



Project no. – Project name: 80102 - HVDC EXPANSION Halden & Charleston	Nexans document number: 00723880
Document title: RIG-N-001_Områdestabilitet	Page: 1 of 23

Scope:

The ground investigation has detected brittle material under the stone filling. According to NVE “Noregs vassdrags- og energidirektorat” the area stability has to be assessed.

There is a quick clay zone with a release area extending approximately 34 m backwards from the seafront and an outlet area that runs approx. 51 m into the sea.

The quick clay zone has the following classification:

- Hazard class: Medium
- Damage consequence: Less serious
- Risk class: 1

Stability calculations show that the current situation has satisfactory factor of safety. Planned completion in connection with the expansion of the factory area at Nexans leads to the factor of safety is reduced and measures must be taken to ensure adequate factor of safety according to NVE's guide.

The measure is considered to be feasible according to current rules and regulations regarding safety with regard to landslides in quick clay masses / masses with brittle fracture properties.

B	2021-08-25	Issued for Construction	LEH	KER	RNO	LTA
A	2021-08-18	Issued for IDC	LEH	KER	RNO	LTA
Rev:	Date:	Reason for Issue:	Prepared:	Checked:	Approved:	Released:

--	--	--	--	--	--	--

NEXANS NORWAY AS

P.O. Box 6450, Etterstad, NO-0605 Oslo, Norway

NEXANS CONFIDENTIAL. All rights reserved. Nexans Norway AS. Passing on and copying of this document, use and communication of its content is not permitted without prior written authorization.

GEOTEKNISK NOTAT					
Oppdrag: Områdestabilitet		Vår ref.:		Side: 2 av 23	
Oppdragsgiver: Nexans Norway AS		Rev: 00		Dato: 02.07.21	
Prosjekt nr: 22739		Dokumentnummer: 22739-RIG-N-001			
Saksbehandler: Lars Erik Haug					
Til: Knut Waldahl Eriksen					
Kopi: Rune Nordal, Helge Hovland, Lasse Jakobsen					
00	02.07.21	Områdestabilitet	LEH	BG	LEH
REV.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av

Sammendrag

AFRY Norway AS (AFRY) er engasjert av Nexans Norway AS (Nexans) for å utføre geotekniske grunnundersøkelser, vurdere områdestabiliteten og utføre geoteknisk prosjektering for "HVDC expansion project" ved deres produksjonsfabrikk ved Knivsøy i Halden Kommune. Resultatene fra grunnundersøkelsene er presentert i ref. [1].

Det er registrert en kvikkleiresone med et løsneområde som strekker seg ca. 34 m bakover fra sjøkanten og et utløpsområde som går ca. 51 m ut i sjøen.

Kvikkleiresonen har følgende klassifisering:

Faregradsklasse: Middels

Skadekonsekvens: Mindre alvorlig

Risikoklasse: 1

Stabilitetsberegninger viser at dagens situasjon har tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet for utglidning. Planlagt oppfylling i forbindelse med utvidelse av fabrikkområdet på Nexans fører til at den beregningsmessig sikkerheten blir redusert og det må gjøres tiltak for å ivareta tilstrekkelig sikkerhet for utglidning i henhold til NVE sin veileder [4].

Tiltaket anses for å være gjennomførbar iht. gjeldende regler og forskrifter hva angår sikkerhet mht. skred i kvikkleiremasser/masser med sprøbruddsegenskaper.

Detaljer fremgår av notatet.

Kontoradresse:
AFRY Norway AS

Lilleakerveien 8
0283 OSLO

Fakturaadresse:
AFRY Norway AS/ firma
224
Fakturaavd.
Postboks 18, Lilleaker
0216 Oslo

Telefon:
(+47) 24 10 10 10

E-post:
info.no@afry.com

Organisasjonsnr.:
915 229 719

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	5
2. Områdebeskrivelse	5
2.1 Område.....	5
2.2 Topografi.....	5
2.3 Historiske endringer	7
3. Grunnforhold	8
3.1 Grunnforhold.....	8
3.2 Dybder til antatt berg	8
3.3 Resultater fra laboratorieundersøkelser	9
3.4 Grunnvann.....	9
3.5 Behov for supplerende grunnundersøkelser.....	9
4. Områdestabilitet.....	9
4.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området.....	9
4.2 Avgrens områder med mulig kvikkleire	10
4.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	10
4.4 Bestem tiltakskategori	12
4.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulige løsneområder. 13	
4.6 Befaring	14
4.7 Gjennomføring av grunnundersøkelser	14
4.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområdet.....	15
4.9 Klassifiser faresoner	16
4.10 Stabilitetsberegninger	18
5. Konklusjon	22
6. Bane Nor.....	23
7. Referanser.....	23
7.1 Referanseliste	23

Figurliste

Figur 1: Oversiktsbilde fr 1881.no sin kartløsning.....	5
Figur 2: Profil over prosjektområdet.....	6
Figur 3: Utsnitt av borplan, viser plasseringen av utførte boringer.....	6
Figur 4: Flyfoto fra området over flere år [1948-2019]	7
Figur 5: Dybder til berg.....	8
Figur 6: Oversiktskart som viser hvor det er påvist kvikkleire	10
Figur 7: Oversiktskart, viser hvor det er sannsynlig med forekomst av sammenhengende kvikkleire..	10
Figur 8: Høydeprofil fra jordet i nord, ned over parkeringsområdet I sør.....	11
Figur 9: Utsnitt fra Norgeskart sin kartløsning som viser dybdene i sjø.....	11
Figur 10: Aktsomhetssoner basert på terrengkriterier.....	12
Figur 11: Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor F_{cu} og F_{ϕ}	13
Figur 12: Potensielt løsneområde basert på terrengkriterier.....	14
Figur 13: Flytskjema for vurdering av skredmekanismer	15
Figur 14: Avgrensning av faresonen.....	16
Figur 15: Faresone basert på mulig skredtype iht. NVE sin veileder	16
Figur 16: Plassering av beregningsprofiler A-A og profil A-A.....	19
Figur 17: Dagens situasjon F_c og F_{ϕ}	20
Figur 18 Terrenget oppfylt til flomsikkert nivå på kote +2,5, F_c og F_{ϕ}	20
Figur 19 Terrenget oppfylt til flomsikkert nivå på kote +2,5 og motfylling.....	20
Figur 20: En løsning med motfylling og lette masser i oppfyllingen.....	21
Figur 21: Beregning med spunt for å avskjære dypere glidesirkler.....	21
Figur 22: En løsning med motfylling og lette masser i oppfyllingen.....	22
Figur 23: Beregning med spunt for å avskjære dypere glidesirkler.....	22

1. Innledning

AFRY Norway AS (AFRY) er engasjert av Nexans Norway AS (Nexans) for å utføre geotekniske grunnundersøkelser, vurdere områdestabiliteten og utføre geoteknisk prosjektering for "HVDC expansion project" ved deres produksjonsfabrikk ved Knivsøy i Halden Kommune. Resultatene fra grunnundersøkelsene er presentert i ref. [1]. Oversiktsbilde over det aktuelle området er vist på under; aktuelt område er omtrentlig vist med rødt.



Figur 1: Oversiktsbilde fr 1881.no sin kartløsning. Det aktuelle området er omtrentlig avmerket med rødt.

Grunnundersøkelsen har påvist sprøbruddsmateriale i grunnen i en løsmasserenne som går nord-syd over området. Ifølge NVE sitt regelverk må områdestabiliteten vurderes.

Kontaktperson for oppdraget har vært Knut Waldahl Eriksen.

