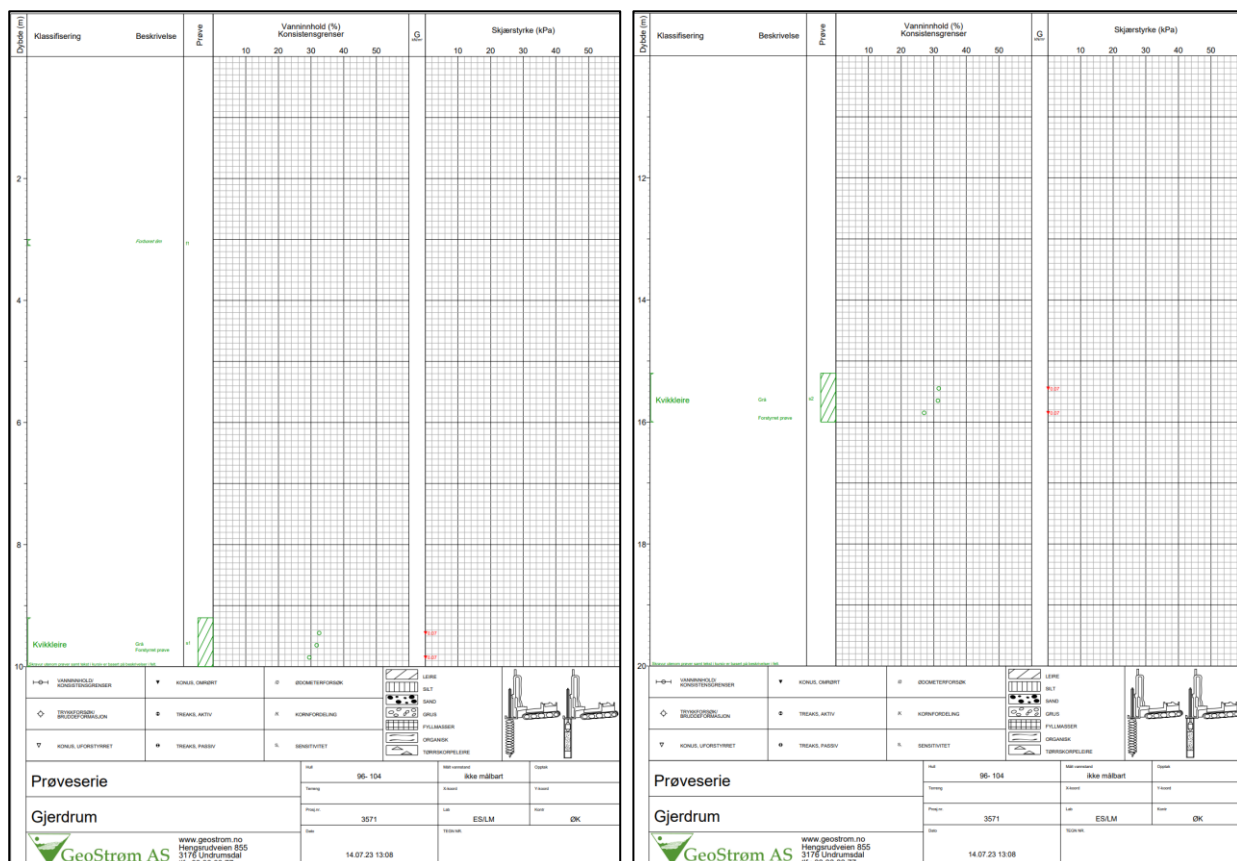
Resultater fra utførte treaksialforsøk inkluderes i tolkning av udrenert skjærfasthet, samt til å estimere friksjonsvinkel, gitt at treaksialforsøkene er av god nok kvalitet. Resultater fra treaksialforsøk er inkludert i kapittel knyttet til beregningssnittene der dette er relevant. Dette gjelder kun dersom det tidligere er utført treaksialforsøk i nærheten av beregningssnittene. Det er ikke utført nye treaksialforsøk i forbindelse med dette prosjektet.

6.2 Beregningsgrunnlag

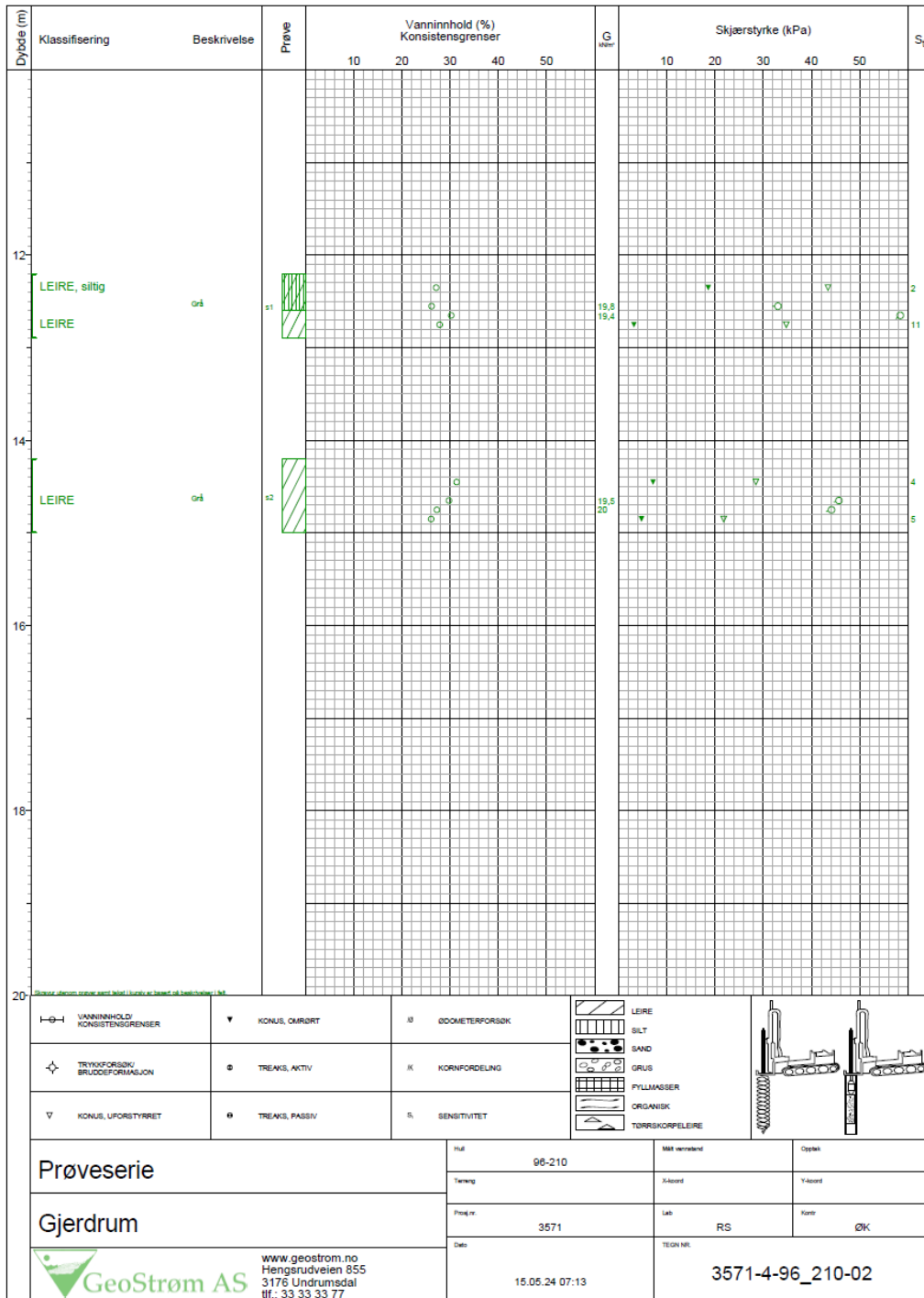
6.2.1 Relevante prøveserier



Figur 6.2 Prøveserie borpunkt 2-10.



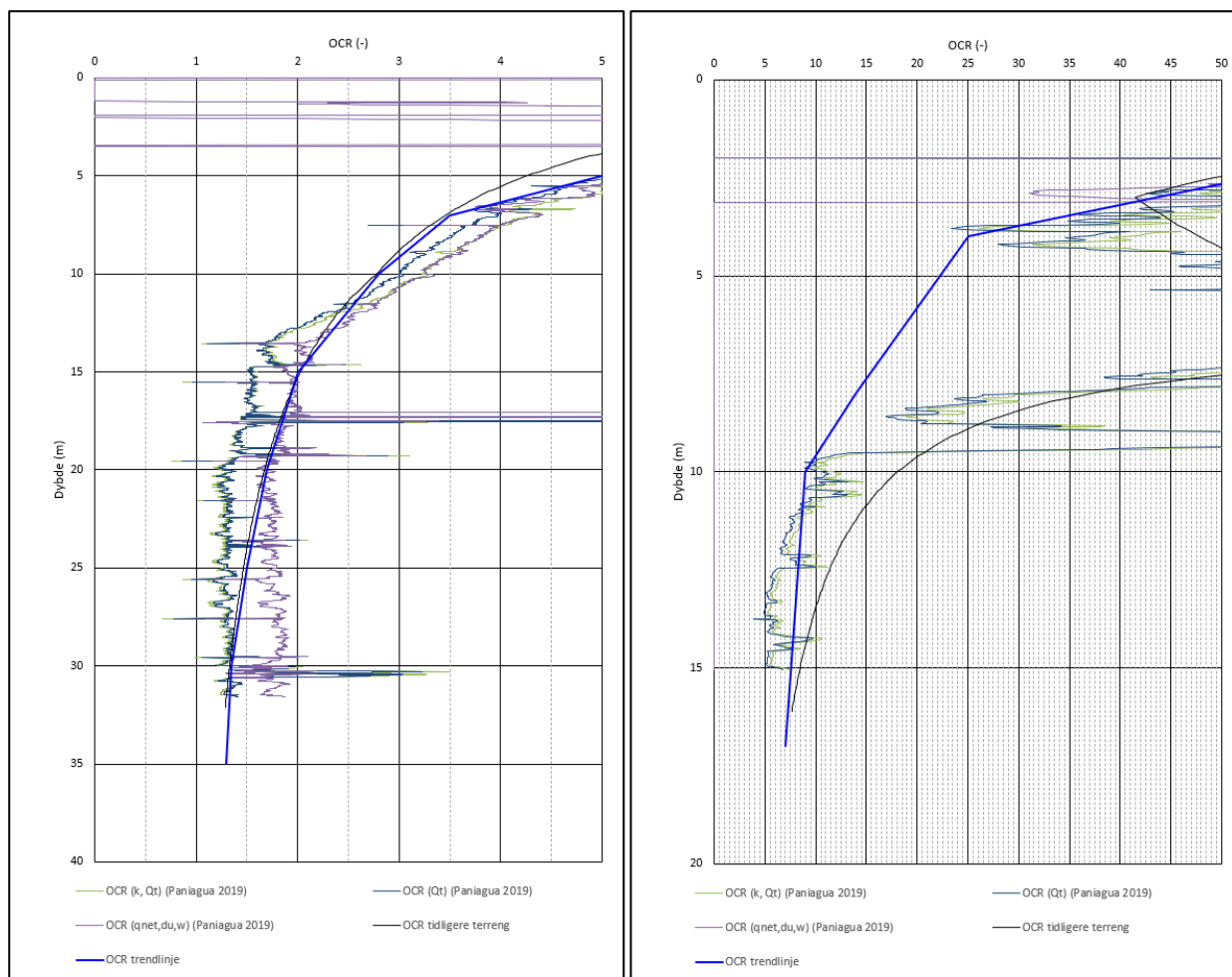
Figur 6.3 Prøveserie borpunkt 96_104.



Figur 6.4: Prøveserie borpunkt 96_210.

6.2.2 OCR

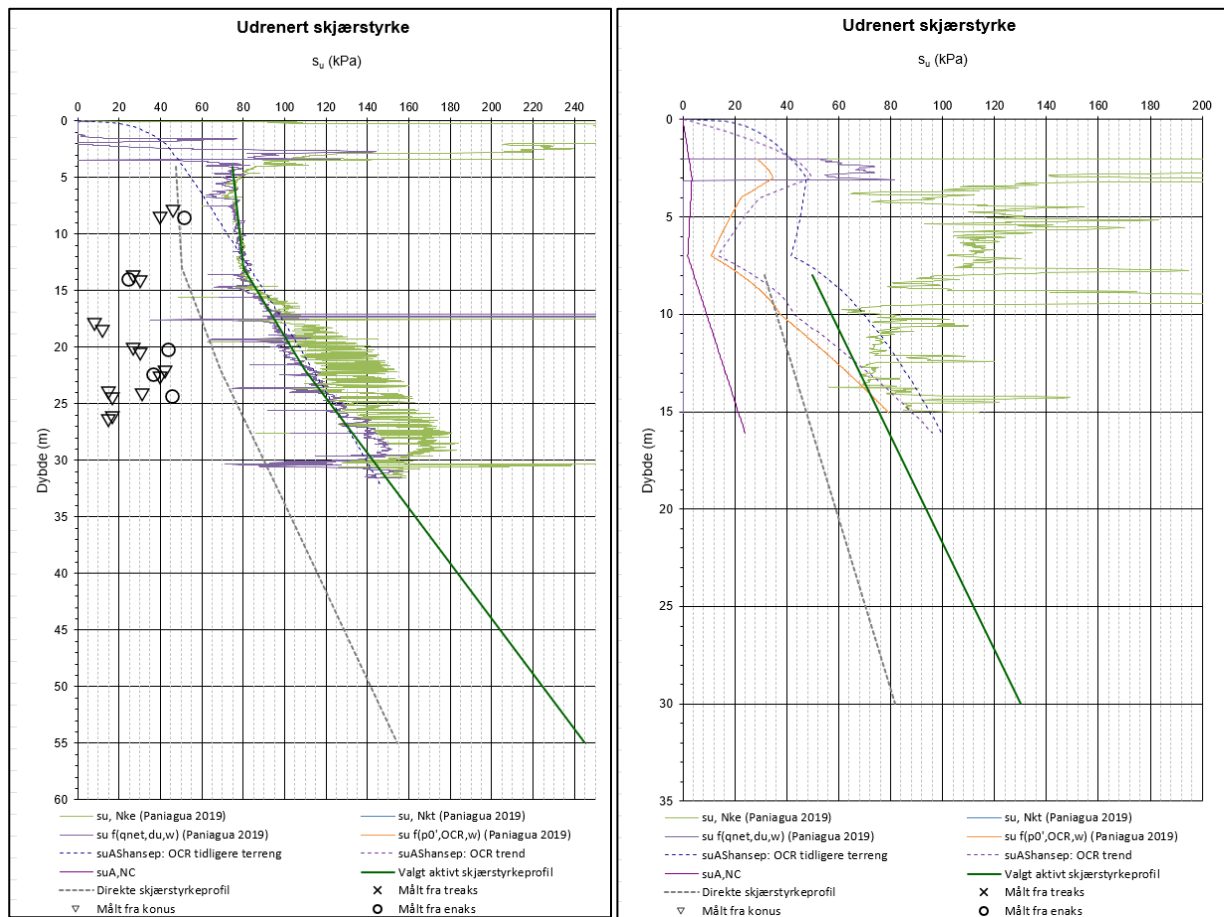
Figur 6.5 viser tolket OCR fra CPTu i borpunkt 2-10 og 96_208.



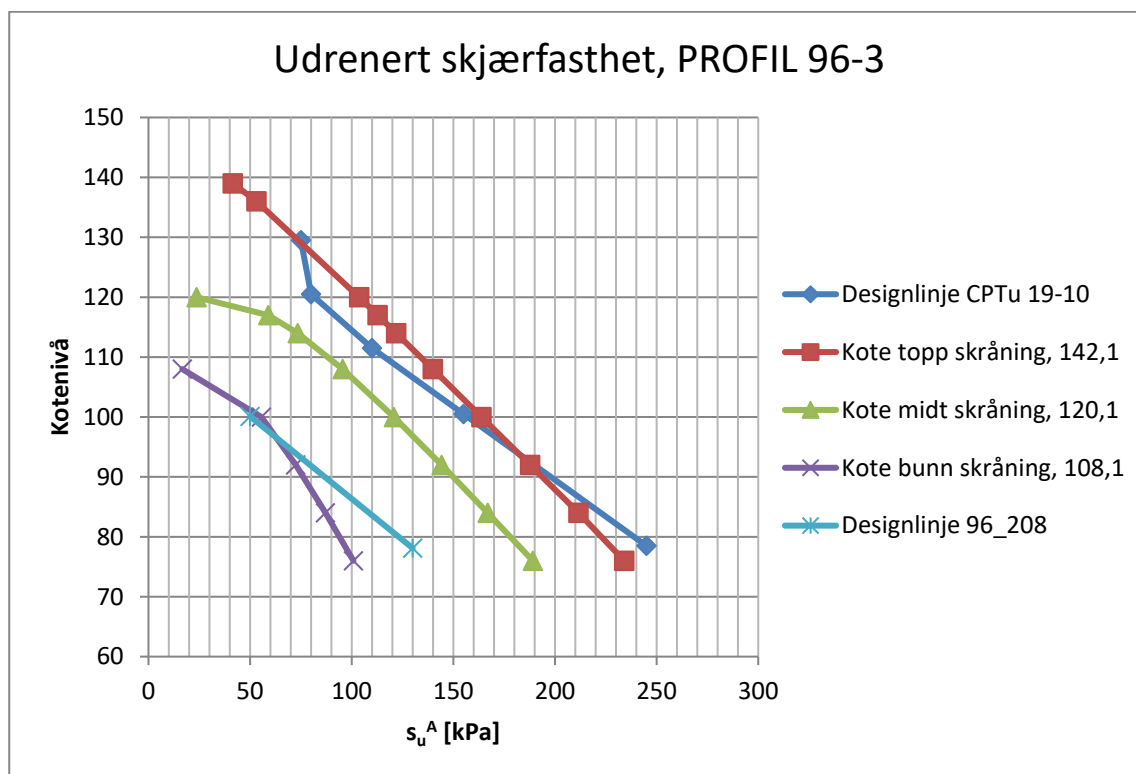
Figur 6.5 Tolket OCR borpunkt 2-10 (venstre) og 96_208 (høyre).

6.2.3 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sonderinger i borpunkt 96_208 (bunn skråning) og i borpunkt 2-10 (topp skråning). I tillegg er det benyttet SHANSEP midt i skråningen, se figur 6.7. Tolkede skjærfasthetsprofiler er vist i figur 6.6.

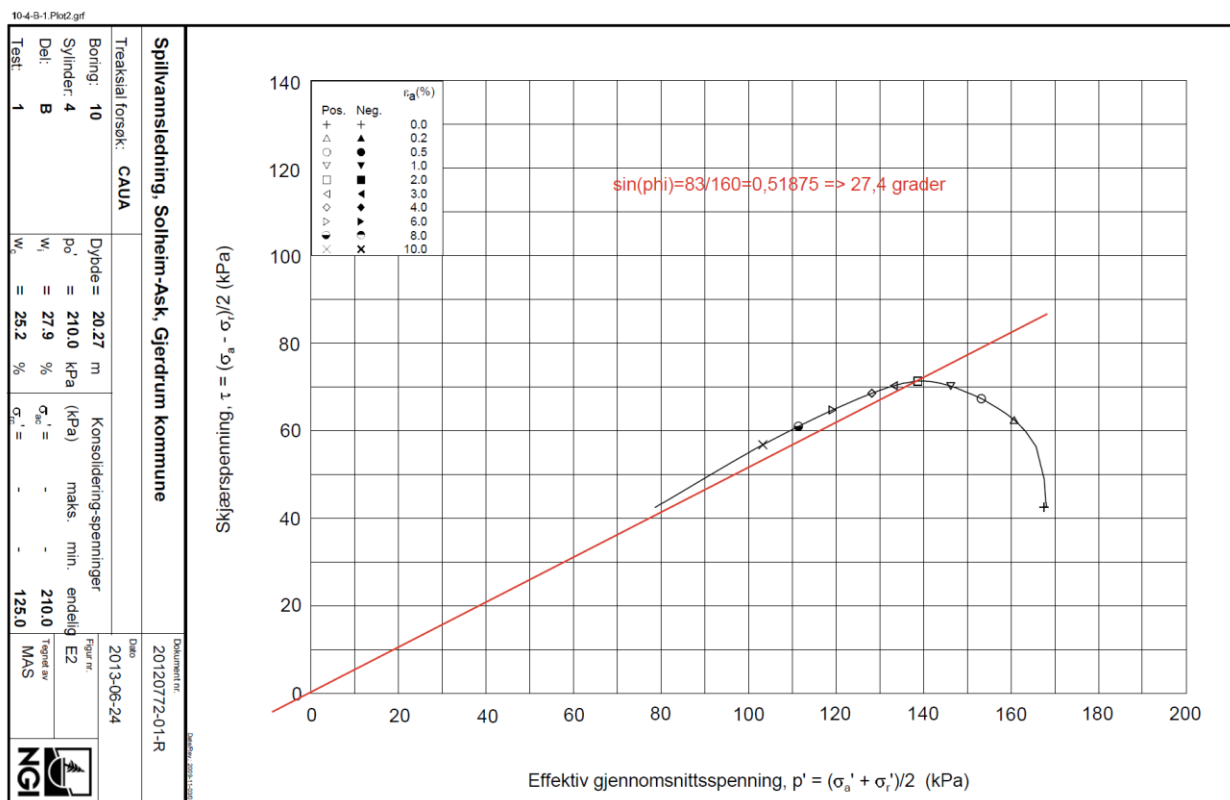


Figur 6.6 Tolket skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 2-10 (venstre) og 96_208 (høyre).



Figur 6.7: SHANSEP-profil som er benyttet midt i skråningen er vist i grønt.

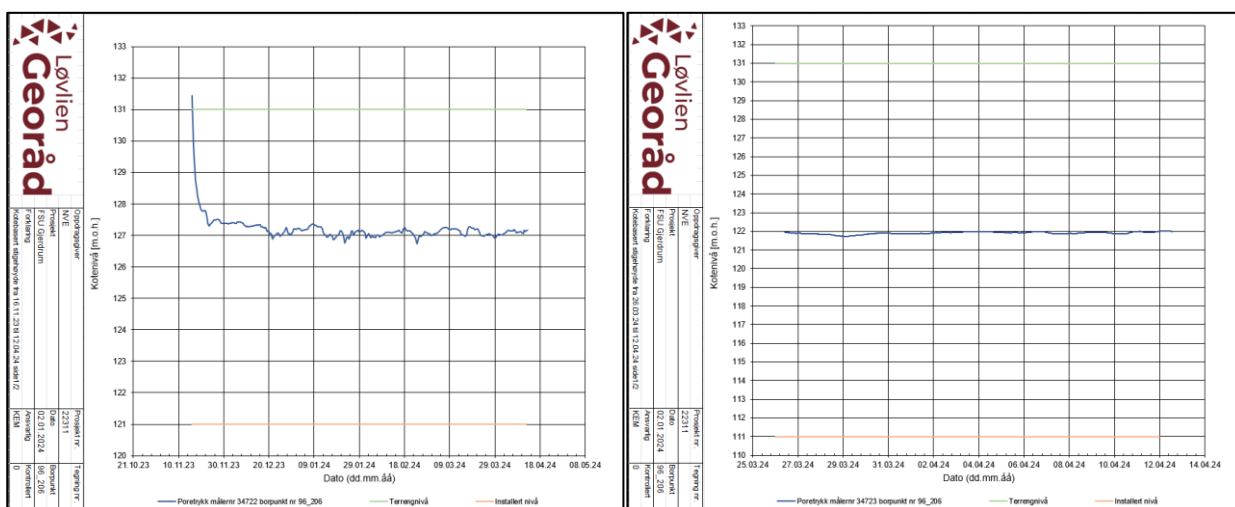
Effektivspenningsparametere i leira er i hovedsak basert på Statens vegvesens håndbok V220 kapittel 3.5.8.2. Det er i tillegg utført et treaksialforsøk i borpunkt 2-10. Dette er tolket til $a = 0$ kPa og friksjonsvinkel, $\phi = 27,4^\circ$. Se tolkning av treaksialforsøk i figur 6.8.



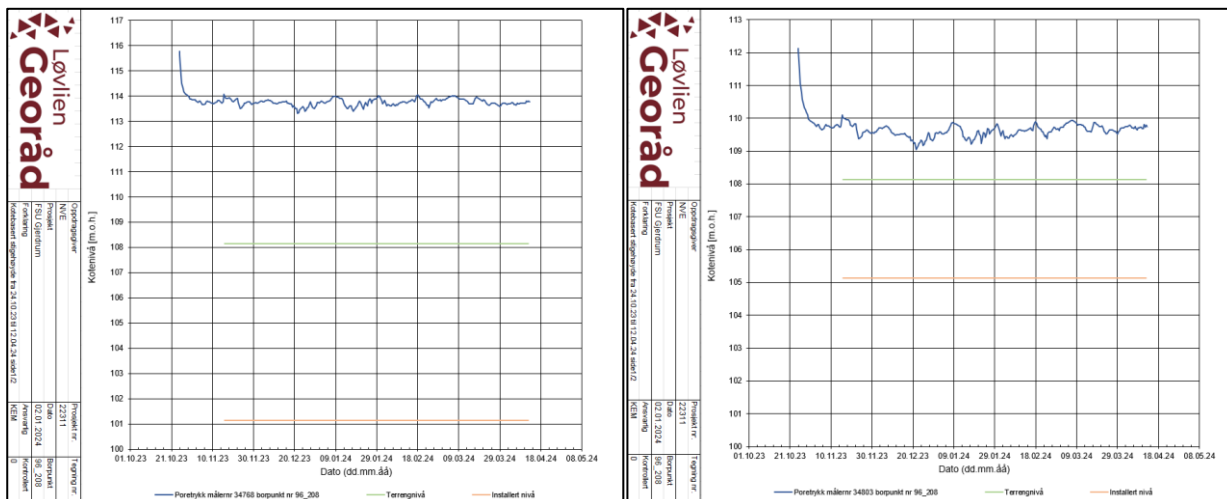
Figur 6.8 Tolkning av treaksialforsøk i borpunkt 2-10.

6.2.4 Poretrykksforhold

Det er installert 2 poretrykksmålere i borpunkt 96_208 (bunn skråning) og 2 poretrykksmålere i borpunkt 96_206 (topp skråning). Målerne i bunnen av skråningen indikerer en økning av poretrykk tilsvarende ca. 200 % av hydrostatisk trykk. Ved skråningstopp indikerer de en økning av poretrykket på ca. 50 % av hydrostatisk poretrykk. Målt poretrykk i borpunkt 96_206 og 96_208 er vist i figur 6.9 og figur 6.10.

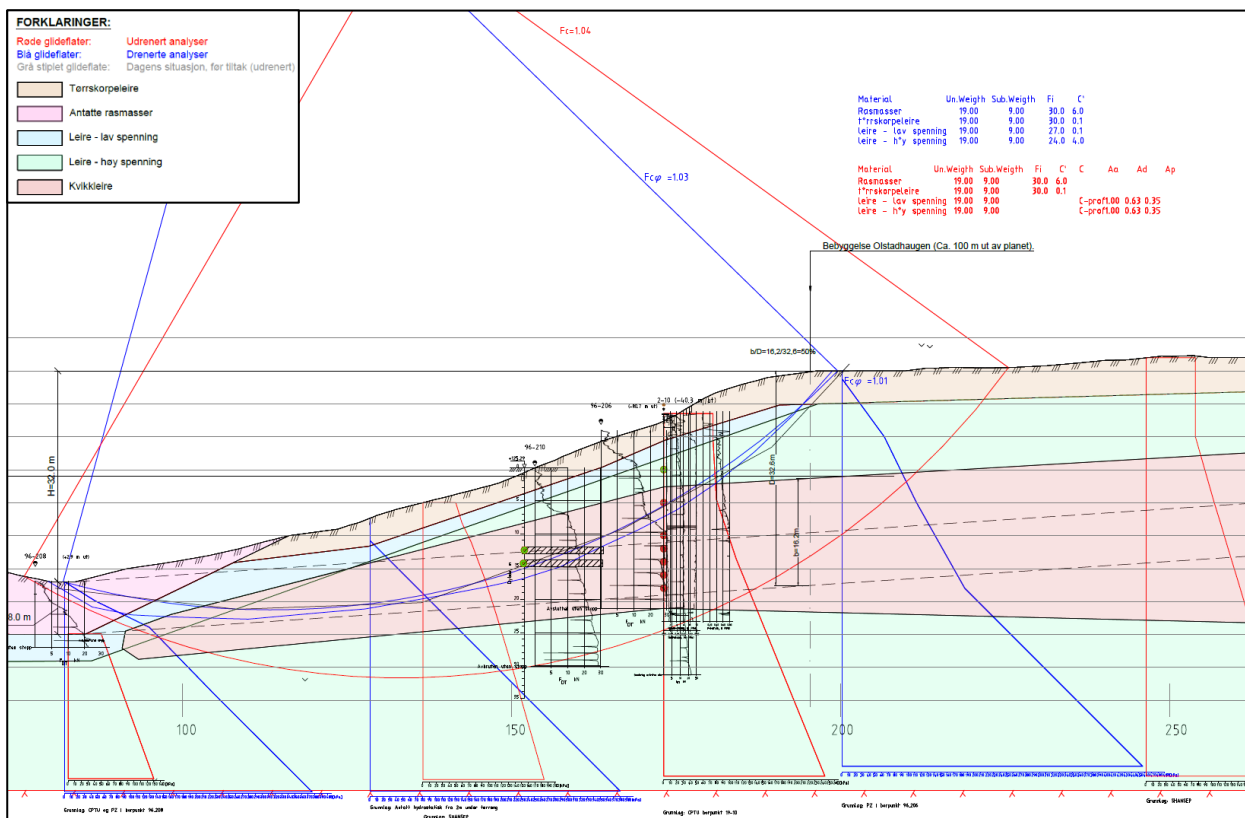


Figur 6.9 Målt poretrykk i borpunkt 96_206.



Figur 6.10 Målt poretrykk i punkt 96_208.

6.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon



Figur 6.11 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 96-3. Utklipp fra tegning E-96-3.

Tabell 6.1 Resultater fra stabilitetsberegninger av dagens situasjon i snitt 96-3.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	F_{cd} , (drenert)
E-96-3	1,04	1,01

6.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Basert på de utførte beregningene anses skråningen å være labil. Det er meget høyt poretrykk ned mot bekken. Det er kartlagt lite erosjon i snittet, men like oppstrøms er det noe erosjon og tegn til utglidninger.

Basert på kvikkleirens beliggenhet i punkt 2-10 er det sannsynlig med retrogressiv skredmekanisme, men rotasjonsskred vil også kunne ramme bebyggelse. b/D-forholdet er vurdert til 50 %.

Det er forholdsvis enkel tilgang til ravinen.

Poretrykksforhold, lagdeling og beregnet sikkerhet tilsier at sikringstiltak bør vurderes. I møte med NVE og AFRY den 25.09.24 ble det bestemt å gå videre med å beregne og presentere omfang av sikringstiltak, se kap. 7.5.

6.5 Vurdering av sikringstiltak

Utførte beregninger med sikringstiltak viser økt beregningsmessig sikkerhet på ca. 9 % for den antatt kritiske drenerte skjærflaten og ca. 6 % for den nest mest kritiske drenerte skjærflaten ved etablering av 1,5 m bunnheving/erosjonssikring i bunnen av ravina. Det oppnås ca. 4 % forbedring av udrenert skjærflate. Se tabell 7.2 og tegning E-96-3-1 for resultater fra stabilitetsberegningen.

Det er også gjort en vurdering av hva som må til for å løfte den udrenerte skjærflaten til min. 5 % forbedring. Dette oppnås med ca. 1,7 m oppfylling i bunnen av ravina.

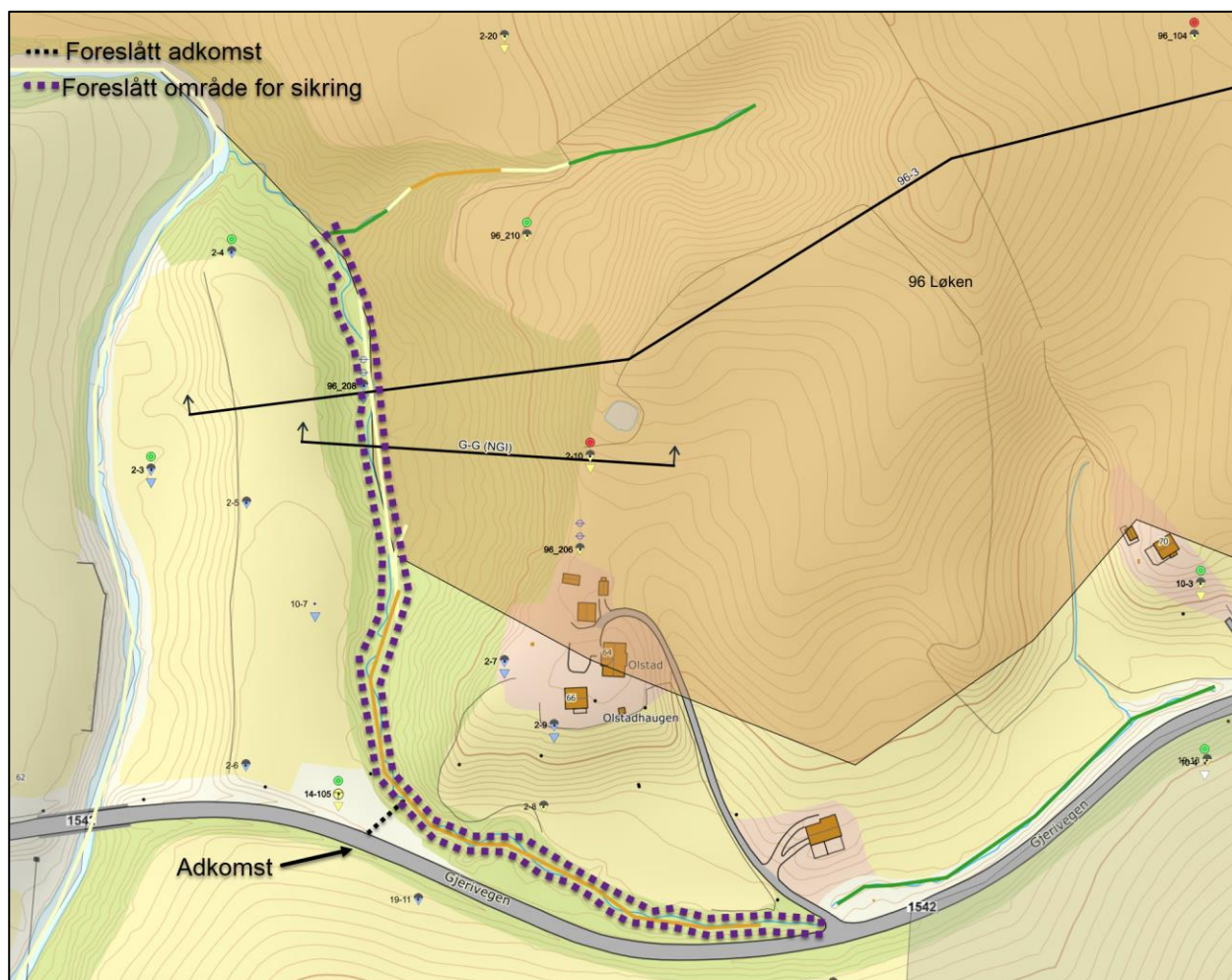
Det vurderes at det er de drenerte skjærflatene som er det mest kritiske for dagens situasjon, og at det er forbedring av disse som er mest relevant å prioritere. Det vurderes dermed at erosjonssikring med 1,5 m bunnheving bør være tilstrekkelig som sikring. Dette gir jo også en forholdsvis god effekt for den udrenerte skjærflaten, samt at videre erosjon ved skråningsfoten stanses.

Vi anbefaler at sikringen utføres i området fra eksisterende bekkelukking og ned til der hvor sideravina fra øst møter hovedravina, se figur 6.1. Dette vil i tillegg gi en gevinst mht. lokalstabilitet for Gjerivegen hvor det stedvis er observert utglidninger, ref. kraftig erosjonspunkt i NVEs database. I snitt 96-3 er volumet av foreslått erosjonssikring estimert til 28 m³/m, se tegning E-96-3-1. Anslått lengde på tiltaket er 500 m. Endelig omfang og avgrensning av erosjonssikringen må eventuelt vurderes nærmere ved detaljprosjektering.

Adkomsten til ravinen vurderes som enkel. Det er trolig mest hensiktsmessig å ta seg inn via eksisterende plass ved antatt pumpehus som ligger med innkjøring fra Gjerivegen, se figur 6.12. Fra plassen og ned i ravina er det en høydeforskjell på ca. 4 m.

Tabell 6.2 Beregninger og vurderinger av sikringstiltak i snitt 96-3. Oppnådd %-vis forbedring i parentes.

	Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
		F _{cu} , (udrenert)	F _{cφ} , (drenert)
Dagens situasjon	E-96-3	1,04	1,01 / 1,03
Med erosjonssikring	E-96-3-1	1,08 (4 %)	1,10 / 1,09 (9 % / 6 %)



Figur 6.12 Kart som viser forslag til mulig adkomst og område som foreslås sikret.

