

RAPPORT

# Nedstrand ferjekai detaljprosjektering

---

OPPDRAAGSGIVER

Rogaland fylkeskommune

EMNE

Vurdering av områdestabilitet iht. NVE  
Veileder 1/2019

DATO / REVISJON: 1. juli 2025 / 01

DOKUMENTKODE: 10254848-01-RIG-NOT-001

---



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.



RAPPORT

|                |                                                        |             |               |                 |                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------|-------------|---------------|-----------------|------------------------------------------------|
| OPPDRAAG       | Nedstrand ferjekai detaljprosjektering                 |             |               | DOKUMENTKODE    | 10254848-01-RIG-NOT-001                        |
| EMNE           | Vurdering av områdestabilitet iht. NVE Veileder 1/2019 |             |               | TILGJENGELIGHET | Åpen                                           |
| OPPDRAAGSGIVER | Rogaland fylkeskommune                                 |             |               | OPPDRAAGSLEDER  | Tom Ingebrigtsen                               |
| KONTAKTPERSON  | Håkon Odland                                           |             |               | UTARBEIDET AV   | Kasper Berg Skreien                            |
| KOORDINATER    | Sone: 32                                               | Øst: 321332 | Nord: 6582694 | ANSVARLIG ENHET | 10233016 Seksjon Geoteknikk Energi og Industri |
| GNR./BNR./SNR. | - / - / - / Tysvær                                     |             |               |                 |                                                |

SAMMENDRAG

I forbindelse med oppgradering av Nedstrand ferjekai i Tysvær kommune er Multiconsult Norge AS engasjert av Rogaland Fylkeskommune for å gjennomføre prosjektering og rådgivning innen blant annet fagområdene RIB, RIGm og RIG.

Foreliggende rapport presenterer vurdering av områdestabilitet etter NVE Veileder nr. 1/2019 pkt. 1-8 for Nedstrand ferjekai i Tysvær kommune.

Det ble utført grunnundersøkelser på land og sjø i forbindelse med planlagt tiltak av Multiconsult i mai og august 2023. Det ble i borpunkt 111 og 116 påvist sprøbruddmateriale i tynne sjikt i bunn av prøveseriene. Prøver av leire lengre opp i prøveseriene viser ikke sprøbruddsoppførsel. Totalsonderinger i området viser generelt bløte avsetninger, og det er trolig også forekomst av sprøbruddmateriale i punkt der det ikke tatt opp prøver. Vegvesenet har tidligere påvist kvikkleire rett øst for aktuelt område.

I sjø/strandsonen er det tegnet opp en ny faresone. Løsne- og utløpsområdet (tegnes ikke på sjø) som utgjør en faresone har bredde på ca. 40 meter og lengde på ca. 28 meter. Faresonen har faregrad = LAV, konsekvens = ALVORLIG og Risikoklasse = 3.

Krav til tiltak i tiltaksklasse K3 kombinert med faregrad LAV, gir sikkerhetskrav tilsvarende K1 tiltak. Det er utført en konservativ stabilitetsberegning for eksisterende situasjon som utgangspunkt for videre vurdering av tiltaket. Krav til sikkerhet oppfylles, da planlagt tiltak forventes ikke å forverre stabiliteten.

Sikkerheten med hensyn til lokal stabilitet må dokumenteres iht. kravene i kap. 3.3.4 (K3 med faregrad LAV).

Det stilles krav til at foreliggende rapport vedrørende områdestabilitet skal kvalitetssikres av et uavhengig foretak. Kompetansekrav for de som utfører kvalitetssikringen er gitt i NVE Veileder nr. 1/2019, kapittel 3.1.

Konklusjon i foreliggende rapport friskmelder ikke områdene utenfor tiltaksområdet.

|      |            |                     |                     |                |               |
|------|------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------|
|      |            |                     |                     |                |               |
|      |            |                     |                     |                |               |
|      |            |                     |                     |                |               |
| 01   | 01.07.2024 | Oppdatert etter UAK | Kasper Berg Skreien | Rolf Aasland   | Jesper Bjerre |
| 00   | 12.12.2024 | Klar til utsendelse | Kasper Berg Skreien | Rolf Aasland   | Jesper Bjerre |
| REV. | DATO       | BESKRIVELSE         | UTARBEIDET AV       | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV   |

## INNHOLDSFORTEGNELSE

|          |                                                                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning og oppsummering av områdestabilitetsvurdering .....</b>                                | <b>6</b>  |
| 1.1      | Generelt .....                                                                                       | 6         |
| 1.2      | Hovedresultater .....                                                                                | 6         |
| <b>2</b> | <b>Regelverk.....</b>                                                                                | <b>9</b>  |
| 2.1      | Kvalitetssikring og standardkrav .....                                                               | 9         |
| 2.2      | Innhold og bruk av rapporten .....                                                                   | 9         |
| 2.3      | Relevant regelverk .....                                                                             | 9         |
| <b>3</b> | <b>Grunnlag.....</b>                                                                                 | <b>10</b> |
| 3.1      | Befaring.....                                                                                        | 10        |
| 3.2      | Grunnundersøkelser .....                                                                             | 10        |
| 3.3      | Grunnlagsdokumenter .....                                                                            | 10        |
| 3.4      | Koordinat og høydesystem .....                                                                       | 11        |
| <b>4</b> | <b>Områdebeskrivelse .....</b>                                                                       | <b>12</b> |
| 4.1      | Topografi.....                                                                                       | 13        |
| 4.2      | Løsmasser .....                                                                                      | 14        |
| 4.3      | Berg.....                                                                                            | 15        |
| 4.4      | Grunnvannstand og poretrykk .....                                                                    | 17        |
| <b>5</b> | <b>Potensiell fare knyttet til vassdrag/sjø .....</b>                                                | <b>17</b> |
| 5.1      | Flom og erosjon .....                                                                                | 17        |
| 5.2      | Stormflo .....                                                                                       | 18        |
| <b>6</b> | <b>Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019 .....</b>                                                     | <b>19</b> |
| 6.1      | Steg 1: «Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området» .....             | 19        |
| 6.2      | Steg 2: «Avgrens områder med mulig marin leire» .....                                                | 19        |
| 6.3      | Steg 3: «Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred» .....                      | 21        |
| 6.4      | Steg 4: «Bestem tiltakskategori» .....                                                               | 24        |
| 6.5      | Steg 5: «Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde» ..... | 24        |
| 6.6      | Steg 6: «Befaring» .....                                                                             | 26        |
| 6.7      | Steg 7: «Gjennomfør grunnundersøkelser» .....                                                        | 28        |
| 6.8      | Steg 8: «Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder» .....                   | 29        |
| 6.8.1    | Aktuell skredmekanisme .....                                                                         | 30        |
| 6.8.2    | Avgrensning av mulig løsne- og utløpsområde .....                                                    | 30        |
| 6.9      | Steg 9: «Klassifiser faresoner» .....                                                                | 32        |
| 6.10     | Steg 10: Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet .....                                                | 32        |
| 6.10.1   | Sikkerhetskrav .....                                                                                 | 33        |
| 6.10.2   | Laster .....                                                                                         | 33        |
| 6.10.3   | Grunnvannsstand og poretrykksforhold .....                                                           | 33        |
| 6.10.4   | Jordparametere .....                                                                                 | 33        |
| 6.10.5   | Beregningsverktøy .....                                                                              | 35        |
| 6.10.6   | Beregningsresultater.....                                                                            | 35        |
| 6.10.7   | Erosjonssikring .....                                                                                | 35        |
| 6.11     | Steg 11: Meld inn faresoner og grunnundersøkelser .....                                              | 35        |
| <b>7</b> | <b>Uavhengig kvalitetssikring .....</b>                                                              | <b>36</b> |
| <b>8</b> | <b>Sluttkommentar .....</b>                                                                          | <b>37</b> |
| <b>9</b> | <b>Referanser .....</b>                                                                              | <b>38</b> |

**TEGNINGER**

|                     |        |                                                        |
|---------------------|--------|--------------------------------------------------------|
| 10254848-01-RIG-TEG | -000   | Oversiktskart                                          |
|                     | -001   | Situasjonsplan                                         |
|                     | -002   | Løsne- og utløpsområde                                 |
|                     | -400.1 | Tolkning av ødometerforsøk BP. 111                     |
|                     | -500.7 | CPTU-tolkning BP. 116                                  |
|                     | -600   | Stabilitetsberegning Profil A-A Eksisterende situasjon |

**VEDLEGG**

|           |                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------|
| Vedlegg A | Evaluering av faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse |
|-----------|----------------------------------------------------------|

## 1 Innledning og oppsummering av områdestabilitetsvurdering

### 1.1 Generelt

I forbindelse med oppgradering av Nedstrand ferjekai i Tysvær kommune er Multiconsult Norge AS engasjert av Rogaland Fylkeskommune for å gjennomføre prosjektering og rådgivning innen blant annet fagområdene RIB, RIGm og RIG.

Foreliggende rapport presenterer vurdering av områdestabilitet etter NVE Veileder nr. 1/2019 pkt. 1-11 for Nedstrand ferjekai i Tysvær kommune.

Bakgrunnen for områdestabilitetsvurderingen er at det er funnet tynne sjikt med sprøbruddmateriale over berg.

Formålet med områdestabilitetsvurderingen er å vurdere skredfare i forbindelse med planlagte tiltak. Planlagte tiltak inkluderer blant annet rivning og gjenoppbygging av eksisterende tilleggskai med tilhørende landkar og etablering/fjerning av midlertidig fending.

Konklusjon i foreliggende rapport friskmelder ikke områdene utenfor tiltaksområdet.

### 1.2 Hovedresultater

Tabell 1-1 viser en oppsummering av gjennomgang av prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner for områdeskred, definert i avsnitt 3.2 i NVE Veileder nr. 1/2019 [1]. Vurdering av punktene er videre gitt i avsnitt 6.1 tom. 6.8.

Tabell 1-1: Oppsummering av gjennomgang av prosedyren i NVE Veileder nr. 1/2019

| Pkt.              | Overskrift                                                                             | Kommentar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Kan fare for områdeskred utelukkes i dette trinnet? |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1                 | Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området               | Tiltaksområdet for Nedstrand ferjekai ligger ikke innenfor eller i nærheten av en kartlagt faresone.                                                                                                                                                                                                                          | Nei                                                 |
| 2                 | Avgrens områder med mulig marin leire                                                  | Forekomst av sensitiv leire kan ikke utelukkes og hele tiltaksområdet ligger under marin grense.                                                                                                                                                                                                                              | Nei                                                 |
| 3                 | Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred                        | Total skråningshøyde er over 5 m og terrenget er brattere enn 1:20.                                                                                                                                                                                                                                                           | Nei                                                 |
| 4                 | Bestem tiltakskategori                                                                 | For ferjekaier med $\dot{A}DT \leq 1500$ settes tiltakskategori til K3.                                                                                                                                                                                                                                                       | Nei                                                 |
| 5                 | Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skrån timer og mulig lø sneområde | Mulig lø sneområde vil avgrenses mot registreringer av berg i dagen/grunt til berg. Lø sneområdet er vurdert til å inneholde ett kritisk snitt, referert til som Profil A-A.                                                                                                                                                  | Nei                                                 |
| 6                 | Befaring                                                                               | Befaring er gjennomført på området. Lø smasser i øvre lag ble registrert under prøvegraving. Berg i dagen ble registrert i, og i nærheten av, tiltaksområdet.                                                                                                                                                                 | Nei                                                 |
| 7                 | Gjennomfør grunnundersøkelser                                                          | Det ble utført grunnundersøkelser på land og sjø i forbindelse med planlagt tiltak av Multiconsult i mai og august 2023. Det ble påvist et meget tynt sjikt med sprøbruddmateriale over berg. CPTu-sondering gav ingen indikasjon på sprøbruddmateriale. Forekomsten er antatt å være lokal, med begrenset utbredelse.        | Nei                                                 |
| 8                 | Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens lø sne- og utløpsområder                    | I sjø/strandsonen er det tegnet opp en ny faresone. Lø sne- og utløpsområdet (tegnes ikke på sjø) som utgjør en faresone har bredde på ca. 40 meter og lengde på ca. 28 meter.                                                                                                                                                | Nei                                                 |
| 9                 | Klassifiser faresoner                                                                  | Faregrad = LAV<br>Konsekvens = ALVORLIG<br>Risikoklasse = 3                                                                                                                                                                                                                                                                   | Nei                                                 |
| 10                | Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet                                                 | Krav til tiltak i tiltaksklasse K3 kombinert med faregrad LAV, gir sikkerhetskrav tilsvarende K1 tiltak.<br><br>Det er utført en konservativ stabilitetsberegning for eksisterende situasjon som utgangspunkt for videre vurdering av tiltaket. Krav til sikkerhet oppfylles, da planlagt tiltak ikke forverrer stabiliteten. | Ja                                                  |
| 11                | Meld inn faresoner og grunnundersøkelser                                               | Faresone meldes inn til NVE, og grunnundersøkelser er lastet opp til NADAG.                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                     |
| <b>Konklusjon</b> |                                                                                        | Med bakgrunn i topografi, terrenganalyser, stabilitetsberegninger og utførte grunnundersøkelser som har påvist sprøbruddmateriale, er det kartlagt en ny faresone ved Nedstrand ferjekai.<br><br>Sikkerheten med hensyn til lokal stabilitet må likevel dokumenteres iht. kravene i kap. 3.3.4 (K3 med faregrad LAV).         |                                                     |



## 2 Regelverk

### 2.1 Kvalitetssikring og standardkrav

NVE Veileder nr. 1/2019 stiller krav til bemanning og kompetanse for utredning av steg 4-11. Multiconsults bemanning oppfyller disse kravene for dette prosjektet.

### 2.2 Innhold og bruk av rapporten

Foreliggende rapport inneholder ikke geoteknisk prosjektering av planlagt tiltak eller eventuelle stabiliserende tiltak.

### 2.3 Relevant regelverk

- Plan- og bygningsloven, § 28-1 [2]
- Sikkerhet mot naturpåkjenninger, Byggteknisk forskrift, TEK 17 §7-3 med tilhørende veiledning [3]
- Konstruksjonssikkerhet, Byggteknisk forskrift, TEK 17 §10-2 med tilhørende veiledning [3]
- Byggesaksforskriften, SAK 10 [4]
- NVE veileder nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [1]
- NVE Ekstern rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» [5]
- Statens vegvesen Håndbok N-V220 «Geoteknikk i vegbygging» [6]

### 3 Grunnlag

#### 3.1 Befaring

Befaring med prøvegraving er utført 04.08.2023 og beskrevet videre i avsnitt 6.6.

Dykkerinspeksjon av Nedstrand ferjekai er utført i mai 2022 og er presentert i rapport «Multiconsult – Dykkerinspeksjon Nedstrand fergekai» [7].