Foreliggende geoteknisk notat gir en oppsummering vedrørende områdestabiliteten

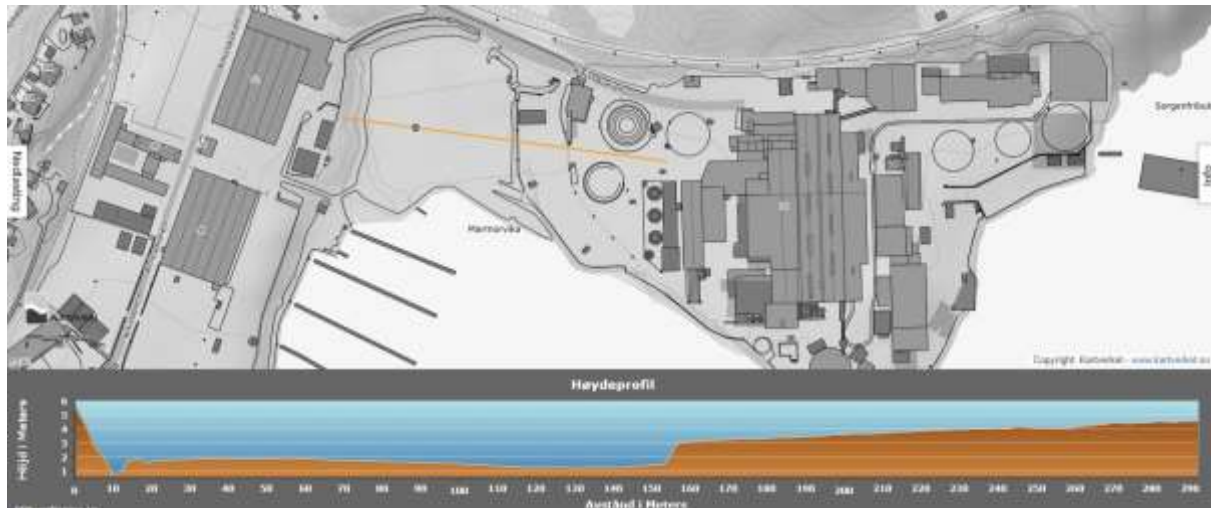
2. Områdebeskrivelse

2.1 Område

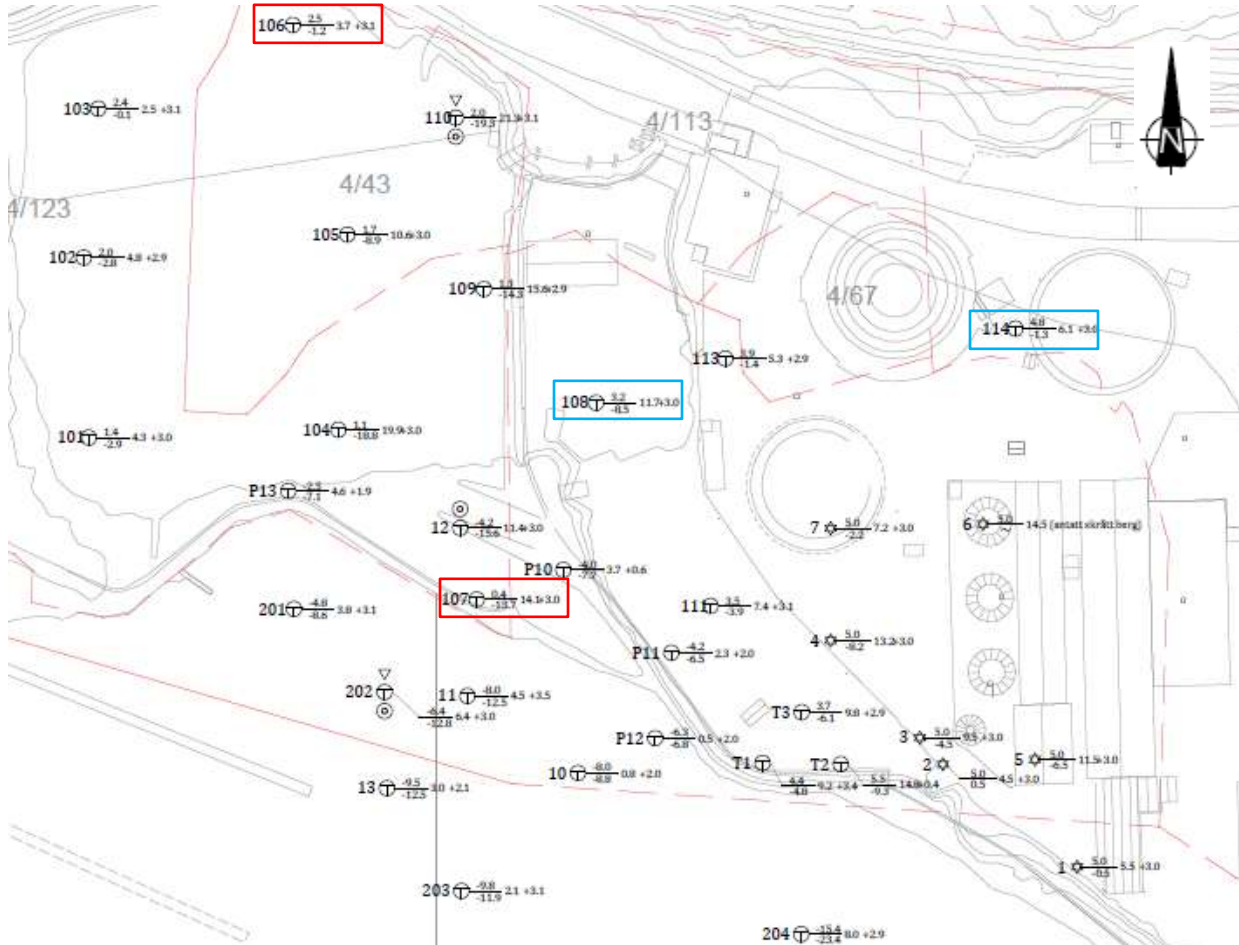
Den østre delen av området består i hovedsak av produksjonsbygninger, maskiner/utstyr og asfalterte arealer. Området mot vest er stort sett asfalterte parkeringsarealer.

2.2 Topografi

Det undersøkte området er generelt flatt. Industriområdet mot øst ligger ca. 1,5 m høyere enn parkeringsarealene mot vest, (se figur 2). Flatene på parkeringsarealene heller svakt mot sørvest.



Figur 2: Profil over prosjektområdet. Parkeringsarealene ligger ca. 1,5 m lavere en fabrikkområdet [2].



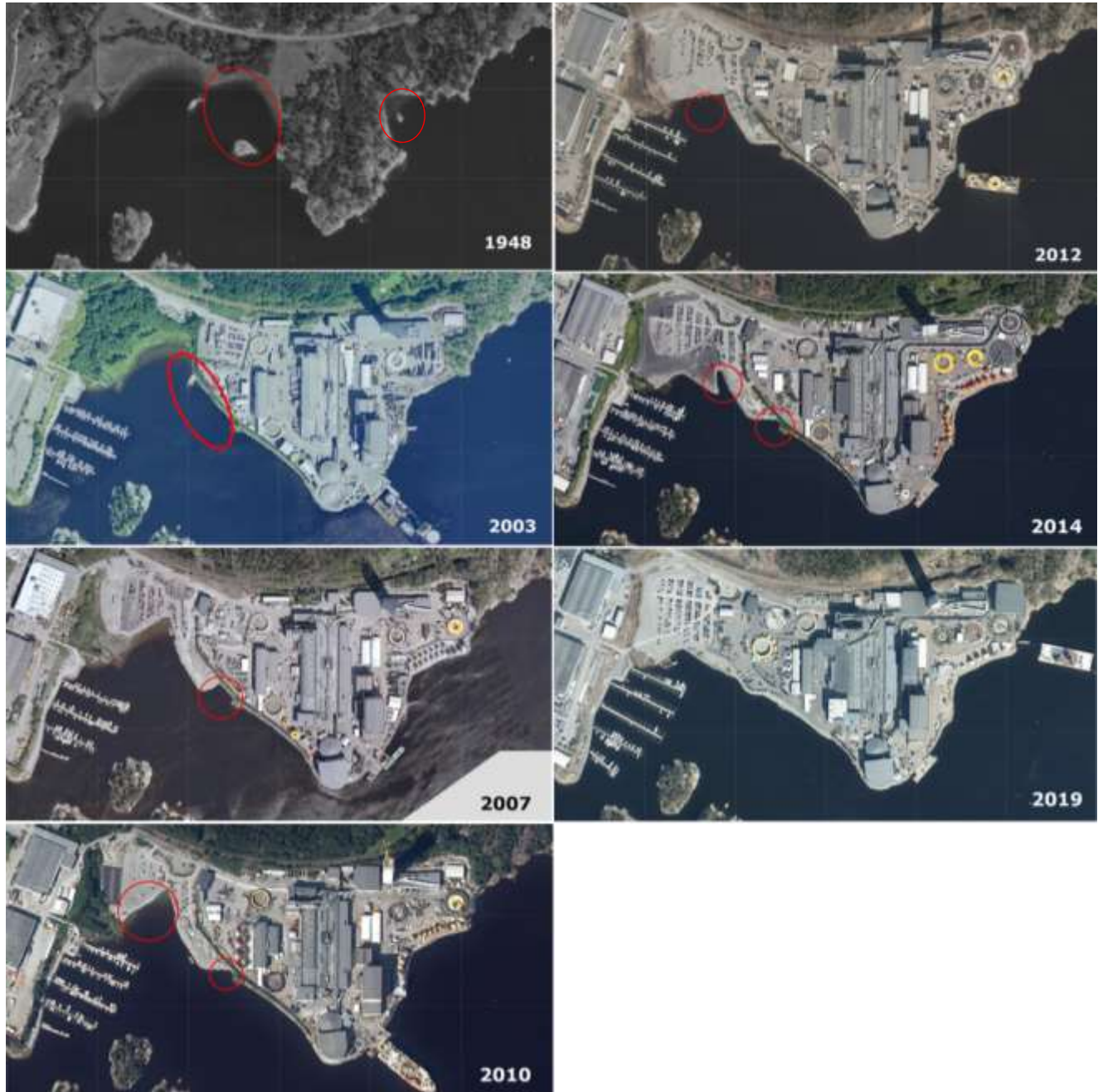
Figur 3: Utsnitt av borplan, viser plasseringen av utførte boringer.

Terrenghøyde målt ved borhull på parkeringsarealene varierer mellom kote +2.5 (borhull 106, i nord) og kote +0.4 (borhull 107, i sør). Aktuelle borhull er markert med røde rektangler på figur 3.