7 Sone 100 Kulsrud

7.1 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 100-1, se figur 7.1. Snittet går fra bebyggelse ved Kulsrud ned til Kulsrudbekken hvor det er registrert noe erosjon. Skråningen er ca. 14 meter høy og helningen er ca. 1:3. Grunnundersøkelser ved bebyggelsen indikerer kvikkleire/sprøbruddmateriale fra ca. 18 meter (ca. kote +157,5) til avsluttet sondering i 25 meter dybde. Det er påvist sprøbruddmateriale på 20,2 meter dybde. Børpunkt 100_101 i skråningen indikerer mulig kvikkleire/sprøbruddmateriale på ca. 11,5 meter dybde (ca. kote +159) til avsluttet sondering på 15 meter dybde. På motsatt side av Kulsrudbekken indikerer dreietrykksondering 27-2103 at det ikke er kvikkleire/sprøbruddmateriale. Relevante prøveserier er vist i figur 7.2 og figur 7.3.

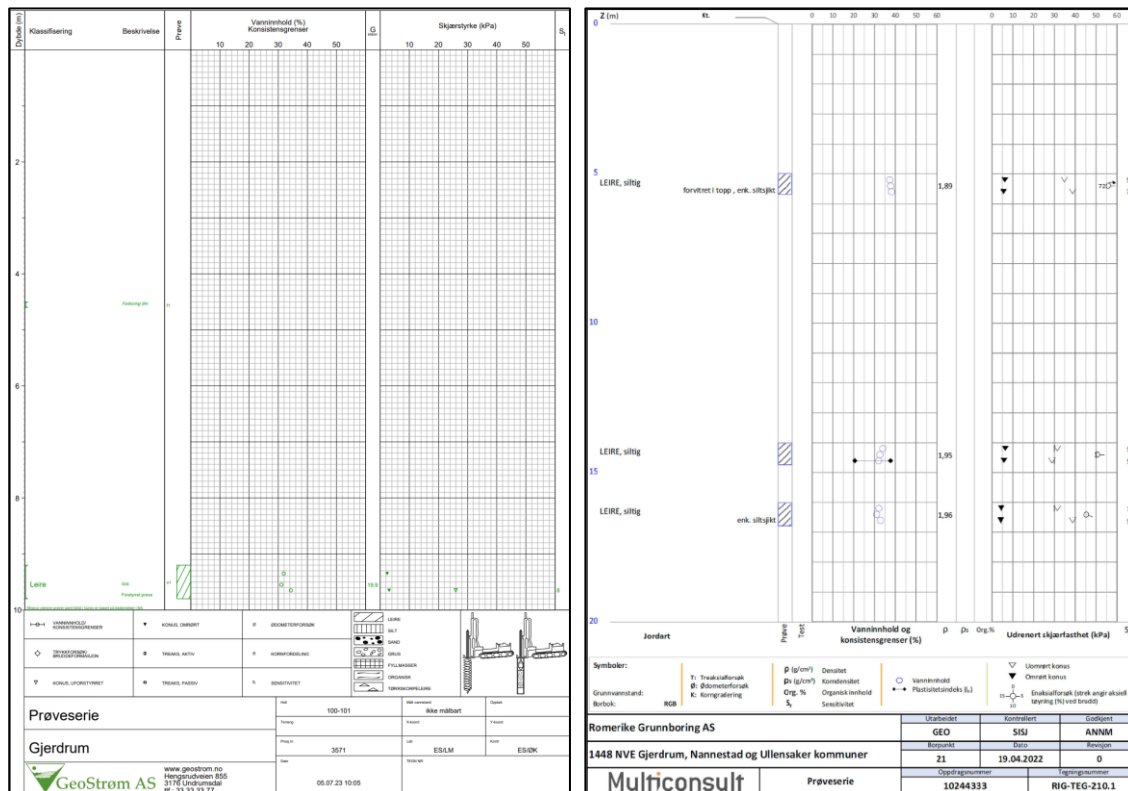
Det er lagt til grunn 1 meter dybde i Kulsrudbekken i utførte stabilitetsberegninger, basert på at det er en liten bekk med antatt begrenset dybde, samt observasjon ved befarings.



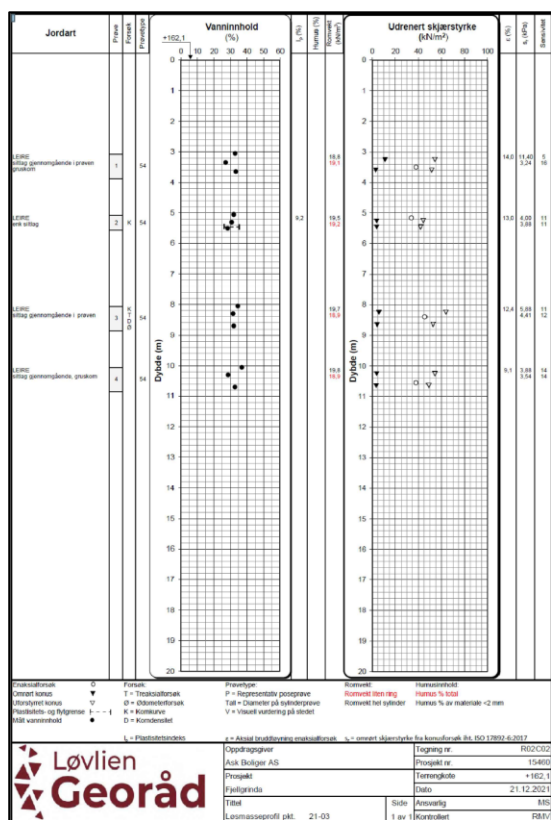
Figur 7.1 Plassering av beregningssnitt 100-1 og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-100.

7.2 Beregningsgrunnlag

7.2.1 Relevante prøveserier



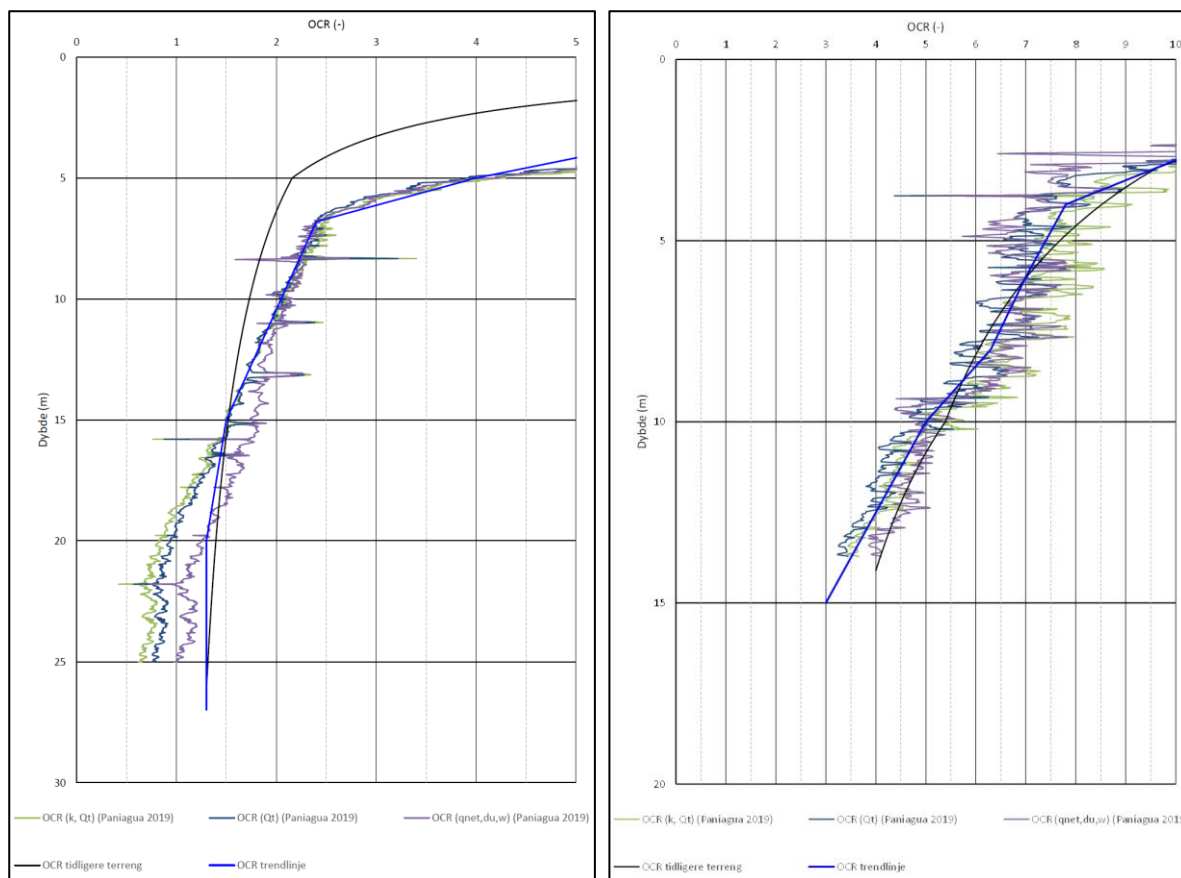
Figur 7.2 Prøveserier borpunkt 100-101 og 6-21.



Figur 7.3 Prøveserie borpunkt 27-2103.

7.2.2 OCR

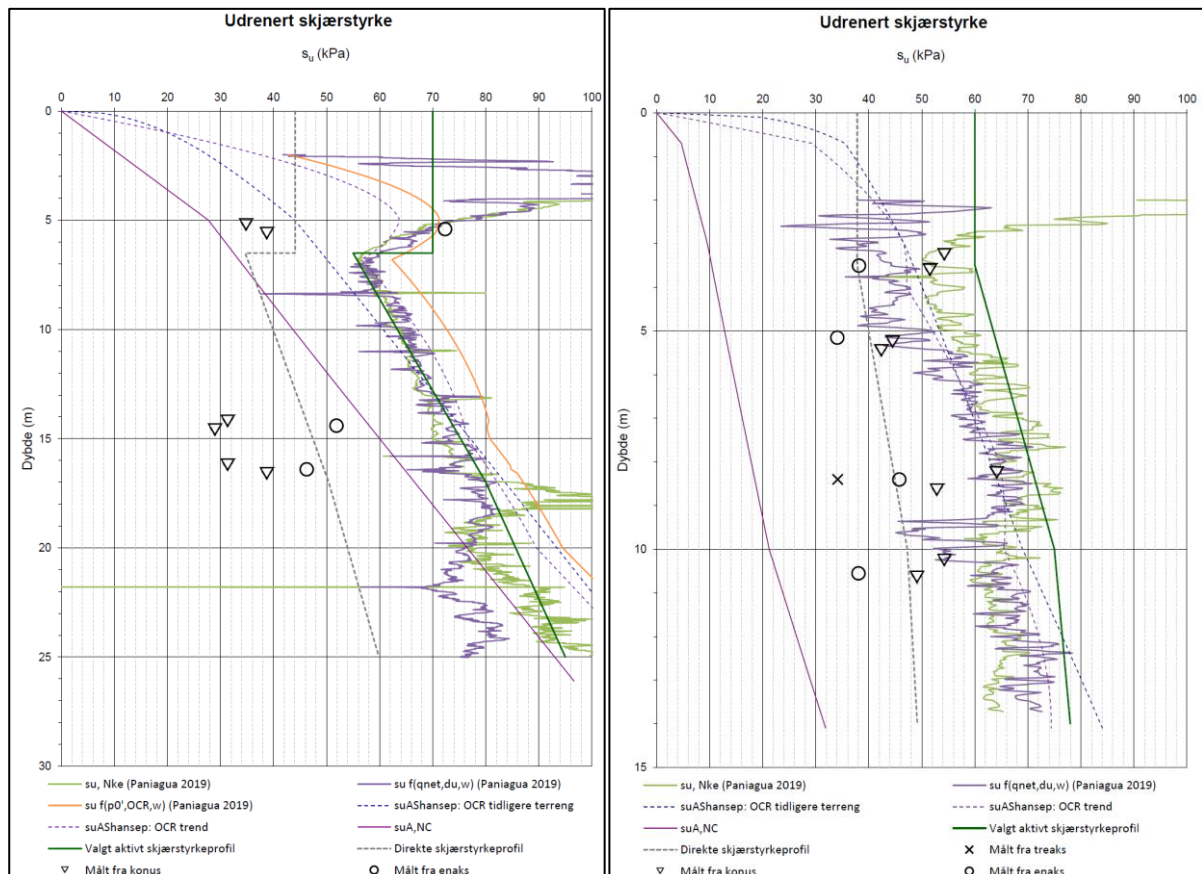
Figur 7.4 viser tolket OCR fra CPTu i borpunkt 6-21 og 27-2103.



Figur 7.4 Tolket OCR i borpunkt 6-21 (venstre) og 27-2103 (høyre).

7.2.3 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sonderinger i borpunkt 6-21 (topp skråning) og borpunkt 27-2103 (bunn skråning på motsatt side av Kulsrudbekken). Tolkede skjærfasthetsprofil er vist i figur 7.5



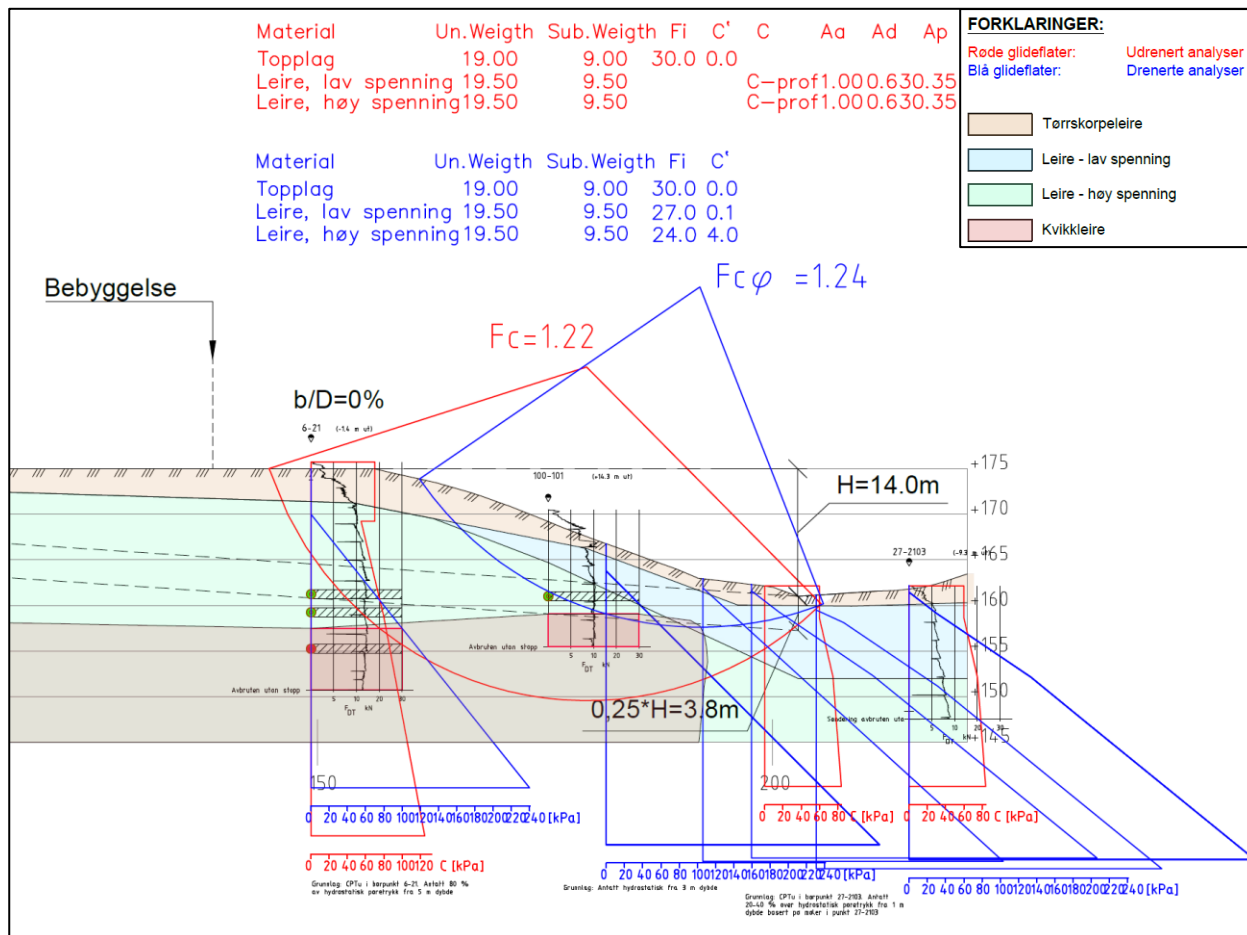
Figur 7.5 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 6-21 (venstre) og 27-2103 (høyre).

7.2.4 Poretrykksforhold

På skråningstopp er det antatt 80 % av hydrostatisk poretrykk fra 5 meter dybde. Målt poretrykk i borpunkt 27-2103 indikerer 20–40 % poreovertrykk i bunn av skråningen. Midt i skråningen er det antatt hydrostatisk poretrykk fra 3 meter dybde.

7.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 7.6 og oppsummert i tabell 7.1. Det er utført kontrollberegning med plane glideflater, men disse anses som ikke relevante i snittet.



Figur 7.6 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 100-1. Utklipp fra tegning E-100-1.

Tabell 7.1 Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt 100-1.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-100-1	1,22	1,24

7.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Det er beregnet god sikkerhet for langtidsstabilitet. Beregnet udrenert sikkerhet gir robusthet som tilfredsstillende kravet i NVEs veileder 1/2019 mot mindre uforutsette spenningsendringer.

Området består av en relativt smal terrengrygg med slakere terreng på begge sider. I tillegg er det relativt slakt terreng ned mot bekken. Dette, sammen med beliggenheten av kvikkleira ned mot Kulsrubbekken og beregnet sikkerhet, tilsier at sannsynligheten for et naturlig utløst kvikkleireskred er liten. Et eventuelt initialskred ved Kulsrubbekken vil trolig ikke gripe ned i kvikkleira.

Med bakgrunn i forholdene beskrevet over vurderes det som ikke aktuelt med sikringstiltak i området. Snittet vurderes i sammenheng med snitt 471-2, som ligger på motsatt side av Kulsrubbekken. Eventuell overvåkning av erosjon er beskrevet for snitt 471-2 i kapittel 14.4.

8 Sone 101 Nafstad

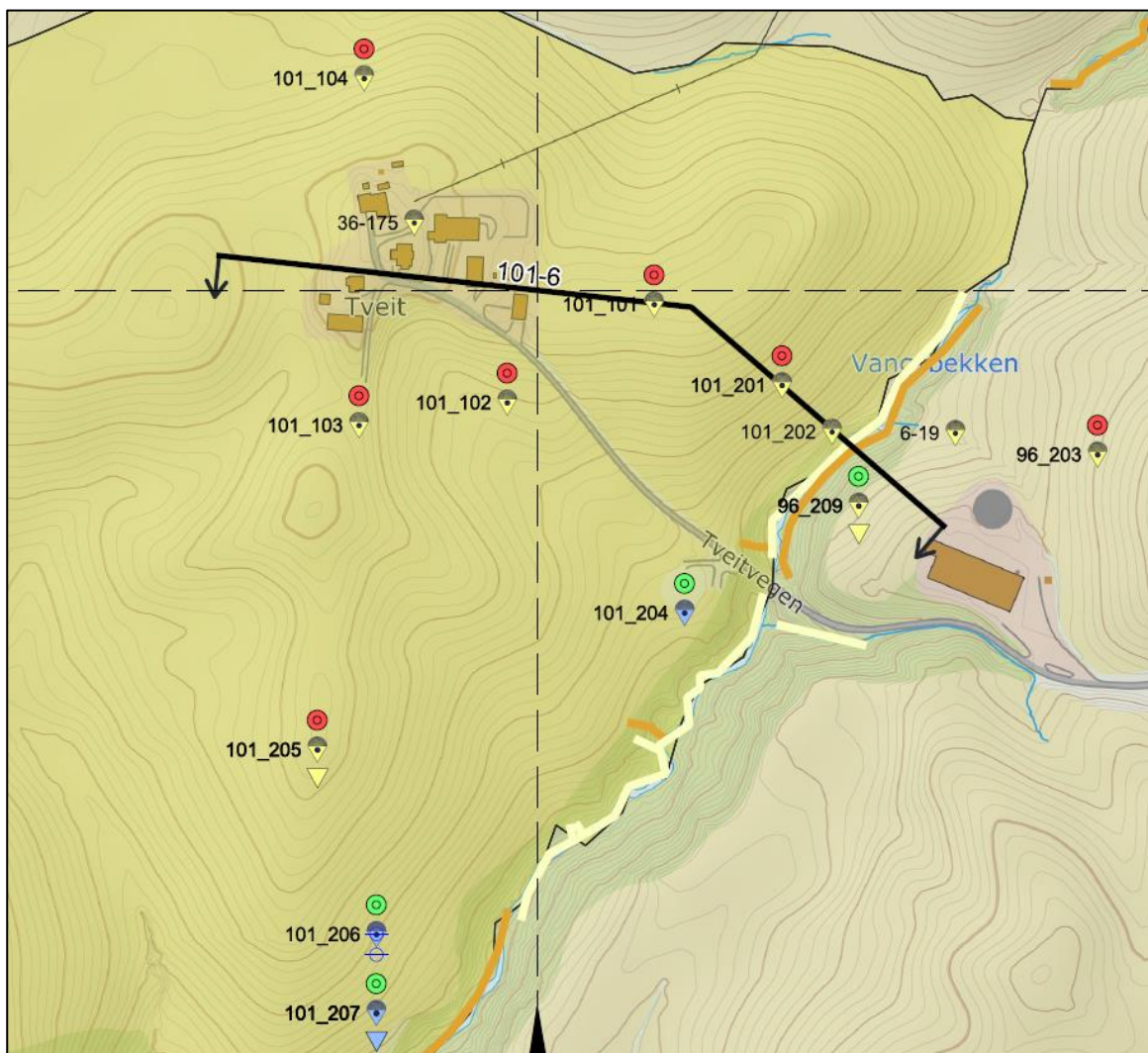
8.1 Beregningssnitt

Det er generelt mye kvikkleire i områdene ved Vangsbekken. Mange av boringene som er utført ned mot Vangsbekken indikerer imidlertid at kvikkleirelaget ligger relativt dypt under terreng ned mot selve bekken.

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 101-6, se figur 8.1. Snittet går fra bebyggelsen ved Tveit og ned i Vangsbekken i øst. Skråningshøyden er ca. 28 m, og gjennomsnittlig helning er ca. 1:3 for den nedre delen av skråningen.

Kvikkleiren ligger ca. 10 m under terreng ved toppen av skråningen, i borpunkt 101_101. Midt i skråningen er det kvikkleire ca. 8 m under terreng i borpunkt 101_201. I bunnen av skråningen, ved borpunkt 101_202, er det ikke påvist kvikkleire, men basert på boringen er det antatt kvikkleire mellom ca. 10 og 14 m dybde under terreng.

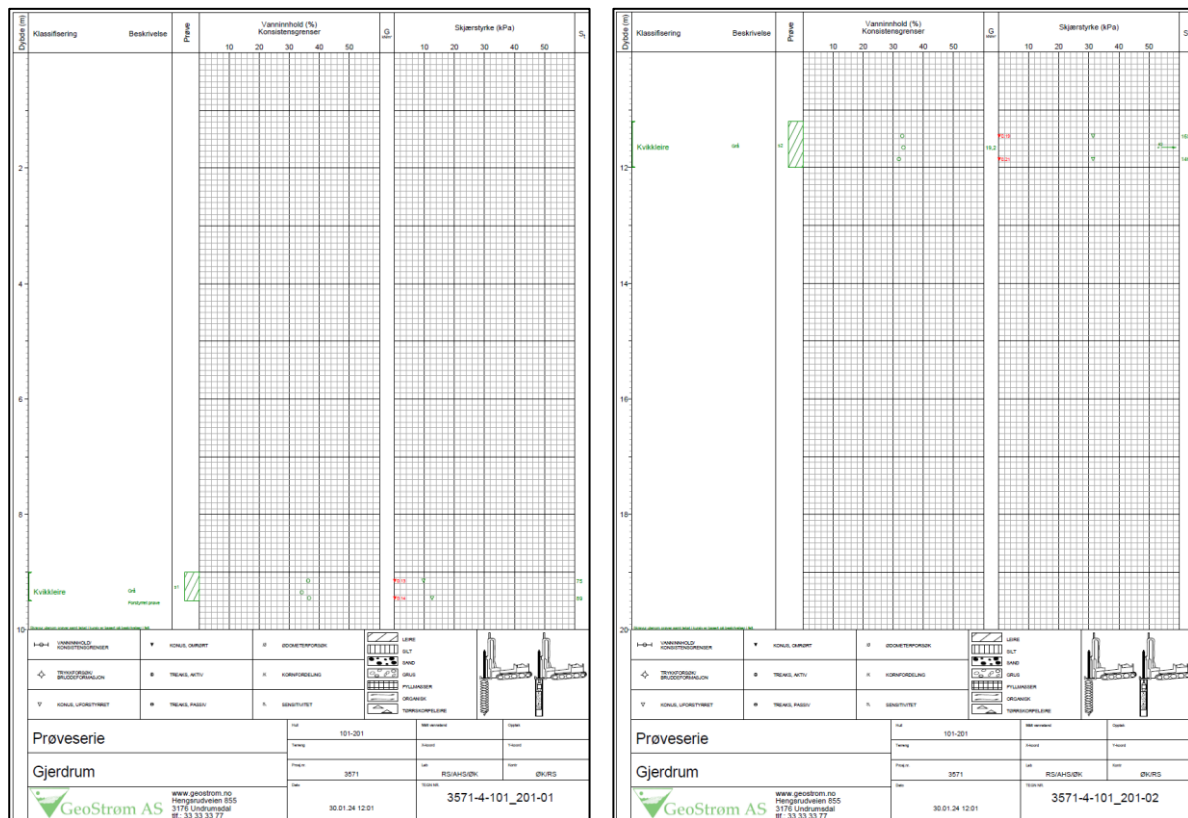
Det er kartlagt litt erosjon i bekken i bunnen av snittet. Lengre nedstrøms i Vangsbekken er det partier med noe erosjon.



Figur 8.1 Plassering av beregningssnitt 101-6 (rødt snitt mot nordøst) og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-101.

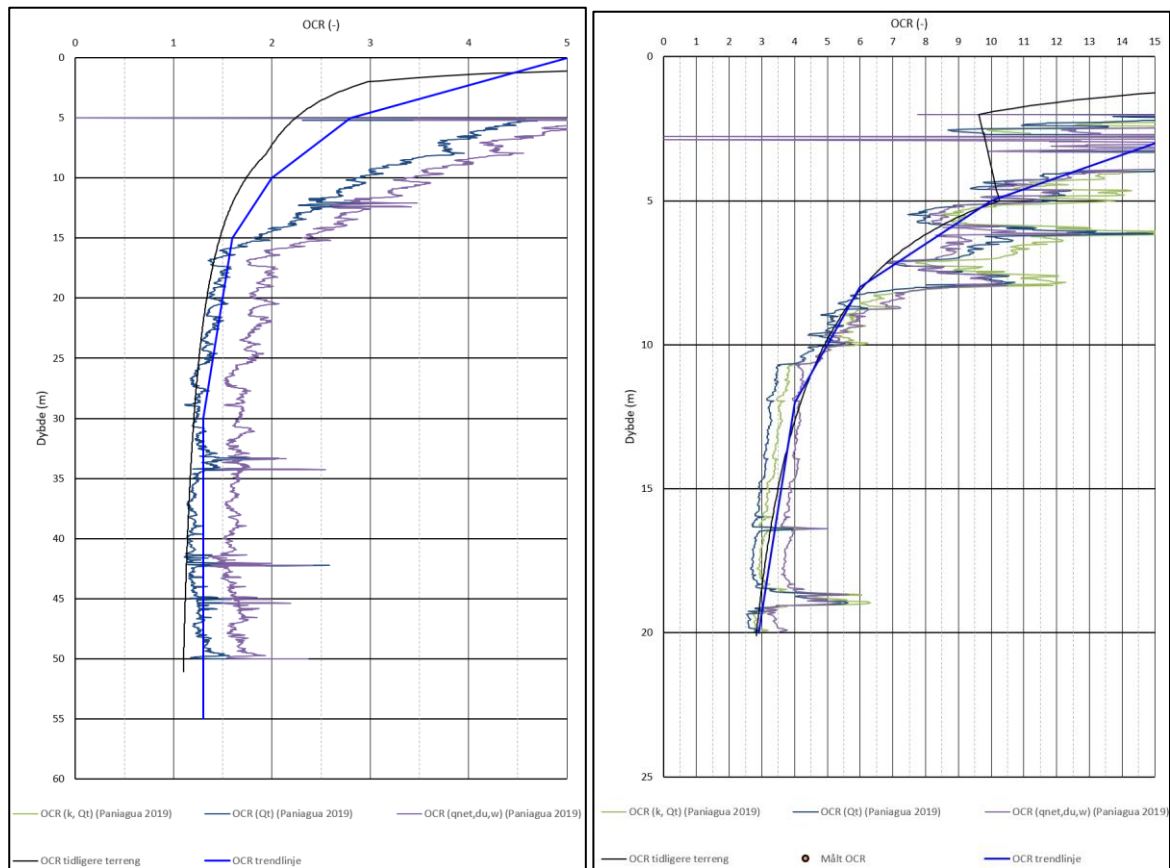
8.2.1 Relevante prøveserier

Figur 8.2: Prøveserie borpunkt 101_101.



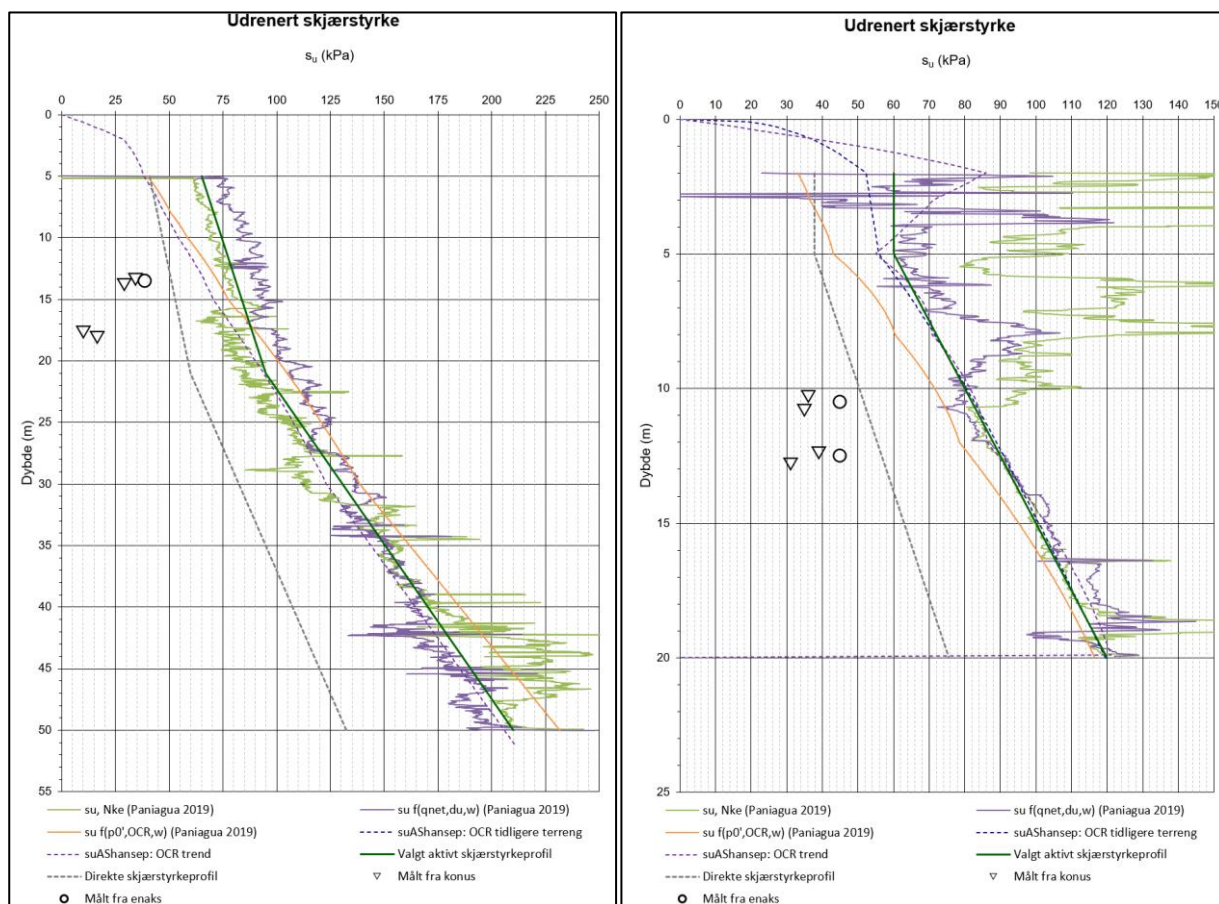
Figur 8.3 Prøveserie borpunkt 101_201.

8.2.2 OCR

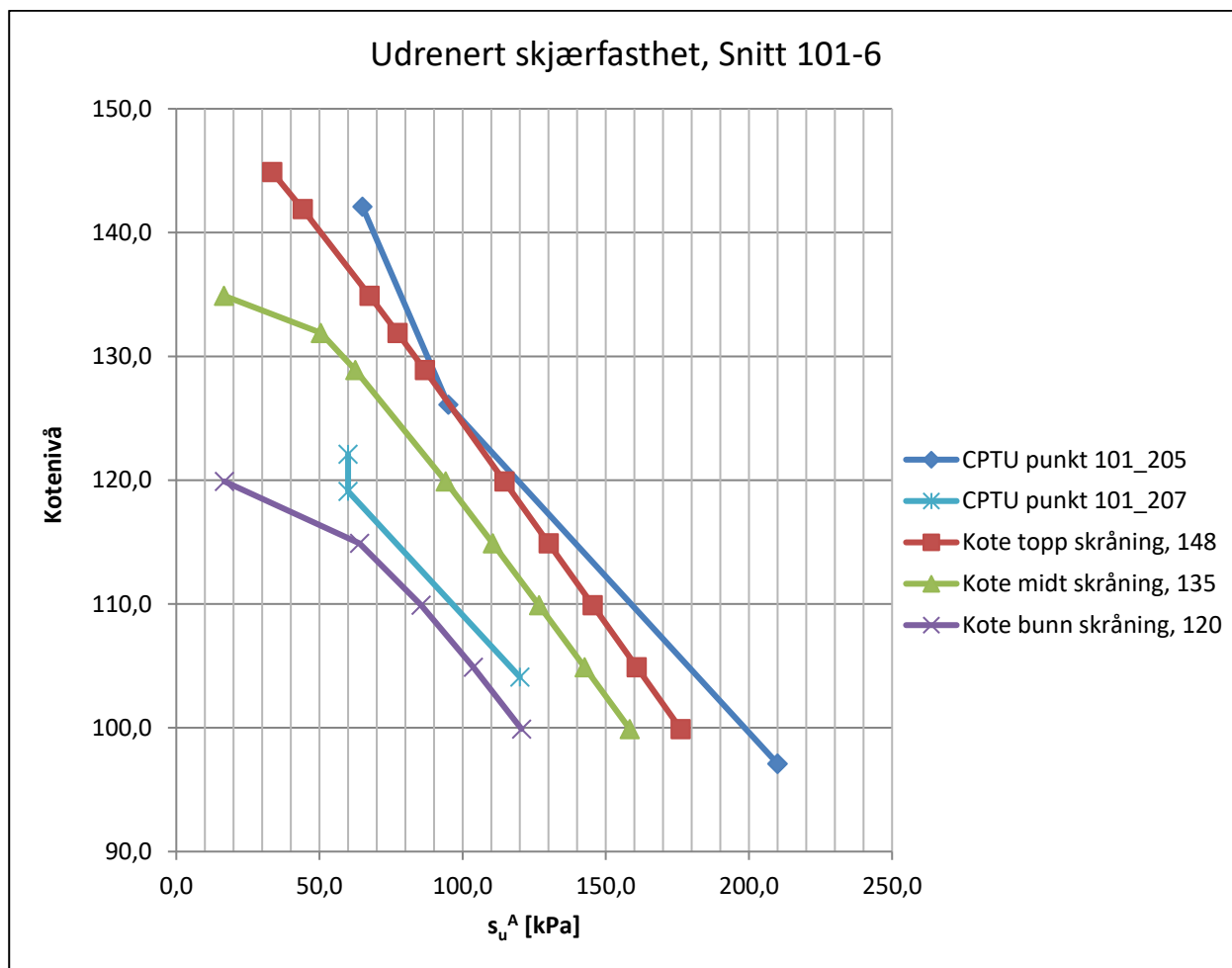


Figur 8.4 Tolket OCR borpunkt 101_205 (venstre) og 101_207 (høyre).