Tilstandsvurdering av Nedstrand ferjekai er utført august-september 2023 og er presentert i rapport S&I 0234-01-RIB-001 [8].

#### 3.2 Grunnundersøkelser

Multiconsult har utført grunnundersøkelser i det aktuelle området i to omganger. Først med borebåt Frøy i mai 2023, og supplerende med borerigg på land august 2023.

I 2018 utførte Statens vegvesen grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger og vurderinger i forbindelse med prosjektet Fv. 515 Nedstrand Miljøgate.

I 1978 og 1980 utførte Statens vegvesen også to grunnundersøkelser på tomten i forbindelse med bygging av den eksisterende ferjekai og plassering av en dykdalb ved kaien.

Tabell 3-1 viser grunnundersøkelser som er benyttet som grunnlag ved geoteknisk vurdering. Plassering av borpunkt og type undersøkelser, kommer frem av situasjonsplan på tegning RIG-TEG-001.

Tabell 3-1 Grunnundersøkelser benyttet som grunnlag ved geoteknisk vurdering.

| Rapport nr.                   | Tittel/kommentarer                                                        | Utarbeidet av    | Datert     | Ref. |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|------|
| 10251438-01-RIG-RAP-001_rev01 | Nedstrand ferjekai.<br>Geotekniske<br>grunnundersøkelser -<br>datarapport | Multiconsult     | 15.09.2023 | [9]  |
| 30600-GEOT-1                  | Fv. 515 Nedstrand Miljøgate<br>Geoteknisk rapport for<br>reguleringsplan  | Statens vegvesen | 19.12.2018 | [10] |
| Ld181a                        | Dykdalbe Nedstrand ferjekai,<br>ikke vist på situasjonsplan               | Statens vegvesen | 22.09.1978 | [11] |
| Ld293a                        | Utfylling ved Nedstrand<br>ferjekai, ikke vist på<br>situasjonsplan       | Statens vegvesen | 10.1980    | [12] |

#### 3.3 Grunnlagsdokumenter

Utover de utførte grunnundersøkelsene, er tegninger/dokumenter benyttet som grunnlag ved geoteknisk vurdering presentert i Tabell 3-2.



Tabell 3-2 Grunnlagsdokumenter benyttet som grunnlag ved geoteknisk vurdering.

| Tegning/dokument       | Tittel/kommentar                                         | Utarbeidet av                               | Datert     |
|------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|
| Basiskart, SOSI format | SOSI-fil for å etablere terrengmodell                    | Hentet fra Felles Kartdatabase (FKB)        | 13.06.2023 |
| Tilstandsvurdering     | NEDSTRAND TILLEGGSKAI:<br>EKSISTERENDE KAI - TILSTAND    | Multiconsult                                | 27.09.2023 |
| Hovedinspeksjon        | Hovedinspeksjon 2022/ 11-0862<br>NEDSTRAND FK - HI2022   | Multiconsult                                | 31.03.2023 |
| Dykkerinspeksjon       | Multiconsult –<br>Dykkerinspeksjon Nedstrand<br>fergekai | Skarholm Dykking og<br>Ingeniørtjenester As | 31.05.2023 |

### 3.4 Koordinat og høydesystem

I foreliggende rapport er geografisk sone UTM 32 og høydesystem NN2000 benyttet.

Til opplysning er laveste astronomiske tidevann (LAT) 0,52 m lavere ift. NN2000 for Nedstrand i Tysvær kommune [13].

## 4 Områdebeskrivelse

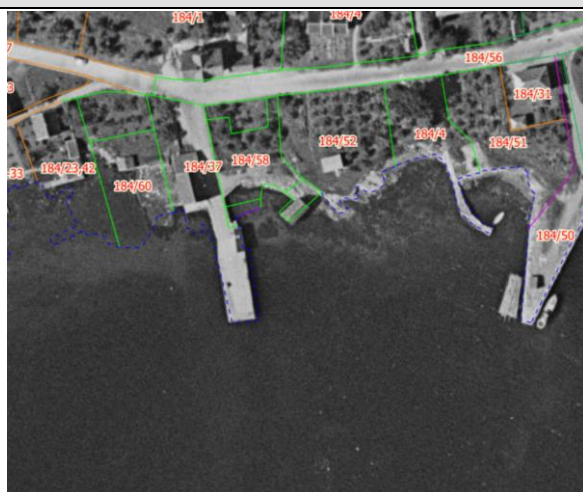
Tiltaksområdet inkluderer eksisterende Nedstrand ferjekai med tilhørende landkar og erosjonssikringstiltak. Omliggende område på land består primært av både bolig- og næringsbygg. Figur 4-1 viser et oversiktskart over tiltaksområdet.



Figur 4-1: Oversiktskart med undersøkt område vist i rødt [14].

Nedstrand ferjekai ble bygget en gang før 1960, og er utvidet i perioden mellom 1960 og 1967. Figur 4-2 til Figur 4-5 viser flyfoto for tiltaksområdet mellom 1960 og 2021. Merk at eiendomsmarkeringene kan benyttes som referansepunkter. Det observeres en større utfylling i sjø vest for nåværende tilleggskai utført rundt 1996.

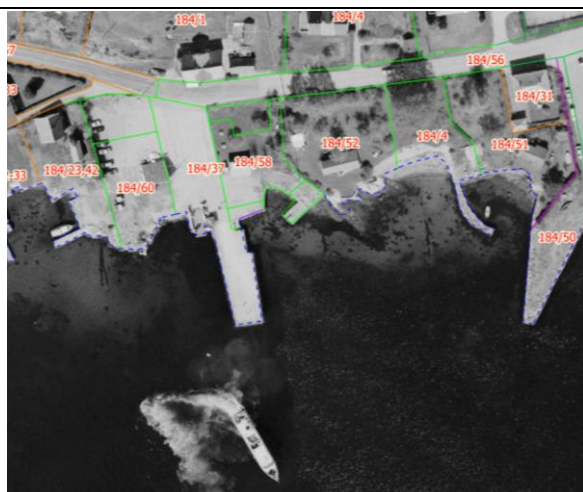
Nedstrand ferjekai historiske bilder [15].



Figur 4-2: Nedstrand ferjekai 1960.



Figur 4-3: Nedstrand ferjekai 1974.



Figur 4-4: Nedstrand ferjekai 1996.



Figur 4-5: Nedstrand ferjekai 2021.

#### 4.1 Topografi

Eksisterende kai og tilhørende kaiområde ligger på ca. kote +1,4, med svakt stigende helning mot fylkesveg 4790/515 som ligger på ca. kote +2,6. Nord for vegen stiger terrenget med en gjennomsnittlig helning på ca. 1:5 til ca. kote +14,3 (se Figur 6-4). Sjøbunnen rundt eksisterende ferjekai er relativt langgrunn og ligger på ca. kote minus 5,0 og blir dypere mot sør. Sjøbunnen er generelt dypest (ca. 20 m dybde) i midten av bukten omkranset av Nedstrand (se Figur 4-6). Lokalt under tilleggskaien har sjøbunnen stigende helning fra vest til øst.

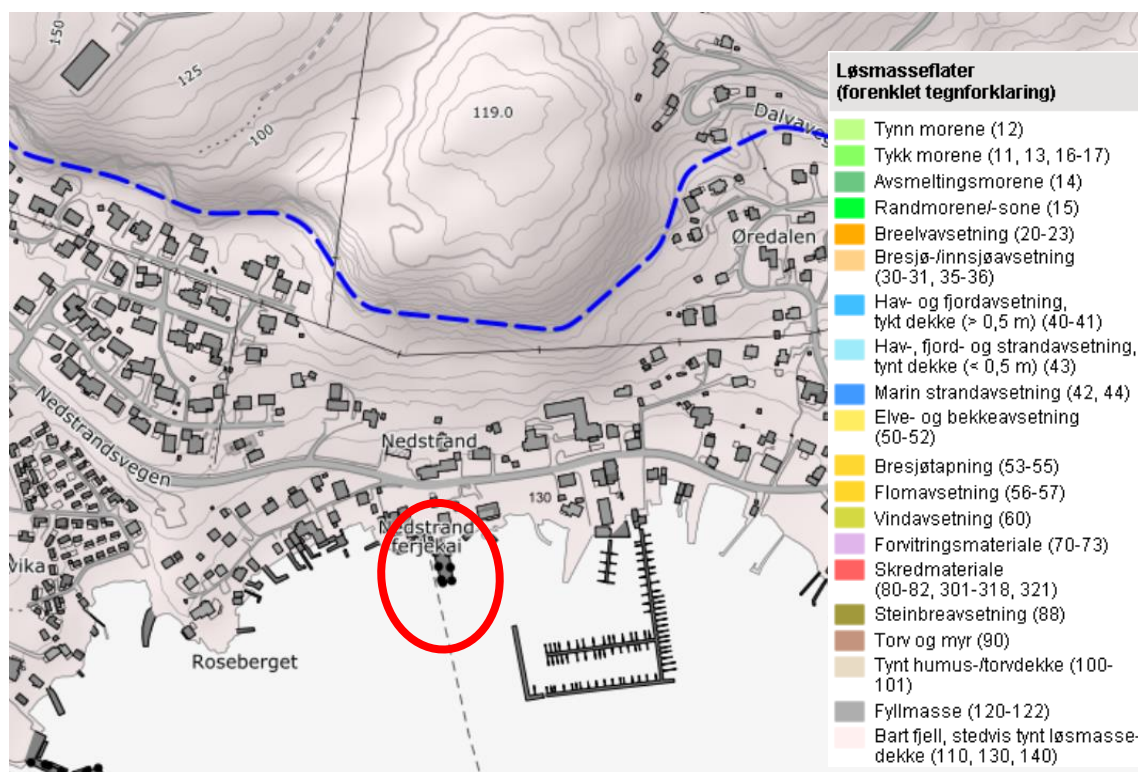


Figur 4-6: Dybdekart fra NVE Atlas [16]. Tiltaksområde er vist med rødt.

## 4.2 Løsmasser

Kvartærgeologisk kart fra NGU (Figur 4-7) viser at grunnforholdene i omliggende området på land kategoriseres som bart fjell (rosa farge). Bart fjell brukes om områder der mer enn 50% av arealet er berg i dagen. Utførte grunnundersøkelser viser imidlertid relativt løsmassemekthet  $>2$  m i flere borpunkt.





Figur 4-7: Kvartærgeologisk kart over området 1:250 000 [17]. Marin grense i området er vist med blåstiplet linje.

Geotekniske grunnundersøkelser er utført av Multiconsult i forbindelse med tiltaket. Resultater fra grunnundersøkelsene på sjø og på land er presentert i samlet rapport 10251438-01-RIG-RAP-001\_rev01 [9].

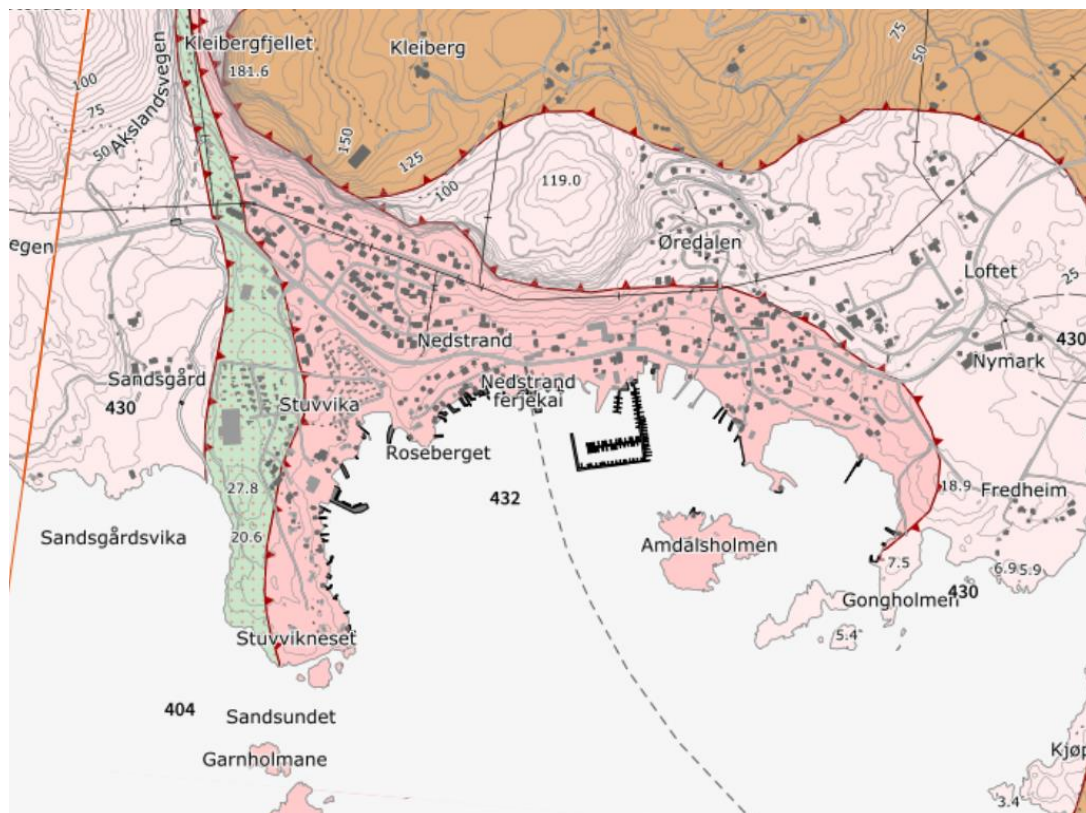
I grunnundersøkelsene gjort i forbindelse med tiltaket fremgår det at løsmassene i sjøen generelt består av et topplag av antatt stein, grusig, sandig og siltig materiale med mektighet på mellom 0,5 til 1,0 m over antatt leire. Mektigheten på leirlaget varierer mellom ca. 1,8 til 6,4 m. Det er stedvis registrert tynnere sjikt/lag av sand/silt i leirlaget.

Løsmassene på land antas å bestå av et topplag av fyllmasser (stein, grus og sand) med mektighet mellom 1,8 til 2,8 m over et lag av sand med mektighet mellom 0,9 til 1,8 m. Under sandlaget er det et leir/siltlag med mektighet mellom 1,4 til 3,7 m. Det er registrert antatt morene over berg med mektighet mellom 0,3 til 1,5 m i de fleste borpunktene både på land og i sjøen.

Det er påtruffet et tynt sjikt med sprøbruddmateriale i nederste prøve like over berg i utførte prøveserier på land og sjø. Prøvene som er tatt lengre opp i prøveseriene viser ikke sprøbruddmateriale basert på omrørt konustest. Det fremheves også at det er registrert meget sensitiv kvikkleire med stor mektighet i viken øst for tiltaksområdet (ca. 50 m avstand). Denne grunnundersøkelsen ble utført i forbindelse med reguleringsplan for Fv. 515 [10].