Terrenghøyde målt ved borhull på industriområdet varierer mellom kote +4.8 (borhull 114, i vest) og kote +3.2 (borhull 108, i øst). Aktuelle borhull er markert med blå rektangler på figur 3.

2.3 Historiske endringer

Prosjektområdet har undergått flere etapper med utfylling over mange år for å få større arealer. Ved å gå igjennom historiske foto fra 1948 frem til 2019 kan man se hvordan området har utviklet seg. (se figur på neste side, utfylt område er markert i rødt). Eksakt tidspunkt for utførelse av utfyllingene er ukjent.



Figur 4: Flyfoto fra området over flere år [1948-2019]. Områder fylt ut på følgende flyfoto er markert med rødt [3].

3. Grunnforhold

På grunn av at datarapporten [1] er utarbeidet på engelsk er grunnforholdsbeskrivelsen for området gjengitt her.

Grunnundersøkelsene ble utført av GeoStrøm AS i april 2021. Utsnitt av borplan er vist på figur 3, på forrige side.

3.1 Grunnforhold

Grunnundersøkelsene viser generelt et topplag med fyllmasser av antatt sprengstein, med en tykkelse som varierer mellom ca. 2,5 m i nord (borhull 110) og ca. 8,0 m i sør (borhull 107).

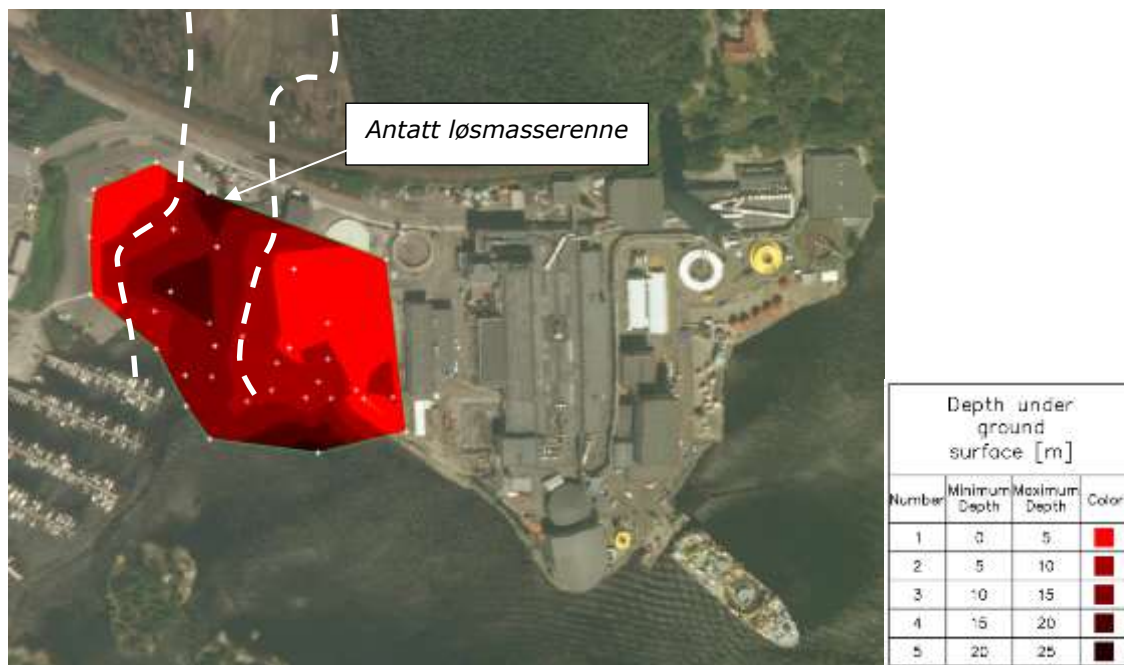
Midt over området går det en løsmasserenne med antatt bløt og sensitiv leire som er registrert som sprøbruddmateriale til relativt stor dybde. Mektigheten på leirlaget varierer mellom <0,5 m opp til ca. 17,5 m over fast grunn/antatt berg.

Mot øst og sørøst på området er det registrert stein og/eller blokk i hele borprofilen (borhull 107, 108, 109, 110, 111, 113 og 114) noe som indikerer antatt underliggende morene under steinfyllingen eller leira. Mektigheten av den antatte morena varierer mellom <0,5 m og opp til 5 m over fast grunn/antatt berg.

Boringene på sjø indikerer et topplag av antatt silt og sandig silt ned til ca. 2 m dybde. Videre er det registrert antatt bløt og sensitive leire. Tykkelsen på leirlaget varierer mellom <0,5 m og 5,5 m over fast grunn/antatt berg

3.2 Dybder til antatt berg

Totalsonderingene viser stor variasjon i dybder til antatt berg over det undersøkte området. Målte dybder til antatt berg varierer mellom 2,1 m og 21,3 m, med største dybden mot nordvest i det undersøkte området samt lenger ut på sjøen. Grunnere dybder til antatt berg er registrert mot øst og mot vest. Grunnundersøkelsene indikerer at det går en løsmasserenne nord-syd over området som omtrentlig angitt på figur 4, vist under.



Figur 5: Dybder til berg. Graderingen er utarbeidet ved hjelp av Civil3D surface analysis, ved bruk av tidligere og nye grunnundersøkelser. Borhullene er markert med hvite kryss.

3.3 Resultater fra laboratorieundersøkelser

Det er tatt opp to 54 mm prøveserier med uforstyrrede masser.

På land er det tatt opp prøveserie ved borpunkt 110 og den viser et topplag av fyllmasser bestående av sprengstein ned til ca. 2.5 m dybde. Videre er det registrert leire ned til prøveserien er avsluttet ved ca. 10 m dybde. Vanninnholdet i leira varierer mellom 38 – 60 %. Skjærfastheten s_u , i massene varierer mellom 13 kPa – 24 kPa, med et gjennomsnitt på ca. 19 kPa og har lite variasjon i dybden. Sensitiviteten i leira er middels sensitiv og varierer mellom 12 og 28.

På sjø ble det tatt opp en prøveserie ved borhull 202 og den viser et topplag av silt/sandig silt ned til ca. 2,0 m dybde, med vanninnhold mellom 23 – 50 %. Skjærfastheten s_u , for silt prøvene viser en skjærfasthet på 4 – 12 kPa og en sensitivitet på 2 – 8. Under siltlaget er det registrert leire ned til 6,0 m dybde hvor prøveserien er avsluttet. Vanninnholdet i leira varierer mellom 42 og 57 %. Skjærfastheten s_u , for leira viser en skjærfasthet på 4 – 21 kPa. Sensitiviteten er mellom 5 og 22.

3.4 Grunnvann

Det er ikke installert piezometer i forbindelse med grunnundersøkelsene. Det er forventet at grunnvannet ligger i nivå med sjøen på grunn av de åpne fyllmassene. Grunnvannsnivået vil generelt variere med nedbørsmengde og årstid.

3.5 Behov for supplerende grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser vurderes som tilstrekkelige for innledende geotekniske vurderinger. Mer detaljerte planer vil avgjøre behovet for supplerende grunnundersøkelser i detaljprosjekteringsfase for de ulike konstruksjonene.

4. Områdestabilitet

Vurdering av områdestabilitet gjøres i henhold til NVEs kvikkleireveileder (veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred») [4]. I veilederen beskrives en prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner for skred. Prosedyren skal identifisere og avgrense kvikkleireområder med potensiell skredfare. Punkt 1-3 i prosedyren kartlegger aktsomhetsområder, før en går videre med faregradsevaluering ved punkt 6-11.

4.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området

Det er ikke funnet noen kartlagte kvikkleiresoner/faresoner i nærhet til området. Imidlertid er det påvist kvikkleire i grunnen nordøst for prosjektet (lilla farge). Dette er ikke fareområder, men kun områder hvor det er påvist kvikkleire.



Figur 6: Oversiktskart som viser hvor det er påvist kvikkleire [5].