8.2.3 Beregningsparametere



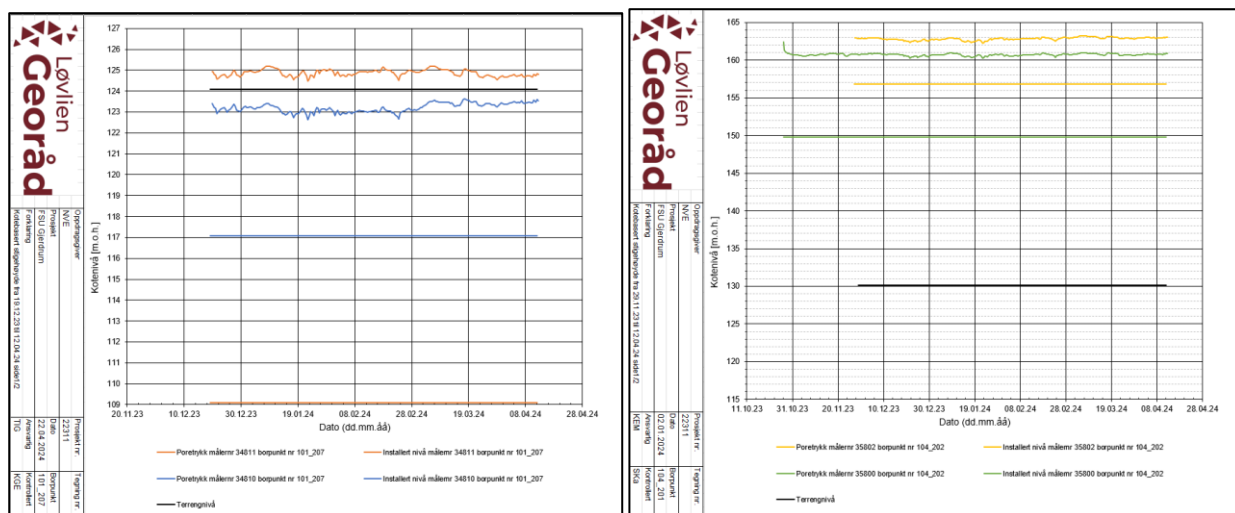
Figur 8.5 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 101_205_ (venstre) og 101_207 (høyre).



Figur 8.6: SHANSEP-tolkning for s_u -profil midt i skråningen er vist med grønt..

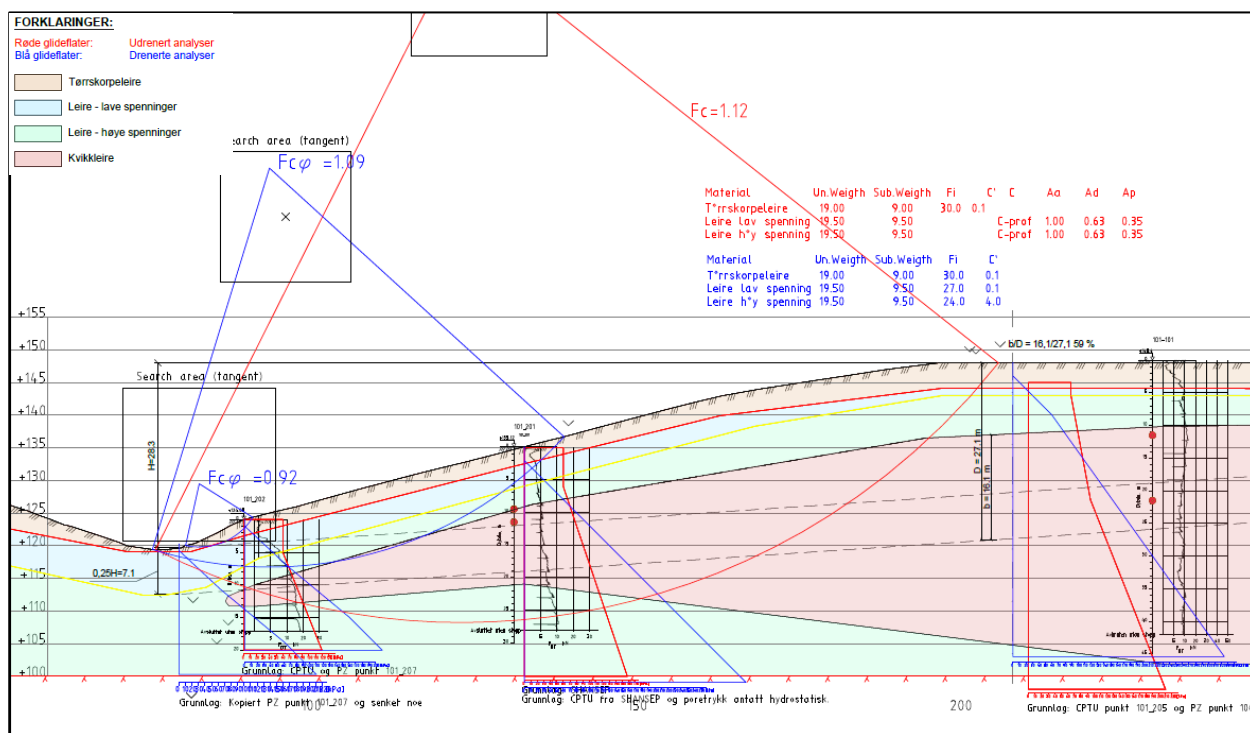
8.2.4 Poretrykksforhold

Det er ikke utført poretrykksmålinger i selve profilet, men det er hentet poretrykksmålinger fra nærområdet. Disse vurderes å gi et representativt bilde av poretrykket i profilet.



Figur 8.7: Poretrykksmålinger benyttet i beregningene. Fra borpunkt 101_207 og 104_202.

8.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon



Figur 8.8 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 101-6. Utklipp fra tegning E-101-6.

Tabell 8.1 Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt 101-6.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-101-6	1,12	0,92/1,09

8.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Basert på de utførte beregningene anses nedre del av skråningen å være labil. Den kritiske drenerte skjærflaten er imidlertid veldig grunn, og går ikke ned i kvikkleirelaget. Skjærflaten som tvinges ned i kvikkleirelaget har ca. 18 % høyere sikkerhetsfaktor ($F_{c\phi}=1,09$) enn den kritiske ($F_{c\phi}=0,92$), og vurderes dermed å være usannsynlig som primær bruddmekanisme.

Den udrenerte skjærflaten er meget stor, og vurderes heller ikke å være sannsynlig som primær bruddmekanisme i dagens situasjon. Beregningen indikerer at det er en viss robusthet mot udrenerte spenningsendringer ved eventuelle mindre utglidninger nede ved bekken.

b/D-forholdet er vurdert til 59 %. Det kan på bakgrunn av dette ikke utelukkes retrogressive skred.

Det vurderes som sannsynlig at det vil kunne gå mindre utglidninger langs bekken i området (overflateutglidninger), men sannsynligheten for at disse vil påvirke kvikkleiren i området og utløse et større kvikkleireskred vurderes som liten. Dette siden kvikkleiren vurderes å ligge dypt under terreng i forhold til kritiske skjærflater samt at utløpet for et initialskred vil gå ned i en relativt smal ravine med liten gradient i lengderetningen, noe som sannsynligvis vil begrense uttømming/utvasking av skredmassene. Dette gjelder også for øvrige profiler langs Vangsbekken, hvor kvikkleiren også ligger enda dypere under terreng ned mot bekken. Det er i

tillegg utført en del jordbruksplanering i området som også i enkelte områder langs bekken vurderes å ha forbedret den geotekniske stabiliteten noe.

Det er på den andre siden registrert mye kvikkleire i høydedragene ved siden av Vangsbekken, det er aktiv erosjon i bekken og det bor en del folk innenfor det potensielle løsneområdet. Dette taler for at området likevel bør sikres.

I møte med NVE og AFRY den 25.09.24 ble det bestemt å gå videre med å beregne og presentere omfang av sikringstiltak, se kap. 8.5.

8.5 Vurdering av sikringstiltak

Det er utført beregninger for sikringstiltak i form av 1,5 m bunnheving/erosjonssikring. Beregningene viser økt beregningsmessig sikkerhet på ca. 109 % for den antatt kritiske drenerte skjærflaten og ca. 20 % for skjærflaten som når ned i kvikkleirelaget. For den kritiske udrenerte skjærflaten oppnås 3 % forbedring.

Det er også gjort en vurdering av hva som må til for å oppnå 5 % forbedring av den kritiske udrenerte skjærflaten. Dette oppnås med ca. 2,2 m oppfylling av ravina.

Det vurderes at det er de drenerte skjærflatene som er det mest kritiske for dagens situasjon, og at det er forbedring av disse som er mest relevant å prioritere. Det vurderes dermed at erosjonssikring med 1,5 m bunnheving bør være tilstrekkelig som sikring. Dette gir jo også en viss effekt for den udrenerte skjærflaten, samt at videre erosjon ved skråningsfoten stanses.

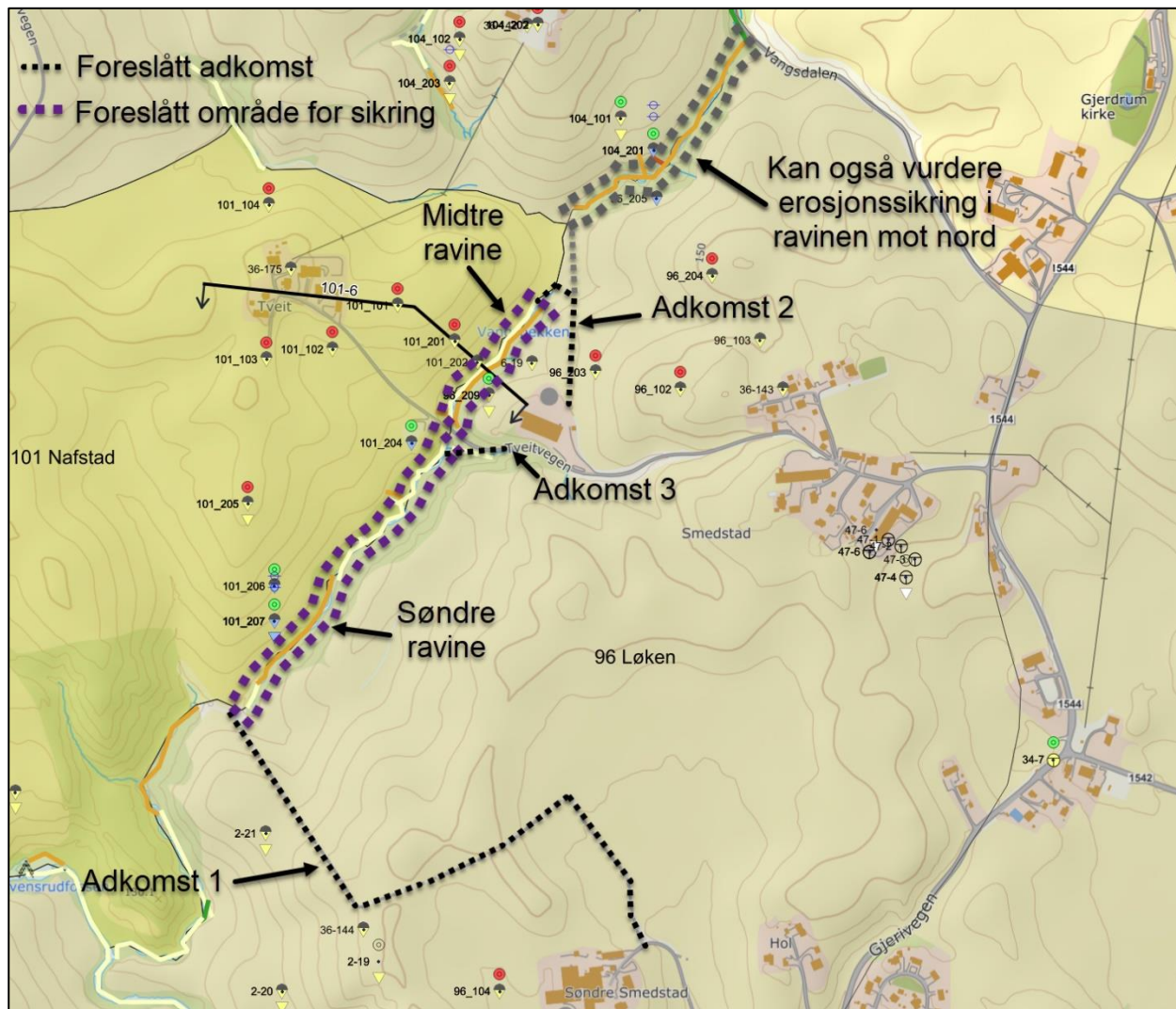
Vi anbefaler at sikring utføres i de markerte områdene som grenser til sone 101 Nafstad langs Vangsbekken som indikert i figur 8.9. Erosjonssikringen her vil naturlig nok også gi effekt for sørsiden av ravinen mot sone 96 Løken. Hvis man uansett skal i gang med erosjonssikring i dette området, kan det i tillegg vurderes også å erosjonssikre videre mot nord, der hvor Vangsbekken grenser mot sone 96 Løken og sone 104 Sørums Prestegård. Dette siden grunnforholdene er forholdsvis like med mye kvikkleire langs høydedragene samt pågående erosjon i bekken.

I snitt 101-6 er volumet av foreslått erosjonssikring estimert til 22 m³/m. Lengden på foreslått erosjonssikring er ca. 700 m (ca. 1100 m om ravinen i nord inkluderes). Endeling omfang og avgrensning må eventuelt vurderes nærmere ved detaljprosjektering. Det er for øvrig mistanke om at bekkelukkingen mellom nordre og midtre ravine er i dårlig forfatning.

Adkomsten til den sørlige ravinen vurderes som god. Her kan man sannsynligvis få adkomst fra traktorvei som går inn mot bekkelukkingen i søndre del av ravinen (adkomst 1 i figur 8.9) eller ev. langs en mindre ravine ved Tveitvegen (adkomst 3 i figur 8.9). For midtre ravine vurderes det å være noe dårligere adkomstmuligheter. Her må man sannsynligvis lage anleggsvei over jordene (adkomst 2 i figur 8.9).

Tabell 8.2: Beregninger og vurdering av sikringstiltak i snitt 101-6. Oppnådd prosentvis forbedring i parentes.

	Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
		F _{cu} , (udrenert)	F _{cφ} , (drenert)
Dagens situasjon	E-101-6	1,12	0,92 / 1,09
Med erosjonssikring	E-101-6-1	1,15 (3 %)	1,92 / 1,31 (109 % / 20 %)



Figur 8.9: Kart som viser forslag til mulig adkomst og område som foreslås sikret.

9 Sone 104 Sørums Prestegård

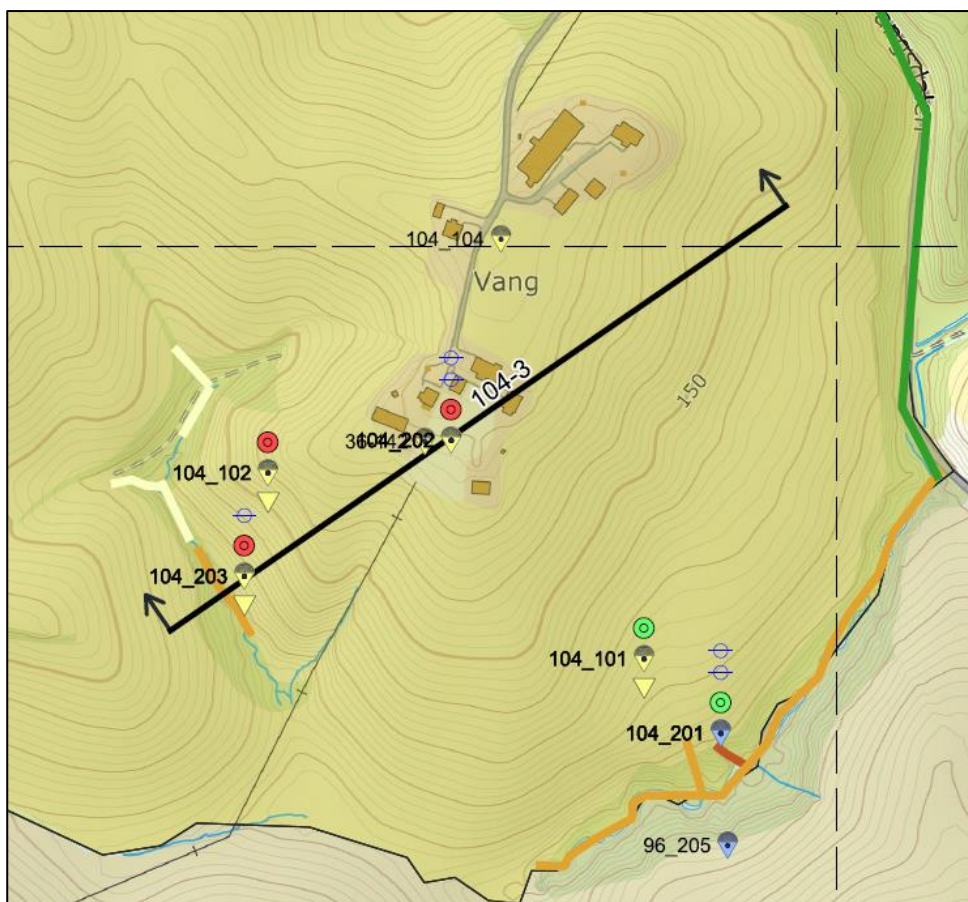
9.1 Beregningsnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 104-3, se figur 9.1. Snittet går fra bebyggelse ved Vang på ca. kote +166 og ned til ravinen i sørvest på ca. kote +134. Terrenget heller ca. 1:3 i nedre del, mot bekken.

I borpunkt 104_203, ved skråningsfot, viser prøvetaking sprøbruddmateriale i dybdeintervallet 5-7,5 m. Sonderingen viser ingen tegn til kvikkleire over eller under dette dybdeintervallet. På toppen av den bratteste delen av skråningen indikerer borpunkt 104_102 at kvikkleira starter i ca. 16 meter dybde. Ved bebyggelsen på Vang indikerer borpunkt 104_202 at kvikkleira starter i ca. 23 meter dybde. Relevante prøveserier er vist i figur 9.2 og figur 9.3.

Vurdering av b/D-forholdet tilsier at rotasjonsskred er aktuell skredmekanisme. Bebyggelsen på Vang ligger ikke innenfor 5H, som tilsier at et eventuelt rotasjonsskred ikke vil nå bebyggelsen. Det er registrert noe erosjon i bunn av skråningen.

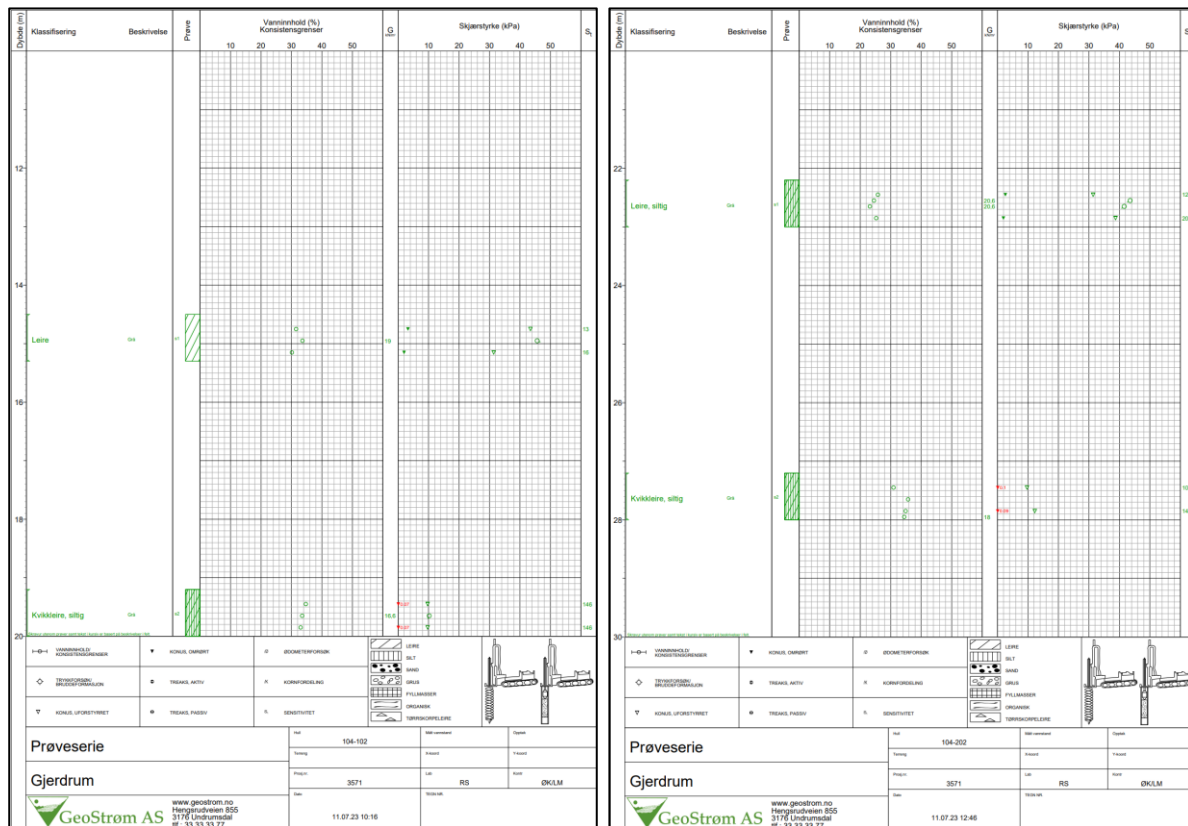
Beregninger er utført uten større dybde i bekken enn det som er registrert i scannet terreng. Dette er gjort grunnet antagelse om liten bekk med begrenset dybde.



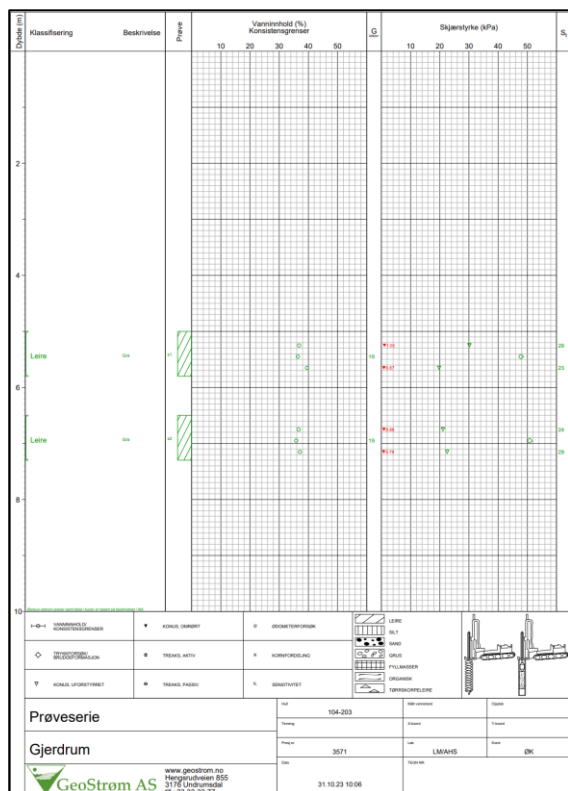
Figur 9.1 Plassering av beregningssnitt 104-3 og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-104.

9.2 Beregningsgrunnlag

9.2.1 Relevante prøveserier



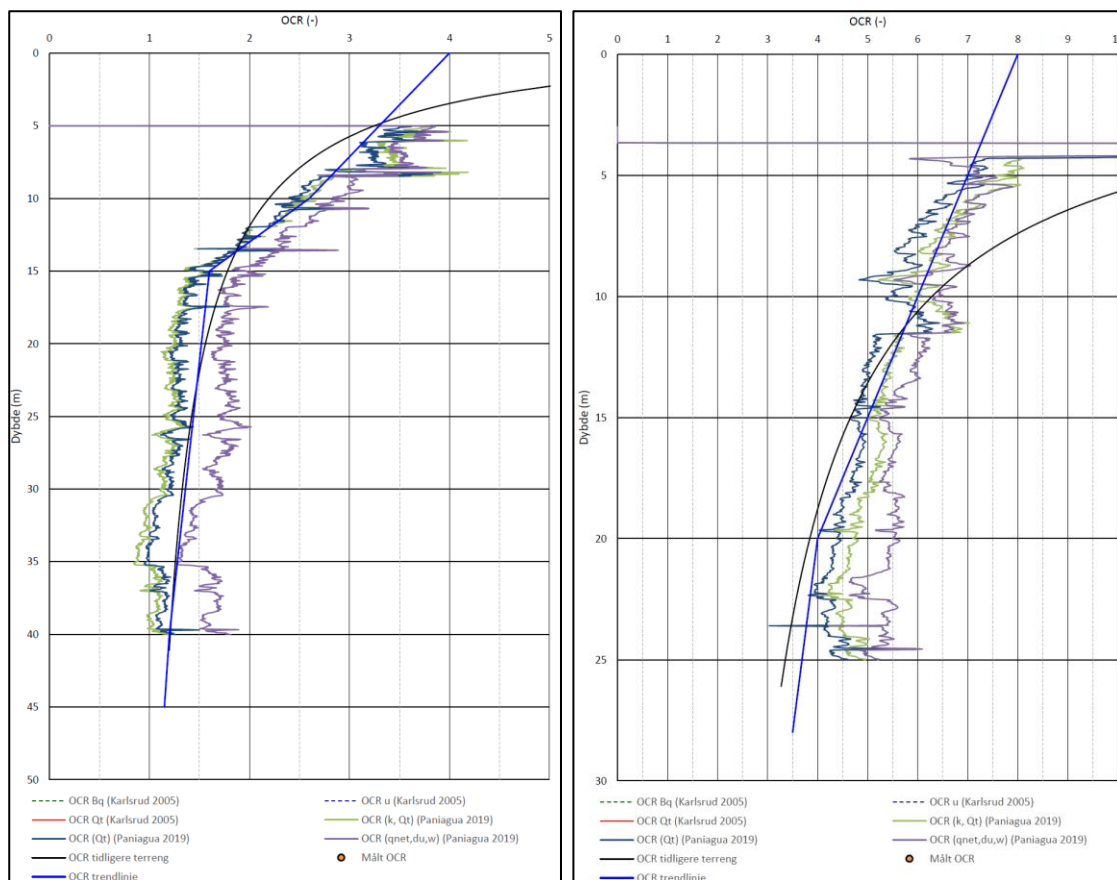
Figur 9.2 Prøveserier borpunkt 104_102 (venstre) og 104_202 (høyre).



Figur 9.3 Prøveserie borpunkt 104_203.

9.2.2 OCR

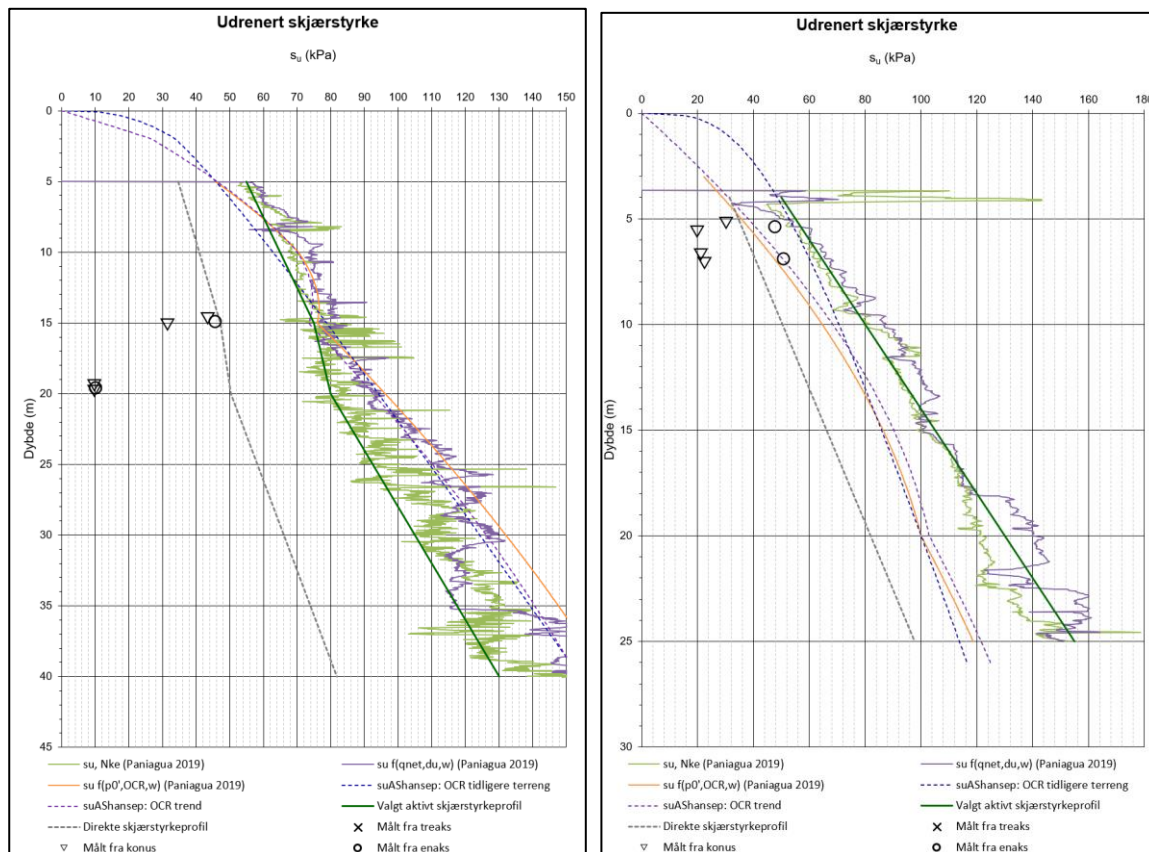
Figur 9.4 viser tolket OCR fra CPTu i borpunkt 6-21 og 27-2103.



Figur 9.4 Tolket OCR borpunkt 104_102 (venstre) og 104_203 (høyre).

9.2.3 Beregningsparametere

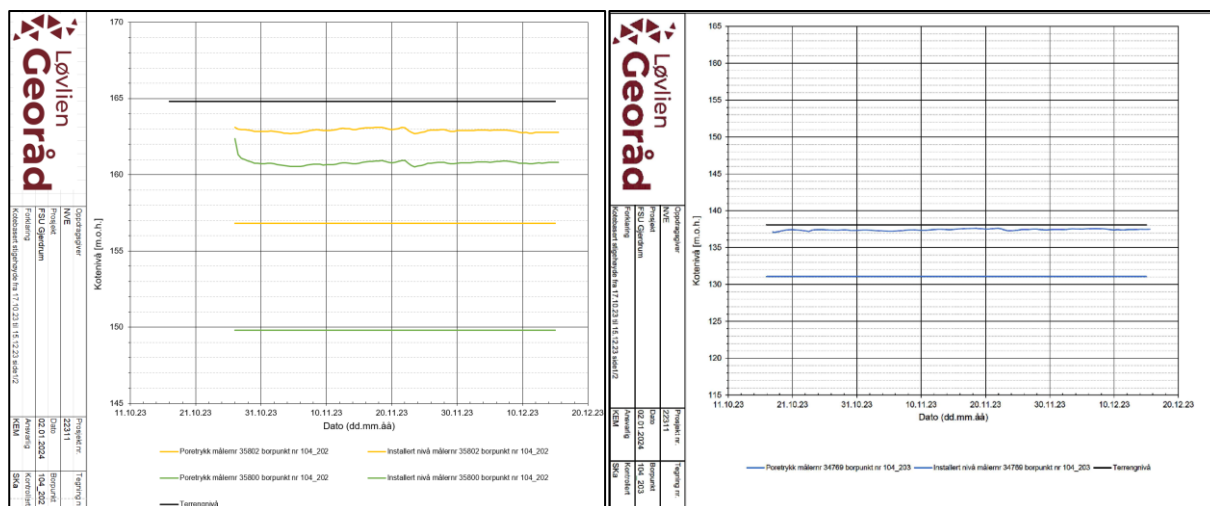
Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sonderinger i borpunkt 104_102 (topp skråning) og borpunkt 104_203 (nær bunn skråning). Tolkede skjærfasthetsprofiler er vist i figur 9.5.



Figur 9.5 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 104_102 (venstre) og 104_203 (høyre).

9.2.4 Poretrykksforhold

Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere ved bebyggelsen på Vang i borpunkt 104_202 og 1 måler i bunn av skråningen i borpunkt 104_203. Måler i borpunkt 104_203 indikerer grunnvannstand 0,5 meter under terrenget mot bunnen av skråningen. Det er antatt 20 % poreovertrykk i bunn skråning i beregninger. Poretrykksmålere i borpunkt 104_202 indikerer i underkant av 80 % av hydrostatisk poretrykk mot dybden. Det er lagt inn økning på ca. 7,8 kPa/m ved bebyggelsen i stabilitetsberegningen. Ved topp av kritisk skråning, ved borpunkt 104_202, er det antatt 90 % av hydrostatisk poretrykk. Målt poretrykk i borpunkt 104_202 og 104_203 er vist i figur 9.6.



Figur 9.6 Målt poretrykk i borpunkt 104_202 (venstre) og 104_203 (høyre).

10 Sone 105 Iverstun

10.1 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 105-2, se figur 10.1. Snittet går fra sør for bebyggelsen ved Årstad på ca. kote +161 og ned til ravina i øst med bunn på ca. kote +135. Terrenget heller ca. 1:2 i den bratteste delen ned mot bekken. Det er kartlagt noe og kraftig erosjon ved bekken. Borpunkt 6-31, som er trukket inn ca. midt i skråningen, indikerer kvikkleire fra ca. 16 meter dybde. Det er ikke påvist kvikkleire i prøveserier i grunnere dybder. Relevante prøveserier er vist i figur 10.2.

I borpunkt 6-16 og 6-17 ved skråningstopp er det antatt kvikkleire fra hhv. ca. 19 og 24 meter dybde.

Vurdering av b/D-forholdet tilsier at rotasjonsskred er aktuell skredmekanisme. Bebyggelsen på Årstad ligger innenfor 5H og 100 m, som tilsier at et eventuelt rotasjonsskred kan nå bebyggelsen.

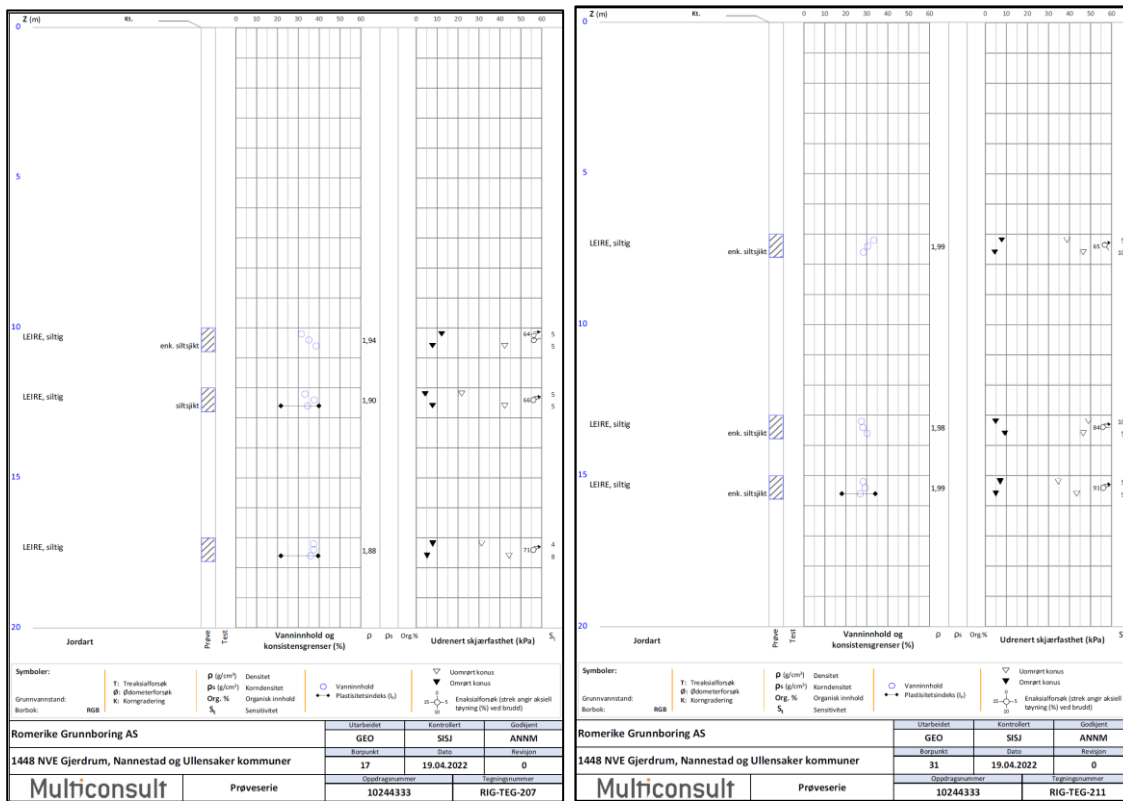
Beregninger er utført uten større dybde i bekken enn det som er registrert i scannet terreng grunnet antagelse om liten bekk med begrenset dybde.



Figur 10.1 Plassering av beregningssnitt 105-2 og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-105.