### 4.3 Berg

Figur 4-8 viser utsnitt av berggrunnskart for Nedstrand fra Nasjonal berggrunnsdatabase [18]. I henhold til Figur 4-8 består berggrunnen i kaiområdet hovedsakelig av tonalittisk til kvartsdiorittisk gneis.

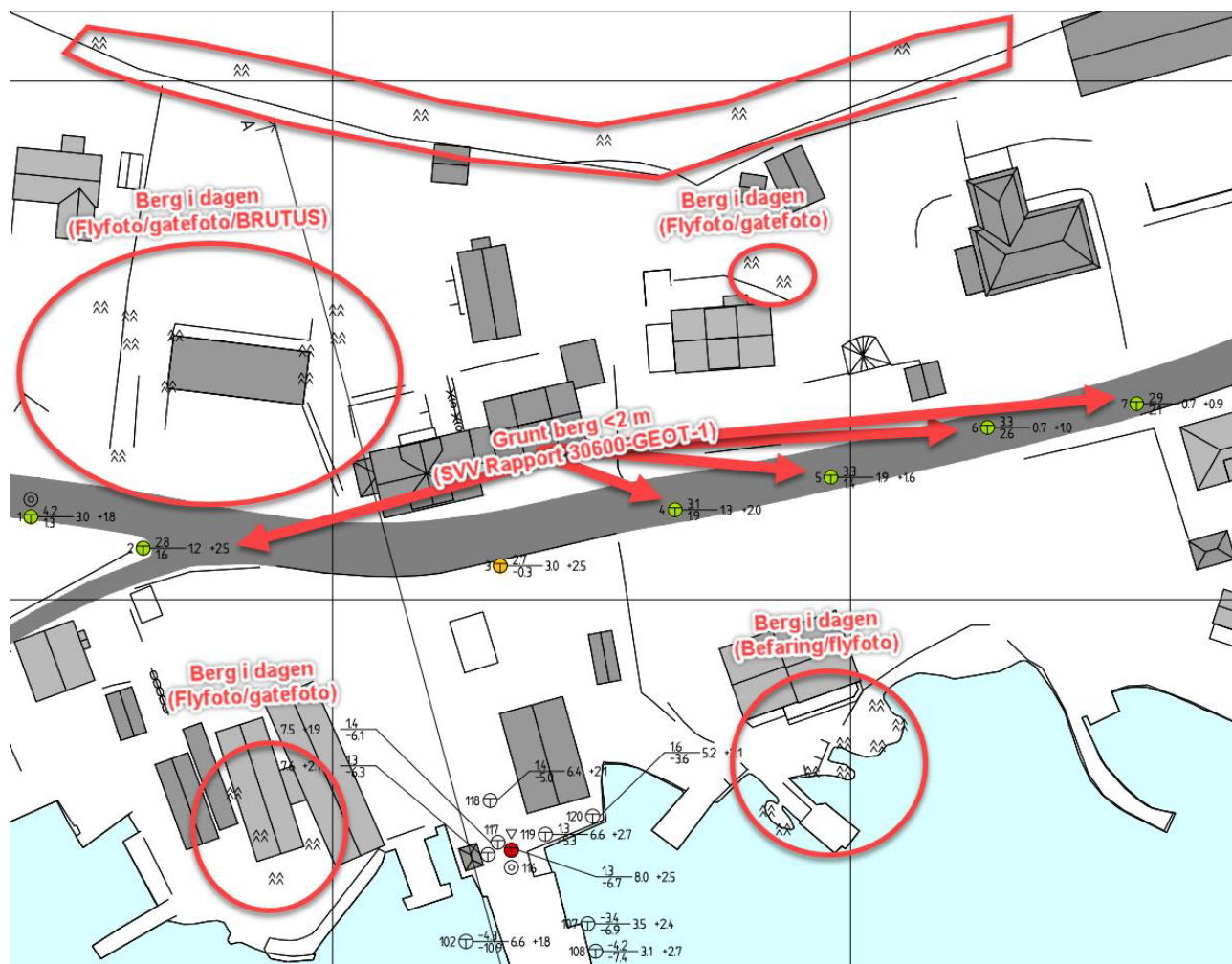


Figur 4-8: Utsnitt av berggrunnskart fra Nasjonal berggrunnsdatabase 1:50 000 [18].

I grunnundersøkelsene gjort i forbindelse med tiltaket fremgår det at bergdybden varierer mellom ca. 3,1 til 7,7 meter i borpunktene på sjø, og mellom 5,2 til 8,0 meter på land. Løsmassemektheten er minst ved østlig side av kaien. Antatt bergnivå varierer mellom kote minus 6,9 til minus 13,7 på sjøen og minus 3,6 og minus 6,7 på land.

I forbindelse med befaring utført 04.08.2023 (se avsnitt 6.6) er det registrert berg i dagen øst for tilleggskaien. Flere punkter med berg i dagen/grunt berg er registrert med grunnlag i gatebilder, flyfoto og grunnundersøkelsene i SVV rapport 30600-GEOT-1 [10]. Grunt berg defineres som løsmassemekthet <2 m i NVE veileder 1/2019 [1]. I slike områder er det ikke fare for at det vil utløses områdeskred iht. steg 2 i veilederen.

En sammenstilling av registrerte punkter med berg i dagen/grunt berg er vist på Figur 4-9.



Figur 4-9: Oversikt over registreringer av berg i dagen/grunt berg (utklipp fra situasjonsplan på tegning -001).

#### 4.4 Grunnvannstand og poretrykk

Grunnvannstand eller poreovertrykk er ikke registrert i forbindelse med utførte grunnundersøkelser. På land i kaiområdet ligger grunnvannstanden trolig under topplaget av fyllmasser i nivå med tidevannet.

## 5 Potensiell fare knyttet til vassdrag/sjø

I henhold til TEK 17 §7-1(1) skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

### 5.1 Flom og erosjon

Figur 5-1 viser aktsomhetsområde for flom og er hentet fra kartverket til NVE atlas. Som vist i figuren, ligger prosjektområdet ved Nedstrand utenfor aktsomhetsområdet for flom.





Figur 5-1: Aktsomhetsområde for flom fra atlas.nve.no [16]. Tiltaksområdet er markert med rødt. Bølgeerosjon er mest aktuelt for tiltaket. Erosjonssikring er omtalt i notat 10254848-01-RIG-NOT-002 rev00 [19].

## 5.2 Stormflo

Ved vurdering av stormflo skal vannstands nivåer vist i Tabell 5-1 brukes under detaljprosjektering av erosjonstiltak.

Tabell 5-1: Vannstandsnivå (NN2000) for Nedstrand [13].

| Situasjon                                  | Vannivå (NN2000) |
|--------------------------------------------|------------------|
| Sjøkartnull                                | -0,72 m          |
| Laveste astronomiske tidevann (LAT)        | -0,52 m          |
| Høyeste astronomiske tidevann (HAT)        | +0,37 m          |
| Høyvann med 200 års gjentaksintervall      | +1,09 m          |
| Sikkerhetsklasse 1 (TEK17) med klimapåslag | +1,73 m          |
| Sikkerhetsklasse 2 (TEK17) med klimapåslag | +1,87 m          |
| Sikkerhetsklasse 3 (TEK17) med klimapåslag | +1,95 m          |

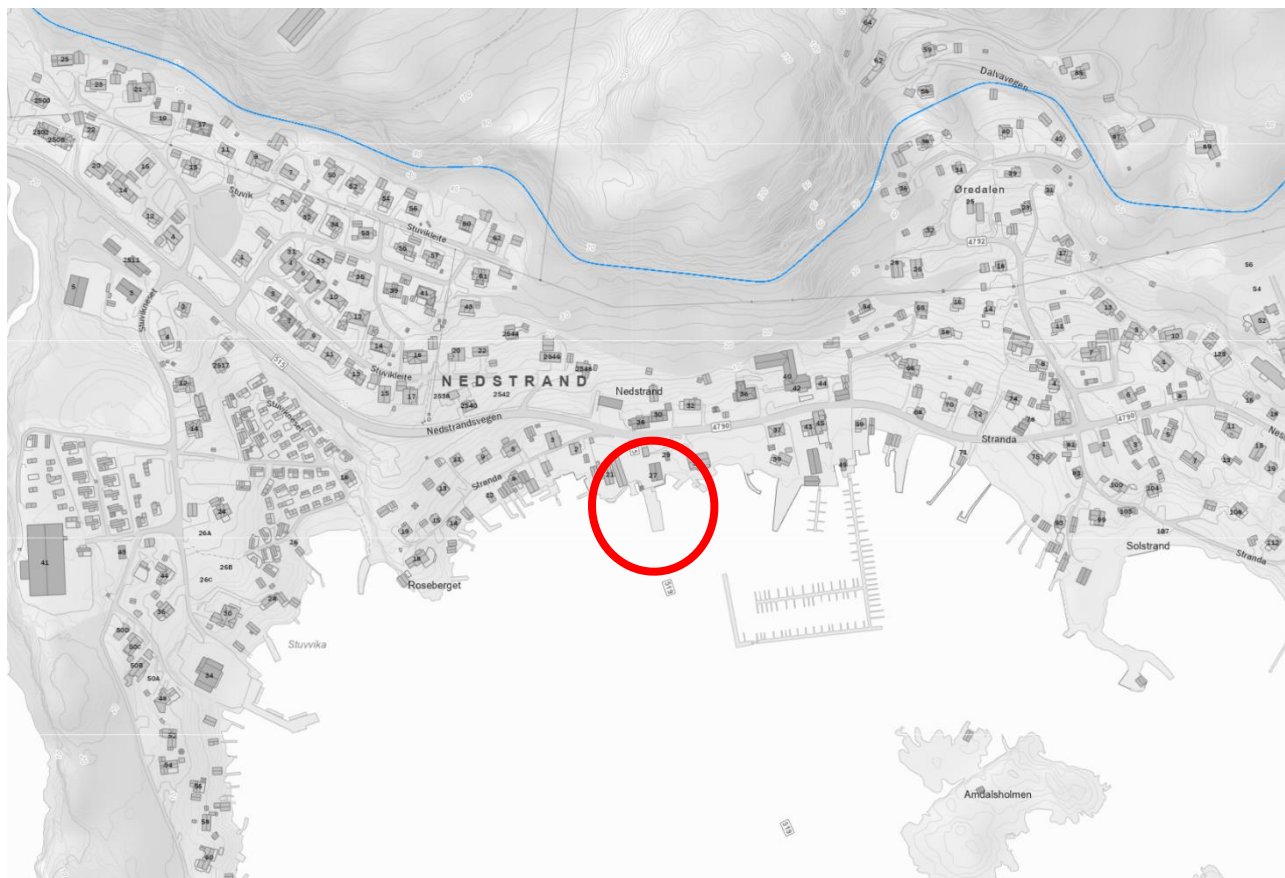


## 6 Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019

Tabell 1-1 i avsnitt 1.2 viser en oppsummering av gjennomgang av prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner. Punktene som definert i avsnitt 3.2 i NVE veileder 1/2019 [1] gjennomgås i detalj i følgende avsnitt.

### 6.1 Steg 1: «Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området»

Ifølge kart med registrerte faresoner for kvikkleire, vist i Figur 6-1, ligger ikke tiltaksområdet for Nedstrand ferjekai innenfor eller i nærheten av en kartlagt faresone.

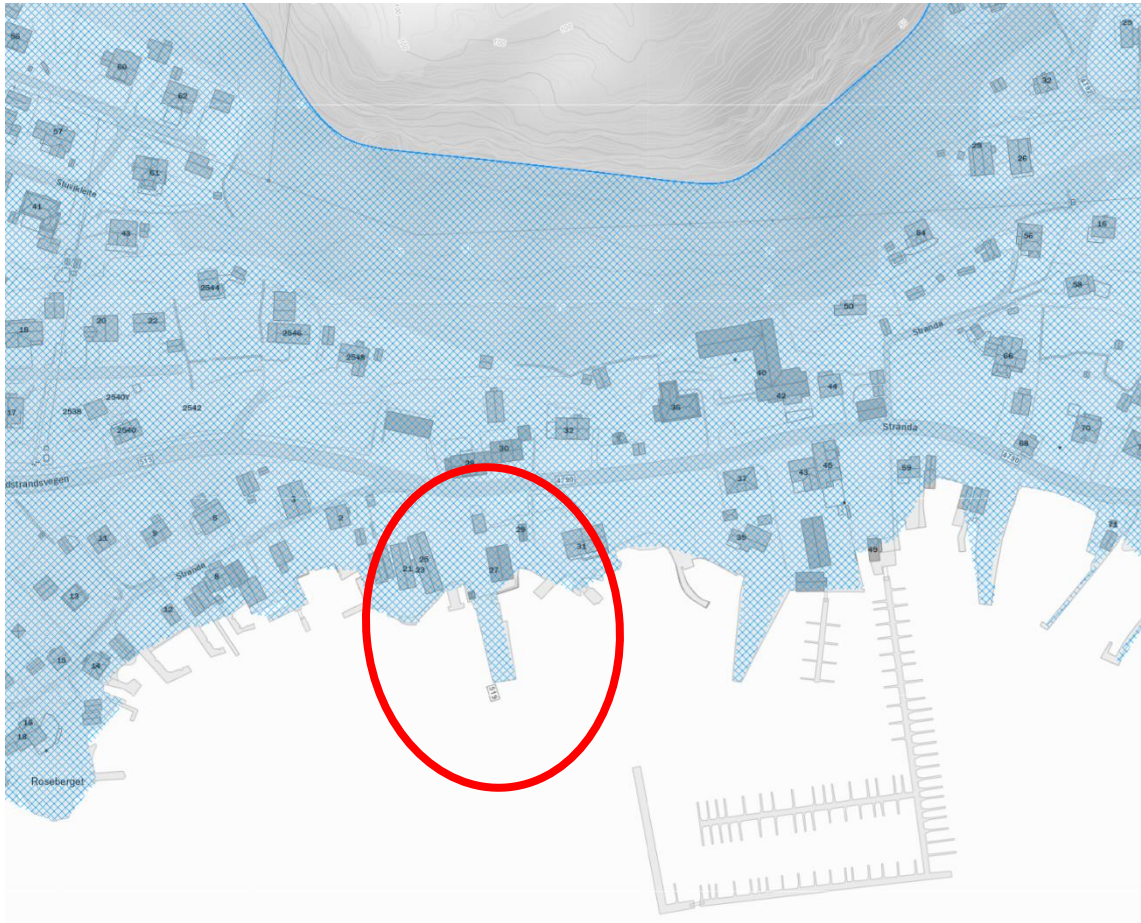


Figur 6-1: Aktsomhetskart for kvikkleire [16]. Tiltaksområdet markert med rød sirkel. Marin grense er vist med blå linje.