4.2 Avgrens områder med mulig kvikkleire

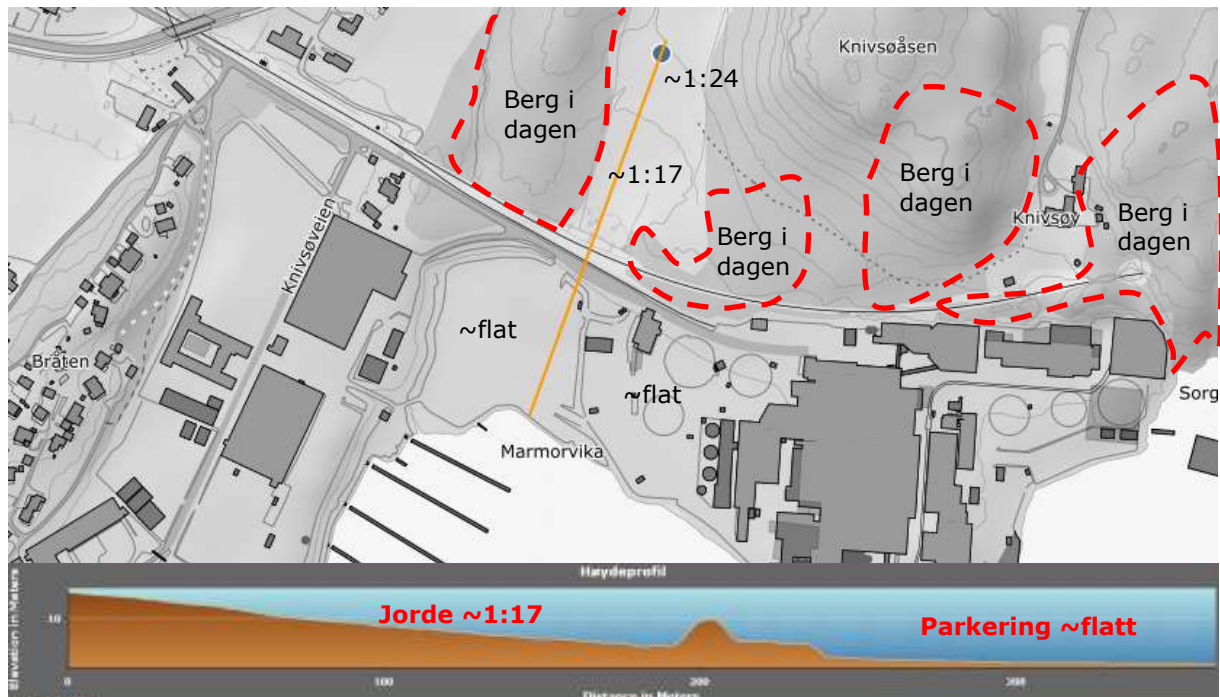
Det aktuelle området ligger under marin grense. På kartutsnitt fra NVE sin kartløsning, vist under, viser blå farge muligheter for sammenhengende forekomster av marin leire.



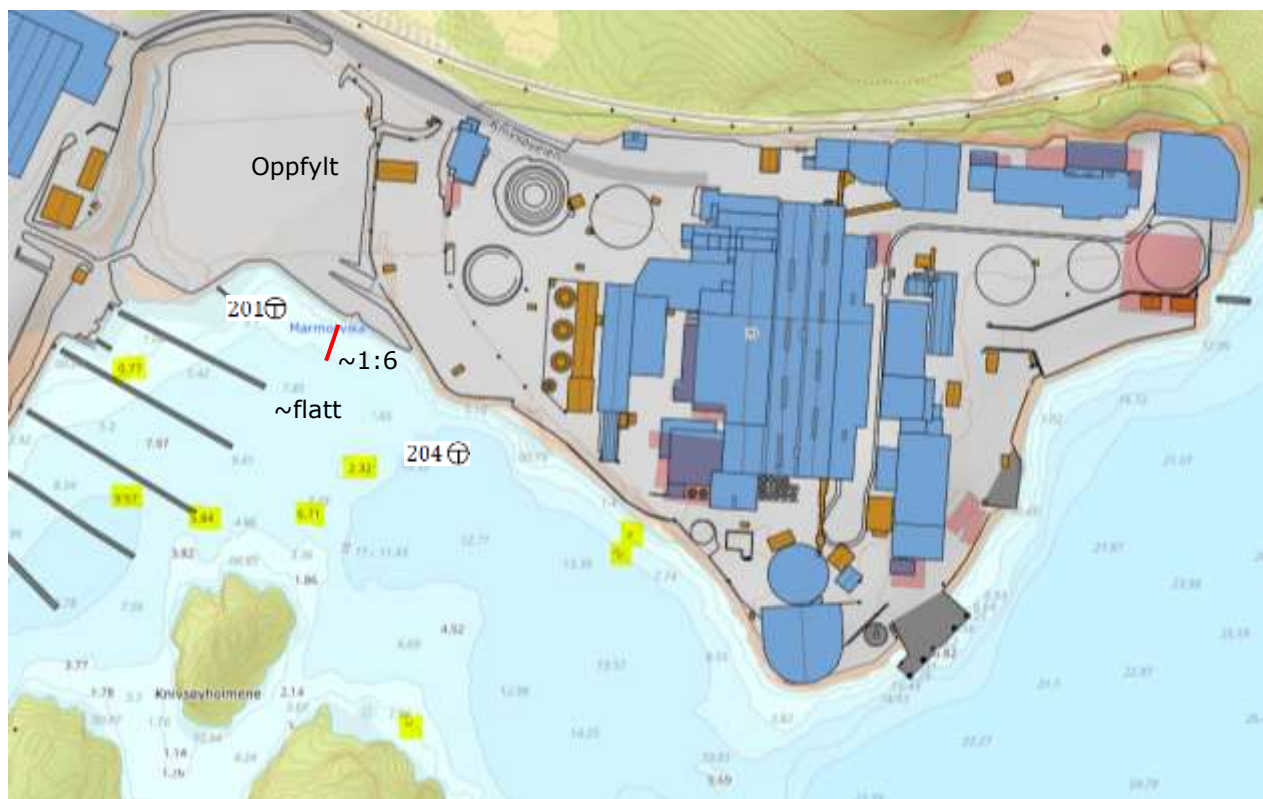
Figur 7: Oversiktskartet viser hvor det er sannsynlig med forekomst av sammenhengende kvikkleire [5].

4.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, *eller*
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter



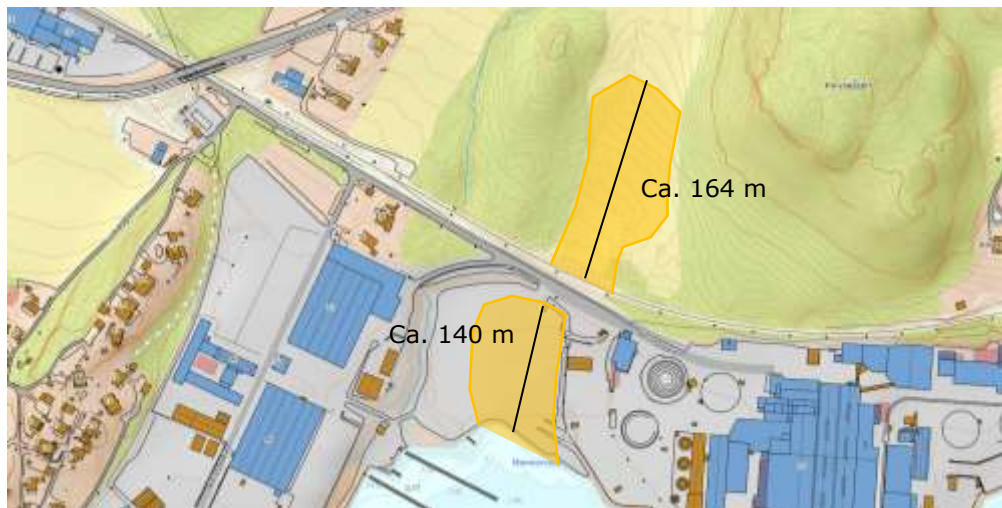
Figur 8: Høydeprofil fra jordet i nord, ned over parkeringsområdet I sør. [2]



Figur 9: Utsnitt fra Norgeskart sin kartløsning som viser dybdene i sjø [6]. Utførte borhull på sjø er omtrentlig plassert.

Dybden til sjøbunnen i området varier mellom kote -4,8 m (borhull 201, nærmest land) og kote -15.4 m (borhull 204, lengst fra land).

Ut fra terrengkriterier for aktsomhetssoner er det en skråning nord for området som har en helning på ca. 1:17 og høydeforskjellen er ca. 8,2 m. Med bakgrunn i terrengkriterier vil det her være en aktsomhetssone på ca. 164 m (vist på figur 9, under). Videre vil det også være en aktsomhetssone ute ved sjøen hvor helningen på fyllingen fra vannkanten til ned hvor det flater ut på sjøbunnen er ca. 1:6 med en høydeforskjell på ca. 7 m. Dette gir en aktsomhetssone på ca. 140 m bakover fra bunn skråning.



Figur 10: Aktsomhetssoner basert på terrengkriterier.

4.4 Bestem tiltakskategori

Tiltaket kommer under tiltakskategori K4 da det er et større industribygg med et større personopphold.

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale vegger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting Massedepotier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Tabell 1: Tiltakskategori med eksempel på type tiltak, tabell 3.2 [4].

Sikkerhetskrav for tiltakskategori K3 og K4

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten kreves det absolutte sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ ($f_s = 1,15$) og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis.

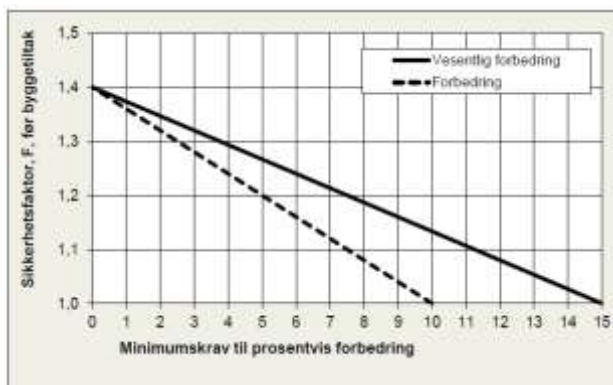
For skrånninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis.

Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser. Dersom man velger å bedre områdets stabilitet ved grunnforsterkning, må en oppnå sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ etter at sikringstiltaket er utført.

Kravet til prosentvis forbedring gjelder for alle skredmekanismer som kan berøre tiltaket, og gjelder for alle potensielle glideflater som før tiltak har lavere sikkerhet enn kravet. Ved særlig stor kompleksitet, spesielt ugunstige grunnforhold, utfordrende topografi og stor konsekvens bør større forbedring vurderes.

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	
K4	Forbedring	Vesentlig forbedring	

Tabell 2 krav til forbedring av sikkerhetsfaktor, tabell 3.3 [4].



Figur 11: Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor F_{cu} og $F_{c\phi}$, figur 3.3 [4].

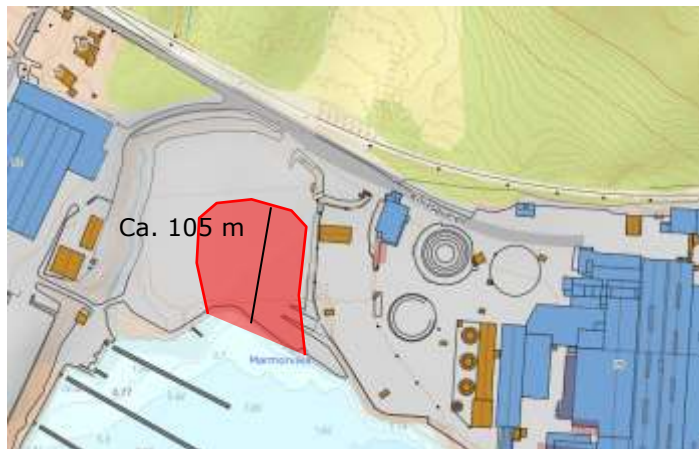
4.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skrånninger og mulige løsneområder.

Følgende topografiske kriterier legges til grunn for å tegne opp faresoner for kvikkleireskred, ref. [8].

- Oversiktskartleggingen begrenses til områder der terrenghøydeforskjellene er minst 10 m (målt fra bunn bekk, elv eller marbakke).
- Jevnt hellende terreng på land brattere enn 1:15 og marbakker brattere enn 1:6 vurderes (helning normalt på høydekotene).

Med bakgrunn i kart og profiler fra hoydedata.no er det vurdert til at det ikke er noen løsne- eller utløpsområder på land. Skrånningen fra jordet i nord har en helning på ca. 1:17 og en høydeforskjell på ca. 8 m. Imidlertid er det en aktsomhetssone og arbeider i sonen bør avklares med geotekniker om det skal gjøres terrenginngrep. Terrenginngrep som fører til avlastning i bunnen av skrånningen eller heving av terrenget på topp, må avklares spesielt.

Ut fra gamle kart er tidligere utfyllinger blitt lagt ut til toppen av marbakken, ref. [3]. Skråningen har en helning på ca. 1:6 og med en høydeforskjell på ca. 7 m. Dette gjør at marbakken har blitt en del av strandskråningen og det er et sannsynlig løsneområde for skred ut fra topografiske kriterier. Studier av en del historiske skred viser at de aller fleste retrogressive skred vil stoppe når lengden på løsneområdet bakover i forhold til skråningsfot er, $L=15H$. Dvs. at det er et potensielt løsneområde på ca. 105 m, se figur 11 under. Utløpsområdet går ut i sjøen og blir ikke vurdert nærmere.



Figur 12: Potensielt løsneområde basert på terrengkriterier.

4.6 Befaring

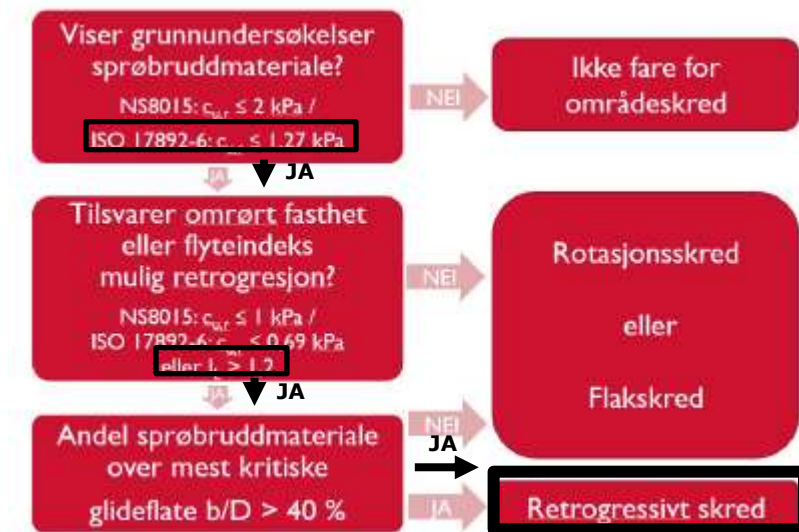
Befaring på det aktuelle området ble utført den 16. mars 2021. Siden mulig løsneområde ligger under vann og synlige arealer kun består av antatt sprengsteinsfylling, er det behov for å utføre grunnundersøkelser.

4.7 Gjennomføring av grunnundersøkelser

Grunnundersøkelsene ble gjennomført av GeoStrøm AS i april 2021, ref. [1].

Det ble påvist en løsmasserenne som går nord-syd over området hvor dybdene til fast grunn/antatt berg varierer på mellom ca. 4,5 m ved borpunkt 11 ute i sjøen i sør og 21,3 m ved borpunkt 110 i nord. Grunnundersøkelsene viser generelt ett topplag av fyllmasser av antatt sprengstein over bløt leire som har sprøbruddsegenskaper med en lav til middels sensitivitet. Leira er ikke definert som kvikkleire [1].

4.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområdet



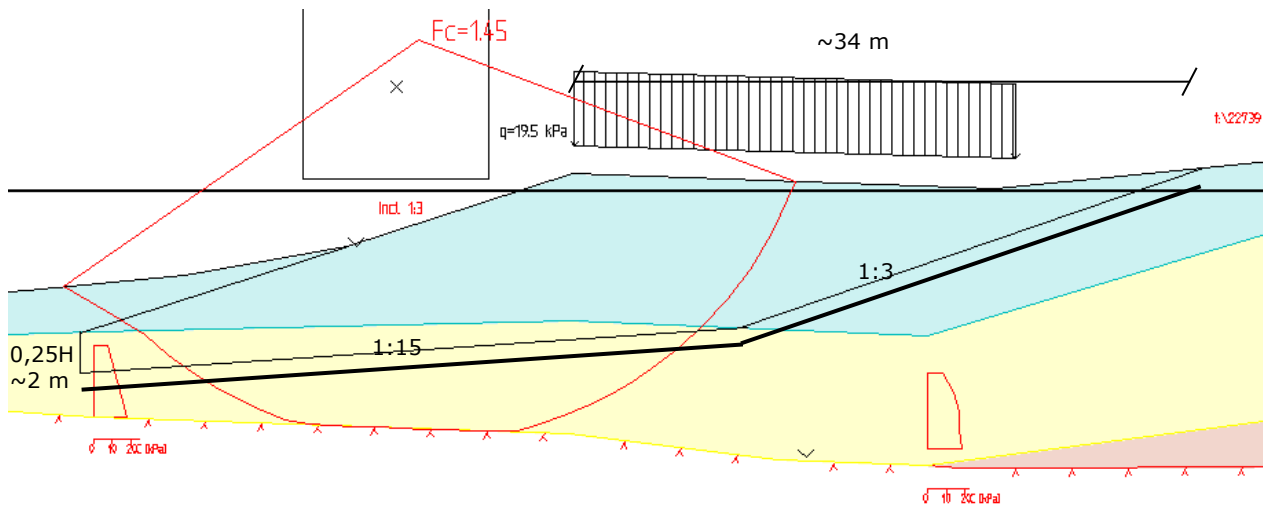
Figur 13: Flytskjema for vurdering av skredmekanismer, ref. [4].

Grunnundersøkelsene viser sprøbruddmateriale $c_{u,r} \leq 1,27$ kPa (ISO 17892-6) i hele profilet hvor det er tatt opp prøvesylindere. Det er kun en prøvesylinder (ca. 0,8 m) i prøveserie 202 som viser en $c_{u,r} \leq 0,69$ kPa og det vurderes til at dette er et for tynt lag til å kunne gi retrogressivt skred. Imidlertid er flyteindeksen I_L større enn 1,2 og aktuell skredmekanisme for skråningen er da retrogressivt skred

Et løsneområde for rotasjonsskred vil med bakgrunn i studier av historiske hendelser i Norge som regel ha $L=15H$ fra bunn skråning. Det er valgt å bruke NGI-metoden for å tegne opp faresonen.