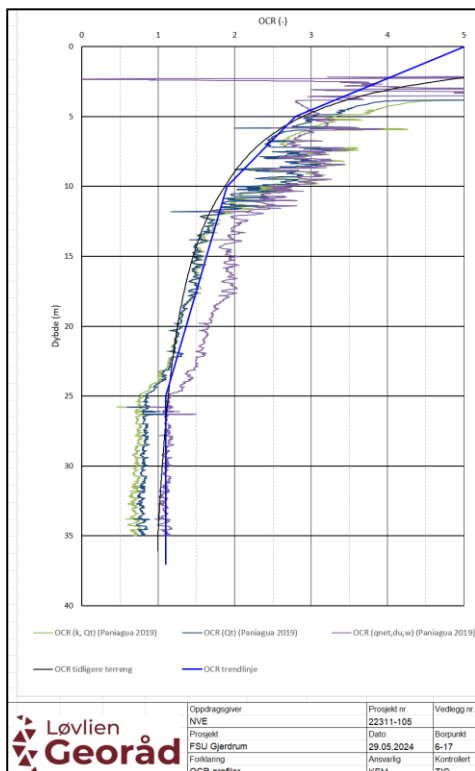
10.2 Beregningsgrunnlag

10.2.1 Relevante prøveserier



Figur 10.2 Prøveserie borpunkt 6-17 (venstre) og 6-31 (høyre).

10.2.2 OCR

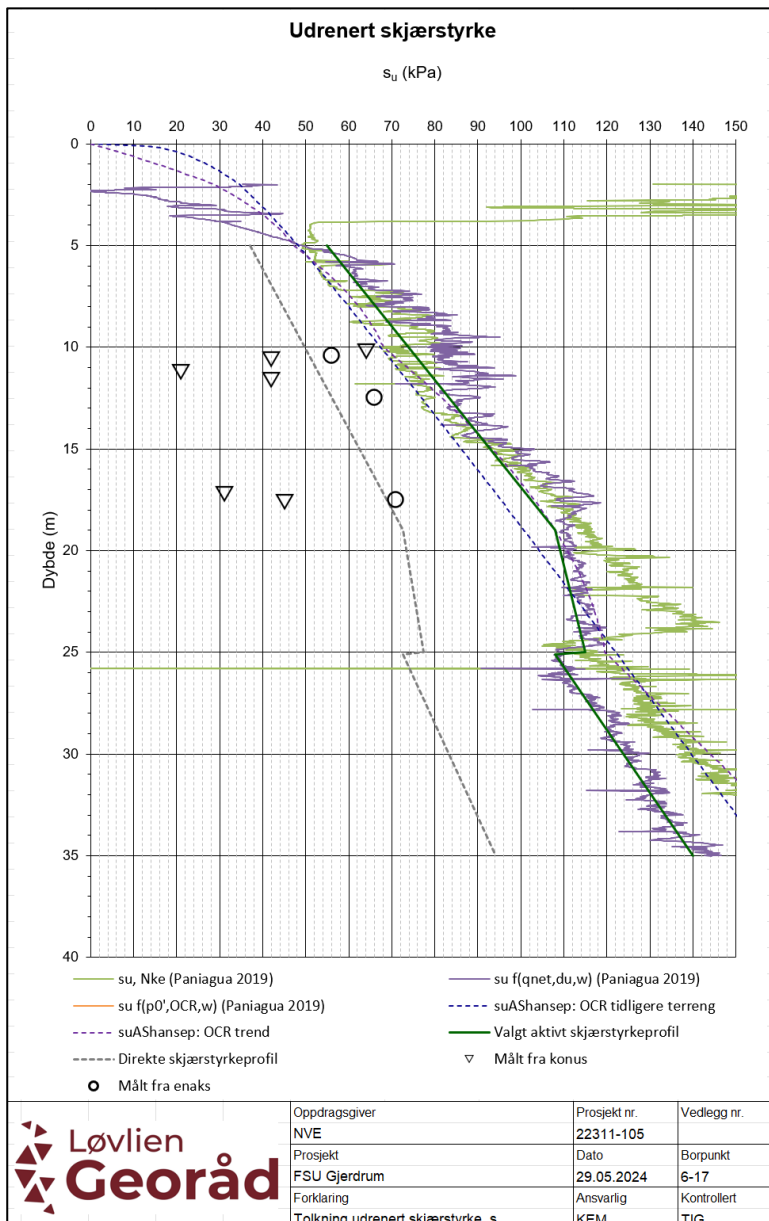


Figur 10.3 Tolket OCR borpunkt 6-17.

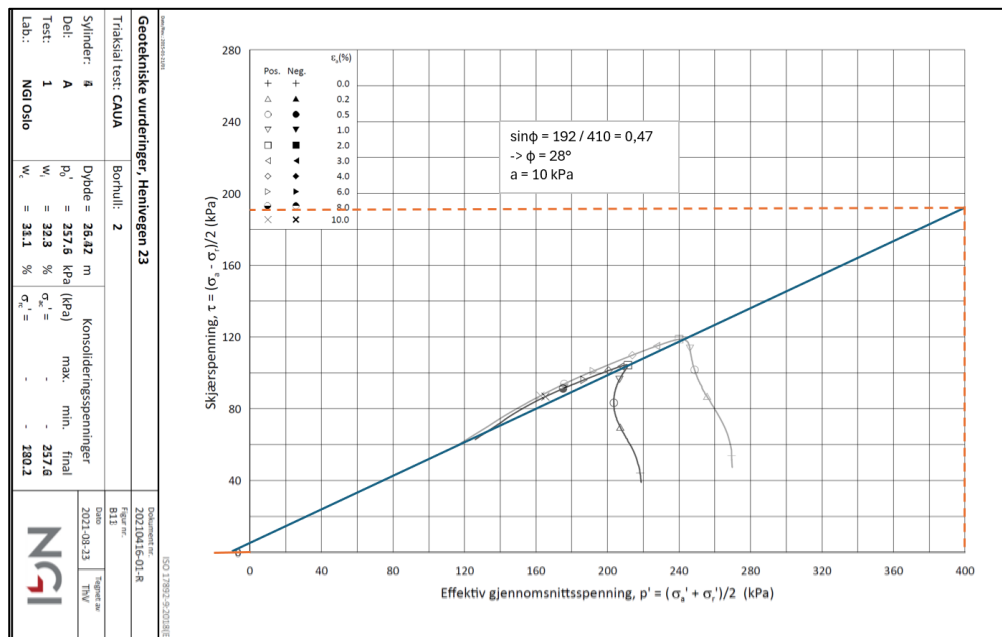
10.2.3 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sondering i borpunkt 6-17 (topp skråning), samt SHANSEP ved midt- og bunn skråning. Det er indikasjon på overgang til et noe svakere lag på ca. 25 m dybde i punkt 6-17. Det er usikkert om dette er reelt eller om det skyldes påvirkning fra dreietrykksondering. Det er valgt ikke å hensynta eventuelt svakere lag i SHANSEP-profilene siden det er knyttet usikkerhet til om det svake laget i punkt 6-17 er reelt. Tolkede skjærfasthetsprofil er vist i figur 10.4.

Friksjonsvinkel i leira med høy spenning er basert på 2 treaksialforsøk utført i borpunkt 35-02, ved bebyggelsen på motsatt side av ravina. Se tolkning av treaksialforsøk i figur 10.5. Friksjonsvinkel er tolket til $\phi = 28^\circ$ og attraksjon til $a = 10$ kPa. Friksjonsvinkelen i leira med lav spenning er satt til $\phi = 30^\circ$ siden det forventes høyere friksjonsvinkel i dette laget iht. V220.



Figur 10.4 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 6-17.

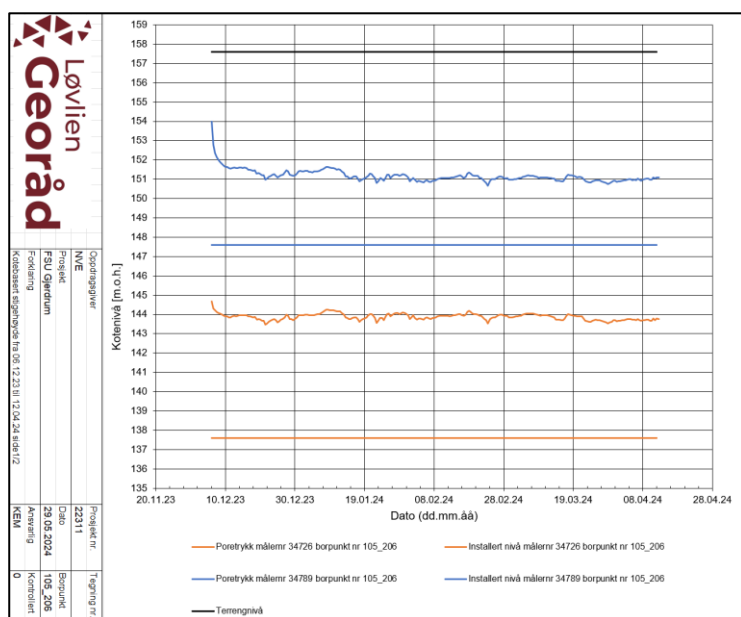


Figur 10.5 Tolkning av treaksialforsøk i borpunkt 35-02 (ved bebyggelsen øst for ravina, i sone 104 Sørsum prestegård).

10.2.4 Poretrykksforhold

Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere ved skråningstopp øst for Årstad, i borpunkt 105_206, se figur 10.6. Det var planlagt å installere poretrykksmålere i bunn av skråningen også, men dette ble ikke utført pga. vanskelig adkomst med borerigg. Poretrykksmålerne ved skråningstopp viser ca. 3,5 meter stighøyde i 10 meter dybde og ca. 6,2 meter stighøyde i 20 meter dybde. Basert på disse er det lagt inn 2,7–4,4 kPa/m økning i poretrykket mot dybden ved skråningstopp.

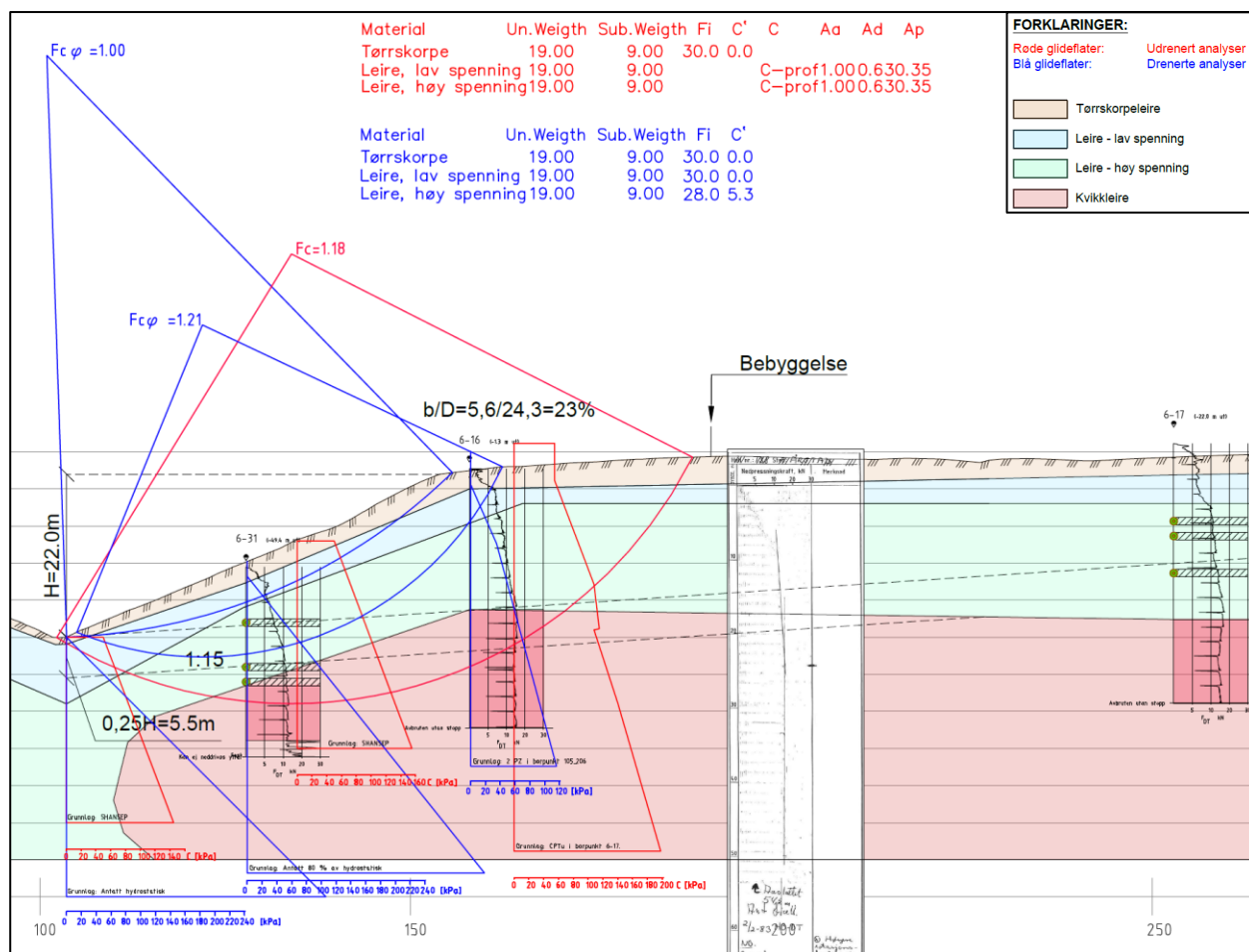
Siden det er målt meget lavt poretrykksøkning mot dybden ved skråningstopp er det i beregninger antatt 80 % av hydrostatisk poretrykk fra 2 meter dybde midt i skråningen og hydrostatisk poretrykk fra terreng i bunn av skråningen.



Figur 10.6 Målt poretrykk i borpunkt 105_206.

10.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 10.7 og oppsummert i tabell 10.1. Det er utført kontrollberegning med plane glideflater, men disse anses som ikke relevante i snittet.



Figur 10.7 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 105-2. Utklipp fra tegning E-105-2.

Tabell 10.1 Resultat fra stabilitetsberegninger i snitt 105-2.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-105-2	1,18	1,00

10.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Kritisk glideflate (drenert beregning) går ikke ned i kvikkleire. Med bakgrunn i dette vurderes det som lite sannsynlig at et naturlig utløst skred vil ha stor utbredelse og nå bebyggelse. For at bebyggelse skal kunne berøres må det trolig gå et initialskred først og deretter erodere videre for igjen å utløse nye skred. Dypere skjærflater har beregnet sikkerhet opp mot 1,2 i både drenerte- og udrenerte analyser.

Det ble opprinnelig anbefalt å utføre supplerende grunnundersøkelser i- og i bunnen av skråningen for å avklare lagdeling. Lagdelingen i skråningen er basert på borpunkt 6-31 som ligger på andre siden av en sideravine. I tillegg ble ikke borpunkt i bunn av skråningen utført pga. vanskelig adkomst. På grunn av den vanskelige adkomsten er det gjort en vurdering av sikringstiltak i form av erosjonssikring i stedet for å vurdere supplerende grunnundersøkelser.

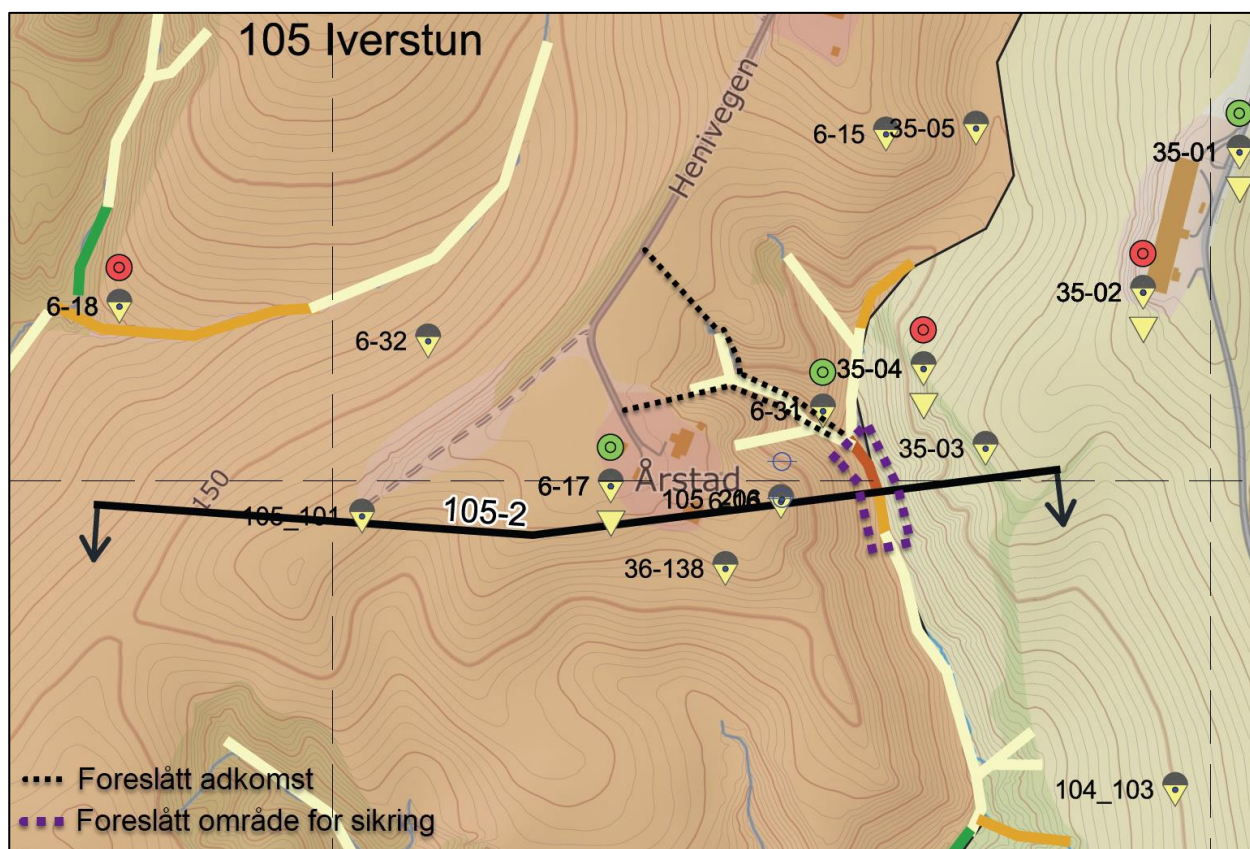
10.5 Vurdering av sikringstiltak

På grunn av den vanskelige adkomsten for å utføre supplerende grunnundersøkelser, og at man trolig trenger en anleggsvei for å kunne gjøre grunnundersøkelser, vurderes det som hensiktsmessig å utføre erosjonssikring i området. Det er ikke utført stabilitetsberegninger av foreslått erosjonssikring.

Løvlien Georåd befarte området 30.09.2024 for å gjøre vurderinger av adkomst til området som foreslås sikres. Det vurderes som mulig å etablere en anleggsvei inn fra begge sideravinene mot vest, se figur 10.8. På befaringen ble også området kartlagt med *kraftig* erosjon befart. Området framstår som noe konservativt vurdert, og det er etter Løvlien Georåd sin mening *noe* erosjon der det er kartlagt som *kraftig* erosjon. Erosjonen består av en ca. 2 meter vertikal kant langs bekken.

Basert på tilgjengelig grunnlag foreslås det å utføre erosjonssikring av bekken i området hvor det er registrert *noe* og *kraftig* erosjon, se figur 10.8. Det er trolig ikke behov for erosjonssikring der det er kartlagt *noe* erosjon i sideravina mot nordøst. Omfang og avgrensning av området som foreslås sikres må vurderes nærmere ved detaljprosjektering. I snitt 105-2 er volumet av foreslått erosjonssikring estimert til 15 m³/m.

Siden terrenget bak den kritiske skråningen er tilnærmet flatt inn mot bebyggelsen vurderes dette som et snitt med lav prioritering.



Figur 10.8 Kart som viser forslag til mulig adkomst og område som foreslås sikret.

11 Sone 105 Iverstun

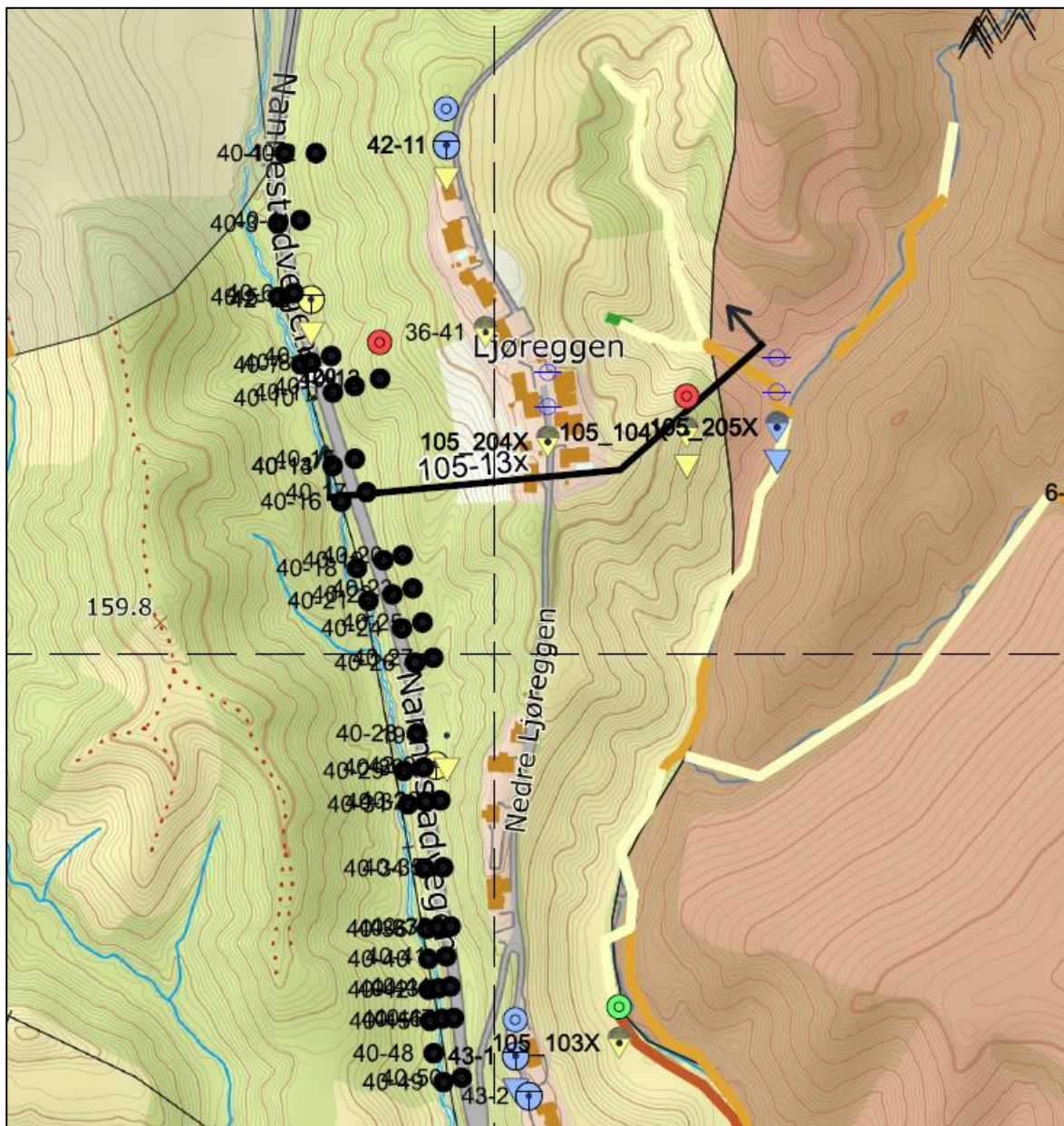
11.1 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 105-13x, se figur 11.1. Snittet går fra vest for bebyggelsen ved Ljøreggen på ca. kote +158 og ned til ravina i øst med bunn på ca. kote +128. Terrenget heller ca. 1:2 i de nedre 17 høydemetrene mot bekken. Det er kartlagt noe erosjon ved bekken.

I borpunkt 105_204x, ved bebyggelsen, er det antatt kvikkleire fra ca. 28 meter dybde. Midt i skråningen, i borpunkt 105_104x, er det antatt kvikkleire fra ca. 18 meter. Det er påvist kvikkleire fra ca. 19,5 meter. Sondering ved skråningsfot, i borpunkt 105_205x, indikerer ikke kvikkleire. Prøveserie fra borpunkt 105_104x er vist i figur 11.2.

Vurdering av b/D-forholdet tilsier at rotasjonsskred er aktuell skredmekanisme. Dersom man trekker bebyggelsen på Ljøreggen inn i snittet, ligger den innenfor 5H og 100 m, som betyr at et eventuelt rotasjonsskred kan nå bebyggelsen.

Beregninger er utført uten større dybde i bekken enn det som er registrert i scannet terreng på grunn av at bekken er liten med begrenset dybde.



Figur 11.1 Plassering av beregningssnitt 105-13x og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-105.

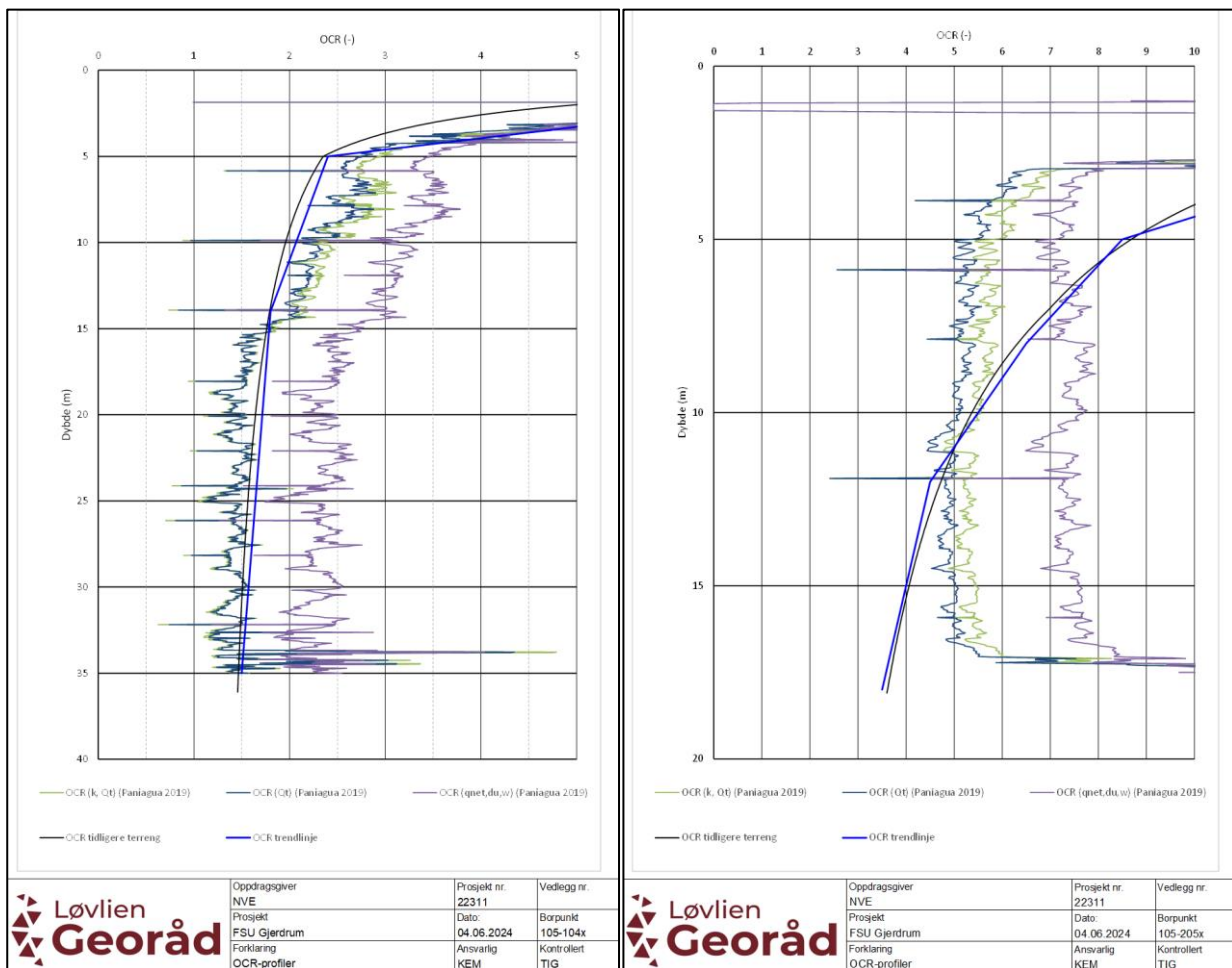
11.2 Beregningsgrunnlag

11.2.1 Relevante prøveserier

Klassifisering	Dybde	Vanninnhold	Konus			Enaks		Tyngde tetthet	Plastisitet		Glødetap
			Uforstyrret	Omrørt	Sensitivitet	Skjærstyrke	Tøyning		Plastisitetsgrense	Konusflytegrense	
	z	w	cufc	curfc	St	cuuc	ε	γ	wp	wl	Ogl
	m	%	kN/m²	kN/m²		kN/m²	%	kN/m³	%	%	%
	16.3	30.3	12.9	8.34	2						
	16.5	29.4				12.3	15	19.8			
Leire	16.6										
	16.7	30.7	13.58	10.86	1						
	19.6	26.6									
Kvikkleire	19.7										
	19.8	30.9	25.93	0.32	81						
	19.9	29.8				47.3	5.7	19.8			
	20.1	30.6	23.32	0.28	83						
Kvikkleire	20.2										
Kvikkleire	22.4	30.2	26.9	0.14	191						
	22.7	28.2				69.2	4.7	20.1			
	22.8	30	34.05	0.24	144						

Figur 11.2 Prøveserie borpunkt 105_104x.

11.2.2 OCR

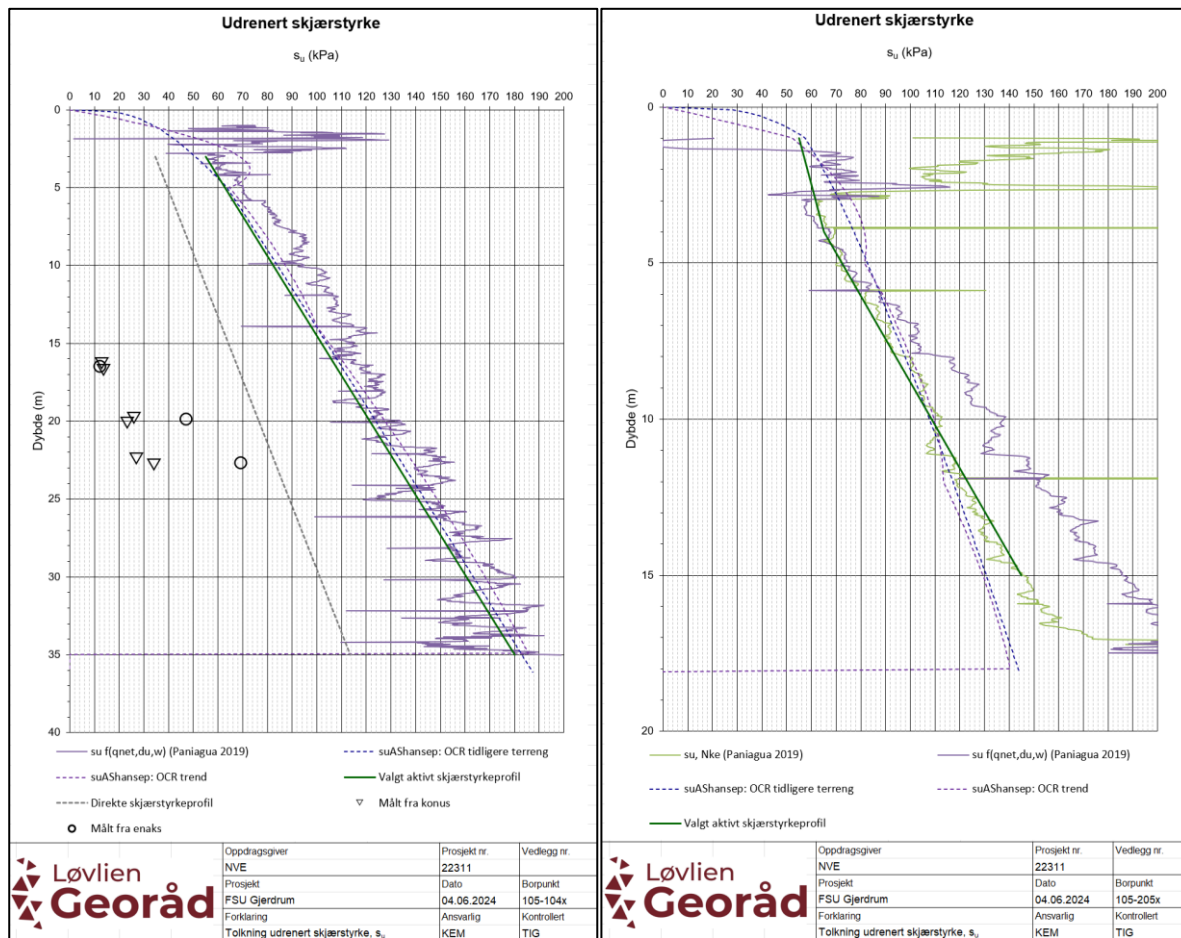


Figur 11.3 Tolket OCR i borpunkt 105_104x og 105_205x.

11.2.3 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sonderinger i punkt 105_104x og 105_205x, hhv. midt i og i bunn av skråningen. Ved skråningstopp ved bebyggelsen på Ljøreggen er det benyttet SHANSEP. Tolkede skjærfasthetsprofil er vist i figur 11.4.

Friksjonsvinkel i leira med høy spenning er basert på 2 treaksialforsøk utført i borpunkt 35-02, ved bebyggelsen på motsatt side av ravina. Se tolkning av treaksialforsøk i figur 10.5. Borpunktet ligger ikke i umiddelbar nærhet av snittet, men vurderes allikevel som relevant. Friksjonsvinkel er tolket til $\phi = 28^\circ$ og attraksjon til $a = 10$ kPa. Friksjonsvinkelen i leira med lav spenning er satt til $\phi = 30^\circ$ siden det forventes høyere friksjonsvinkel i dette laget iht. V220.



Figur 11.4 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 105_104x (venstre) og 105_205x (høyre)

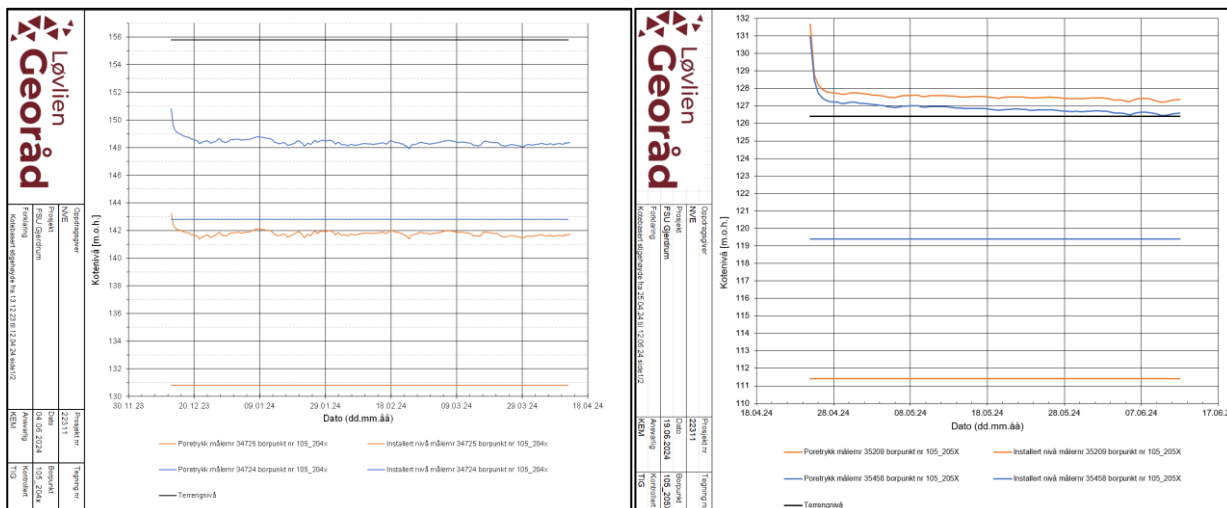
11.2.4 Poretrykksforhold

Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere ved bebyggelsen på Ljøreggen, borpunkt 105_204x, og 2 målere ved skråningsfot, borpunkt 105_205x, se figur 11.5.

Poretrykksmålerne ved skråningstopp viser ca. 5,5 meter stighøyde i 13 meter dybde og ca. 10,9 meter stighøyde i 25 meter dybde. Dette indikerer gjennomsnittlig økning i poretrykk på 4,5 kPa/m mellom 13 og 25 meter dybde. Det er antatt null poretrykk i 4 meter dybde ved skråningstopp, som gir økning i poretrykk mot dybden på ca. 6 kPa/m fra 5 til 13 meter dybde.

Poretrykksmålere ved skråningsfot viser ca. 7,1 meter stighøyde i 7 meter dybde og ca. 16 meter stighøyde i 15 meter dybde. I beregning er det lagt inn økning i poretrykk på 11 kPa/m fra 1 til 7 meter dybde og 12 kPa/m videre mot dybden.