Forekomst av sensitiv leire kan ikke utelukkes da hele tiltaksområdet ligger under marin grense vist i Figur 6-1.

### 6.2 Steg 2: «Avgrens områder med mulig marin leire»

Figur 6-2 viser aktsomhetskart for marin leire hentet fra NVE atlas, og indikerer at Nedstrand ferjekai ligger innenfor aktsomhetssone for marin leire.



Figur 6-2: Aktsomhetskart for marin leire [16]. Tiltaksområdet markert med rød sirkel. Areal under marin grense er vist med blå skravur.

Iht. veilederen er det ikke fare for områdeskred hvor det er påvist berg i dagen eller grunt berg (<2 m løsmassemektinghet) [1]. Figur 6-3 viser avgrensning av området som kan være utsatt for områdeskred ved tiltaksområdet med grunnlag i registrering av berg i dagen/grunt berg. På sjø er det ikke registrert berg som gir mulig avgrensning nært tiltaksområdet.



Figur 6-3: Avgrensning av mulig marin leire ved tiltaksområdet (utklipp fra situasjonsplan på RIG-TEG-001). På sjø er det ikke registrert berg som gir mulig avgrensning nært tiltaksområdet.

Området ligger innenfor områder med mulig marin leire og det gjennomføres videre utredning iht. prosedyren.

### 6.3 Steg 3: «Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred»

I henhold til NVE Veileder nr. 1/2019 [1] kan det utføres terrengeanalyser for å begrense aktsomhetsområdene til områder der terrenghelning gir mulighet for områdeskred. Kriteriene som benyttes for å tegne opp aktsomhetsområder for områdeskred kan deles inn i terreng som kan inngå i løsneområdet for et skred og terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred:

Terreng som kan inngå i løsneområdet (aktsomhetsområde) for et skred:

- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter
- Aktsomhetsområder som ligger innenfor 20 x skråningshøyden, H, målt fra bunn av skråning (ravinebunn, bunn av elv eller marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.))

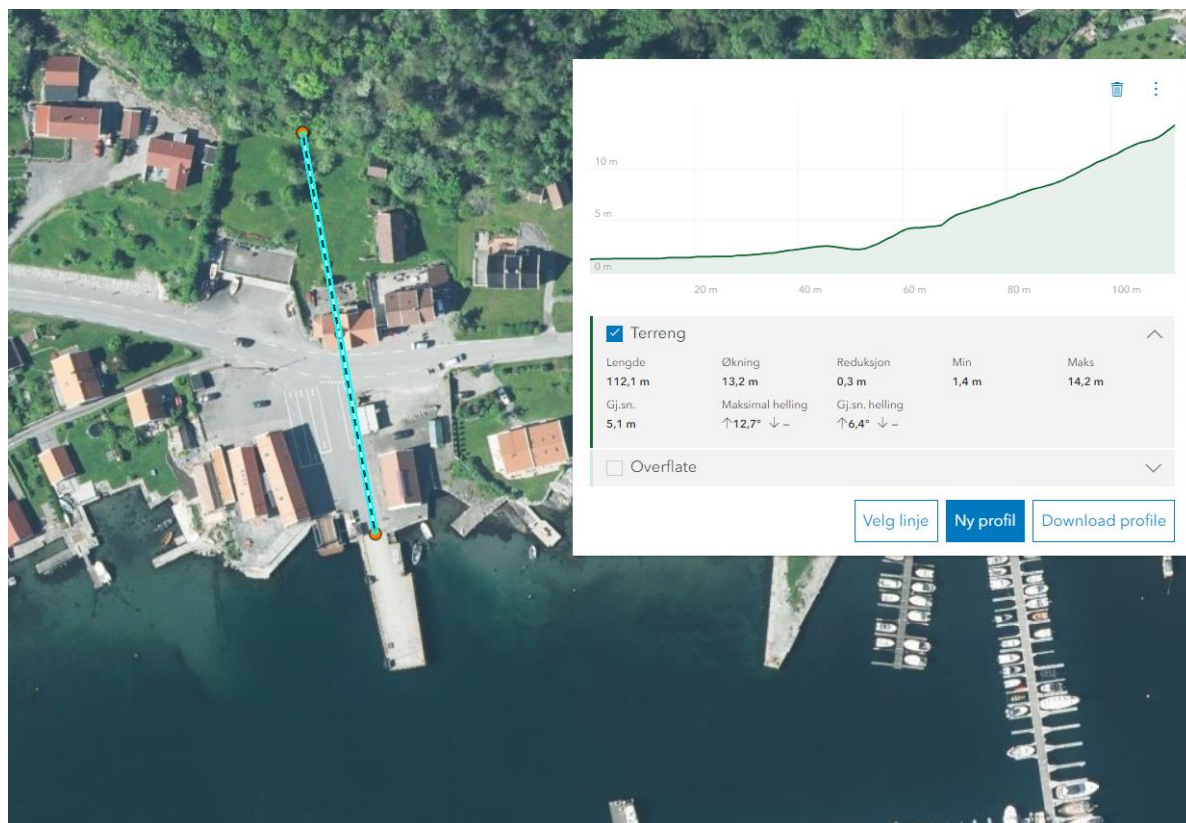
Terreng som kan inngå i utløpsområdet (aktsomhetsområde) for et skred:

- 3 x lengden til løsneområdets lengde. Løsneområdet er enten en eksisterende faresone eller et aktsomhetsområde
- Utløpssone som allerede er kartlagt



Profilen vist i Figur 6-4 indikerer at terrenget på land har en generell terrenghelling brattere enn 1:20 (ca. 3 grader). Profilet viser at skråningshøyden på land er >5 m.

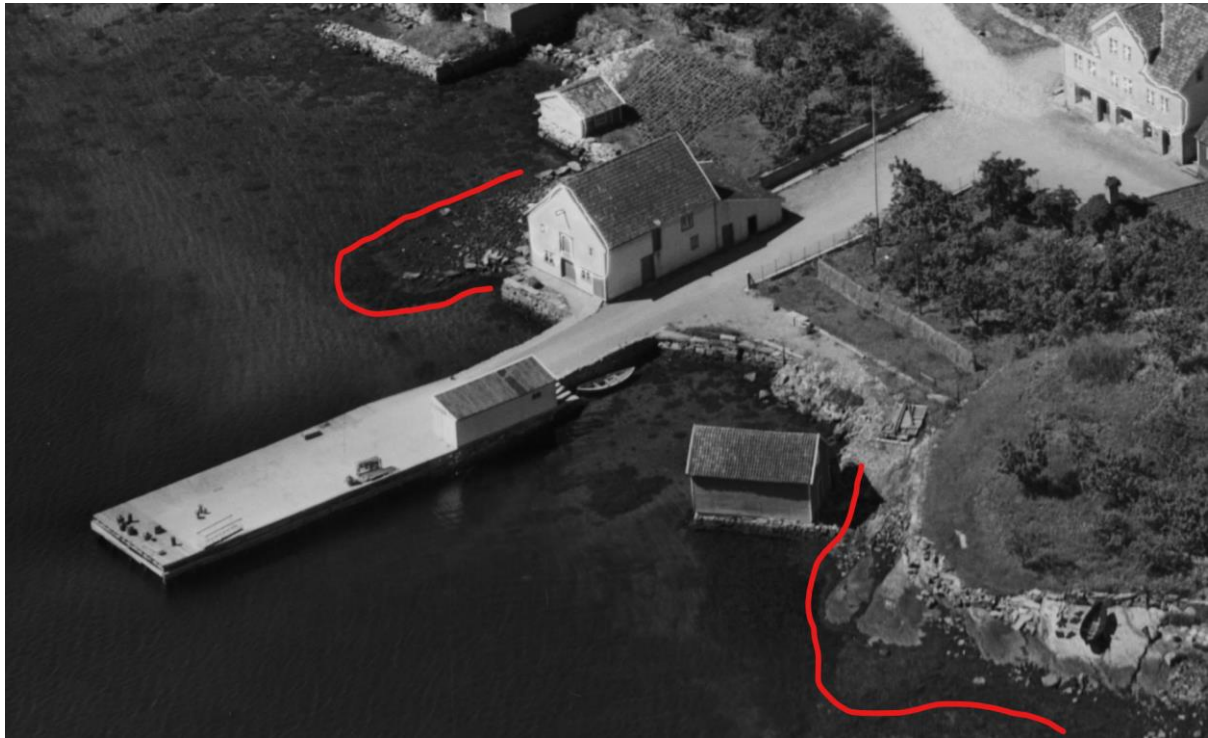
Dybdeforskjellen i sonderingene i rapport 10251438-01-RIG-RAP-001 viser at skråningshøyden på sjø også er større enn 5 meter med skråningshelling >1:20 [9]. Dybdekart vist i Figur 4-6 tilsier en skråningshøyde på sjø på ca. 10 m.



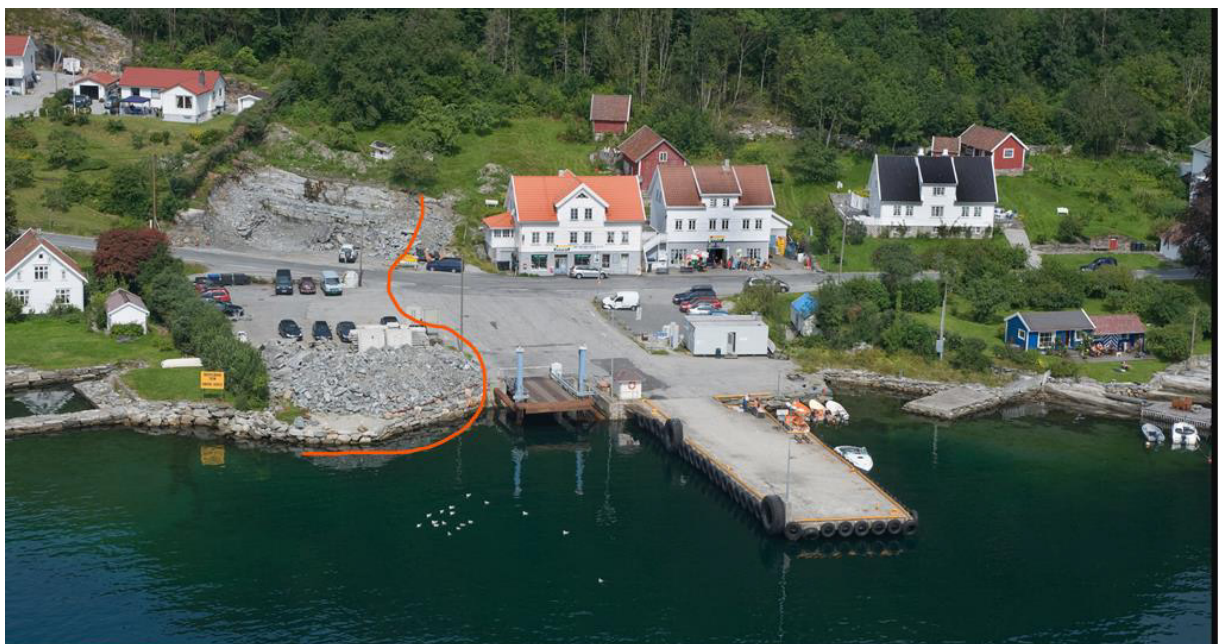
Figur 6-4: Terrenghøydeprofil for overliggende skråning [20].

Basert på skråningshøydene i høydeprofilene og kriteriene nevnt over, er det tegnet opp omtrentlige aktsomhetsområder for områdeskred vist på Figur 6-7. Observasjon/registrering av berg i dagen/grunt berg er brukt for å avgrense aktsomhetsområdene på dette nivået.

Bildene på Figur 6-5 og Figur 6-6 er også benyttet i vurdering av berg i dagen ved planlagt tiltak.



Figur 6-5: Flyfoto Nedstrand kai [21].



Figur 6-6: Foto Nedstrand Kai [22].



Figur 6-7: : Mulig aktsomhetsområde basert på observasjon/registrering av berg i dagen/grunt berg (utklipp fra situasjonsplan på RIG-TEG-001).

Planlagt tiltak ligger i terreng som er innenfor aktsomhetsområde, og det må gjennomføres videre utredning iht. prosedyren.

#### 6.4 Steg 4: «Bestem tiltakskategori»

Tiltakskategori for planlagt tiltak bestemmes iht. regelverk/veiledere fra SVV.

ÅDT for Nedstrand ferjekai er satt til 200 som beskrevet i de geotekniske prosjekteringsforutsetningene (se 10254848-01-RIG-RAP-001) [23].

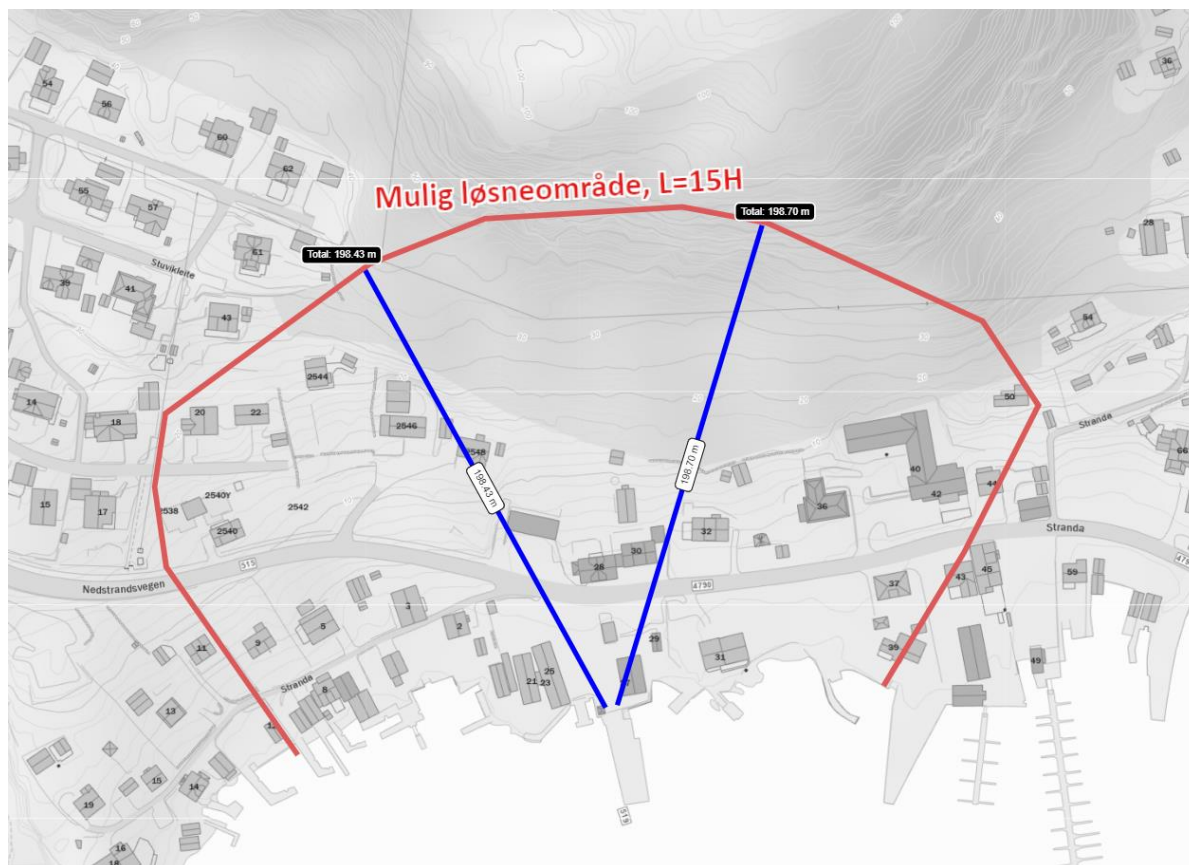
Tabell 1.5-1 i SVV Håndbok N-V220 [6] gir veiledende tiltakskategorier for vurdering av områdestabilitet i vegprosjekter iht. NVE Veileder 1/2019. For ferjekaier med  $\text{ÅDT} \leq 1500$  settes **tiltakskategori til K3**.