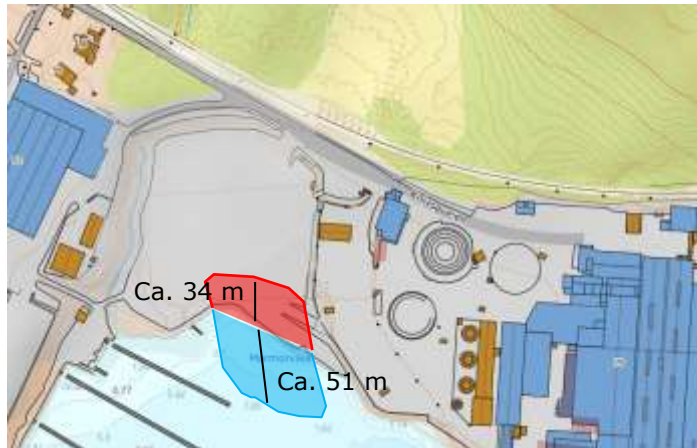
NGI-metoden: Det har blitt praktisert (av bl.a. NGI (33)) å trekke 1:15-linja fra bunn av kritiske glideflate og bakover i sprøbruddmaterialet til den skjærer ut av dette. Derfra og opp til terreng legges glideflate med helning 1:3. Denne metodikken krever at kritisk glideflate for et initialskred blir beregnet. Dersom kritisk glideflate er dypere enn $0,25H$ under skråningsfoten er den mindre relevant som et initialskred, og metoden foreslår derfor at 1:15-linja starter maksimalt $0,25H$ under skråningsfoten.

For å ta høyde for eventuelle usikkerheter i terrengprofilet som utførte grunnundersøkelser ikke har fanget opp. Er det valgt å ekstrapolere den bratte delen av utfyllinga ned til leirlaget med helning 1:3. Glidesirklene er dype og 1:15-linja er derfor lagt $0,25H$ ned i sprøbruddleira fra bunnen av den ekstrapolerte skråningen. Derfra trekkes 1:15 linja bakover i sprøbruddmaterialet. Videre går den 1:3 opp i faste masser, (vist på figur 12 på neste side). Stabilitetsberegningene er vist i kapittel 4.10.



Figur 14: Avgrensing av faresonen.

Dette gir et løseområde på ca. 34 m bak dagens strandlinje. Et utløpsområde på land gir en utstrekning på $1,5L$ hvor L er 34 m. Utløpsområdet vil da strekke seg ca. 51 m ut i sjøen med en bredde tilsvarende løseområdet. Utløpsområde i sjø kan bli vesentlig større enn på land, og et skred i sjøen kan også medføre sekundæreffekter som flodbølger, ref. [8].



Figur 15: Faresone basert på mulig skredtype iht. NVE sin veileder [4].

4.9 Klassifiser faresoner

Området skal klassifiseres med faregrad. Det gjøres med en kvalitativ metode, som baserer seg på poengverdier, beskrevet i NGI-rapporten fra 2001 [4].

Faregraden er vurdert med utgangspunkt i grunnforhold, topografi og hydrologi i området. Konsekvens er evaluert med utgangspunkt i dagens bebyggelse, konstruksjoner og infrastruktur innenfor sonen. Risikoklassen er en funksjon av faregrad og konsekvens. Det er fem risikoklasser, der 5 er høyeste nivå.

Faresonevurdering

Tabell 3 viser faresoneevalueringen for sonen. Den gir en poengsum på 23 av 51, som tilsvarer faregradsklasse middels og en prosentandel på 45 % av maksimal poengsum.

Tabell 3 Faresonevurderinger

Faktorer	Vekt-tall	Score	Poeng	Kommentar	Faregrad, score			
					3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Ikke registrert.	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde	2	0	0	Største skråning <15 m høyde	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	Leire antas normalt konsolidert	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk	3	1	3	Vurderes til å være hydrostatisk, men legger konservativt inn noe poreovertrykk.	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk	-3	0	0	Vurderes til å være hydrostatisk	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Det er IKKE påvist kvikkleire. Det er påvist sprøbruddmateriale. Konservativ antagelse med sprøbruddmateriale H/3	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	1	1	Variierende. 2-28	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	0	0	Ingen	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	3	9	Området er fylt ut med sprengstein.	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	0	0	Ingen forbedring	Stor	Noe	Liten	Ingen
Poeng			23					
Faregradsklasse			Middels		Faregradsklasse			
					Lav	Middels	Høy	
					0-17	18-25	26-51	

Skadekonsekvensvurdering

I forbindelse med faresoneevalueringen er det gjort en egen vurdering av skadekonsekvens for skred i området. Denne fremkommer i tabell 4. Poengsummen funnet i vurderingen er 0 av 45, som tilsvarer 0 % av maksimal poengsum. Dette plasserer planområdet i skadekonsekvensklasse mindre alvorlig.

Tabell 4 Skadekonsekvensvurdering

Faktorer	Vekt tall	Konsekvens, score				Score	Poeng	Kommentar
		3	2	1	0			
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt <5	Ingen	0	0	Ingen eneboliger innenfor sonen
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	<10	Ingen	0	0	Ingen næringsbygg innenfor sonen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0	Ingen annen bebyggelse innenfor sonen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	0	0	Ingen vei innenfor sonen
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	0	0	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	0	0	Ingen
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	0	0	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0		0	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		0 %	
Skadekonsekvensklasse								
		Meget alvorlig	Alvorlig	Mindre alvorlig				
		23-45 poeng	7-22	0-6				

Risikoklasse

Risiko er lik skadekonsekvens multiplisert med faregrad. Tallverdien for risiko er definert som produktet av %-tallet for skadekonsekvens og faregrad som angitt over. Det er 5 risikoklasser:

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

Kvikkleiresonen får poengsummen $0 \times 45 = 0$. Sonen plasseres dermed i risikoklasse 1.

Oppsummering

Faregradsklasse: Middels

Skadekonsekvens: Mindre alvorlig

Risikoklasse: 1

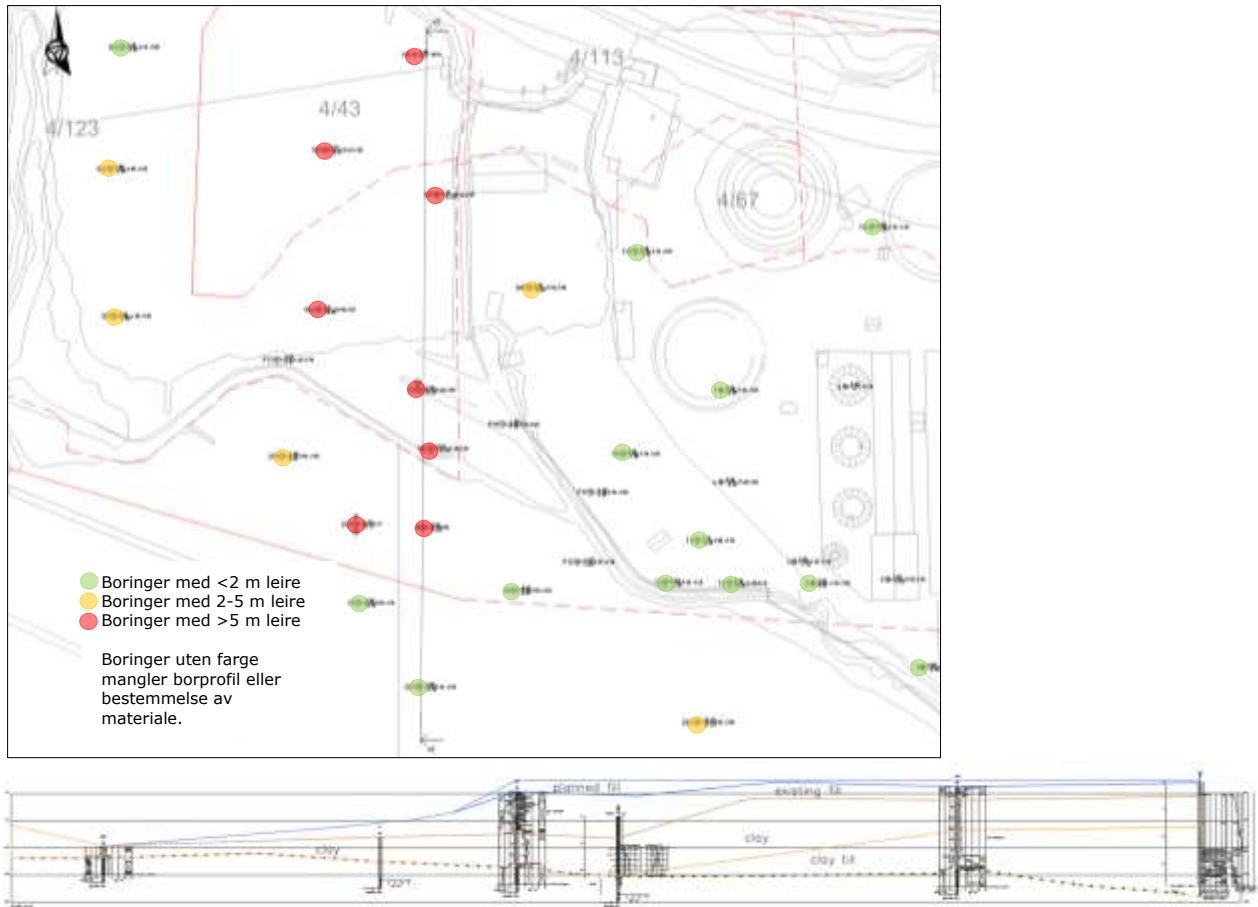
4.10 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegningene er vist i detalj i beregningshefte 22793-RIG-TB-001, datert 25.06.2021 [7]. Stabiliteten er beregnet i et profil ut i sjøen; snitt A – A, hhv. nord-syd over tomta. Det er gjort stabilitetsberegninger, både udrenert- og drenert analyse. Totalspenningsanalyse tar hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen, mens effektivspenningsanalysen er

representativ for en langtidssituasjon. Hensikten med stabilitetsberegningene er å vurdere om skråningsstabiliteten tilfredsstiller NVE sine krav til sikkerhet.