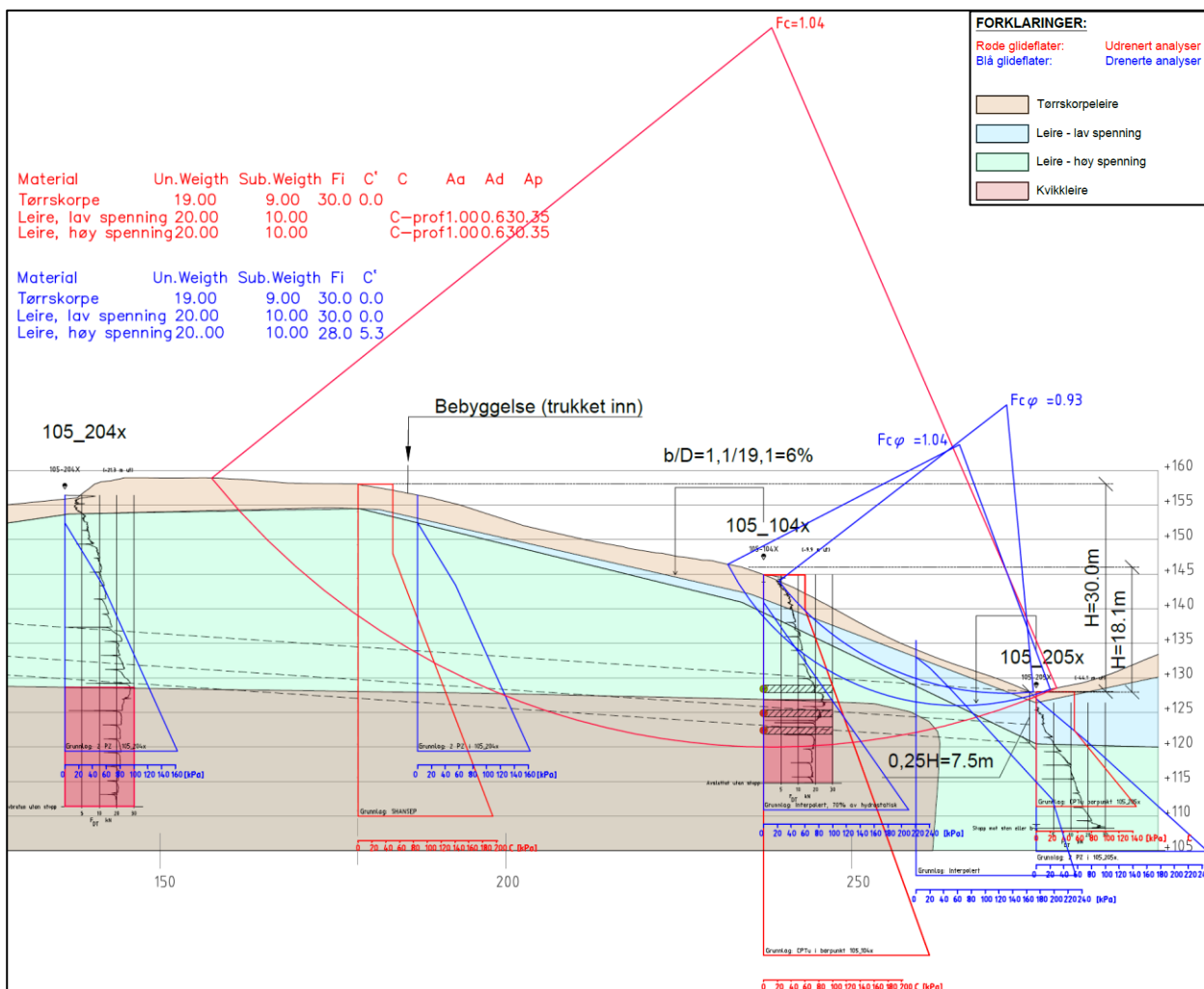
I borpunkt 105_104x er det antatt 70 % av hydrostatisk poretrykk fra 4 meter dybde. Poretrykket er basert på interpolasjon mellom målt poretrykk ved skråningstopp og i skråningsfot. Mellom borpunkt 105_104x og 105_205x er det lagt inn et interpolert poretrykksprofil av beregningsmessig hensyn.



Figur 11.5 Målt poretrykk i borpunkt 105_204x (venstre) og 105_205x (høyre).

11.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 11.6 og resultatene er oppsummert i tabell 11.1. Det er utført kontrollberegning med plane glideflater, men disse anses som ikke relevante i snittet.



Figur 11.6 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 105-13x. Utklipp fra tegning E-105-13x.

Tabell 11.1 Resultat fra stabilitetsberegninger i snitt 105-13x for dagens situasjon.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-105-13x	1,04	0,93 (1,04)

11.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Det er beregnet stabilitet for dagens situasjon rundt 1,0, og skråningen vurderes som labil. Kritisk glideflate for initialskred er antatt å ikke gå ned i kvikkleire. For at det skal utvikle seg et større skred som eventuelt kan nå bebyggelse, må det trolig gå et innledende skred først og deretter erodere videre bakover i skråningen. Ca. midt i skråningen ligger kvikkleira tilnærmet i dybde med bunn bekk.

Det er mye bebyggelse i området og kartlagt noe erosjon. Dersom det går et initialskred i området er det viktig at dette oppdages og at videre erosjon forebygges så raskt som mulig.

Med bakgrunn i at det er mye bebyggelse i området, lav beregnet sikkerhet og noe erosjon bør det vurderes å utføre sikringstiltak i området. Beliggenheten av kvikkleira ned mot skråningsfot og plassering av kritisk glideflate taler imidlertid for at snittet ikke gis topp prioritet.

11.5 Vurdering av sikringstiltak

Utførte beregninger av sikringstiltak viser økt beregningsmessig sikkerhet på 14 % for den kritiske, drenerte skjærflaten ved etablering av en 1,5 m bunnheving (erosjonssikring) i bunn av ravinen. Det oppnås 2 % forbedring av den udrenerte skjærflaten, se tabell 11.2 og tegning E-105-13x-1 for resultater fra stabilitetsberegningene.

Det vurderes at det er de drenerte skjærflatene som er de mest kritiske, og at det er forbedring av disse som er mest relevant å prioritere. Det vurderes derfor at erosjonssikring med 1,5 meter oppfylling er tilstrekkelig sikring i snittet.

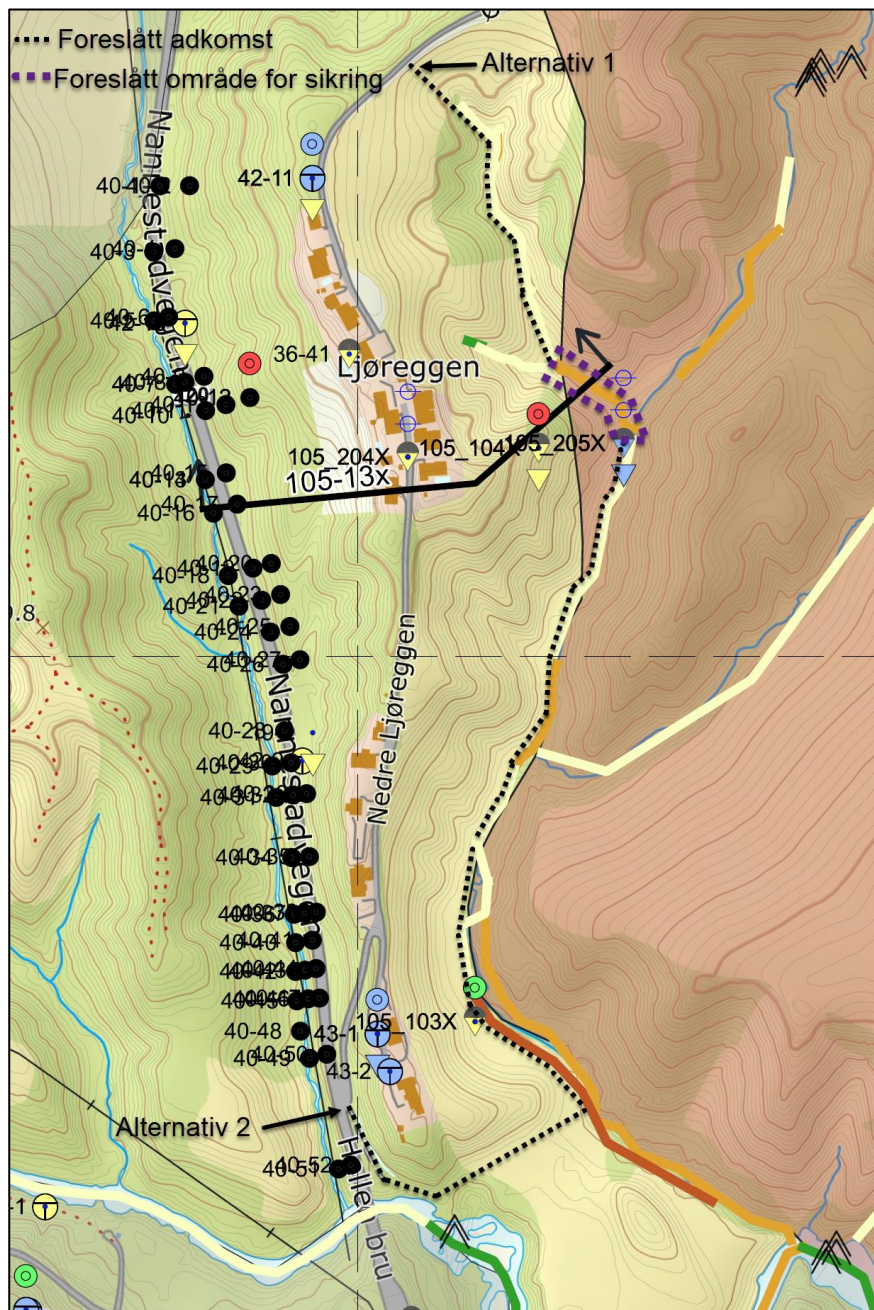
Basert på tilgjengelig grunnlag foreslås det å utføre erosjonssikring av bekken i området hvor det er registrert noe erosjon, se figur 11.7. Omfang og avgrensning av området som foreslås sikret må vurderes nærmere ved detaljprosjektering. I snitt 105-13x er volumet av foreslått erosjonssikring estimert til 20 m³/m, se tegning E-105-13x-1. I overgangen mellom side- og hovedravina i området er det et rør som bør rehabiliteres.

Det er trolig mest hensiktsmessig å ta seg inn til området via Øvre Ljøreggen og sideravina nord for området som er foreslått sikret. Det er relativt bratt ned i sideravina og noe vegetasjon/skog. Adkomsten vurderes som noe krevende, men det antas at det er mulig å lage en anleggsvei med beliggenhet omtrent som skissert på kart i figur 11.7. Dersom det er for krevende med adkomst fra nord kan man komme inn til området fra eksisterende traktorveg i krysset mellom Nedre Ljøreggen og Nannestadvegen, og deretter kjøre nordover på jordet langs med bekken. Avstanden er ca. 500–600 meter fra traktorvegen til området som foreslås sikret, og adkomst fra nord vurderes dermed som mest aktuelt.

Ved adkomst fra nord bør det gjøres supplerende grunnundersøkelser langs adkomstvegen for å kunne prosjektere denne.

Tabell 11.2 Beregninger og vurderinger av sikringstiltak i snitt 105-13x. Oppnådd prosentvis forbedring i parentes.

	Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
		F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
Dagens situasjon	E-105-13x	1,04	0,93 (1,04)
Med erosjonssikring	E-105-13x-1	1,06 (2 %)	1,06 (14 %) / 1,20 (15 %)



Figur 11.7 Kart som viser forslag til mulig adkomst og område som foreslås sikret.

12 Sone 138 Berg

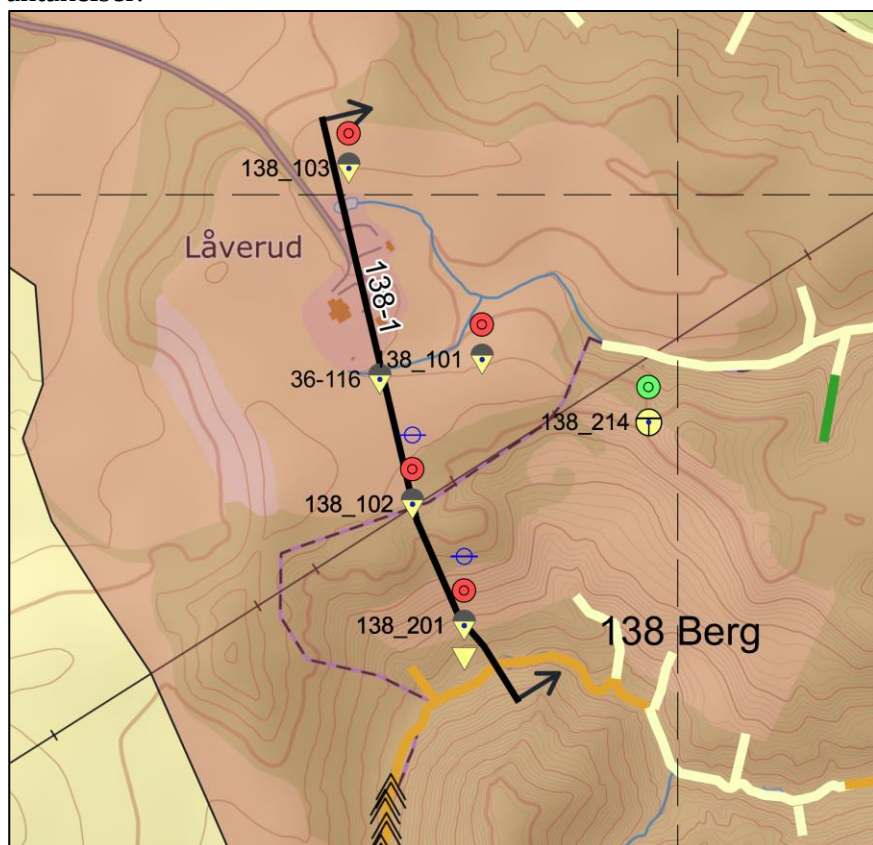
12.1 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 138-1, se figur 12.1 for plassering av snittet. Snittet går fra nord for bebyggelsen på Låverud på ca. kote +155, og sørover ned til en bekk som ligger på ca. kote 120. Gjennomsnittlig helning i skråningen er ca. 1:3, mens det er noe brattere ned mot bekken. Det er kartlagt noe erosjon ved bekken.

I borpunkt 138_102, ved topp skråning, er det påvist kvikkleire i prøveserier tatt ved 13,5, 20,5 og 30,5 m dybde. Det er antatt kvikkleire fra ca. 12 m dybde. I nedre del av skråningen, i borpunkt 138_201, er det påvist kvikkleire i prøveserier tatt ved 11,5 og 13 m dybde. Her er det antatt kvikkleire fra ca. 8 m. I borpunkt 138_103, som ligger i begynnelsen av profilet ca. 230 m innenfor skråningstopp, er det ikke påvist kvikkleire i prøveserie tatt ved 14,5 m dybde, men det er påvist kvikkleire ved 18 og 24,5 m dybde. Prøveserie fra borpunkt 138_102, 138_103 og 138_201 er vist i figur 12.2, figur 12.3 og figur 12.4.

Vurdering av b/D-forholdet (antatt 65 %) tilsier at retrogresjon er aktuell skredmekanisme. Bebyggelsen på Låverud ligger innenfor 1:15-linja, 0,25H fra bunn skråning, som tilsier at et eventuelt retrogressivt skred kan nå bebyggelsen.

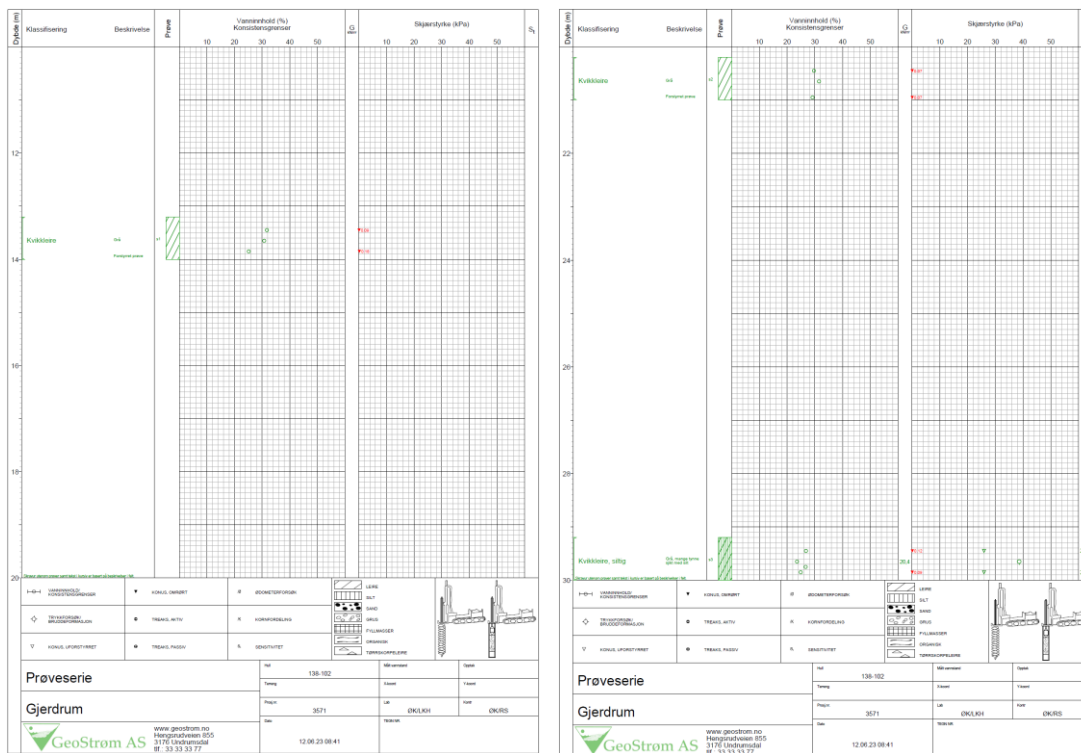
Det er lagt til grunn ca. 1 meter dybde i bekken i utførte stabilitetsberegninger, basert på antakelser.



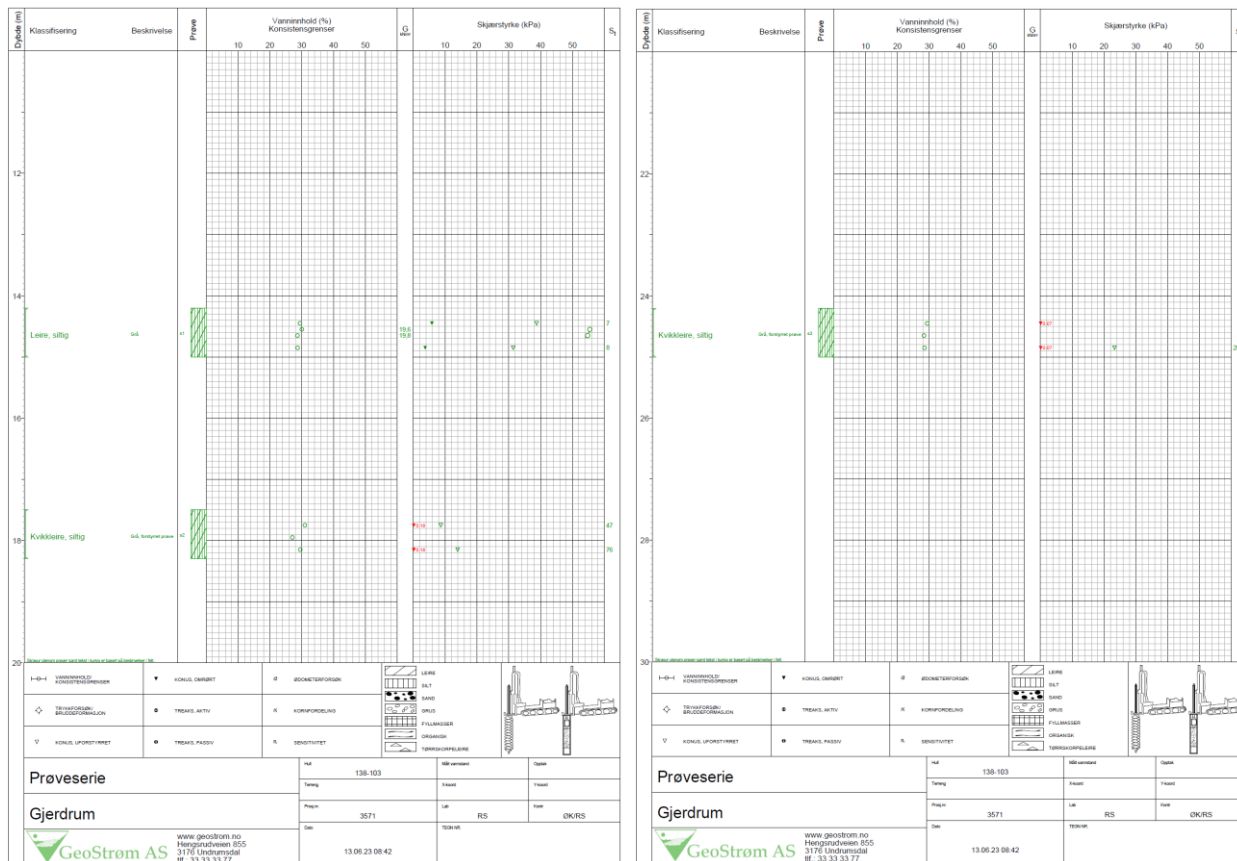
Figur 12.1 Plassering av beregningssnitt 138-1 og tilgjengelige grunnundersøkelser. Utklipp fra tegning A-138.

12.2 Beregningsgrunnlag

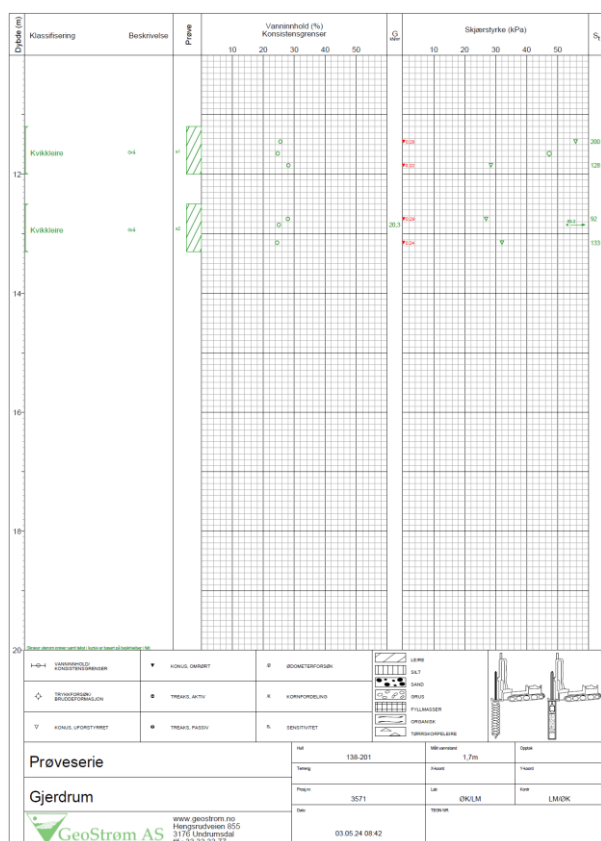
12.2.1 Relevante prøveserier



Figur 12.2 Prøveserie borpunkt 138_102.

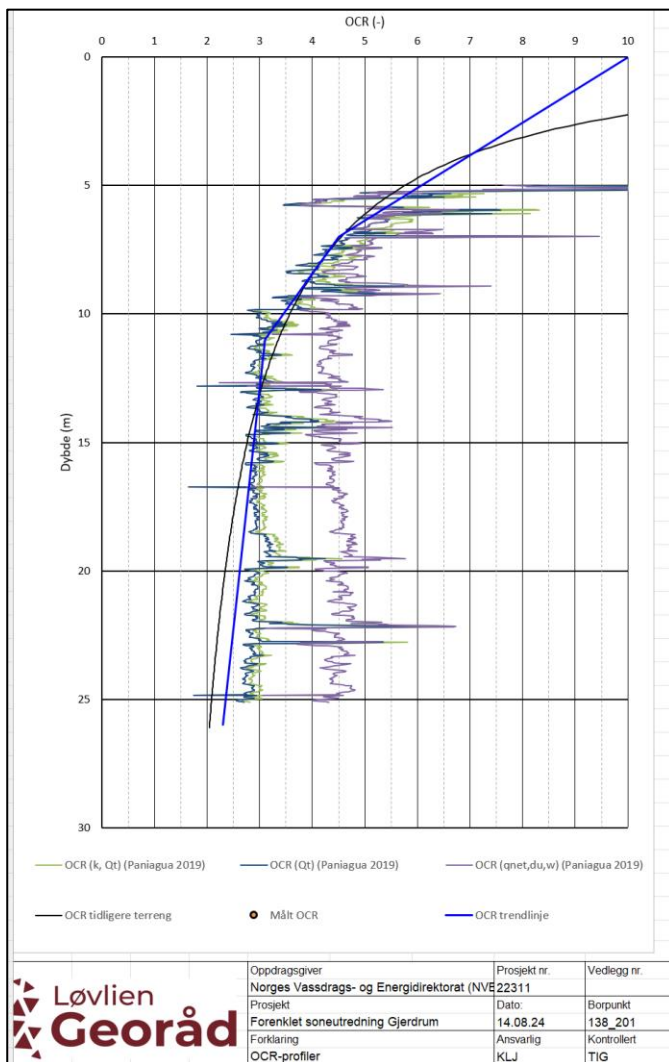


Figur 12.3 Prøveserie borpunkt 138_103.



Figur 12.4 Prøveserie borpunkt 138_201.

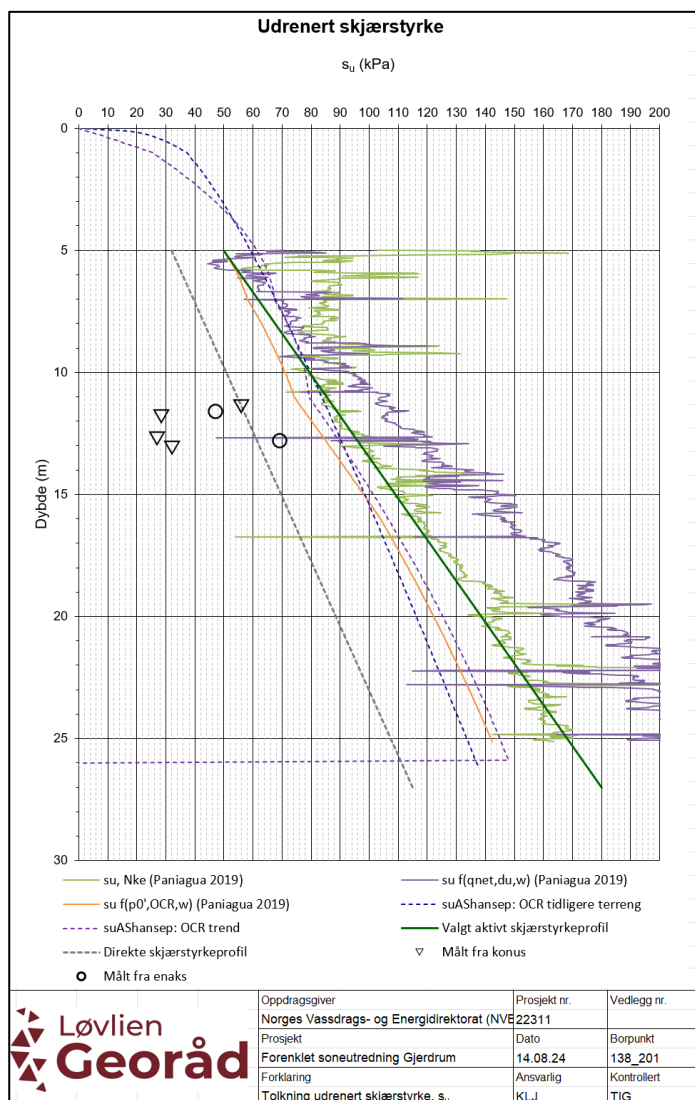
12.2.2 OCR



Figur 12.5 Tolket OCR fra CPTU i borpunkt 138_201.

12.2.3 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sondering i borpunkt 138-201 (nedre del av skråning), samt SHANSEP ved topp og midt skråning. Tolket skjærfasthetsprofil er vist i figur 12.6.



Figur 12.6 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 138_201.

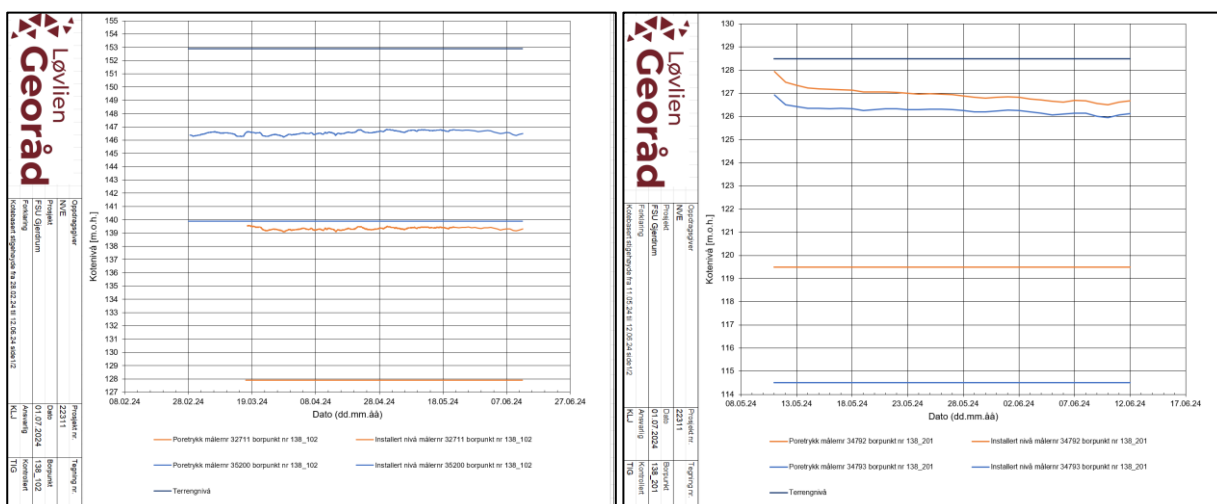
12.2.4 Poretrykksforhold

Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere ved topp skråning, borpunkt 138_102 som ligger ca. 100 m sør for bebyggelsen på Låverud, og 2 målere i nedre del av skråning, borpunkt 138_201. Se resultater fra poretrykksmålingene i figur 12.7.

Poretrykksmålerne ved skråningstopp viser ca. 6,5 meter stighøyde i 13 meter dybde og ca. 11,4 meter stighøyde i 25 meter dybde. Dette indikerer gjennomsnittlig økning i poretrykk på 4,0 kPa/m mellom 13 og 25 meter dybde. Det er antatt null poretrykk i 1 meter dybde ved skråningstopp, som gir økning i poretrykk mot dybden på ca. 5,5 kPa/m fra 1 til 13 meter dybde og ca. 4,0 kPa/m videre mot dybden.

Poretrykksmålere ved nedre del av skråning viser ca. 7 meter stighøyde i 9 meter dybde og ca. 11,5 meter stighøyde i 14 meter dybde. Det er antatt null poretrykk i 1 meter dybde. I beregning er det lagt inn økning i poretrykk på 9 kPa/m fra 1 til 9 meter dybde og 8,9 kPa/m videre i dybden.

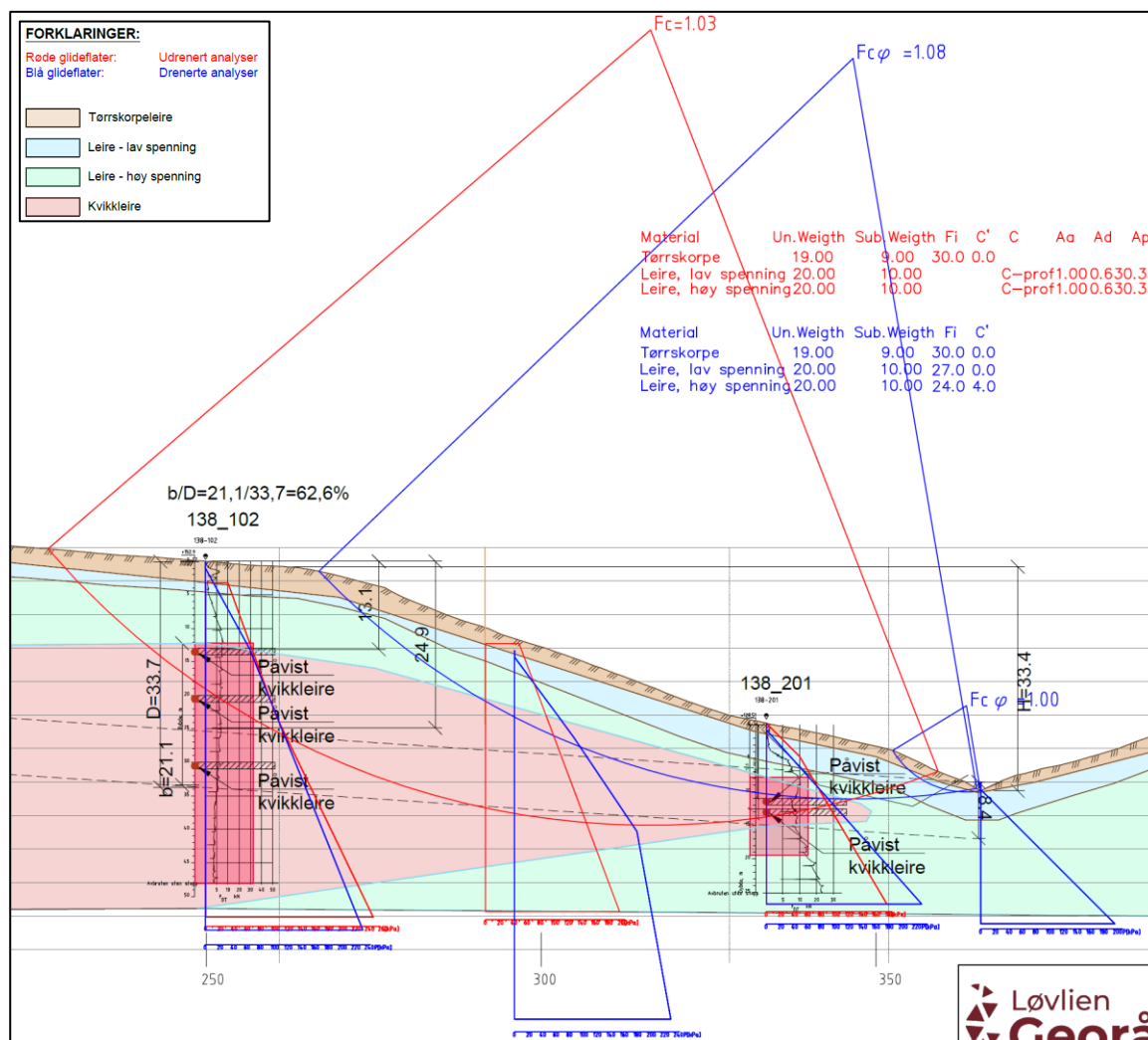
I midten av skråningen er det i beregningen gjort en interpolasjon av poretrykksprofilene, og ved bekken i bunn av skråningen er det antatt hydrostatisk poretrykk fra nivå med bunn bekk.



Figur 12.7 Målt poretrykk i borpunkt 138_102 (venstre) og 138_201 (høyre).

12.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 12.8 og oppsummert i tabell 12.1. Det er utført kontrollberegning med plane glideflater.



Figur 12.8 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 138-1. Utklipp fra tegning E-138-1.

Tabell 12.1 Resultat fra stabilitetsberegninger i snitt 138-1.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-138-1	1,03	1,00/1,08

12.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Det er beregnet stabilitet for dagens situasjon rundt 1,0, og skråningen vurderes som labil. Kritisk glideflate for initialskred er antatt ikke å gå ned i kvikkleire. For at det skal utvikle seg et større skred som eventuelt kan nå bebyggelse, må det trolig gå et initialskred først og deretter erodere videre bakover mot kvikkleiren i skråningen. Det er antatt at kvikkleiren ligger tilnærmet i dybde med bunn bekk ca. 25 m inn i skråningen fra bekken, men dette er noe usikkert da lagdelingen er basert på borpunkt 138_201, som ligger ca. 10 m høyere i terrenget enn bekken.

Det er lite bebyggelse i området og kartlagt noe erosjon. Risikoen for et større kvikkleireskred vurderes å være til stede og et skred kan ramme boligen på Låverud. Erosjonsgrad, lagdeling og beregnet sikkerhet tilsier at sikringstiltak bør vurderes. For videre vurderinger må det trolig utføres supplerende grunnundersøkelser, spesielt i bunnen av skråningen for å avklare lagdeling nærmere. I møte med NVE og AFRY den 25.09.24 ble det bestemt å gå videre med å beregne og presentere omfang av sikringstiltak, se kap. 12.5.

12.5 Vurdering av sikringstiltak

Utførte beregninger av sikringstiltak viser økt beregningsmessig sikkerhet på hhv. 91 og 3,7 % for de drenerte skjærflatene ved etablering av en 1,5 m bunnheving i ravinen etter prinsipp som vist i figur 3.1, se tabell 12.2 og tegning E-138-1-1 for resultater. Ved 1,7 m oppfylling er sikkerheten for begge de drenerte skjærflatene økt med ≥ 5 %.