For tiltakskategori K3-K4 må det utredes videre iht. prosedyren.

#### 6.5 Steg 5: «Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde»

I henhold til NVEs veileder nr. 1/2019 må det i utgangspunktet forutsettes at det vil kunne gå et stort retrogressivt skred hvor avgrensning av maksimalt løснеområde for et retrogressivt skred er  $15 \times$  skråningshøyden H, se Figur 6-8.



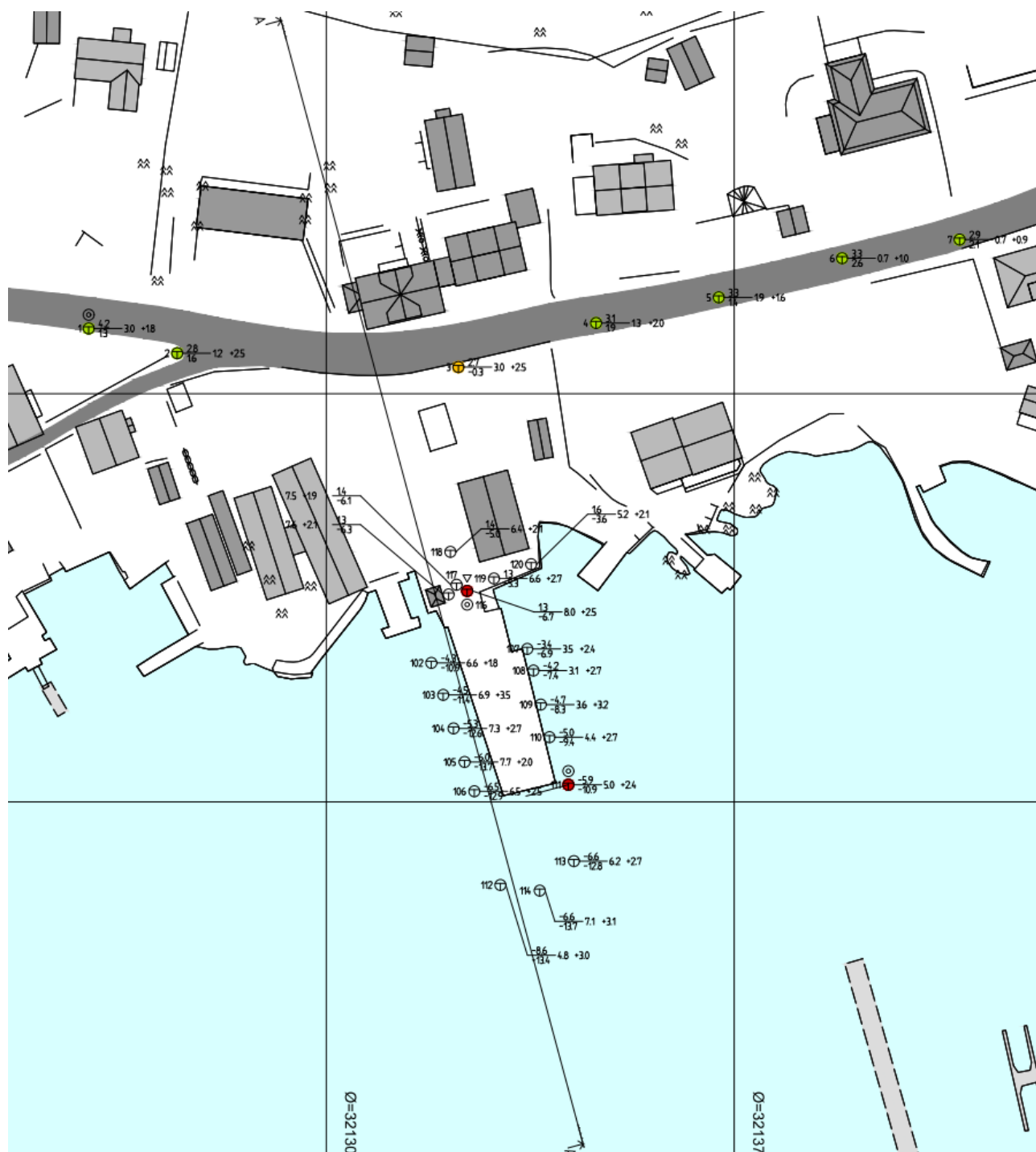


Figur 6-8: Mulig løснеområde basert på  $15 \times$  skråningshøyden  $H$ .

Med grunnlag i registrering av berg i dagen/grunt berg beholdes avgrensningen av aktsomhetsområde som beskrevet i steg 3 til videre utredning.

Som beskrevet i kap. 6.3 vil mulig løснеområde avgrenses mot registreringer av berg i dagen/grunt berg. Løснеområdet er vurdert til å inneholde ett kritisk snitt, referert til som Profil A-A som vist på Figur 6-9. Valg av kritiske snitt tar utgangspunkt i største skråningshøyder og brattest terreng, lagt ved siden av eksisterende blokkmurkai for å ikke ta med styrkeøkning fra belastningen.





Figur 6-9: Kritisk snitt A-A (utklipp fra situasjonsplan på RIG-TEG-001).

Planlagt tiltak ligger innenfor et mulig løsne- eller utløpsområde og må utredes videre iht. prosedyren.

## 6.6 Steg 6: «Befaring»

Ved befaring utført 04.08.2023 ble det registrert berg i dagen ved bebyggelsen øst for tilleggskaien (se Figur 6-10).



*Figur 6-10: Berg i dagen ved bebyggelsen øst for tilleggskaia.*

Under befaringen ble det også utført prøvegraving ned til ca. 2,65 m under asfalten ved landkaret til tilleggskaia (Se Figur 6-11).

Følgende løsmasser ble rapportert fra entreprenør som utførte prøvegravingen:

- Asfalt, ca. 0,2 m
- Grus, ca. 0,05-0,1 m
- Kulestein, sand leire, ca. 1,7 m
- Hard leire, fra ca. 2 m dybde





Figur 6-11: Underside av Nedstrand ferjekai (venstre) og observert lagdeling fra prøvegraving (høyre).

## 6.7 Steg 7: «Gjennomfør grunnundersøkelser»

Det ble utført grunnundersøkelser på land og sjø i forbindelse med planlagt tiltak av Multiconsult i mai og august 2023 [9]. Det ble påvist et meget tynt sjikt med sprøbruddmateriale like over berg i 2 av 2 prøveserier. I øvrige prøver av leiren ble det ikke påvist sprøbruddmateriale. Klassifiseringen av det påviste sprøbruddmaterialet er beheftet med noen usikkerheter.

Følgende punkt legges til grunn for denne vurderingen:

- Kun et tynt sjikt (ca. 5-10 cm) med sprøbruddmateriale er registrert i punktene (se Figur 6-12 og Figur 6-13).
- Sprøbruddmateriale er observert i enden av cylinderen (bunn) hvor prøveforstyrrelsen er betydelige større enn ellers i prøven. Det ble registrert gruskorn den ene prøven som er klassifisert som sprøbruddmateriale.
- Uomrørt konustesting er kun utført i en av prøvene til sprøbruddmaterialet.
- Lavt vanninnhold og Plastisitetsindeks ( $I_p$ ) i prøvene til sprøbruddmaterialet.
- CPTu-sondering gjort i umiddelbar nærhet til borehull 116 (hvor sprøbruddmateriale er registrert) er avsluttet i faste masser over berg uten indikasjon på sprøbruddmateriale. Forekomsten er antatt å være lokal med varierende utbredelse.
  - Lav  $B_q$  samt høy side/spissfriksjon i CPTu-dataen.
  - Udrenert skjærstyrke fra CPTu-dataen indikerer relativt homogen leire.





Figur 6-12: Bilde av sylinderprøve i borpunkt 111 [9]. Området hvor sprøbruddmateriale er registrert er vist med rød sirkel.



Figur 6-13: Bilde av sylinderprøve i borpunkt 116 [9]. Området hvor sprøbruddmateriale er registrert er vist med rød sirkel.

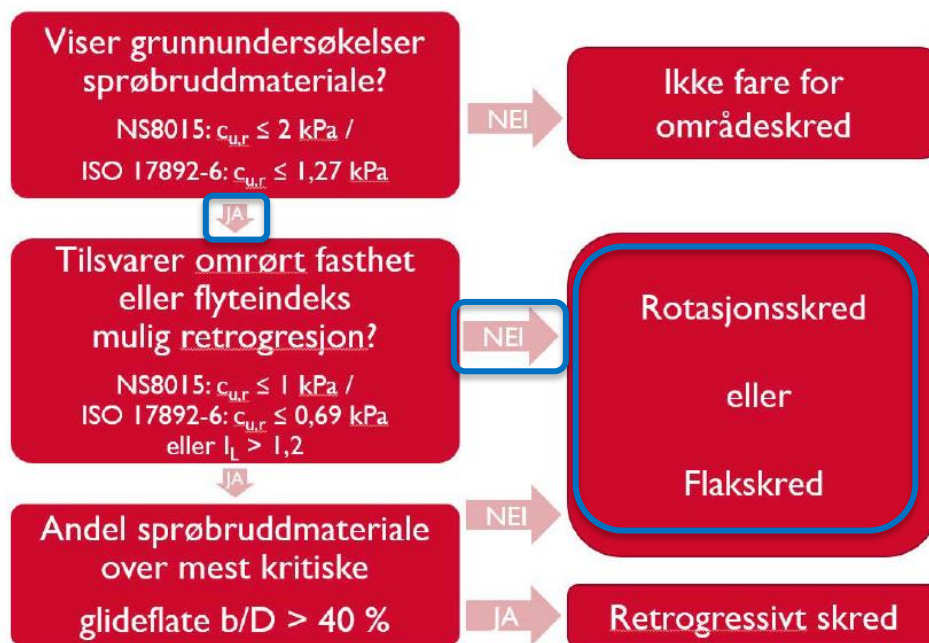
Se kap. 3 for ytterligere informasjon om grunnforhold.

## 6.8 Steg 8: «Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder»

Aktuell skredmekanisme for antatt kritisk snitt A-A og avgrensning av løsne- og utløpsområdet basert på snittet, er presentert under. Opptegning av løsne- og utløpsområde er presentert på tegning -002.

### 6.8.1 Aktuell skredmekanisme

Å identifisere en reell skredmekanisme er avgjørende for størrelsen på løsne- og utløpsområdet, og gjøres iht. NVE Veileder nr. 1/2019, kapittel 4.5. Utklipp av flytskjema gitt i veilederen for vurdering av aktuell skredmekanisme er vist i Figur 6-14.



Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Figur 6-14: Flytskjema fra NVE Veileder nr. 1/2019 for vurdering av aktuell skredmekanisme.

Snitt A-A

#### 1. Viser grunnundersøkelser sprøbruddmateriale?

Ja, det er påvist sprøbruddmateriale ved landkar for tilleggskai i borpunkt 116, samt på sjø ved enden av tilleggskaien i borpunkt 111. Mektigheten av sprøbruddmateriale er lav i begge borpunkt.

#### 2. Tilsvarende omrørt skjærfasthet eller flyteindeks mulig retrogresjon?

Nei, både i borpunkt 111 og 116 er  $c_{u,r} > 1,0 \text{ kPa}$ .

Aktuell skredmekanisme ved snitt A-A blir derfor rotasjonsskred eller flakskred.

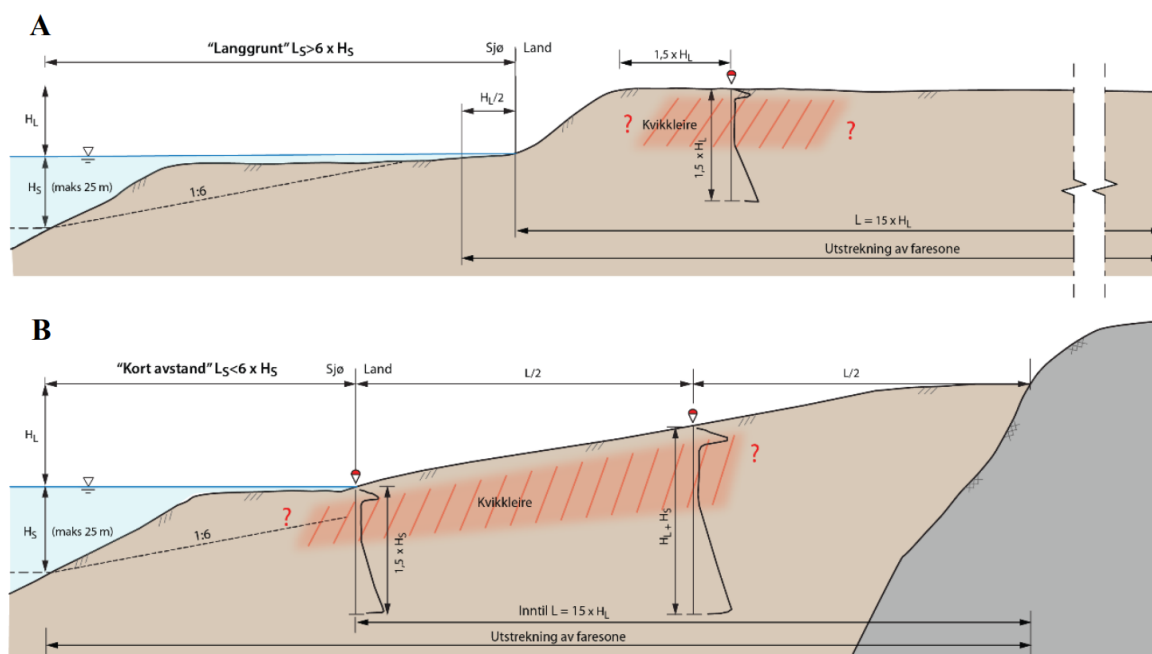
Andel sprøbruddmateriale over kritisk glideflate er også svært liten som underbygger rotasjonsskred/flakskred som den aktuelle skredmekanismen.