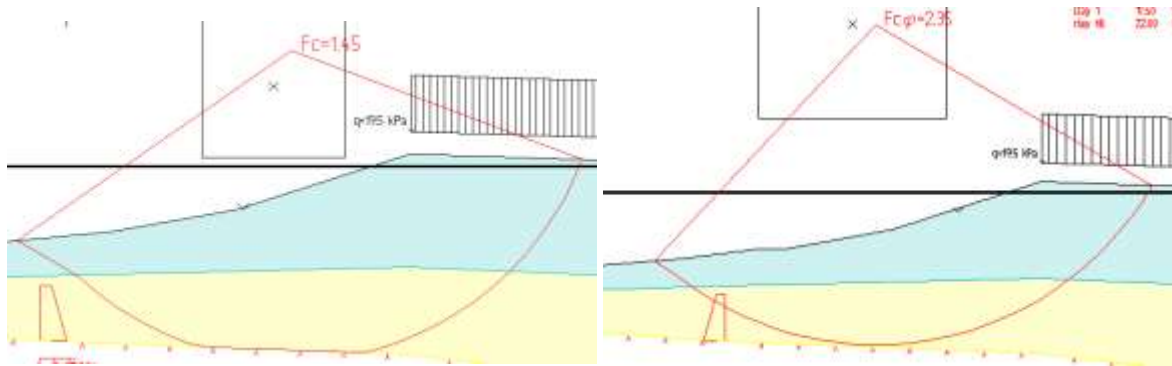
For tiltak i tiltakskategori K4, i soner med middels faregrad, stilles det krav om en sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis. Dersom tiltaket forverrer stabiliteten kreves det absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$, ($f_s = 1,15$) og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene

Plassering av beregningsprofilene er vist i figur 14, vist under. Stabilitetsvurderingene er gjort for dagens situasjon, og for situasjon etter utfylling.



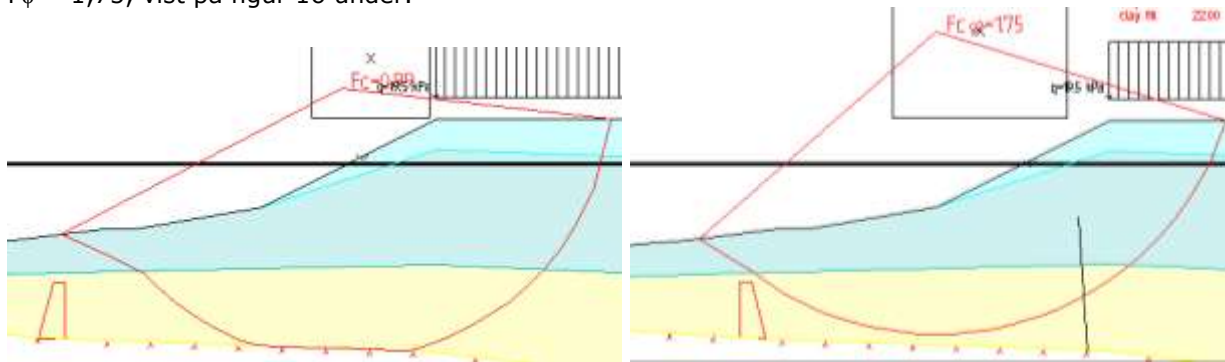
Figur 16: Plassering av beregningsprofiler A-A vist over og profil A-A er vist under.

Beregning utført på dagens situasjon viser tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet med en sikkerhet på $F_c = 1,45$ og $F_\phi = 2,35$, vist på figur 15 på neste side.



Figur 17: Dagens situasjon Fc til venstre og F ϕ til høyre.

Ved oppfylling til flomsikkert nivå, kote +2,5 synker beregningsmessig sikkerhet til $F_c = 0,99$ og $F_\phi = 1,75$, vist på figur 16 under.

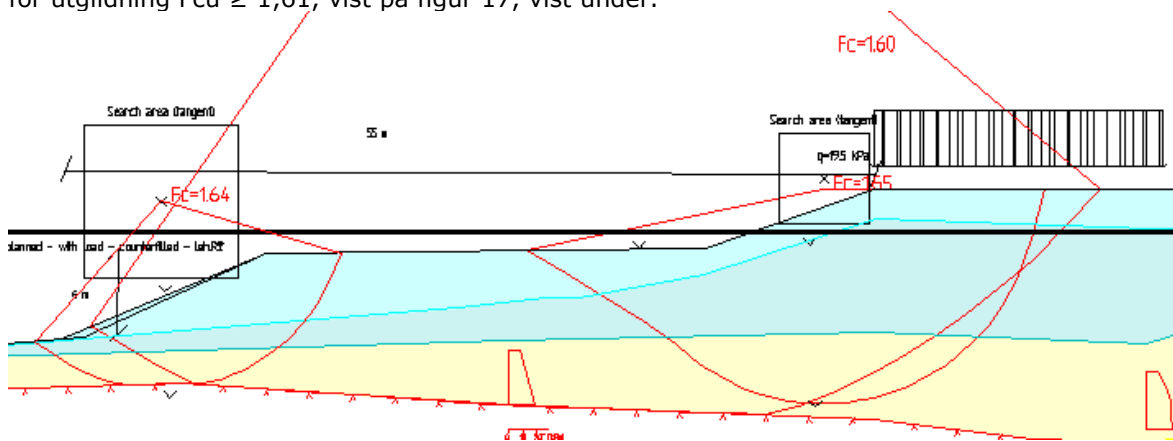


Figur 18 Terrenget oppfylt til flomsikkert nivå på kote +2,5, Fc til venstre og F ϕ til høyre.

Siden tiltaket forverrer stabiliteten, krever NVE sin veileder 1/2019 absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$, ($f_s = 1,15$), dvs. $F_{cu} \geq 1,61$

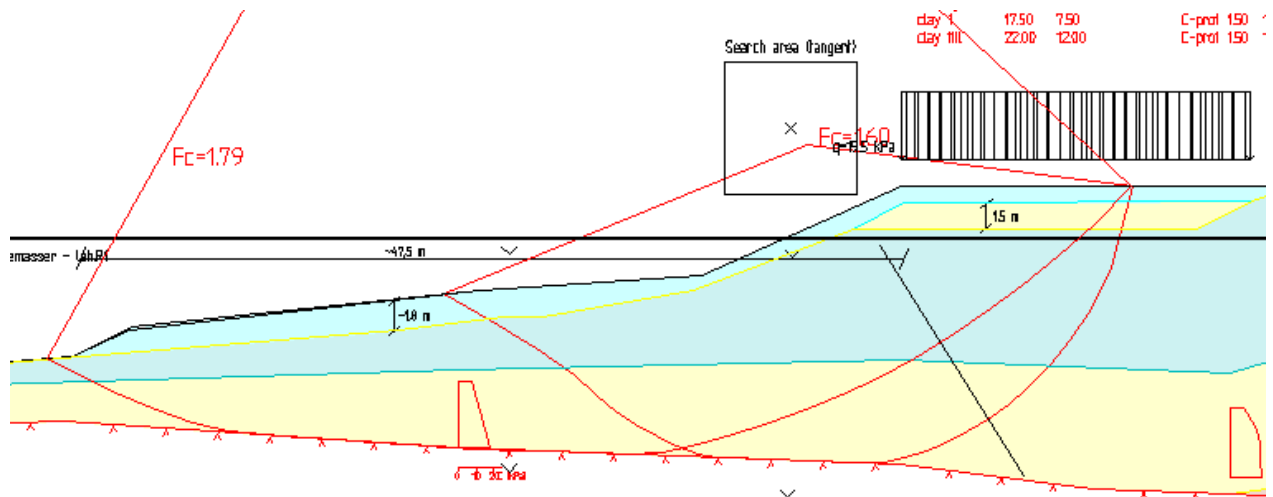
Det er ikke gjort beregninger på drenert situasjon siden sikkerheten for utglidningen var tilfredsstillende uten motfylling.

For å tilfredsstille NVE sine krav må det dokumenteres tiltak som forbedrer sikkerheten. Ved å etablere en ca. 6 m høy motfylling som går ca. 55 m ut i sjøen oppnås tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet for utglidning $F_{cu} \geq 1,61$, vist på figur 17, vist under.