Det er gjort en kontrollberegning for å undersøke hvor mye oppfylling som kreves for å oppnå ≥ 5 % forbedring av beregningsmessig sikkerhet for den udrenerte skjærflaten. Beregningen viser at det må fylles opp 6,1 m i bunnen av ravinen for å oppnå dette, noe som vurderes som et lite relevant inngrep. Det antas at det er de drenerte skjærflatene som er de mest kritiske i dette tilfellet, og at det er forbedring av disse som er mest relevant å prioritere.

Erosjonssikring vurderes å være tilstrekkelig som sikringstiltak, men det kan være aktuelt å utvide erosjonssikringen noe opp i skråningen for også å oppnå en viss forbedring av den udrenerte skjærflaten, se resultater fra stabilitetsberegninger i tabell 12.2 og forslag til geometri vist med stiplet linje på tegning E-138-1-1.

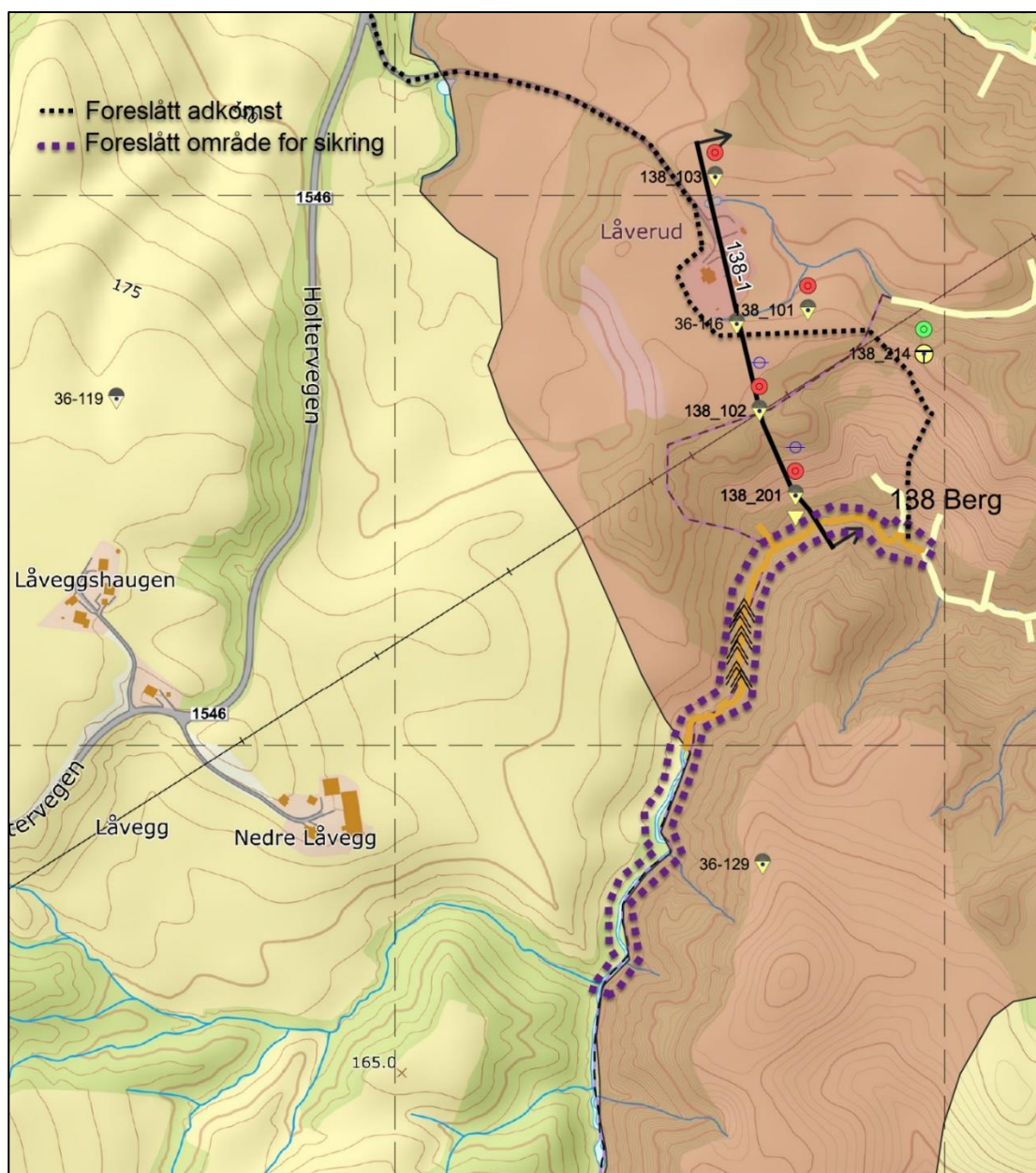
Tabell 12.2 Beregninger og vurderinger av sikringstiltak i snitt 138-1. Oppnådd prosentvis forbedring i parentes.

	Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
		F_{cu} (udrenert)	$F_{c\phi}$ (drenert)
Dagens situasjon	E-138-1	1,03	1,00 / 1,08
Med erosjonssikring	E-138-1-1	1,03 (0 %)	1,91 / 1,12 (91% / 3,7 %)
Med utvidet erosjonssikring	E-138-1-1	1,04 (1 %)	1,81 / 1,14 (81% / 5,5 %)

Løvlien Georåd befarte området 30.09.2024 for å gjøre vurderinger av adkomst til området som foreslås sikres. På befaringen var inntrykket at det var mye pågående erosjon i området langs bekken. Selv der det var berg i dagen i bunn bekk ble det observert pågående erosjon og større utglidninger i terrenget langs bekken, og det var synlig antatt leire i bunn skråning. Terrenget ned

mot bekken er bratt, og det er mye skog og tett vegetasjon. Adkomsten vurderes som noe krevende, men det antas at det er mulig å lage en anleggsvei med beliggenhet omtrent som skissert på kart i figur 12.9. Foreslått adkomst er fra bebyggelsen på Låverud (Holtervegen 129), over jorden i sørøst og gjennom en åpning i skogen, og videre sørover mot bekken gjennom et åpent område som på befaringstidspunkt var noe gjengrodd med tett, lav vegetasjon.

Basert på tilgjengelig grunnlag foreslås det å utføre sikringen av bekken fra området hvor det er registrert «noe erosjon» øst for snittet, og sør-/vestover til og med der hvor det går en sideravine inn mot vest, se område markert på kart i figur 12.9. Lengden på foreslått erosjonssikring estimeres til ca. 670 m, og volumet estimeres til ca. 14 m³/m i snitt 138-1. Omfang og avgrensning av området som foreslås sikret må vurderes nærmere ved detaljprosjektering. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser i området mellom bekken og bebyggelsen på Nedre Låvegg, samt utføre erosjonskartlegging i markert område hvor dette ikke er kartlagt tidligere.



Figur 12.9 Kart som viser forslag til mulig adkomst og området som foreslås sikret.

13 Snitt 138-6X1

13.1 Beregningssnitt

Det er utført stabilitetsberegning i snitt 138-6X1, se figur 13.1. Snittet går fra bekken i bunn av ravinen hvor den østre avgrensningen av faresone 138 Berg går, og mot nordøst opp til bebyggelsen på Nitteberg. Bunn ravine ligger på ca. kote +122, og topp skråning hvor bebyggelsen ligger er på ca. kote +160. Terrenget heller ca. 1:2 i de ca. 7 nederste høydemetrene mot bekken, mens gjennomsnittlig helning i hele skråningen er ca. 1:3. Det er kartlagt noe erosjon ved bekken.

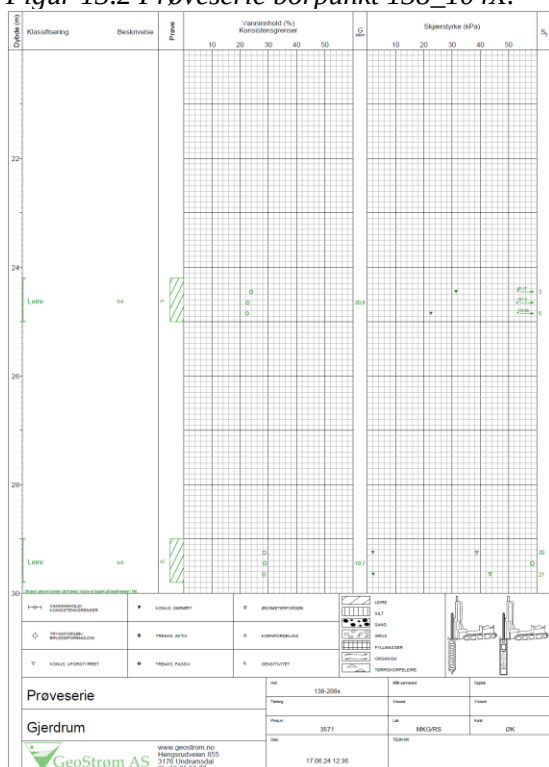
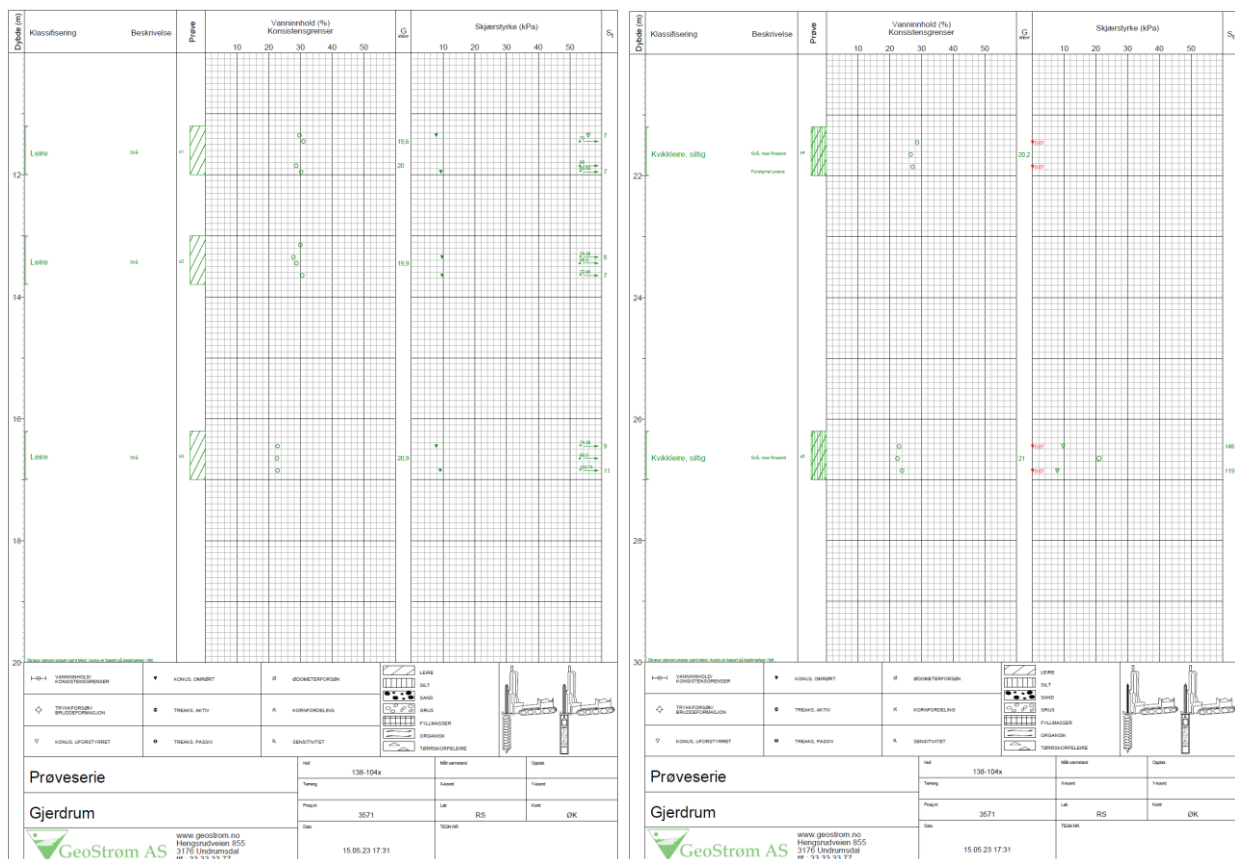
I borpunkt 138_208X, ved bebyggelsen, er det ikke påvist kvikkleire i prøveserier tatt ved 24,5 og 29,5 m dybde, men ut fra sonderingsmotstanden er det antatt kvikkleire fra ca. 30 m dybde. Midt i skråningen, i borpunkt 138_104X som ligger ca. 80 m unna profilet, er det påvist kvikkleire i prøveserier tatt ved 20,5 og 26,5 m dybde, men ikke ved 16,5 m dybde. Det er antatt kvikkleire fra ca. 17,5 m. Det er ikke utført grunnundersøkelser i bunn av skråningen. Prøveserie fra borpunkt 138_104X og 138_208X er vist i figur 13.2 og figur 13.3.

Vurdering av b/D-forholdet (antatt 16 %) tilsier at rotasjonsskred er aktuell skredmekanisme. Bebyggelsen på Nitteberg ligger innenfor 5H, men utenfor 100 m.

Det er lagt til grunn 1,5 meter dybde i bekken i utførte stabilitetsberegninger, basert på antakelser.

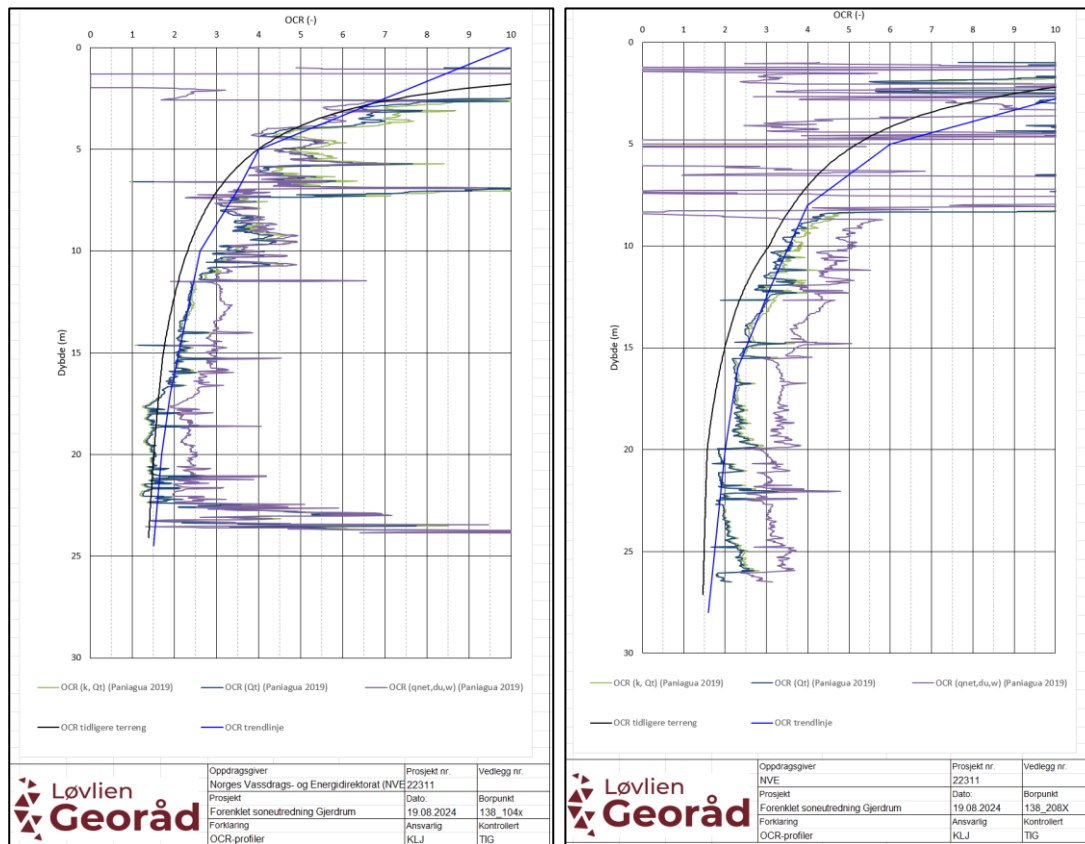


Figur 13.1 Plassering av beregningssnitt 138-6X1. Utklipp fra tegning A-138.



13.2 Beregningsgrunnlag

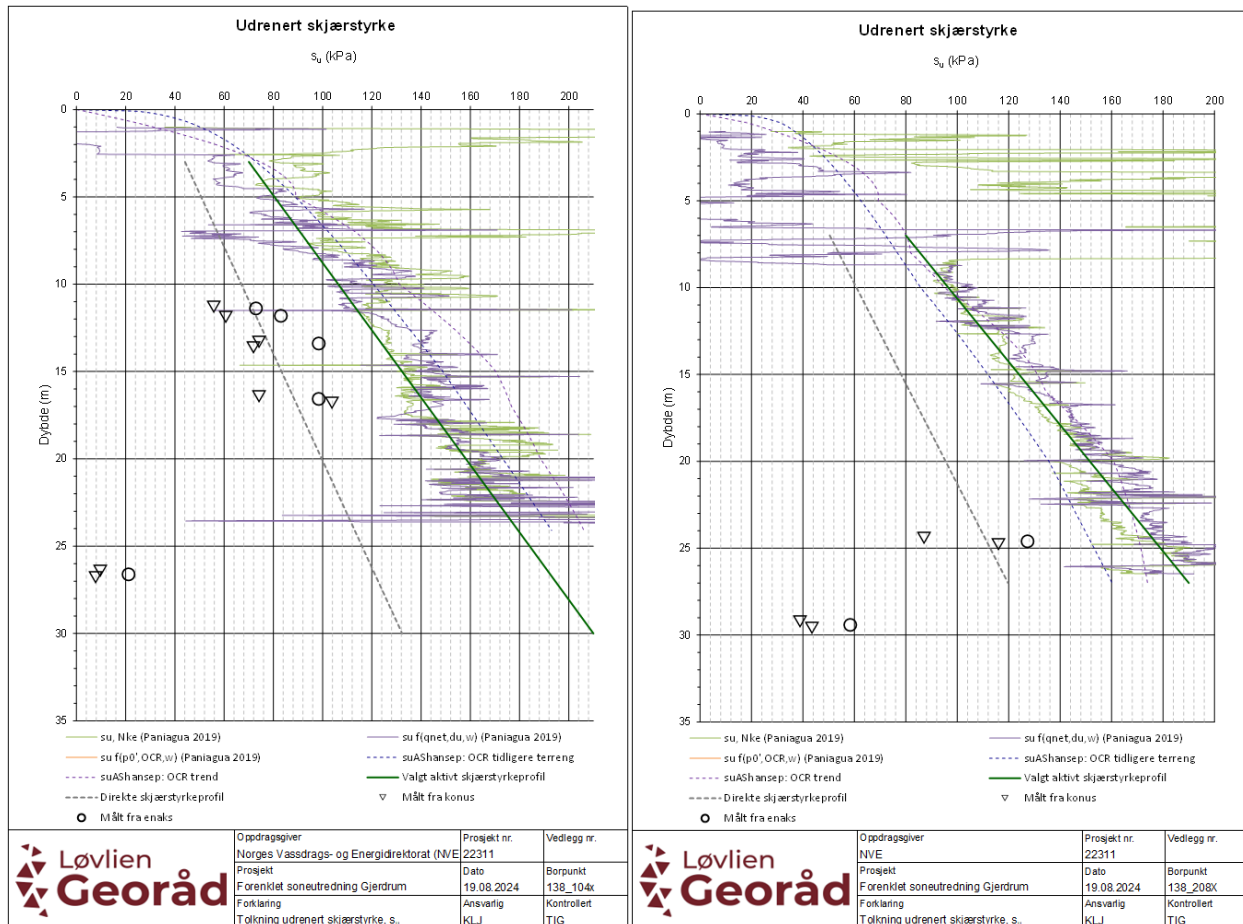
13.2.1 OCR



Figur 13.4 Tolket OCR i borpunkt 138_104x (venstre) og 138_208x (høyre).

13.2.2 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sondering i borpunkt 138_104x (midten av skråningen) og 138_208x (topp skråning), samt SHANSEP ved bunn skråning. Tolkede skjærfasthetsprofiler er vist i figur 13.5.



Figur 13.5 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 138_104x (venstre) og 138_208x (høyre).

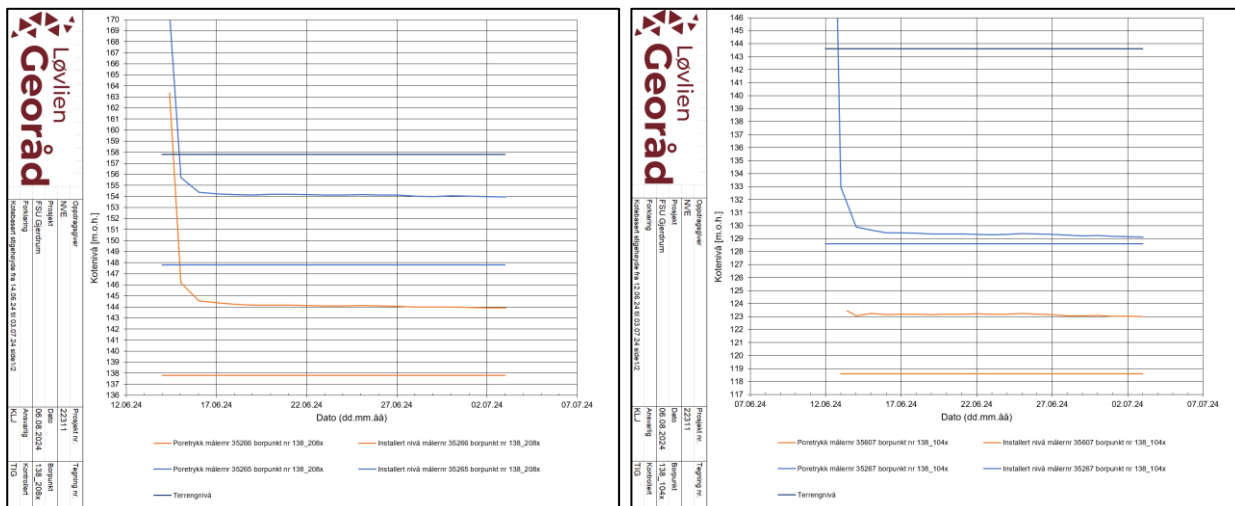
13.2.3 Poretrykksforhold

Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere på topp skråning ved bebyggelsen i Nittebergveien 38, borpunkt 138_208x, og 2 målere i midten av skråningen, borpunkt 138_104x. Resultater fra poretrykksavlesningene er vist i figur 13.6.

Poretrykksmålerne ved skråningstopp viser ca. 6 meter stighøyde i 10 meter dybde og ca. 6 meter stighøyde i 20 meter dybde. Dette indikerer ingen økning i poretrykk mellom 10 og 20 meter dybde. Det er antatt null poretrykk i 0,5 meter dybde ved skråningstopp, som gir økning i poretrykk mot dybden på ca. 6,5 kPa/m fra 0,5 til 10 meter dybde.

Poretrykksmålere ved midtre del av skråning viser ca. 0,5 meter stighøyde i 15 meter dybde og ca. 4,4 meter stighøyde i 25 meter dybde. Det er antatt null poretrykk i 2,0 meter dybde ved midten av skråningen. I beregning er det lagt inn økning i poretrykk på 0,4 kPa/m fra 2 til 15 meter dybde og 4 kPa/m videre mot dybden.

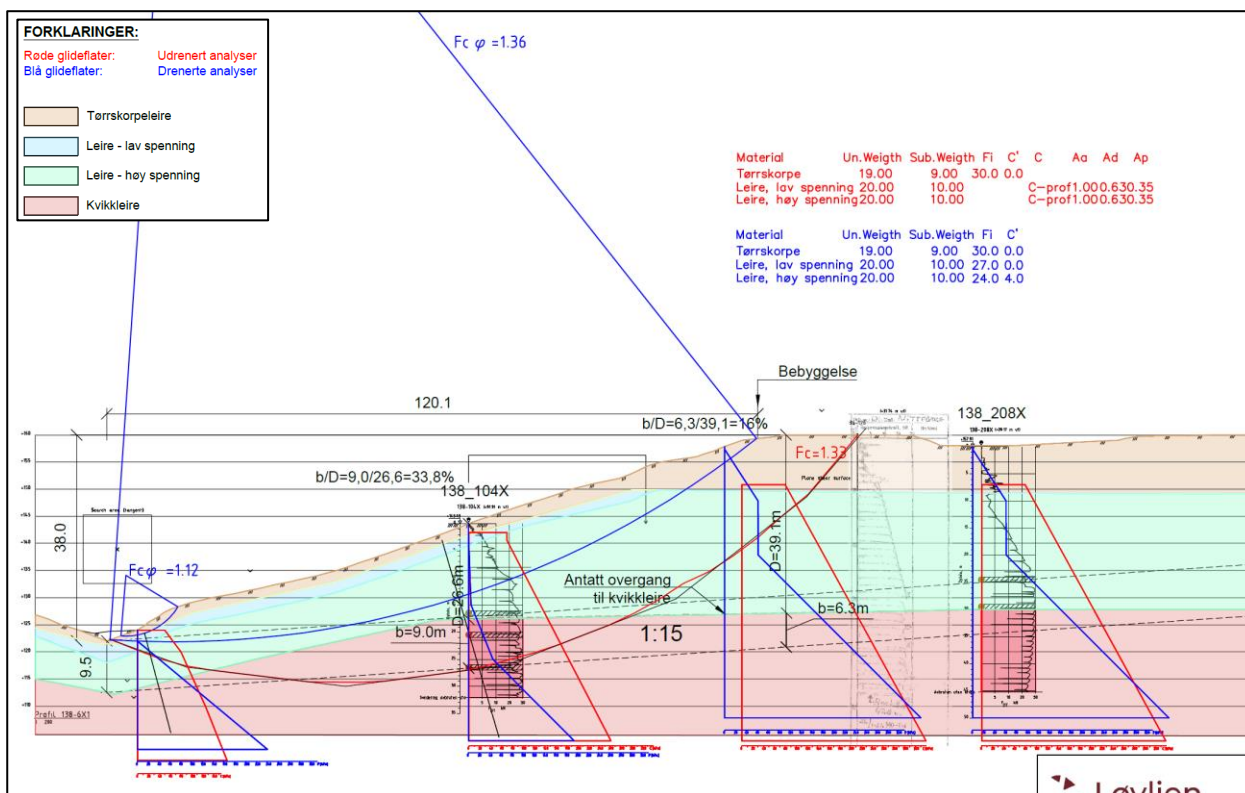
Ved bekken i bunnen av skråningen er det ikke utført poretrykksmålinger. Det er derfor konservativt antatt 120 % av hydrostatisk poretrykk fra bunn bekk.



Figur 13.6 Målt poretrykk i borpunkt 138_208x (venstre) og 138_104x (høyre).

13.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 13.7 og oppsummert i tabell 13.1.



Figur 13.7 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 138-6X1. Utklipp fra tegning E-138-6X1.

Tabell 13.1 Resultat fra stabilitetsberegninger i snitt 138—6X1 for dagens situasjon.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-138-6X1	1,33	1,12/1,36

13.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

Beregnet stabilitet er relativt god, drenerte beregninger gir sikkerhet ca. 1,12 for små glideflater nede ved bekken, og ca. 1,36 for dypere glideflater. Udrenert beregning gir 1,33 i sikkerhetsfaktor, noe som indikerer robusthet mot uforutsette udrenerte spenningsendringer i skråningen. Skråningen vurderes dermed å ha relativt god beregningsmessig sikkerhet mot brudd. I tillegg ligger kvikkleiren dypt og det virker lite sannsynlig at troverdige bruddmekanismer kan nå ned i kvikkleire. Det er dermed lite som tilsier at man bør prioritere å sikre denne skråningen.

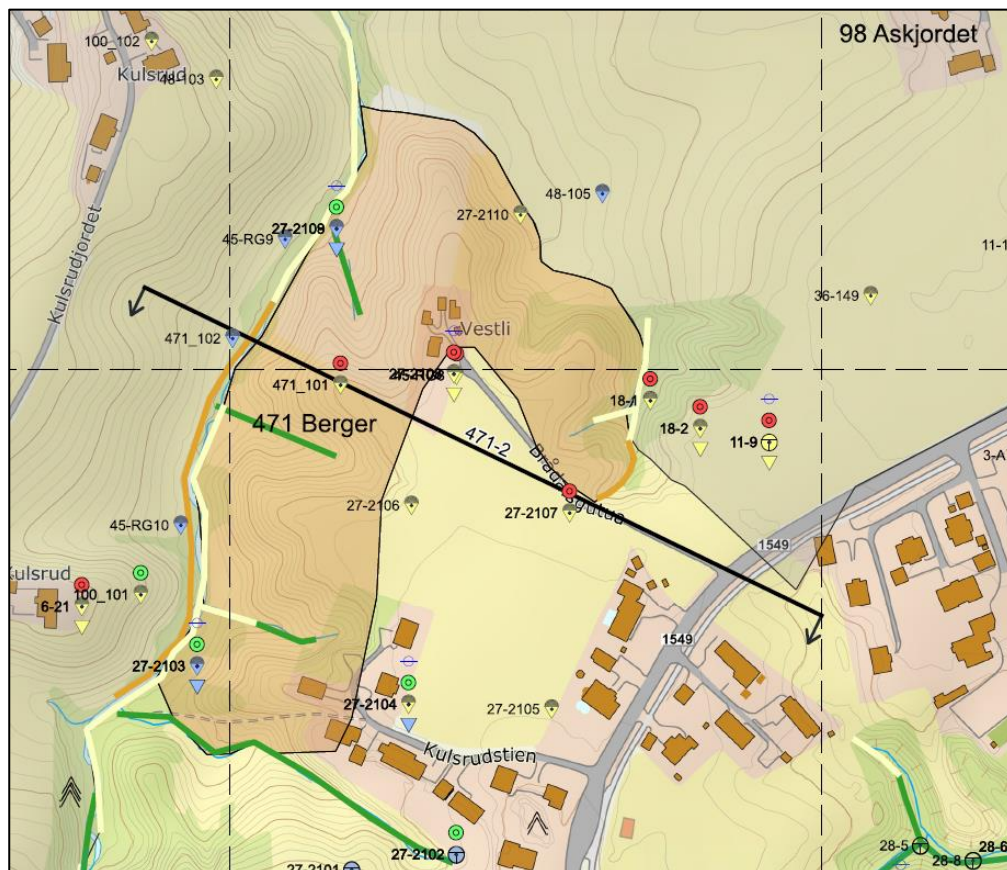
14 Sone 471 Berger

14.1 Beregningssnitt

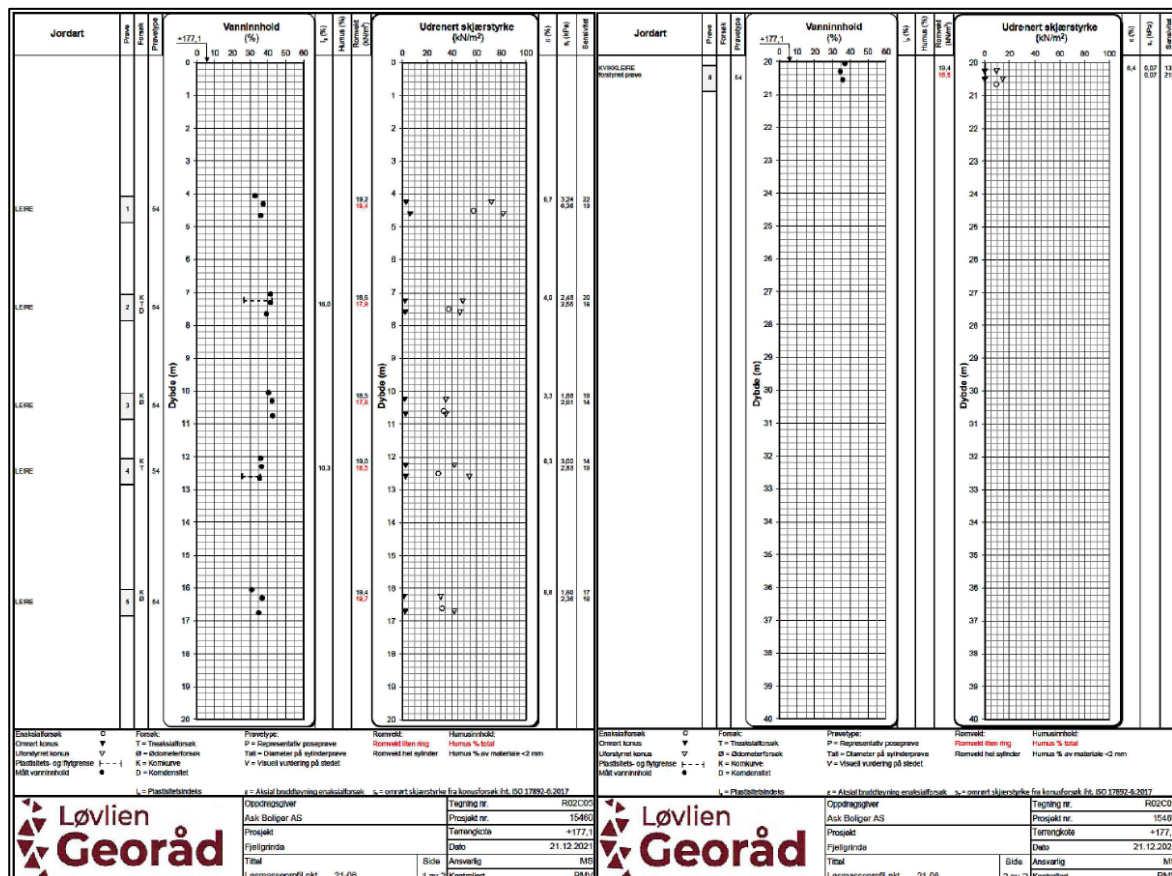
Det er utført stabilitetsberegning i snitt 471-2, se figur 14.1. Snitt er plassert på en høyderygg og går fra skråningstopp sørvest for bebyggelse i Brådalsgutua 31 ned til Kulsrubbekken hvor det er registrert noe erosjon.

Skråningen er ca. 15 meter høy og helningen er ca. 1:3. Grunnundersøkelser sørvest for bebyggelsen (borpunkt 471_101) indikerer kvikkleire/sprøbruddmateriale fra ca. 14 meter (ca. kote +161,5) til 22 meter dybde. Det er påvist sprøbruddmateriale i 14,7 meter dybde. Dreietrykksondering i borpunkt 471_102, ved Kulsrubbekken, indikerer ikke sprøbruddmateriale. Prøveserie i borpunkt 27-2109 viser at det ikke er sprøbruddmateriale langs bekken ca. 70 meter nord for snitt 471-2. Relevante prøveserier er vist i figur 14.2 og figur 14.3.

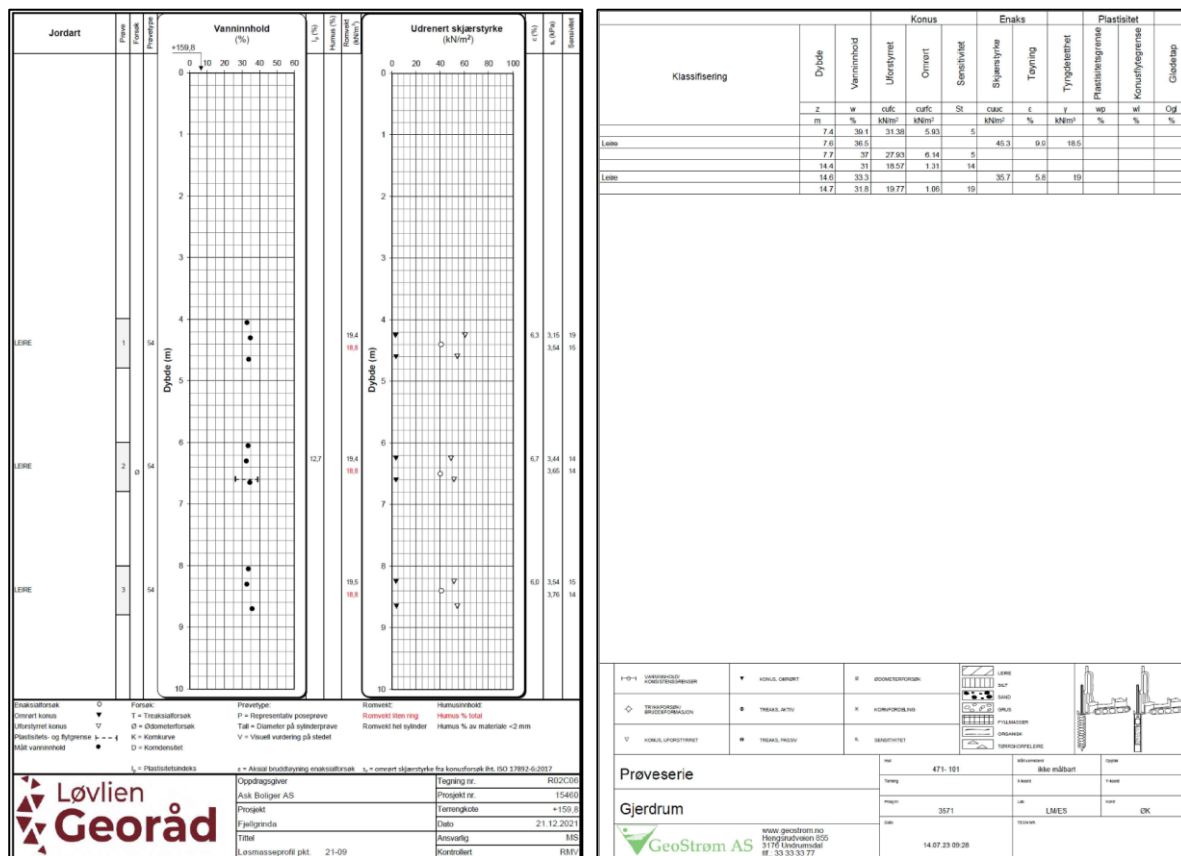
Det er langt til grunn 1 meter dybde i Kulsrubbekken i utførte stabilitetsberegninger.



Figur 14.1 Plassering av beregningssnitt 471-2. Utklipp fra tegning A-471.



Figur 14.2 Prøveserie borpunkt 27-2108 (punkt 45-RG8 er utført tilnærmet samme sted).

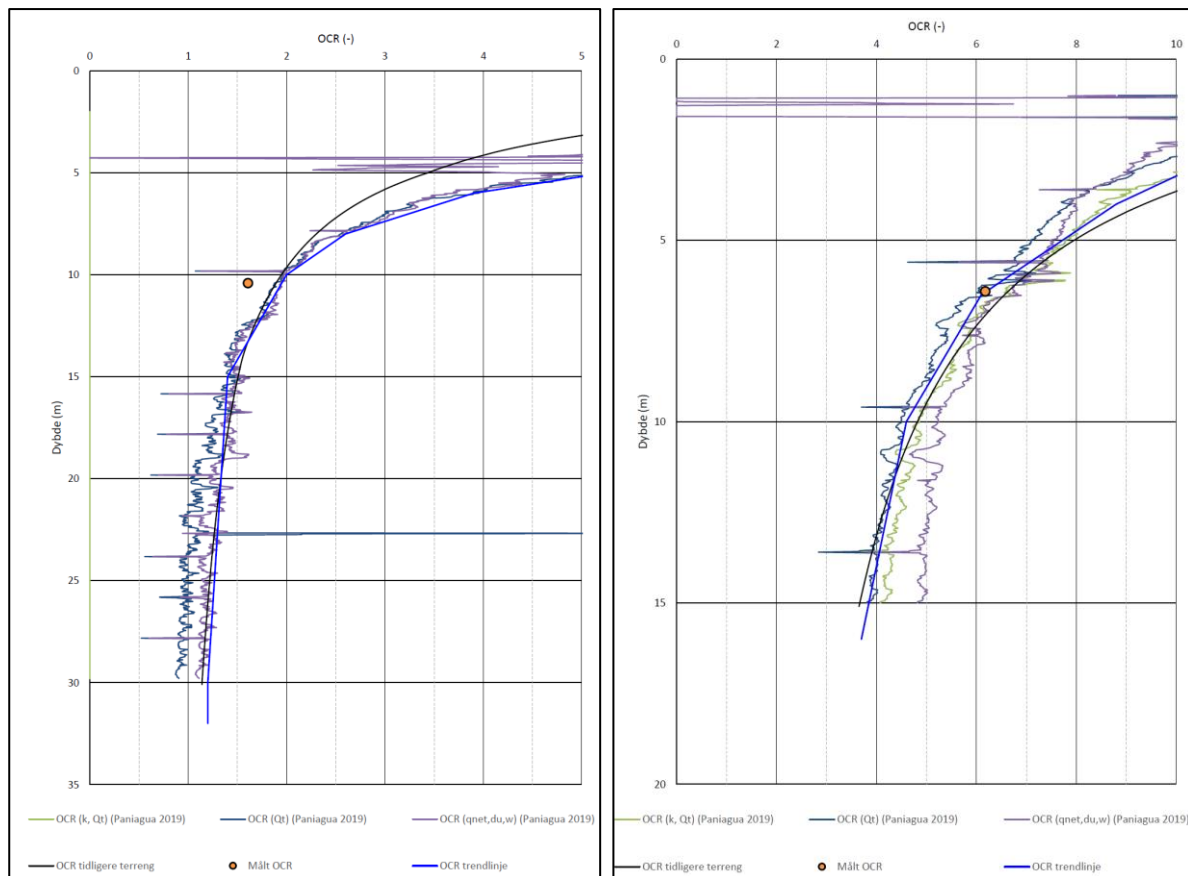


Figur 14.3 Prøveserie borpunkt 27-2109 (venstre) og 471_101 (høyre).

14.2 Beregningsgrunnlag

14.2.1 OCR

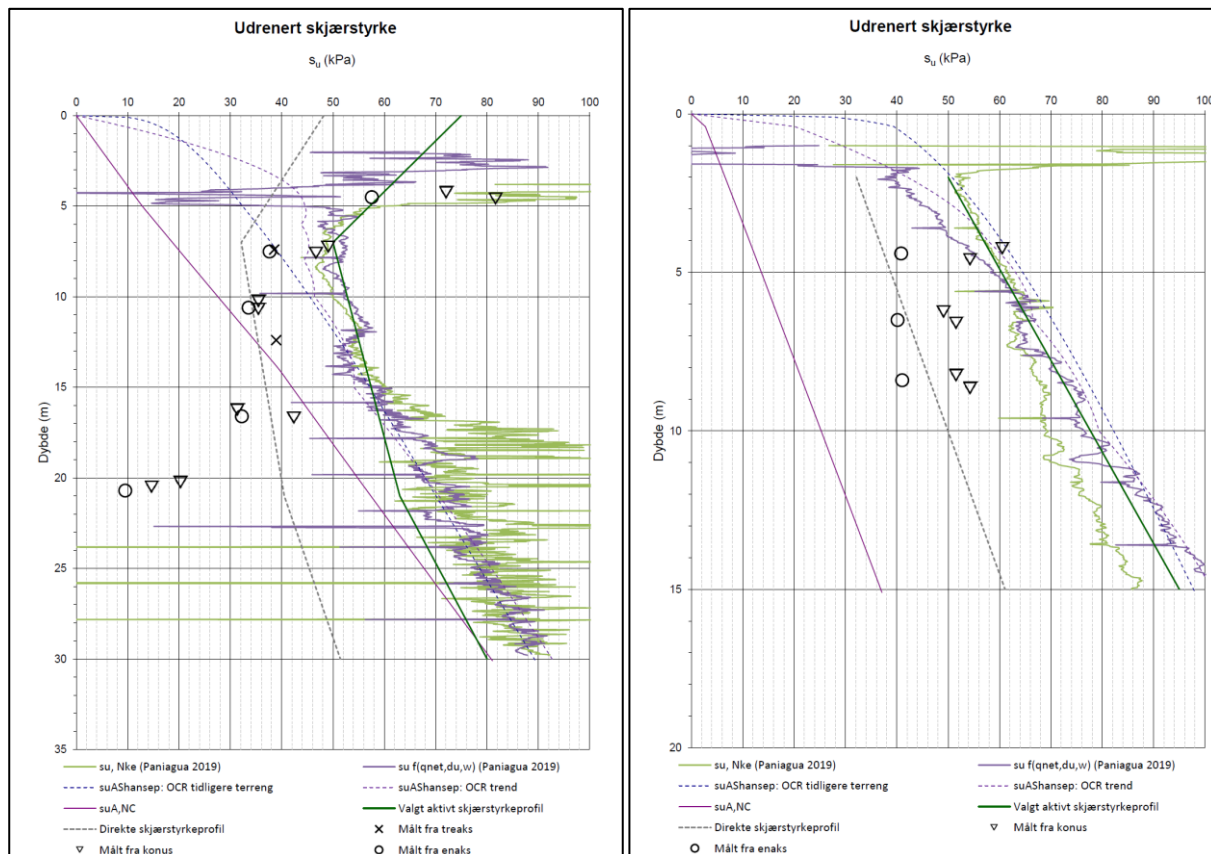
Figur 14.4 viser tolket OCR fra CPTu i borpunkt 27-2108 og 27-2109.



Figur 14.4 Tolket OCR borpunkt 27-2108 (venstre) og 27-2109 (høyre).

14.2.2 Beregningsparametere

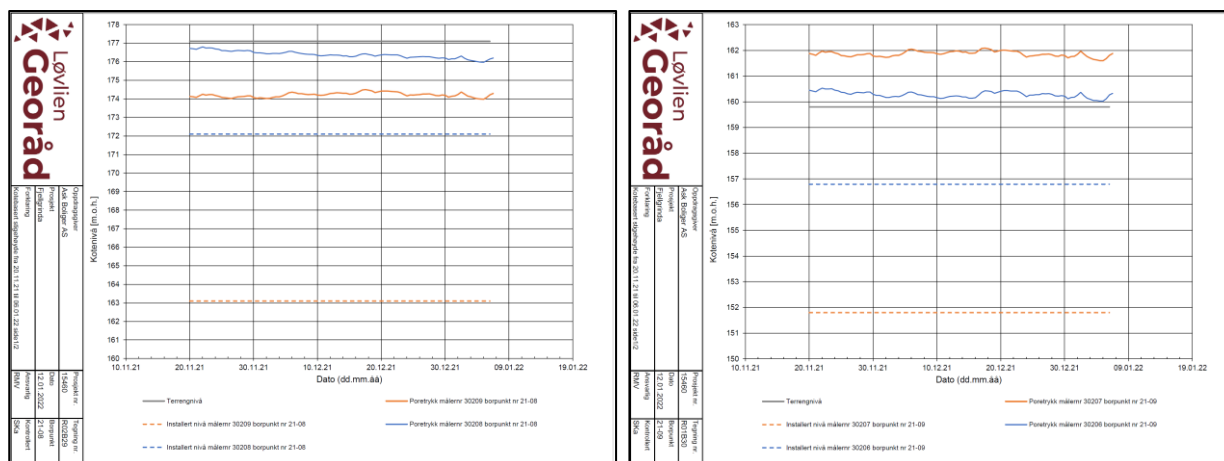
Udrenert skjærfasthet er basert på CPTu-sonderinger i borpunkt 27-2108 (topp skråning) og borpunkt 27-2109 (bunn skråning mot nord langs Kulsrudbekken). Tolkede skjærfasthetsprofiler er vist i figur 14.5.



Figur 14.5 Tolket udrenert skjærfasthet fra CPTu i borpunkt 27-2108 (venstre) og 27-2109 (høyre).

14.2.3 Poretrykksforhold

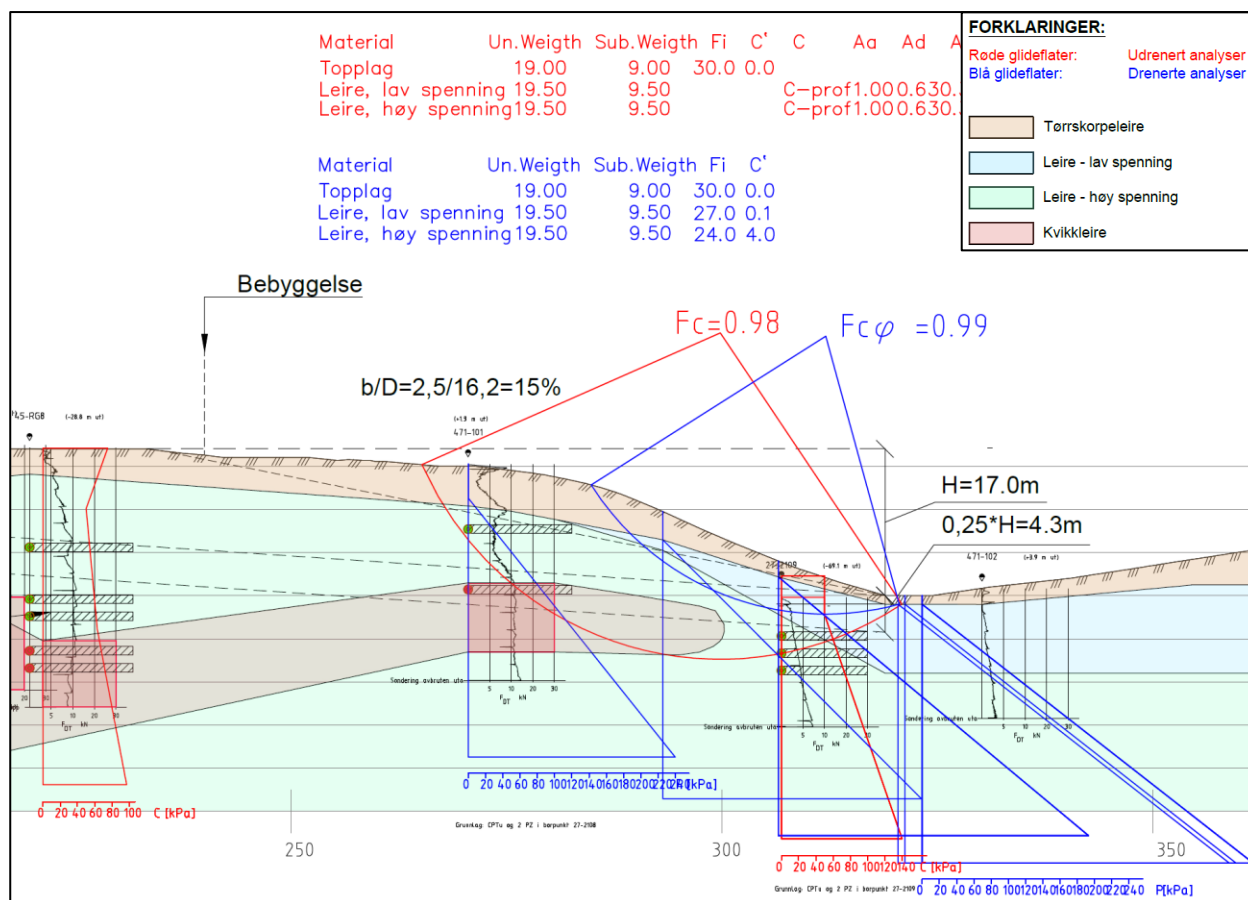
Det er installert 2 elektriske poretrykksmålere ved skråningsfot i borpunkt 27-2109 og 2 målere ved skråningstopp i borpunkt 27-2108. Målere i bunn indikerer ca. 20–30 % poreovertrykk, mens målere på toppen indikerer ca. 10–30 % poreundertrykk. Basert på poretrykksmålere i borpunkt 27-2109 er det lagt inn økning på 12,8 kPa/m mot dybden i bunn skråning. Det er lagt inn 8 kPa/m økning mot dybden fra terreng ved skråningstopp. Grunnvannstand er lagt ca. i overgangen mellom tørrskorpeleire og leire, selv om poretrykksmålere indikerer grunnvann tilnærmet i terreng. Midt i skråningen er det antatt hydrostatisk poretrykk fra overgangen mellom tørrskorpeleire og leire. Målt poretrykk i borpunkt 27-2108 og 27-2109 er vist i figur 14.6.



Figur 14.6 Målt poretrykk i borpunkt 27-2108 (venstre) og 27-2109 (høyre)

14.3 Stabilitetsberegning dagens situasjon

Beregnet sikkerhetsfaktor er vist i snitt i figur 14.7 og oppsummert i tabell 14.1. Det er utført kontrollberegning med plane glideflater, men disse anses som ikke relevante i snittet.



Figur 14.7 Beregnet sikkerhetsfaktor i snitt 471-2. Utklipp fra tegning E-471-2.

Tabell 14.1 Resultat fra stabilitetsberegninger i snitt 471-2 for dagens situasjon.

Tegning nr.	Beregnet sikkerhet	
	F_{cu} , (udrenert)	$F_{c\phi}$, (drenert)
E-471-2	0,98	0,99

14.4 Vurdering av dagens situasjon, behov for sikring og videre arbeider

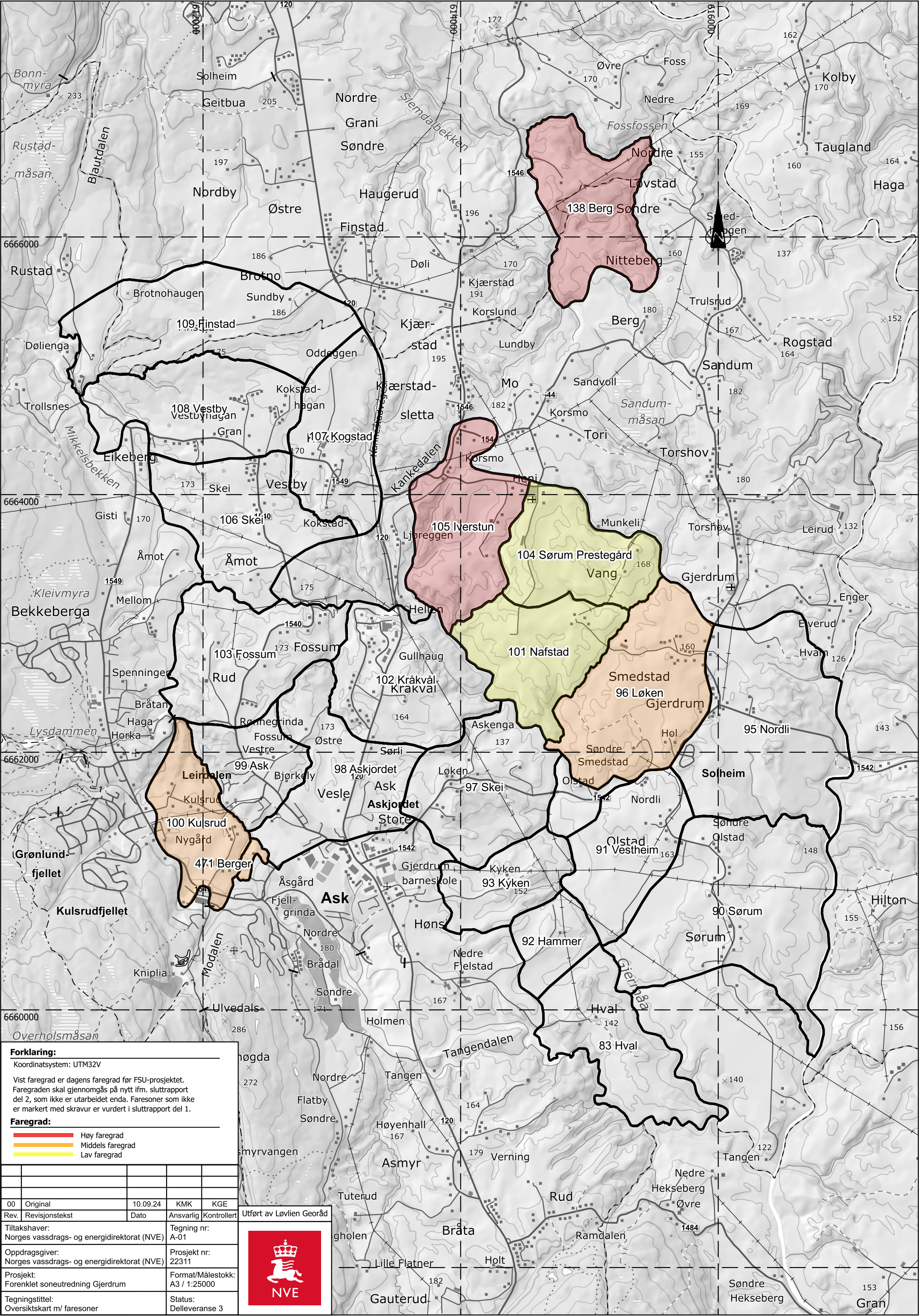
Det er påvist lav udrenert- og drenert sikkerhetsfaktor i snittet. Går det et rotasjonsskred ved ryggen der beregningsnittet er plassert, vil det trolig ikke spre seg sideveis til bebyggelse pga. geometrien av terrenget. Det er også lite erosjon i bekken i nordøst hvor bebyggelsen ligger, samt at det er påvist at det ikke er kvikkleire ned mot Kulsrudbekken i området.

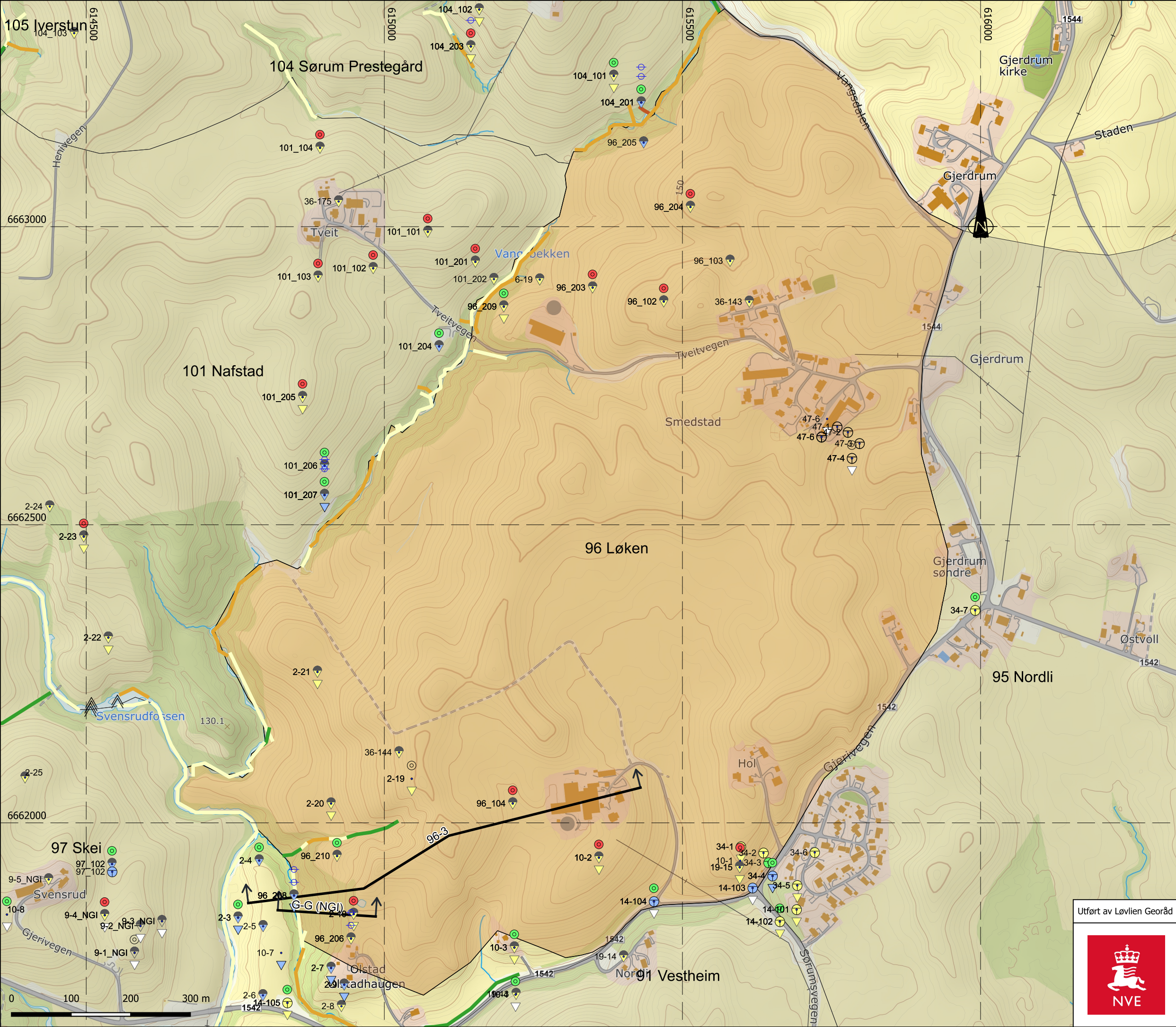
Basert på at det anses som lite sannsynlig at et naturlig utløst skred vil nå bebyggelsen øst for Kulsrudbekken, anbefales det ikke å gå videre med snittet for vurdering av sikringstiltak i dette prosjektet.

Beregnet sikkerhet tilsier at skråningen er labil og at ytterligere erosjon potensielt kan utløse mindre skred. Dette tilsier at erosjonen bør overvåkes.

15 Referanser

- [1] Løvlien Georåd AS, «22311 Rapport nr. 4. Forenklet soneutredning kvikkleire. Gjerdrum kommune. Sluttrapport - Del 1. Rev.02,» 30.08.2024.
- [2] Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) v/Trine Flobak, «FSU Gjerdrum - referat fra møte 25. september,» 25.09.24.
- [3] Løvlien Georåd AS, 22311 Rapport nr. 1. Delleveranse 1. Innledende vurderinger, 24.11.2022.
- [4] Løvlien Georåd AS, 22311 Rapport nr. 2. Delleveranse 2. Grunnundersøkelser, 15.12.2022.
- [5] Trimble - Novapoint , «BEAST. A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Documentation,» Report 8302-2, rev. 3. 10. aug. 2000.
- [6] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr.1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2020.
- [7] Standard Norge, «NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 6: Konusprøving».
- [8] NIFS, «Rapport 125/2015 Detektering av kvikkleire-Sluttrapport.,» 2015.
- [9] P. Paniagua, M. D'Ignazio, J.-S. L'Heureux, T. Lunne og K. Karlsrud, «CPTU correlations for Norwegian clays: an update,» *Geosciences*, 26.04.2019.
- [10] Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, «Rapport 14-2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [11] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging,» 2014.
- [12] NGI, «20130542-01-R Skredfarevurdering Svensrud m/omland, Gjerdrum kommune,» 03.12.2013.





Nummerering av borpunkt:

Borpunktnummer for tidligere utførte grunnundersøkelser:
"henvisningsnummer"-"borpunktnummer"
Henvisningsnummeret viser til notat/rapport i referanselisten, se vedlegg 1.

Borpunktnummer for grunnundersøkelser utført i forbindelse med den forenklede soneutredningen:
"sonenummer"_"borpunktnummer"

Symboler

Dreietrykksondering

Trykksondering

Berg i dagen

Totalsondering

Prøveserie

Piezometer

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire

- Påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie
- Sonderingen indikerer sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Sonderingen indikerer ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire er ikke utført dersom undersøkelsesmetoden er fargeløs.

Vurderte kritiske snitt

Snittnummerering: "sonenummer"-"snittnummer"

Løsneområde:

Vist faregrad er dagens faregrad før FSU-prosjektet.
Faregraden skal gjennomgås på nytt ifm. sluttrapport del 2, som ikke er utarbeidet enda.

- Høy faregrad
- Middels faregrad
- Lav faregrad

Erosjonsforhold:

- Erosjonsforholdene er beskrevet i NVEs befaringsrapport nr. 8/2022 og 22311 Befaringsrapport nr. 1 og 2.
- Kraftig
 - Noe
 - Litt
 - Ingen
 - Ikke vurdert

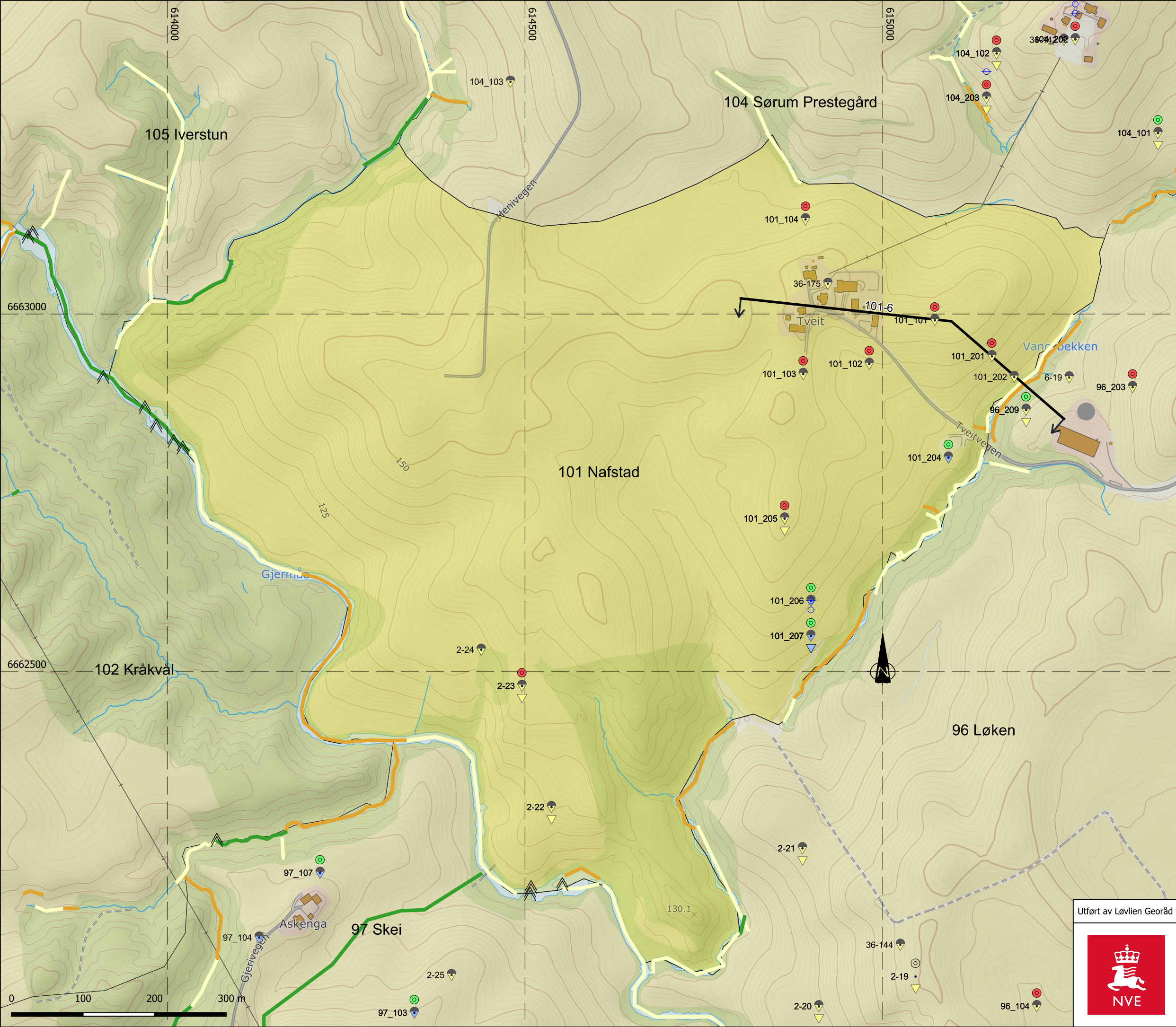
Merknader:

Koordinatsystem: UTM32V
Høydesystem: Hovedsakelig NN1954 for eldre borerer
NN2000 for nyere borerer

01	Tilbakemelding NVE og AFRY	09.10.24	TIG	KGE
00	Original	10.09.24	TIG	KGE
Rev	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegningsnummer: A-96	
Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjektnummer: 22311	
Prosjekt: Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk: A3 / 1:7000	
Tegningstittel: Situasjonsplan sone 96 Løken			Status: Delleveranse 3	



Utført av Løvlien Georåd



Nummerering av borpunkt:

Borpunktnummer for tidligere utførte grunnundersøkelser:
"henvisningsnummer"-"borpunktnummer"
Henvisningsnummeret viser til notat/rapport i referanselisten, se vedlegg 1.

Borpunktnummer for grunnundersøkelser utført i forbindelse med den forenklete soneutredningen:
"sonenummer"_"borpunktnummer"

Symboler

Dreietrykksondering		Totalsondering	
Trykksondering		Prøveserie	
Berg i dagen		Piezometer	

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire

- Påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie
- Sonderingen indikerer sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Sonderingen indikerer ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire er ikke utført dersom undersøkelsesmetoden er fargeløs.

Vurderte kritiske snitt

Snittnummerering: "sonenummer"-"snittnummer"

Løsneområde:

Vist faregrad er dagens faregrad før FSU-prosjektet.
Faregraden skal gjennomgås på nytt ifm. sluttrapport del 2, som ikke er utarbeidet enda.

- Høy faregrad
- Middels faregrad
- Lav faregrad

Erosjonsforhold:

Erosjonsforholdene er beskrevet i NVEs befæringsrapport nr. 8/2022 og 22311 Befæringsrapport nr. 1 og 2.

- Kraftig
- Noe
- Litt
- Ingen
- Ikke vurdert

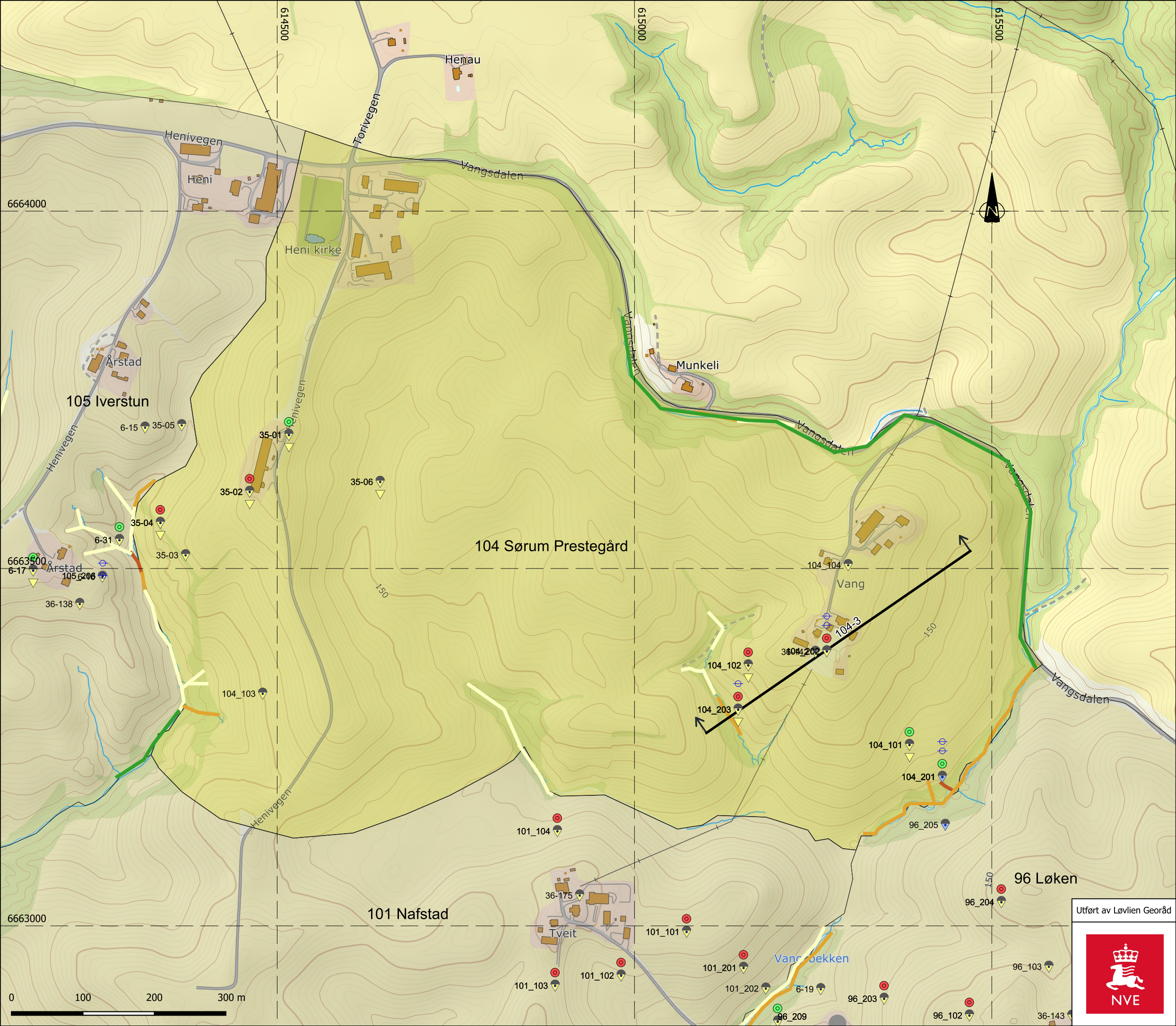
Merknader:

Koordinatsystem: UTM32V
Høydesystem: Hovedsakelig NN1954 for eldre borerer
NN2000 for nyere borerer

01	Tilbakemelding NVE og AFRY	09.10.24	TIG	KGE
00	Original	10.09.24	TIG	KGE
Rev	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegningsnummer: A-101	
Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjektnummer: 22311	
Prosjekt: Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk: A3 / 1:5000	
Tegningstittel: Situasjonsplan sone 101 Nafstad			Status: Delleveranse 3	



Utført av Løvlien Georåd



Nummerering av borpunkt:

Borpunktnummer for tidligere utførte grunnundersøkelser:
"hensivningsnummer"-"borpunktnummer"
Hensivningsnummeret viser til notat/rapport i referanselisten, se vedlegg 1.

Borpunktnummer for grunnundersøkelser utført i forbindelse med den forenklete soneutredningen:
"sonenummer"_"borpunktnummer"

Symboler

Dreietrykksondering		Totalsondering	
Trykksondering		Prøveserie	
Berg i dagen		Piezometer	

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire

- Påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie
- Sonderingen indikerer sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Sonderingen indikerer ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire er ikke utført dersom undersøkelsesmetoden er fargeløs.

Vurderte kritiske snitt

Snittnummerering: "sonenummer"-"snittnummer"

Løsneområde:

Vist faregrad er dagens faregrad før FSU-prosjektet.
Faregraden skal gjennomgås på nytt ifm. sluttrapport del 2, som ikke er utarbeidet enda.

- Høy faregrad
- Middels faregrad
- Lav faregrad

Erosjonsforhold:

Erosjonsforholdene er beskrevet i NVEs befæringsrapport nr. 8/2022 og 22311 Befæringsrapport nr. 1 og 2.

- Kraftig
- Noe
- Litt
- Ingen
- Ikke vurdert

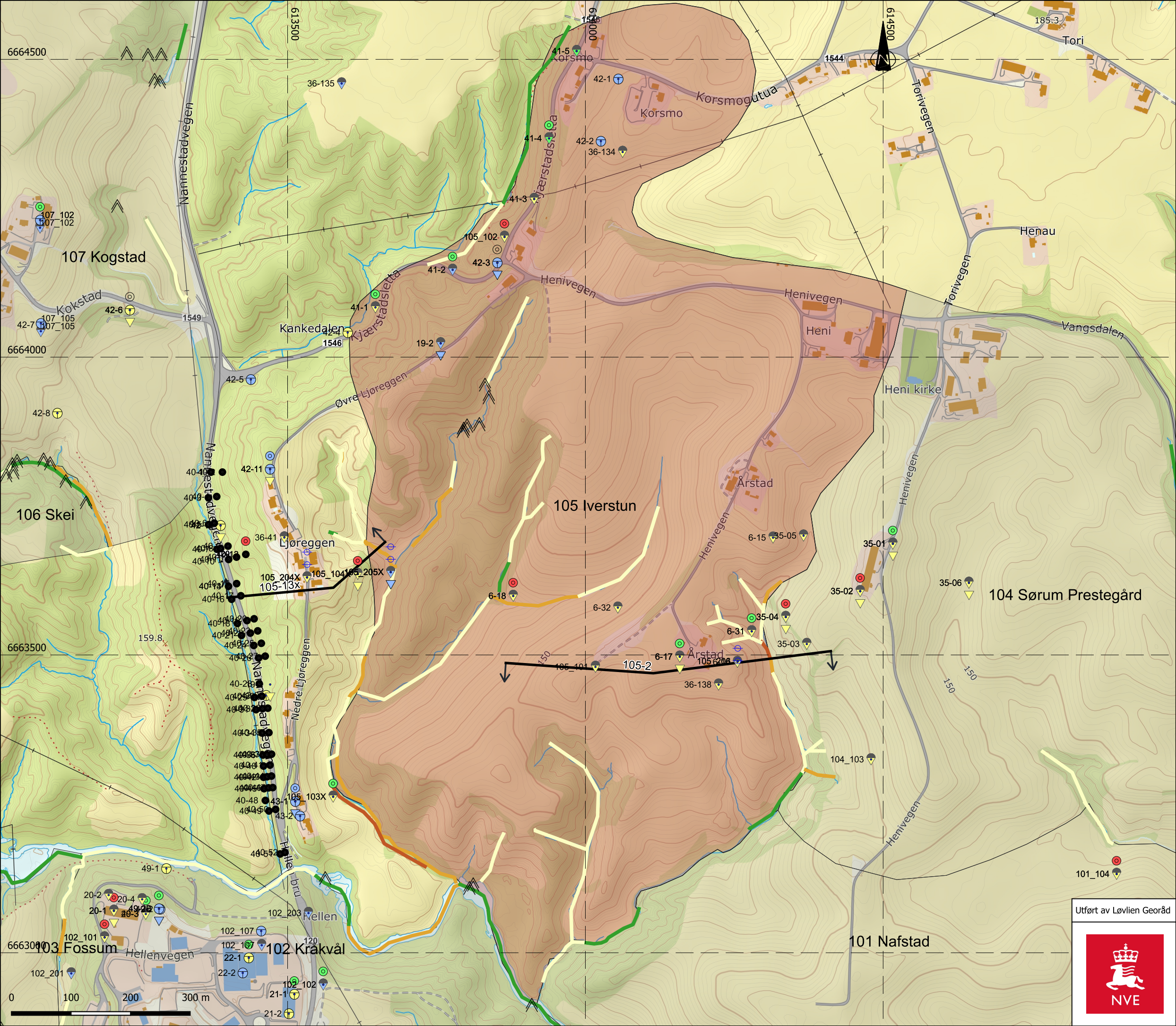
Merknader:

Koordinatsystem: UTM32V
Høydesystem: Hovedsakelig NN1954 for eldre borerer
NN2000 for nyere borerer

01	Tilbakemelding NVE og AFRY	09.10.24	KEM	TIG
00	Original	10.09.24	KEM	TIG
Rev	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegningsnummer: A-104	
Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjektnummer: 22311	
Prosjekt: Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk: A3 / 1:5000	
Tegningstittel: Situasjonsplan sone 104 Sørumsdal			Status: Delleveranse 3	



Utført av Løvlien Georåd



Nummerering av borpunkt:

Borpunktnummer for tidligere utførte grunnundersøkelser:
"henvisningsnummer"-"borpunktnummer"
Henvisningsnummeret viser til notat/rapport i referanselisten, se vedlegg 1.

Borpunktnummer for grunnundersøkelser utført i forbindelse med den forenklete soneutredningen:
"sonenummer"_"borpunktnummer"

Symboler

- Dreietrykksondering

Trykksondering

Berg i dagen

Ikke tolkede Dreiesonderinger
-
- Totalsondering

Prøveserie

Piezometer
-

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire

- Påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie
- Sonderingen indikerer sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Sonderingen indikerer ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire er ikke utført dersom undersøkelsesmetoden er fargeløs.

Vurderte kritiske snitt

Snittnummerering: "sonenummer"-"snittnummer"

Løsneområde:

Vist faregrad er dagens faregrad før FSU-prosjektet.
Faregraden skal gjennomgås på nytt ifm. sluttrapport del 2, som ikke er utarbeidet enda.

- Høy faregrad
- Middels faregrad
- Lav faregrad

Erosjonsforhold:

Erosjonsforholdene er beskrevet i NVEs befæringsrapport nr. 8/2022 og 22311 Befæringsrapport nr. 1 og 2.

- Kraftig
- Noe
- Litt
- Ingen
- Ikke vurdert

Merknader:

Koordinatsystem:

UTM32V

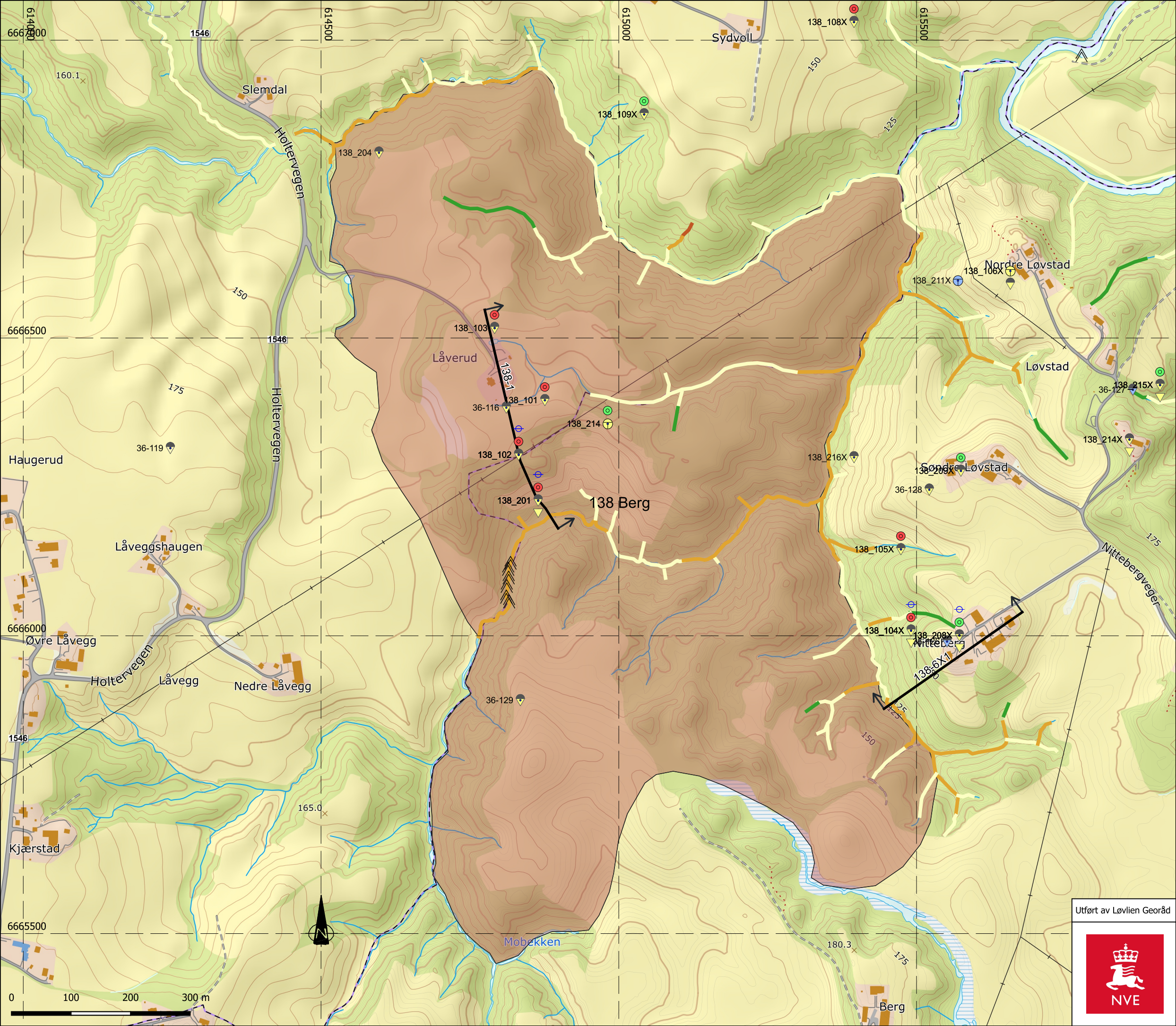
Høydesystem:

Hovedsakelig NN1954 for eldre boringer
NN2000 for nyere boringer

01	Tilbakemelding NVE og AFRY	09.10.24	KEM	TIG
00	Original	10.09.24	KEM	TIG
Rev	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegningsnummer: A-105	
Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjektnummer: 22311	
Prosjekt: Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk: A3 / 1:6000	
Tegningstittel: Situasjonsplan sone 105 Iverstun			Status: Delleveranse 3	



Utført av Løvlien Georåd



Nummerering av borpunkt:

Borpunktnummer for tidligere utførte grunnundersøkelser:
"henvisningsnummer"-"borpunktnummer"
Henvisningsnummeret viser til notat/rapport i referanselisten, se vedlegg 1.

Borpunktnummer for grunnundersøkelser utført i forbindelse med den forenklete soneutredningen:
"sonenummer"_"borpunktnummer"

Symboler

Dreietrykksondering

Trykksondering

Berg i dagen

Totalsondering

Prøveserie

Piezometer

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire

- Påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie
- Sonderingen indikerer sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Sonderingen indikerer ikke sprøbruddmateriale eller kvikkleire
- Ikke påvist sprøbruddmateriale eller kvikkleire i prøveserie

Tolkning av sprøbruddmateriale/kvikkleire er ikke utført dersom undersøkelsesmetoden er fargeløs.

Vurderte kritiske snitt

Snittnummerering: "sonenummer"-"snittnummer"

Løseområde:

Vist faregrad er dagens faregrad før FSU-prosjektet.
Faregraden skal gjennomgås på nytt ifm. sluttrapport del 2, som ikke er utarbeidet enda.

- Høy faregrad
- Middels faregrad
- Lav faregrad

Erosjonsforhold:

Erosjonsforholdene er beskrevet i NVEs befaringsrapport nr. 8/2022 og 22311 Befaringsrapport nr. 1 og 2.

- Kraftig
- Noe
- Litt
- Ingen
- Ikke vurdert

Merknader:

Koordinatsystem:

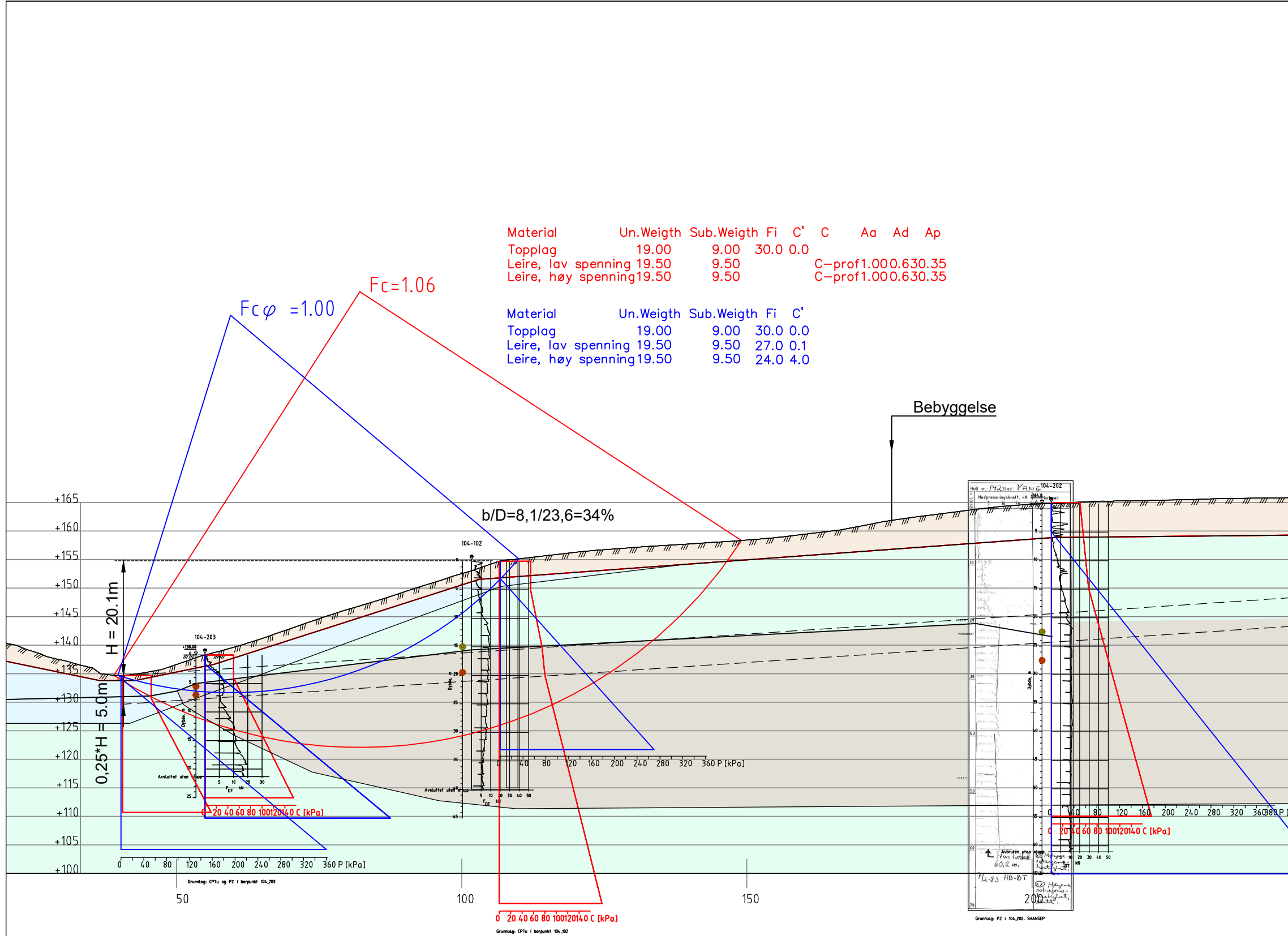
UTM32V

Høydesystem:

Hovedsakelig NN1954 for eldre borer
NN2000 for nyere borer

01	Tilbakemelding NVE og AFRY	09.10.24	KLJ	TIG
00	Original	10.09.24	KLJ	TIG
Rev	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegningsnummer: A-138	
Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjektnummer: 22311	
Prosjekt: Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk: A3 / 1:6000	
Tegningstittel: Situasjonsplan sone 138 Berg			Status: Delleveranse 3	





FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser

- Tørrskorpeleire
- Leire - lav spenning
- Leire - høy spenning
- Kvikkleire

00	Original	13.05.2024	KEM	SKa
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			E-104-3	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			22311	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Forenklet soneutredning Gjerdrum			A3 / 1:750	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsberegning snitt 104-3			Delleveranse 3	



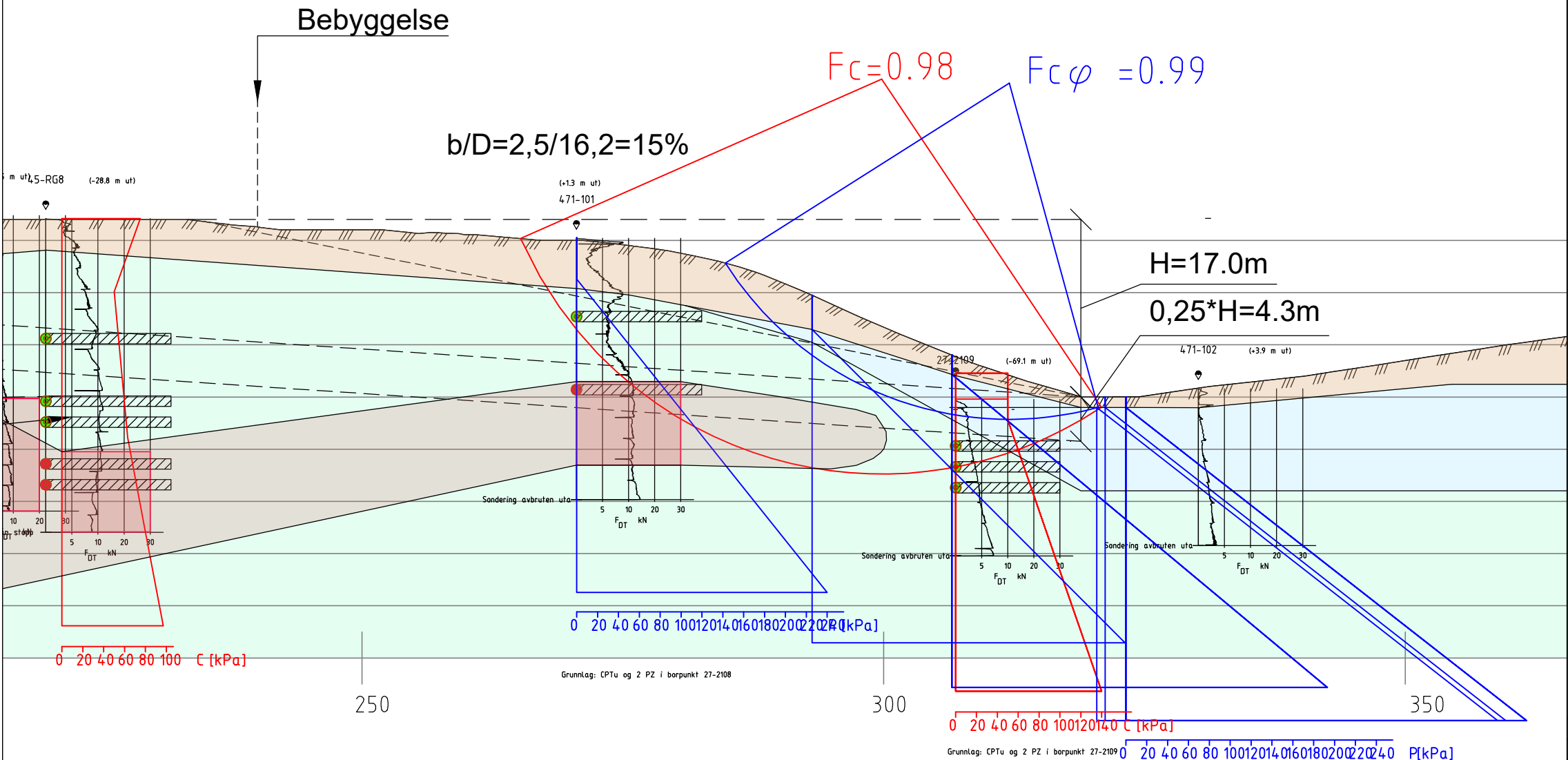
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire, lav spenning	19.50	9.50			C-prof1.00	0.63	0.35	
Leire, høy spenning	19.50	9.50			C-prof1.00	0.63	0.35	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'
Topplag	19.00	9.00	30.0	0.0
Leire, lav spenning	19.50	9.50	27.0	0.1
Leire, høy spenning	19.50	9.50	24.0	4.0

FORKLARINGER:

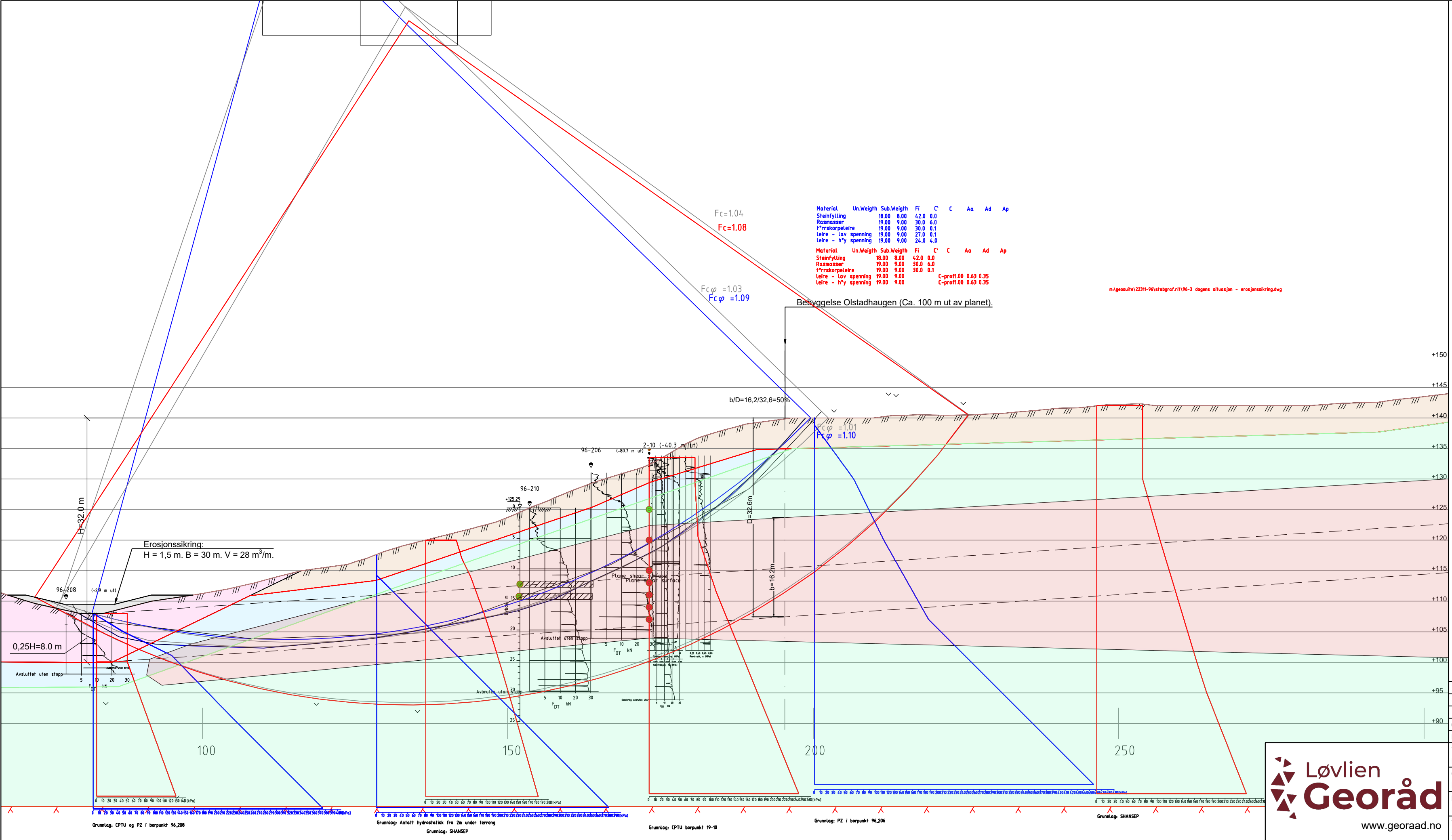
Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenererte analyser

- Tørsskorpeleire
- Leire - lav spenning
- Leire - høy spenning
- Kvikkleire



00	Original	13.05.2024	KEM	SKa
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			E-471-2	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			22311	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Forenklet soneutredning Gjerdrum			A3 / 1:500	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsberegning snitt 471-2			Delleveranse 3	





- FORKLARINGER:**
- Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser
Grå stiplet glideflate: Dagens situasjon, før tiltak (udrenert)
- Tørsskorpeleire
 - Antatte rasmasser
 - Leire - lav spenning
 - Leire - høy spenning
 - Kvikkleire
 - Steinfylling/erosjonssikring

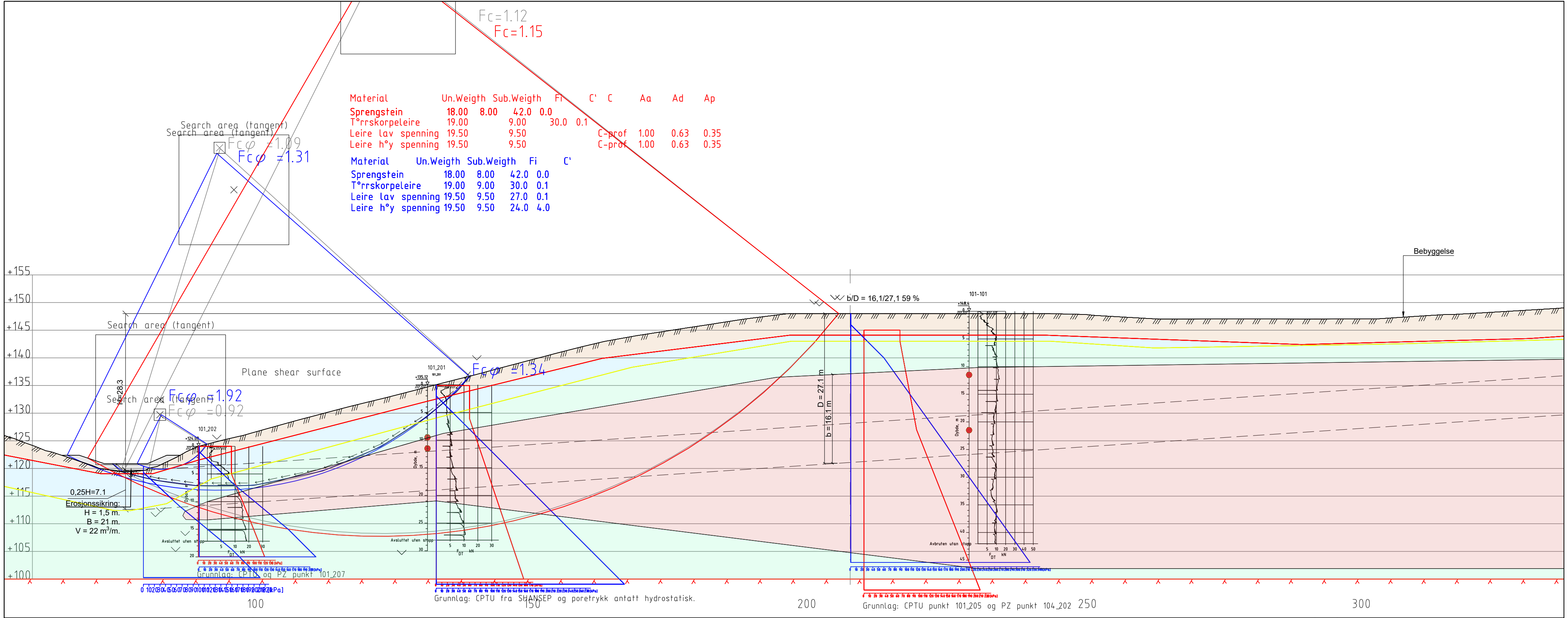
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.00	8.00	42.0	0.0				
Rasmasser	19.00	9.00	30.0	6.0				
*Tørsskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0.1				
leire - lav spenning	19.00	9.00	27.0	0.1				
leire - h'y spenning	19.00	9.00	24.0	4.0				

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.00	8.00	42.0	0.0				
Rasmasser	19.00	9.00	30.0	6.0				
*Tørsskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0.1				
leire - lav spenning	19.00	9.00			C-profil.00 0.63 0.35			
leire - h'y spenning	19.00	9.00			C-profil.00 0.63 0.35			

m:\geosuite\22311-96\stabgraf\rit\96-3 dagens situasjon - erosjonssikring.dwg

00	Original	09.10.24	TIG	KGE
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			E-96-3-1	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			22311	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Forenklet soneutredning Gjerdrum			A3-L / 1:500	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsberegning snitt 96-3 Erosjonssikring			Delleveranse 3	

Løvlien
Georåd
www.georaad.no



FORKLARINGER:

Røde glideflater: Udrenert analyser
Blå glideflater: Drenerte analyser
Grå stiplet glideflate: Dagens situasjon, før tiltak (udrenert)

■ Tørrskorpeleire
■ Leire - lave spenninger
■ Leire - høye spenninger
■ Kvikkleire
■ Steinfylling/erosjonssikring

Løvlien Georåd
www.georaad.no

00	Original	09.10.24	TIG	KGE
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Tegning nr. E-101-6-1	
Oppdragsgiver Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Prosjekt nr. 22311	
Prosjekt Forenklet soneutredning Gjerdrum			Format / Målestokk A3-L / 1:500	
Tegningstittel Stabilitetsberegning snitt 101-6 Erosjonssikring			Status Delleveranse 3	

1. Tilsendte rapporter fra NVE - 01.07.2022
2. Innhentede rapporter fra NADAG med lavest sonenummer først - 04.07.2022
3. Deretter løpende nummerering basert på dato av tilsendte rapporter med GU.

Rapportnavn	Firma	Adresse/sted	Referanse
20061727-1 revisjon 1 (boringer mangler koordinater, NGI har ikke disse)	NGI	42/99 / Kløftaveien (ras)	1
20130542-01-R Skredfarevurdering Svensrud m omland Gjerdrum kommune endelig	NGI	Øst for skredet ved Svensrud / Svensrud	2
21389 Geoteknisk undersøkelsesrapport Brådalsgutua12 MedVedlegg - VSO - 2021	VSO Consulting	Brådalsgutua 12 / Solheim	3
910025-01 Riksvei 120 Ask Gjerdrum - Grunnundersøkelser og vurdering av geotekniske hovedproblemer - NGI - 1991	NGI	Riksvei 120 Ask / Hellen næringsområde	4
Meldt inn etter skredhending 30.12.20 - Rapport Orvegen deponi - Geoteknisk datarapport - RIGeo - 2020	RIGeo	Orvegen / Ask	5
1448/50199 Grunnundersøkelser i faresoner i Gjerdrum - Geoteknisk datarapport - 2022	Romerike Geoteknikk	Gjedrum	6
20200909-01-R Akuttbistand skred Ask, Gjerdrum - Geoteknisk datarapport - NGI - 2021	NGI	Ask	7
20150756-01-R Skjønhaugtunget - Ask, Gjerdrum kommune - Geoteknisk datarapport - NGI - 2016	NGI	Skjønhaugtunet	8
20120520-01-R Skred ved Svensrud - Befaring, grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger - NGI - 2012	NGI	- / Svensrud	9
20190007-01-R Ask - Solheim, Kvikkleireutredning, spillvantrase - Datarapport - NGI - 2019	NGI	- / Svensrud	10
12308 Reinertsen AS, Ask Gjerdrum, rapport nr.1 - Datarapport - Løvlien Georåd - 2013	Løvlien Georåd	- / Ask	11
15444 Urbanium AS - Tomt 42-102 Ask sentrum - Datarapport - Løvlien Georåd - 2015	Løvlien Georåd	- / Ask	12
111695 - 1 - Askheim terrasse - Grunnundersøkelser og datarapport - Multiconsult - 2004	Multiconsult	Askheim 2 / Ask	13
5196854 Avløpsledning Solheim-Ask - Grunnundersøkelser, Datarapport - Norconsult - 2020	Norconsult	- / Solheim-Ask	14
1350013532 - Datarapport fra grunnundersøkelser - Detaljregulering fv. 120 Ask - Rambøll - 2016	Rambøll	Fylkesveg 120/Asktorvet 6 / Ask	15
2009012831-3 Fv. 428 Kløftaveien - Datarapport - Statens vegvesen - 2009	Statens Vegvesen	Kløftaveien/Gjervegen 18 / Ask-Kløfta	16
20071384-1 Ny ungdomsskole, Ask, Gjerdrum - Grunnundersøkelser - Datarapport og geotekniske vurderinger - NGI - 2007	NGI	- / Ask	17
1350022113 - Datarapport fra grunnundersøkelse - Detaljregulering oppvekstjordet - Rambøll - 2017	Rambøll	- / Ask - Oppvekstjordet	18
20120772-01-R Spillvannsledning Solheim - Ask og Hellen - Kjærstadsletta - Grunnundersøkelser, stabilitet og trasevalg - NGI - 201	NGI	Solheim, Ask, Hellen, Kjærstadsletta	19
09230 AS Reservekraft, Hellen industriområde, utvidelse av næringsbygg - Løvlien Georåd - 2009	Løvlien Georåd	- / Hellen industriområde	20
15222 Hellenvegen 11, Undersøkelsesrapport - VSO consulting - 2015	VSO Consulting	Hellenvegen 11 / Hellen næringsområde	21
15222 Hellenvegen 15, undersøkelsesrapport - VSO consulting - 2015	VSO Consulting	Hellenvegen 15 / Hellen industriområde	22
12029 Tryg Forsikring AS - Vestbyvegen 28 - Prosjekteringsrapport - Løvlien Georåd - 2012	Løvlien Georåd	Vestbyvegen 29 / Ask	23
10319 Skei Gård - Rapport nr. 1 - Løvlien Georåd - 2011	Løvlien Georåd	Skeismoen 16 / Skei gård	24
14030 Ny bolig Gjerdrum, Prosjekteringsrapport - Fv427 Skeismoen - Løvlien Georåd - 2014	Løvlien Georåd	Fv427 Skeismoen, Skeismoen 34 / Søndre	25
16319 Datarapport og stabilitetsvurdering - Holtervegen 8 - VSO Consulting - 2016	VSO Consulting	Holtervegen 8 / Nannestad	26
15460 Ask Boliger AS Rapport nr.2 - Brodalsjordet - Datarapport - Løvlien Georåd AS - 2022	Løvlien Georåd	Brådalsgutua (Ask	27
1350013126 G-RAP-001 Datarapport fra grunnundersøkelser - Rambøll - 2016	Rambøll	- / Ask	28
Geoteknisk rapport Ask 105 Sørli 45 3	Øvre Romerike Prosjektering	- / Ask	29
Geoteknisk rapport Rognvegen 42 68	Øvre Romerike Prosjektering	Rognevegen 42/68	30
Kjærstadsletta 68 4, geoteknisk rapport ØRP	Øvre Romerike Prosjektering	Kjærstadsletta	31
A117623 RAP-RIG-001 Skjønhaugtunet GU - datarapport - Cowi - 2018	Cowi	Vest for Kyken	32
63/63 Grunnundersøkelser for idrettsplass i Gjerdrum	NGI	Vest for Kyken	33
1160035 Fv 428 Bussholdeplasser ved Solheim	Statens Vegvesen	Solheim	34
Henivegen 23 - 2021	NGI	Heni	35
810071-2 Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred - NGI - 1994	NGI	Hele området	36
5168301 Datarapport J01 Hiltonstien - Norconsult - 2020	Norconsult	Hilton	37
Akuttbistand Ask Gjerdrum	Multiconsult	Ask	38
20001071 Hellen Næringsområde	NGI	Hellen industriområde	39
C-524A	Statens Vegvesen	Hellen bru	40
Cd 901	Statens Vegvesen	Kankedalen	41
201 04 72 Geoteknisk datarapport Gjerdrum kommune, Kjærstadsletta	Norconsult	Kjærstadsletta	42
12-224 Geoteknisk rådgivningsrapport Nedre Ljøreggen 1	Løvlien Georåd	Nedre Ljøreggen 1	43
Rapport om geotekniske forhold for parsellene pel 340 - 360 og 400 - 420, 1964	Statens Vegvesen	Fjellvegen	44
Kulsrudgutua, 46/8 Gjerdrum	Romerike Geoteknikk	Hellenvegen 25	45
10223695-11-RIG-RAP-001 Kvikkleiresone - Kyken	Multiconsult	Ravine sør for Kyken gård	46
Smedstadgrenda 6 Gnr./Bnr. 13/8 Gjerdrum kommune - Geoteknisk prosjekteringsrapport	Geoteknikk AS	Smedstadgrenda 6	47
2010569-01 MIRA IKS, Fase 1	Norconsult		48
23182 Rapport nr. 1 - Hellenvegen 25, Gjerdrum	Løvlien Georåd	Hellenvegen 25	49