### 6.8.2 Avgrensning av mulig løsne- og utløpsområde

#### Løsneområde

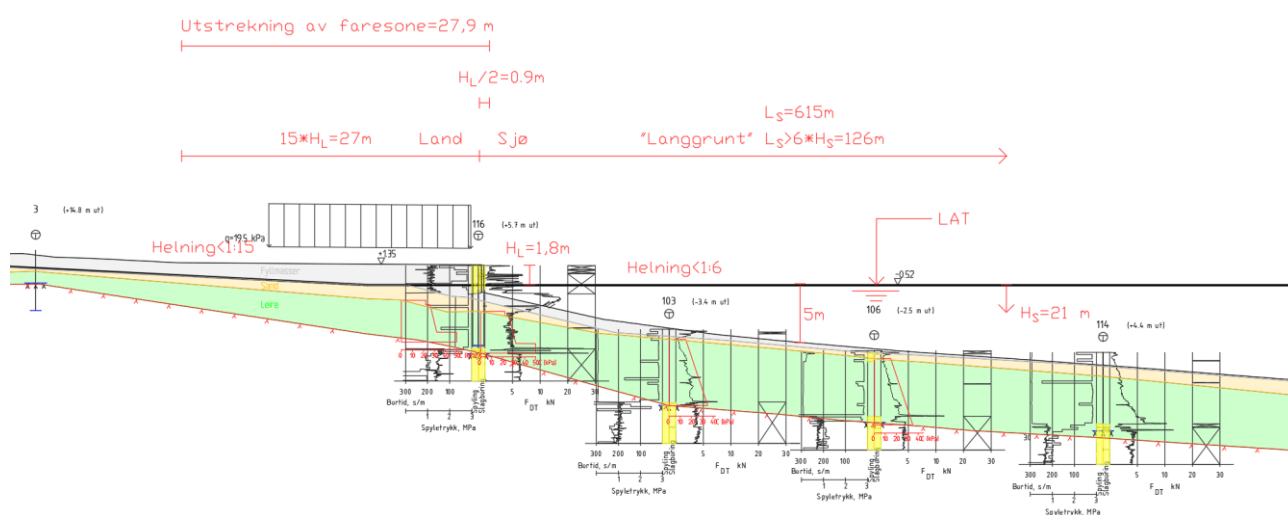
I sjø/strandsonen skal løsneområdet vurderes med grunnlag i topografiske kriterier for opptegning av faresone i strandsonen som vist i Figur 6-15 [5].





Figur 6-15: Prinsipp - topografiske kriterier i strandsonen og på land. (A) Plassering av borer og avgrensning av faresone der det er "langgrunt" i sjøen. Eksempellet viser "platåterreng" på land. (B) Plassering av borer og avgrensning av faresone der det er "kort avstand" til marbakken. Eksempellet viser "jevnt hellende terreng" på land [5].

Dybdedata fra NVE Atlas viser at størst dybde i bukten er ca. 21 m [16]. Dybdedataen er mer usikker enn sjøbunnskanning, men er vurdert til å være tilstrekkelig da avstanden til tiltaksområdet er langt over kriteriet for langgrunt iht. NVE veileder 9/2020 [5]. Figur 6-16 viser utstrekning av faresonen (løsne- og utløpsområde) basert på geometri fra utførte grunnundersøkelser og kartgrunnlag.



Figur 6-16: Beregnet utstrekning av faresone i strandsonen iht. NVE veileder 9/2020 [5].

Bredden av løseområde på sjø avgrenses av registrert berg i dagen og rygger som går ut på sidene av tiltaksområdet (se Figur 6-17).



Figur 6-17: Avgrensing av bredden til et mulig løseområde på sjø [24].

Opptegnet sone er vist på tegning -002.

#### **Utløpsområde**

Iht. kap. 3.2 i NVE ekstern rapport 9/2020 er det ved oversiktskartlegging generelt ikke behov for å tegne utløpsområder i sjø [5]. Utløpsområde er dermed ikke tegnet opp/vurdert videre, da hele utløpsområdet vil være i sjø.

### **6.9 Steg 9: «Klassifiser faresoner»**

NVE ekstern rapport nr. 9/2020, kapittel 4, gir føringer for klassifisering av faresoner for kvikkleireskred [5].

Resulterende faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse er presentert i vedlegg A, og oppsummert under:

- Faregrad = LAV
- Konsekvens = ALVORLIG
- Risikoklasse = 3

### **6.10 Steg 10: Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet**

Oversikt over utførte grunnundersøkelser og kritisk snitt er vist på situasjonsplanen på -TEG-001. Det er utført stabilitetsberegning for følgende situasjon:

- Eksisterende situasjon
  - Valg av kritisk snitt tok utgangspunkt i største skråningshøyder og brattest terreng, lagt ved siden av eksisterende blokkmurkai for å ikke ta med styrkeøkning fra belastningen. \*)

\*) Det er mulig å velge både kritisk snitt med og uten tilleggskaien. Leiren på siden av tilleggskaien er bløtere på grunn av mindre overlaging enn leiren under kaien. Men et snitt gjennom kaien vil gi et profil med større terrenglast på leirlaget. Det er valgt kritisk snitt på siden av tilleggskaien fordi tilleggskaien er planlagt fjernet, og dermed er snitt på siden mest representativ og konservativt for fremtidig situasjon.

#### 6.10.1 Sikkerhetskrav

Iht. kap. 3.3.6 i NVE Veileder 1/2019 har tiltak i tiltaksklasse K3 kombinert med faregrad LAV sikkerhetskrav tilsvarende K1 tiltak i kap. 3.3.4 [1]:

*«Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges.»*

Tiltaket innebærer i prinsipp avbelastning av eksisterende terreng (fjerning av blokkmurkai, utlegging av slakere støttefylling mot landkar og reetablering av kai på peler til berg).

Krav til sikkerhet oppfylles, da det forventes at planlagt tiltak ikke forverrer stabiliteten.

Det er utført en konservativ stabilitetsberegning for eksisterende situasjon som utgangspunkt for videre vurdering av tiltaket.

#### 6.10.2 Laster

For å ivareta belastningssituasjonen, både i midlertidig og permanent situasjon, er det lagt til grunn en anleggslast på 15 kPa med lastfaktor 1,3 (Totalt 19,5 kPa). Terrenglasten er antatt jevnt fordelt, med utstrekning fra overgang kaiplate/land og ca. 18 m nordover.

#### 6.10.3 Grunnvannsstand og poretrykksforhold

Grunnvannsstanden er i kaiområdet antatt å ligge på kote minus 0,52 i nivå med laveste astronomiske tidevann (LAT) [13]. I overliggende område er grunnvannsstanden antatt å ligge i underkant av laget av antatte fyllmasser.

#### 6.10.4 Jordparametere

##### Skjærfasthet:

Generelt skal et karakteristisk skjærstyrkeprofil ( $s_{UA}$ ) velges ut ifra følgende rangering:

- Treaksialforsøk av god kvalitet (kvalitetsklasse 1)
- CPTU (anvendelsesklasse 1)
- Erfaringsverdier ( $s_{UA}/p_{0'}$ , SHANSEP)
- Konus/enaksialforsøk/vingebor

Det er utført 1 stk. CPTU-sonderinger i borhull 116. Konus- og enaksialforsøk er utført på prøvemateriale i borhull 111 og 116. Generelt viser enaksialforsøkene lav bruddtøyning (<5 % aksial tøyning) som tilsier at prøvematerialet er av relativt god kvalitet (liten prøveforstyrrelse).

For valg av dimensjonerende skjærstyrkeprofil ved oppfylt område på land er enaksial- og konusforsøk fra borhull 116 lagt inn sammen med profiler fra CPTu sonderingen. Valgt aktivt skjærstyrkeprofil er vist på tegning -500.7.

For leiren på sjø som ikke er belastet av blokkmurkai er det benyttet SHANSEP-formel:

$$C_{uC} = \alpha * OCR^m * \sigma'_{v0}$$

Hvor:

- $\alpha=0,30$  (Tilpasset CPTU i BP. 116 og kontrollert mot erfaringsverdier fra Karlsrud et. al. 2005 [25])
- OCR er beregnet fra POP på 100 kPa.

- Ødometerforsøk i BP. 111 på sjø viser tendens mot høyere OCR sammenlignet med CPTU-korrelasjonene. «Pre overburden pressure» POP er konservativt antatt fra tolket ødometerforsøk (se tegning -400.1). Prekonsolideringstrykket er endret med dybden i beregningene med en vurdert konstant POP lik 100 kPa fra ødometerforsøk

| SHANSEP, BP103 (cptu i 116 og ødometer i 111) |       |             |              |     |     |         |
|-----------------------------------------------|-------|-------------|--------------|-----|-----|---------|
| ocr                                           | 1,3 z | $\sigma_v0$ | $\sigma'_v0$ | pop | ocr | CuC     |
| $\alpha$                                      | 0,3   | 0           | 0            | 0   | 100 | 0       |
| m                                             | 0,7   | 1           | 19           | 9   | 100 | 12,1111 |
| $\gamma$                                      | 19    | 2           | 38           | 18  | 100 | 6,55556 |
| $\gamma$ vann                                 | 10    | 3           | 57           | 27  | 100 | 4,7037  |
|                                               |       | 4           | 76           | 36  | 100 | 3,77778 |
|                                               |       | 5           | 95           | 45  | 100 | 3,22222 |
|                                               |       | 6           | 114          | 54  | 100 | 2,85185 |
|                                               |       | 7           | 133          | 63  | 100 | 2,5873  |

- Kvalitet på ødometerforsøk er vurdert til middels god/god utfra materialoppførselen i det prekonsoliderte spenningsområdet som påvirkes av en eventuell prøveforstyrrelse. Det er observert tydelige egenskapsvariasjoner ved passering prekonsolideringsspenningen. Det er konservativt antatt prekonsolideringstrykk for å hensynta ev. mindre forstyrrelser.

- $m=0,70$  (Tilpasset CPTU i BP. 116 og kontrollert mot erfaringsverdier fra Karlsrud et. al. 2005 [25])
- $\sigma'_{v0}$  er beregnet fra romvekt iht. Tabell 6-2.

#### Anisotropifaktorer:

Korrelasjonene for leire med  $I_p \leq 10\%$ , beskrevet i NIFS rapport nr. 14/2014, legges til grunn for valg av anisotropifaktorer [26]. ADP-faktorene i rapporten er gjengitt i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP-faktorer) gjengitt fra Tabell 1 i NIFS rapport nr. 14/2014 [26].  $I_p$  i prosent i formlene.

| $I_p$           | $C_{uD}/C_{uA}$               | $C_{uP}/C_{uA}$               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $I_p \leq 10\%$ | 0,63                          | 0,35                          |
| $I_p > 10\%$    | $0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$ | $0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$ |

#### Materialparametere for drenerte analyser:

Vurdering av tetthet, friksjonsvinkel og attraksjon for friksjonsmassene i området er vurdert basert på utførte grunnundersøkelser og anbefalte jordparametere gitt i kapittel 3.6.2 i SVV Håndbok V220 [6].

Materialparametere for friksjonsmassene benyttet i beregningene er presentert i Tabell 6-2 .

Tabell 6-2: Vurdering av materialparametere, friksjonsmasser (drenert).

| Material | Friksjonsvinkel, $\phi$ | Attraksjon, a | Tyngdetetthet, $\gamma/\gamma'$ |
|----------|-------------------------|---------------|---------------------------------|
|----------|-------------------------|---------------|---------------------------------|



|                             | [°] | [kPa] | [kN/m <sup>3</sup> ] |
|-----------------------------|-----|-------|----------------------|
| Fyllmasser<br>(sprengstein) | 42  | 0     | 19/11                |
| Sand                        | 33  | 0     | 19/9                 |
| Leire (drenert)             | 23  | 0     | 19/9                 |

### 6.10.5 Beregningsverktøy

For stabilitetsberegninger er programmet GeoSuite Stability med regnemotoren Beast 2003 benyttet.

### 6.10.6 Beregningsresultater

Resultat for utførte stabilitetsberegninger er presentert på tegning -600 og oppsummert i Tabell 6-3.

Tabell 6-3: Resultater fra stabilitetsberegninger.

| Sikkerhetsfaktor/Partialfaktor                        | Eksisterende situasjon<br>Bruddgrensetilstand (ULS)                     | Terreng under/etter planlagt tiltak<br>Bruddgrensetilstand (ULS)                   |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Beregnet, $F_{c\phi}$ (Drenert)<br>(Grunn bruddflate) | 1,35                                                                    | Ingen forverring av stabilitet må dokumenteres i videre prosjektering av tiltaket. |
| Beregnet, $F_c$ (Udrenert)<br>(Dyp bruddflate)        | 1,33                                                                    | Ingen forverring av stabilitet må dokumenteres i videre prosjektering av tiltaket. |
| Krav, $\gamma_{Cu}$                                   | Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten. | Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten.            |

Beregnet sikkerhetsfaktor benyttes som utgangspunkt for videre vurdering av lokalstabilitet i detaljprosjektering for ferjekaien. Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten.

### 6.10.7 Erosjonssikring

I henhold til NVE veileder 1/2019 må all erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket forebygges for tiltakskategori K3. Erosjonssikring av sjøbunnen er omtalt i notat 10254848-01-RIG-NOT-002\_rev00 [19].

### 6.11 Steg 11: Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

I henhold til NVEs veileder nr. 1/2019, skal alle nye soner meldes inn til NVE, også i områder hvor stabiliteten er tilstrekkelig [1].

Iht. veilederen skal også alle utførte grunnundersøkelser innrapporteres til Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG).

## **7 Uavhengig kvalitetssikring**

Tiltaket er plassert i tiltakskategori K3, og NVE 1/2019 [1] stiller dermed krav til at det utføres uavhengig kvalitetssikring før utredningen av områdestabilitet kan anses som gyldig.

## 8 Sluttkommentar

Oppsummering av utredningen er gitt i avsnitt 1.2. Det bemerkes at foreliggende rapport ikke inneholder geoteknisk detaljering av planlagt tiltak eller eventuelle stabiliserende tiltak. Konklusjon i foreliggende rapport friskmelder ikke områdene utenfor. Tiltaket er plassert i tiltakskategori K3, og NVE 1/2019 [1] stiller dermed krav til at det utføres uavhengig kvalitetssikring før utredningen av områdestabilitet kan anses som gyldig.

## 9 Referanser

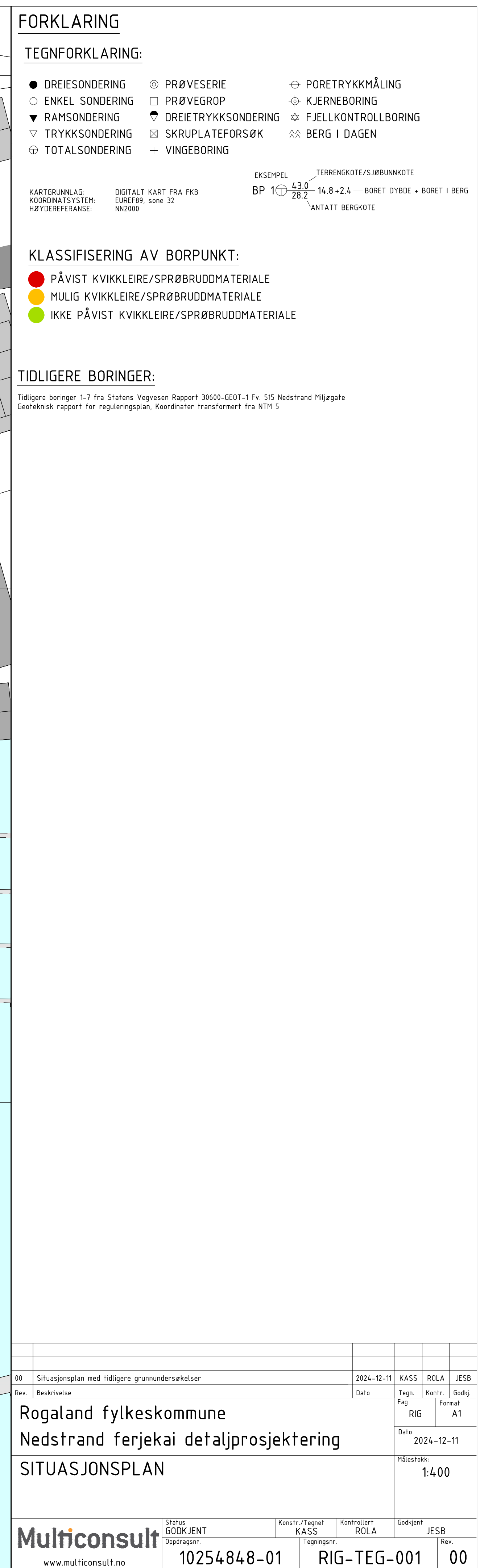
- [1] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), NVE Veileder Nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, 2019.
- [2] Plan- og bygningsloven (PBL), «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (LOV-2008-06-27-71),» [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK17),» 2017.
- [4] Direktoratet for byggkvalitet, Byggesaksforskriften (SAK10) med veiledning, 2010.
- [5] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Ekstern rapport nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Metodebeskrivelse,» 2020.
- [6] Statens Vegvesen, Håndbok N-V220 Geoteknikk i vegbygging, 2023.
- [7] Skarholm Dykking og Ingeniørtjenester As, «Multiconsult – Dykkerinspeksjon Nedstrand ferjekai,» 2022.
- [8] Multiconsult, «Dokumentkode: S&I 0234-01-RIB-001\_rev01, NEDSTRAND TILLEGGSKAI: EKSISTERENDE KAI - TILSTAND,» 2023.
- [9] Multiconsult, Dokumentkode: 10251438-01-RIG-RAP-001\_rev01, Nedstrand ferjekai. Geotekniske grunnundersøkelser - datarapport, 2023.
- [10] Statens vegvesen, «Dokumentnr. 30600-GEOT-1 Fv. 515 Nedstrand Miljøgate Geoteknisk rapport for reguleringsplan,» 2018.
- [11] Statens vegvesen, «Rapport nr. Ld181a Dykdalbe Nedstrand ferjekai,» 1978.
- [12] Statens vegvesen, «Rapport nr. Ld293a Utfylling ved Nedstrand ferjekai,» 1980.
- [13] Kartverket, «Se havnivå,» <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [14] Kartverket, «Norgeskart,» [www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no).
- [15] Statens vegvesen, Norsk institutt for Bioøkonomi & Statens kartverk, «NORGE i BILDER,» [Internett]. Available: [www.norgeibilder.no](http://www.norgeibilder.no).
- [16] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Atlas,» [Internett]. Available: [atlas.nve.no](http://atlas.nve.no).
- [17] (NGU), Norges Geologiske Undersøkelse, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase. Kvartærgeologisk kart,» [Internett]. Available: [geo.ngu.no/kart/losmasse](http://geo.ngu.no/kart/losmasse).
- [18] (NGU), Norges Geologiske Undersøkelse, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: [geo.ngu.no/kart/berggrunn](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn).
- [19] Multiconsult, «Dok. nr. 10254848-01-RIG-NOT-002\_rev00, Erosjonssikring,» 2024.
- [20] Kartverket, «Høydedata,» <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [21] Nasjonalbiblioteket, «Widerøe Flyveselskaps flyfoto fra Tysvær kommune,» [Internett]. Available: [http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digifoto\\_20140616\\_00010\\_NB\\_WF\\_TVK\\_042508](http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digifoto_20140616_00010_NB_WF_TVK_042508).
- [22] Vegdirektoratet, BRUTUS.
- [23] Multiconsult, «Dokumentnr. 10254848-01-RIG-RAP-001, Geotekniske prosjekteringsforutsetninger,» 2023.
- [24] Finn kart, «Historiske kart,» [www.finn.no](http://www.finn.no).
- [25] Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D. A., & Strandvik, S., «CPTU correlations for clays,» i *In Proceedings of the 16th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering (pp. 693-702)*. IOS Press., Osaka, 2005.
- [26] Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket, «NIFS Rapport 14, Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [27] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Retningslinje nr. 2/2011. Flaum og skredfare i arealplanar,» 2011.



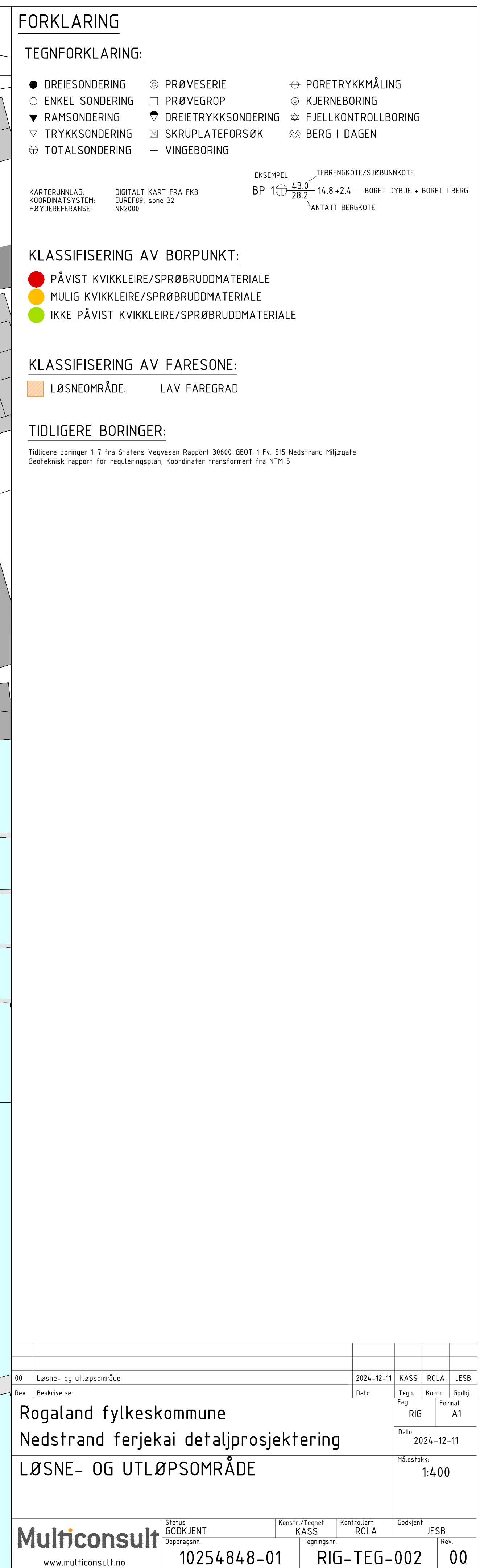


|                |             |              |             |          |     |           |            |
|----------------|-------------|--------------|-------------|----------|-----|-----------|------------|
| Status         | GODKJENT    | Fag          | RIG         | Format   | A4  | Dato      | 2023-11-24 |
| Konstr./Tegnet | KASS        | Kontrolleret | FNR         | Godkjent | FNR | Målestokk | 1:50 000   |
| Oppdragsnr.    | 10254848-01 | Tegningsnr.  | RIG-TEG-000 |          |     | Rev.      | 00         |

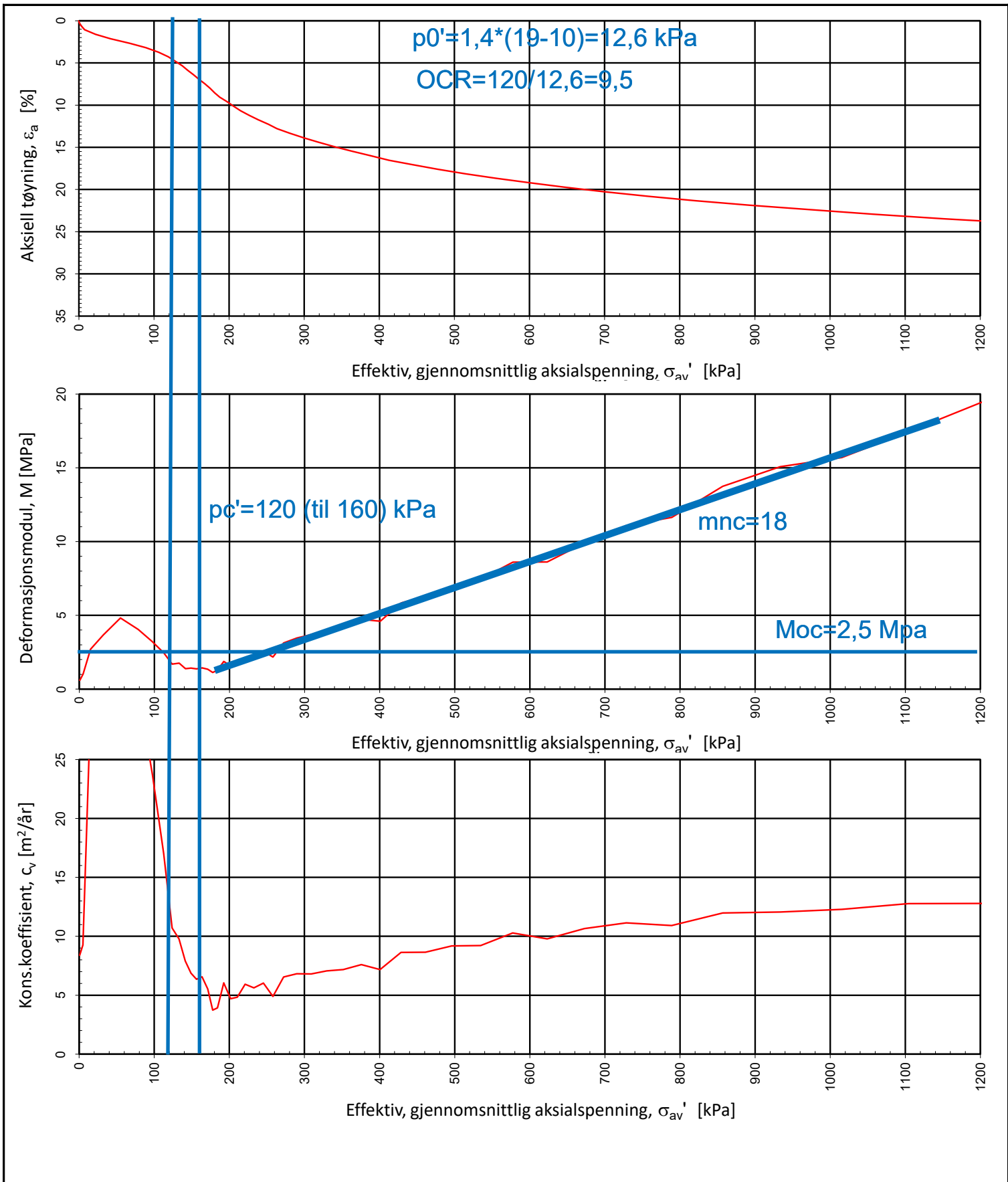












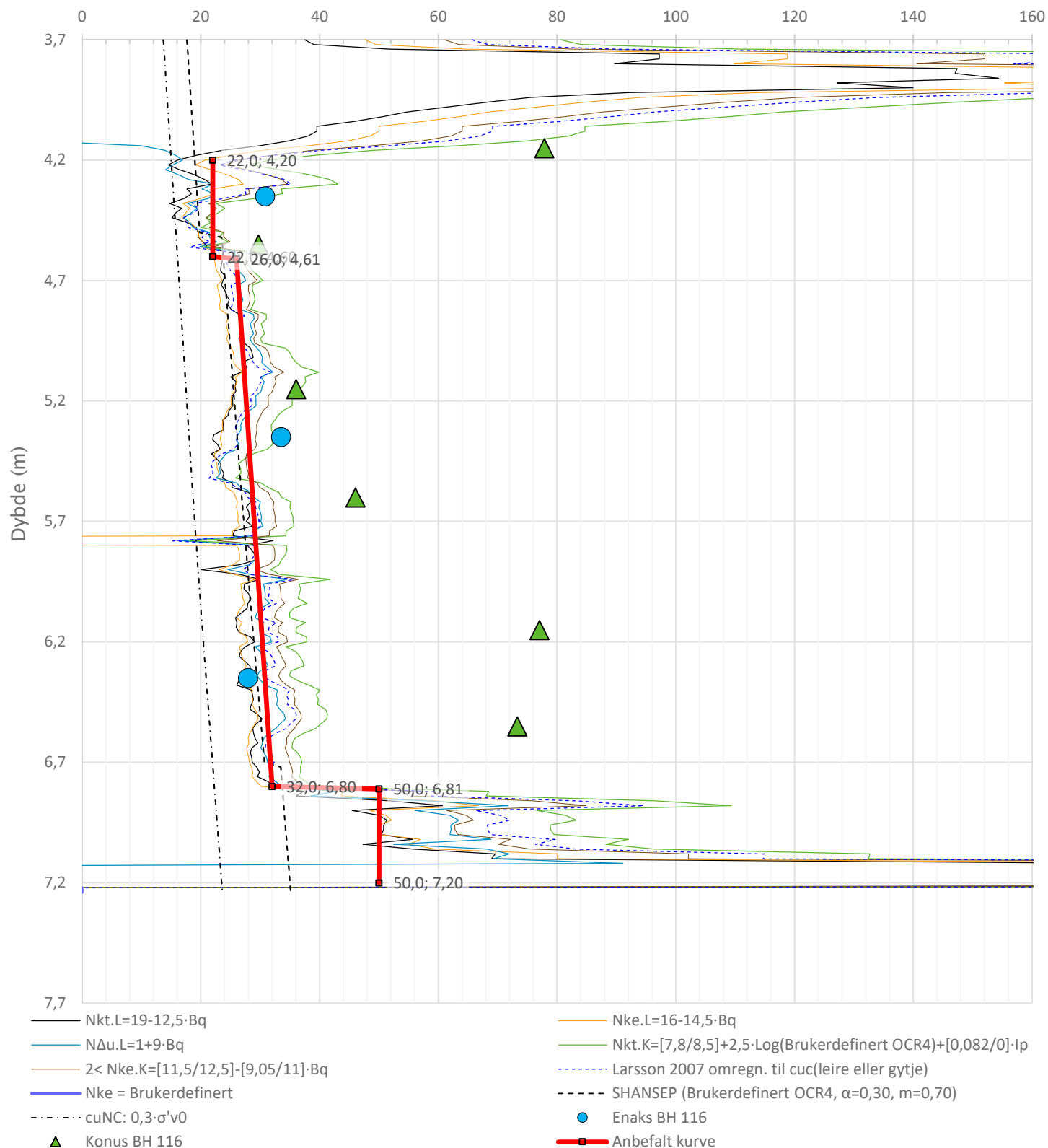
| Type forsøk                             | Prøvehøyde (mm) | Prøvediameter (mm) | Prøvedybde (m) | Densitet, $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> ) | Vanninnhold, w (%) | Forsøk nr.                      |
|-----------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| CRS                                     | 20,0            | 50,0               | 1,40           | 1,62                                  | 26,8               | 1                               |
| Rogaland fylkeskommune                  |                 |                    |                | Utarbeidet<br>NJN                     | Kontrollert<br>FNR | Godkjent<br>FNR                 |
| Nedstrand - grunnundersøkelser ferjekai |                 |                    |                | Borpunkt<br>111                       | Dato<br>08.06.2023 | Revisjon<br>00                  |
| Multiconsult                            |                 | Ødometerforsøk     |                | Oppdragsnummer<br>10251438            |                    | Tegningsnummer<br>RIG-TEG-400.1 |

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 116:  $c_{uc}/c_{ucptu}$  = var. (min:0,637 max:0,665)

Konus BH 116:  $c_{ufc}/c_{ucptu}$  = var. (min:0,637 max:0,671)

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



|                                         |              |  |                |                             |            |                            |               |         |  |           |  |
|-----------------------------------------|--------------|--|----------------|-----------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------|--|-----------|--|
| Prosjekt                                |              |  |                | Prosjektnummer: 10251438-01 |            | Rapportnummer: 10251438-01 |               | Borhull |  | Kote +1,3 |  |
| Nedstrand – grunnundersøkelser ferjekai |              |  |                | 116                         |            |                            |               |         |  |           |  |
| Innhold                                 |              |  |                | Sondennummer                |            |                            |               |         |  |           |  |
| Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet |              |  |                | 4482                        |            |                            |               |         |  |           |  |
| Multiconsult                            | Utført       |  | Kontrollert    |                             | Godkjent   |                            | Anvend.klasse |         |  |           |  |
|                                         | KASS         |  | FNR            |                             | FNR        |                            | 1             |         |  |           |  |
|                                         | Divisjon     |  | Dato sondering |                             | Revisjon   |                            | RIG-TEG       |         |  |           |  |
|                                         | Multiconsult |  | 22.08.2023     |                             | 00         |                            | 500.7         |         |  |           |  |
|                                         |              |  |                |                             | 15.09.2023 |                            |               |         |  |           |  |





## Vedlegg A Faregradsvurdering

### Innholdsfortegnelse

|     |                                 |   |
|-----|---------------------------------|---|
| A.1 | Faregradsvurdering.....         | 2 |
| A.2 | Skadekonsekvensevaluering ..... | 4 |
| A.3 | Risikoklasser .....             | 6 |

## A.1 Faregradsvurdering

Faregradsevalueringen gjøres med utgangspunkt i Tabell 1 i NVE ekstern rapport nr. 9/2020, gjengitt under i Tabell 1-1. Faregraden bestemmes for antatt kritiske snitt i hver enkelt sone.

Betegnelsen kritisk snitt gjelder her for det snittet som gir høyeste poengscore etter Tabell 1-1 og ikke nødvendigvis snittet der den beregningsmessige sikkerheten er lavest.

Beregning og vurdering av faregrad er vist i Tabell 1-2.

Tabell 1-1: Tabell 1 i NVE ekstern rapport nr. 9/2020

| Faktorer                                                      | Vekttall | Faregrad, score |            |           |              |
|---------------------------------------------------------------|----------|-----------------|------------|-----------|--------------|
|                                                               |          | 3               | 2          | 1         | 0            |
| Tidligere skredaktivitet                                      | 1        | Høy             | Noe        | Lav       | Ingen        |
| Skråningshøyde, meter                                         | 2        | > 30            | 20 - 30    | 15 - 20   | < 15         |
| Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)                         | 2        | 1,0 – 1,2       | 1,2 – 1,5  | 1,5 – 2,0 | > 2,0        |
| Poreovertrykk, kPa                                            | 3        | > +30           | 10 - 30    | 0 - 10    | Hydrostatisk |
| Poreundertrykk, kPa                                           | -3       | > -50           | -(20 – 50) | -(0-20)   |              |
| Kvikkleiremektighet                                           | 2        | > H/2           | H/2 – H/4  | < H/4     | Tynt lag     |
| Sensitivitet                                                  | 1        | > 100           | 30 - 100   | 20 - 30   | < 20         |
| Erosjon                                                       | 3        | Kraftig         | Noe        | Litt      | Ingen        |
| Inngrep: forverring                                           | 3        | Stor            | Noe        | Liten     | Ingen        |
| Inngrep: forbedring                                           | -3       | Stor            | Noe        | Liten     | Ingen        |
| Sum                                                           |          | 51              | 34         | 17        | 0            |
| % av maksimal poengsum                                        |          | 100 %           | 67 %       | 33 %      | 0 %          |
| Faresonene fordeles i faregradsklasser etter samlet poengsum: |          |                 |            |           |              |
| Lav faregrad:                                                 |          | 0 – 17 poeng    |            |           |              |
| Middels faregrad:                                             |          | 18 – 25 poeng   |            |           |              |
| Høy faregrad:                                                 |          | 26 – 51 poeng   |            |           |              |

Tabell 1-2: Faregradsklassifisering i henhold til NVE eksternrapport 9/2020.

| Faktor                   | Vekttall | Score | Poeng | Kommentar                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|----------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tidligere skredaktivitet | 1        | 1     | 1     | Området viser lite tegn til tidligere skredaktivitet. På NVE Atlas er det registrert 1 skredhendelse ca. 470 m fra tiltaksområdet. Skredaktivitet settes derfor til «lav» iht. eksternrapport 9/2020. |

| Faktor                                | Vekttall | Score | Poeng | Kommentar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|----------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Skråningshøyde, m                     | 2        | 2     | 4     | Total skråningshøyde settes konservativt lik sammenlagt høyde av overliggende skråning og skråning på sjø som er ca. 13 m + 6 m = 19 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR) | 2        | 2     | 4     | Utførte CPTU-sonderinger indikerer generelt OCR på 1,5-1,8 i dybden. Forventer noe mindre (rundt 1,3) ved siden av kaien som ikke er tidligere belastet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Poretrykk                             | 3        | 1     | 3     | Et eventuelt poretrykk må etter vår vurdering komme fra sprekker i berget som er koblet til et område høyere i terrenget. Men vi mener at det er lite potensiale for at det bygger seg opp poreovertrykk av betydning i løsmassene.<br><br>Følgende punkter listes opp som aktuelle faktorer som senker faren for poreovertrykk:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                       | -3       | 0     | 0     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                       |          |       |       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tidligere inngrep innebærer utfyllinger, etablering av konstruksjoner på bunn og peling. Dette kan ha dannet drenasjeveier for eventuelt poreovertrykk</li> <li>Tidligere grunnundersøkelser (inntil ca. 80 sonderinger) kan ha punktert dette sjikt</li> <li>Begrenset tykkelse og utbredelse på tette masser (lagdelte masser med varierende finstoffinnhold, samt berg i dagen flere steder i umiddelbar nærhet til avsetningene). Et eventuelt poreovertrykk vil ha mange steder og veier å drenere ut</li> <li>Første del av planlagt tiltak innebærer i tillegg peling for etablering av midlertidig fending på vestsiden av planlagt tilleggskai. Dette vil innebære ytterligere drenasjeveier gjennom lagpakken.</li> </ul> |
| Kvikkleiremektighet                   | 2        | 0     | 0     | Mektigheten på laget med sprøbruddmateriale er veldig begrenset (ca. 5 – 10 cm).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



| Faktor       | Vekttall | Score | Poeng | Kommentar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|----------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sensitivitet | 1        | 1     | 1     | Sensitivitet i utførte grunnundersøkelser varierer mellom 4 og 26.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Erosjon      | 3        | 0     | 0     | Ferjekaien er i dag erosjonssikret med betongmadrasser langs vestsiden av tilleggskaien. I forbindelse med planlagt tiltak skal ny betongmadrass legges min. 20 meter øst for senter ferjekaibru med min. 0,5 meter overlapp med eksisterende betongmadrass. Planlagt landkarfylling under tilleggskai skal også sikres med betongmadrasser. Erosjonssikring av tiltaksområdet er omtalt i prosjekteringsnotat 10254848-01-RIG-NOT-002. Ved etablering av beskrevne sikringstiltak er det vurdert at erosjon ikke vil kunne svekke områdestabiliteten i området mellom registrert berg i dagen. |
| Inngrep      | 3        | 1     | 3     | Historiske flyfoto indikerer at det er utført tiltak (i områder med berg) innenfor sonen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|              | -3       | 0     | 0     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| SUM          |          |       | 16    | En poengsum på 16 gir «Lav» faregrad som går fra 0-17 poeng.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## A.2 Skadekonsekvensvaluering

Evaluerings av skadekonsekvensklasse gjøres med utgangspunkt i Tabell 2 i NVE ekstern rapport nr. 9/2020, gjengitt under i Tabell 2-1. Evaluering av skadekonsekvens gjøres for hele faresonen, det vil si en samlet vurdering for løsne- og utløpsområdet.

Beregning og vurdering av skadekonsekvens er vist i Tabell 2-2.

Tabell 2-1: Utklipp fra Tabell 2 i NVE ekstern rapport nr. 9/2020

| Faktorer                | Vekttall | Konsekvens, score |             |            |       |
|-------------------------|----------|-------------------|-------------|------------|-------|
|                         |          | 3                 | 2           | 1          | 0     |
| Boligheter, antall      | 4        | Tett > 5          | Spredt > 5  | Spredt < 5 | Ingen |
| Næringsbygg, personer   | 3        | > 50              | 10 - 50     | < 10       | Ingen |
| Annen bebyggelse, verdi | 1        | Stor              | Betydelig   | Begrenset  | Ingen |
| Vei, ÅDT                | 2        | > 5000            | 1001 - 5000 | 100 - 1000 | < 100 |

|                                                                |   |               |             |                         |       |
|----------------------------------------------------------------|---|---------------|-------------|-------------------------|-------|
| Toglinje, bruk                                                 | 2 | Persontrafikk | Godstrafikk | Normal<br>ingen trafikk | Ingen |
| Kraftnett                                                      | 1 | Sentral       | Regional    | Distribusjon            | Lokal |
| Oppdemming og<br>flodbølge                                     | 2 | Alvorlig      | Middels     | Liten                   | Ingen |
| Sum poeng                                                      |   | 45            | 30          | 15                      | 0     |
| % av maksimal<br>poengsum                                      |   | 100 %         | 67 %        | 33 %                    | 0 %   |
| Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum: |   |               |             |                         |       |
| Mindre alvorlig: 0 – 6 poeng                                   |   |               |             |                         |       |
| Alvorlig: 7 – 22 poeng                                         |   |               |             |                         |       |
| Meget alvorlig: 23 – 45 poeng                                  |   |               |             |                         |       |

Tabell 2-2: Evaluering av skadekonsekvens i henhold til NVE eksternrapport 9/2020

| Faktor                  | Vekttall | Score | Poeng | Kommentar                                                                                    |
|-------------------------|----------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Boligheter              | 4        | 2     | 8     | Innenfor sonen er det spredt med boliger og næringsbygg. Totalt >5 enheter.                  |
| Næringsbygg             | 3        | 1     | 3     | Mindre næringsbebyggelse innenfor sonen, antatt <10 personer.                                |
| Annen bebyggelse, verdi | 1        | 1     | 1     | Det er ikke kjent for Multiconsult at det er annen bebyggelse med stor verdi innenfor sonen. |
| Vei, ÅDT                | 2        | 1     | 2     | FV 515 som går gjennom sonen har en ÅDT på ca. 800.                                          |
| Toglinje, bruk          | 2        | 0     | 0     | Ingen jernbane                                                                               |

| Faktor                  | Vekttall | Score | Poeng | Kommentar                                                                                           |
|-------------------------|----------|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kraftnett               | 1        | 0     | 0     | Basert på flyfoto fra 2021 er det ikke strø姆ledninger i luftspenn gjennom faresonen. Antar «lokal». |
| Oppdemming og flodbølge | 2        | 1     | 2     | Antar liten fare for oppdemning.                                                                    |
| Sum                     |          |       | 16    | 16 poeng gir konsekvensklasse «Alvorlig» som går fra 7-22 poeng.                                    |

### A.3 Risikoklasser

Vurdering av risikoklasse gjøres med utgangspunkt i kapittel 4.3 i NVE ekstern rapport nr. 9/2020, gjengitt under i Tabell 3-1. Risiko er her beregnet som faregradsscore i prosent av maksimal score multiplisert med skadekonsekvensscore i prosent av maksimal score.

Tabell 3-1: Risikoklasser iht. NVE ekstern rapport nr. 9/2020

| Risikoklasse | Tallverdi      |
|--------------|----------------|
| 1            | 0 – 170        |
| 2            | 171 – 630      |
| 3            | 631 – 1 900    |
| 4            | 1 901 – 3 200  |
| 5            | 3 201 – 10 000 |

Utført vurdering av faregrad og konsekvens gir risiko (skadekonsekvens x faregrad) på  $(16/51 * 16/45) * 100\% = 1115$  poeng, tilsvarende risikoklasse 3.