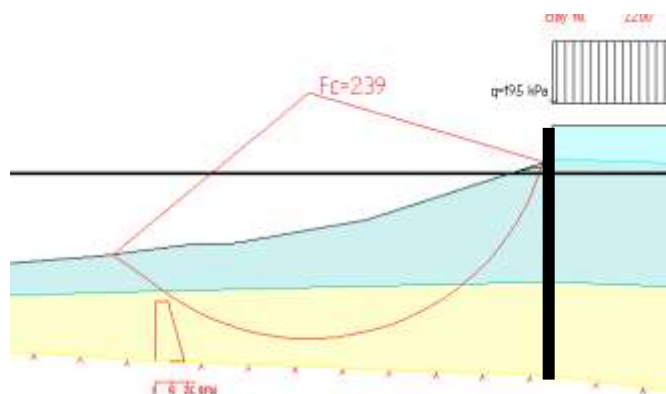
Figur 19 Terrenget oppfylt til flomsikkert nivå på kote +2,5 og motfylling.

Det kan også benyttes en kombinert løsning med lette masser og motfylling. Beregningsmessig sikkerhet blir da $F_c > 1,6$, vist på figur 18.



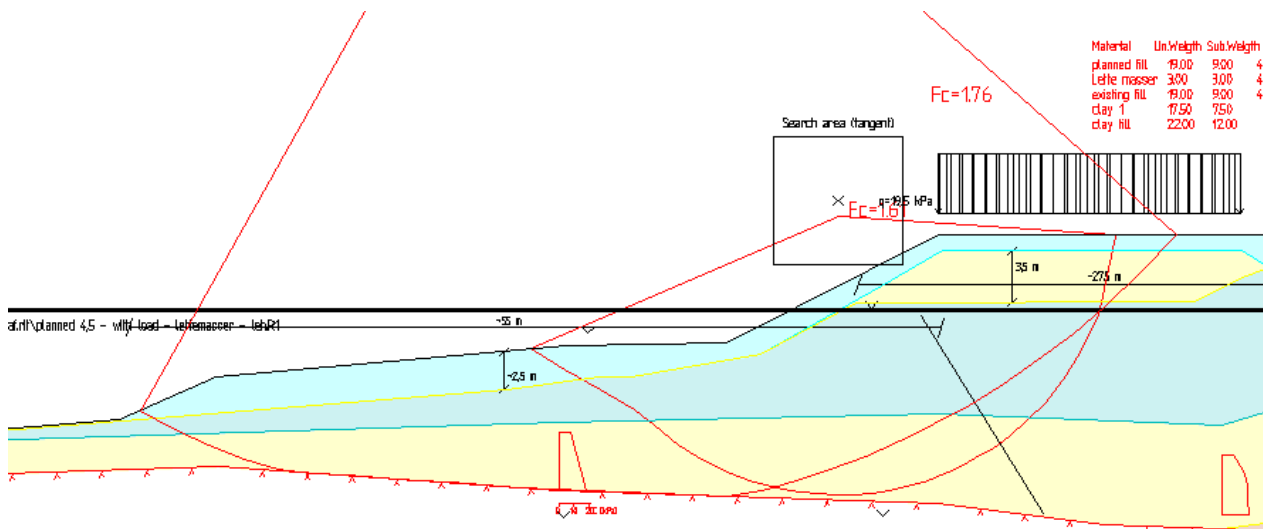
Figur 20: En løsning med motfylling og lette masser i oppfyllingen.

Alternativt kan det settes ned en spunt for å avskjære glidesirkler som kommer i forbindelse med oppfyllingen, vist på figur 19. Spunten må settes før det fylles opp. Spunten må detaljprosjekteres av geoteknikk sakkyndig dersom det blir aktuelt.



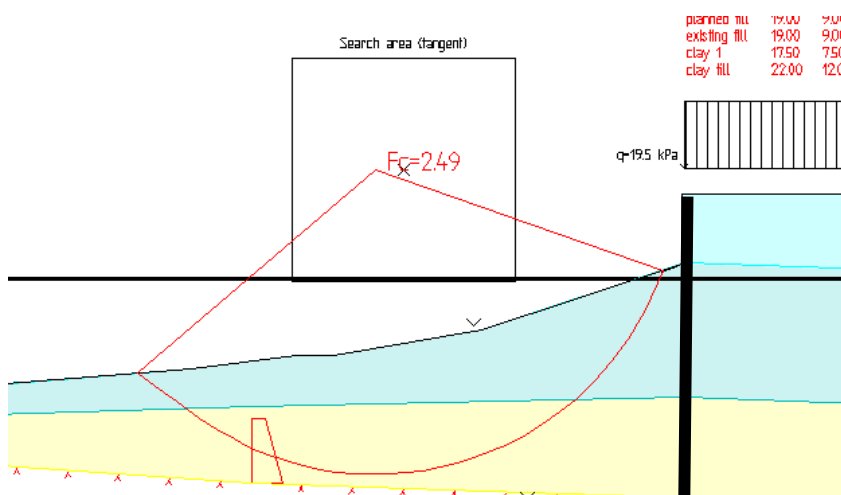
Figur 21: Beregning med spunt for å avskjære dypere glidesirkler. settes før oppfylling.

Siste planer viser en planlagt oppfylling til kote +4,5. Ved en slik oppfylling kan også benyttes en kombinert løsning med lette masser og motfylling. Beregningsmessig sikkerhet blir $F_c > 1,6$. Utsnitt fra beregningen er vist på figur 20, på neste side.



Figur 22: En løsning med motfylling og lette masser i oppfyllingen.

Alternativt kan det også med denne fyllingshøyden settes ned en spunt for å avskjære glidesirkler som kommer i forbindelse med oppfyllingen, vist under på figur 21.



Figur 23: Beregning med spunt for å avskjære dypere glidesirkler. settes før oppfylling.

5. Konklusjon

Det er registrert en kvikkleiresone som strekker seg ca. 34 m bakover fra sjøkanten og en utløpssone som går ca. 51 m ut i sjøen, vist på figur 13.

Kvikkleiresonen har følgende klassifisering:

Faregradsklasse: Middels

Skadekonsekvens: Mindre alvorlig

Risikoklasse: 1

Stabilitetsberegninger viser at dagens situasjon har tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet for utglidning. Planlagt oppfylling i forbindelse med utvidelse av fabrikkområdet på Nexans fører til at den beregningsmessig sikkerheten blir redusert og det må gjøres tiltak eksempelvis i form av motfylling, en kombinert løsning med lettemasser og motfylling eller en avskjærende avstivet spunt til berg, for å ivareta tilstrekkelig sikkerhet for utglidning i henhold til NVE sin veileder [4]

Tiltaket anses derfor å være gjennomførbar iht. gjeldende regler og forskrifter hva angår sikkerhet mht. skred i kvikkleiremasser/masser med sprøbruddsegenskaper.

6. Bane Nor

I forbindelse med detaljregulering for utvidelse av fabrikkområde ved Nexans Norway AS er det mottatt brev fra Bane Nor, datert 31.05.2021 vedrørende innspill til reguleringen.

«Bane NOR vil ikke kunne akseptere et planforslag som gir negative konsekvenser eller fører til økt risiko for jernbanen. Vi forutsetter dermed at vår infrastruktur vurderes i ROS-analysen og at det utarbeides en geoteknisk rapport. Det må dokumenteres at planlagte tiltak ikke vil påvirke jernbanens stabilitet negativt, risikoreduserende tiltak må implementeres i planen dersom det viser seg at tiltakene kan føre til økt risiko og negative konsekvenser for vår infrastruktur.»

Vedrørende geoteknikk skal det ikke gjøres noen tiltak innenfor 30 m fra senter linje for jernbanen. Det er utarbeidet en geoteknisk datarapport for utførte grunnundersøkelser samt et geoteknisk notat vedrørende områdestabiliteten i forbindelse med detaljreguleringen (foreliggende notat).

Ut fra foreløpige planer vil grunn graving ivaretas med slake graveskråninger og dypere graving vil gjøres innenfor spunt. Det er forventet at ingen av arbeidene vil gi negative konsekvenser eller gi økt risiko for jernbanen. Det vil utarbeides prosjekteringsnotater for de ulike problemstillingene for prosjektet når endelige planer foreligger.

Dersom det i detaljprosjekteringen blir endringer på nåværende planer vil det påses at arbeidene ikke vil gi negative konsekvenser eller gi økt risiko for jernbanen, samt at eventuelle arbeider innenfor 30 m fra spormidtd gjøres i samråd med Bane Nor.

7. Referanser

7.1 Referanseliste

- [1] AFRY Norway AS, geoteknisk datarapport 00705805 22739-RIG-R-01, datert 03.06.2021
- [2] Kartverket, „Høydedata,“ Kartverket. [Online]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [3] 1881 Group, „Opplysningen 1881,“ Opplysningen 1881. [Online]. Available: <https://www.1881.no/>.
- [4] NVE Veileder 1/2019, "Sikkerhet mot kvikkleireskred"
- [5] NVE, „Temakart,“ Kartverket. [Online]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.
- [6] Kartverket, "Norgeskart,“ Kartverket. [Online]. Available: <https://www.norgeskart.no>.
- [7] AFRY Norway AS, geoteknisk beregningshefte stabilitet 22739-GEO-TB-01, datert 26.06.2021
- [8] NVE ekstern rapport, 9/2020, " Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse».