

Olav Eikenæs AS

► Sandane terrasse

Vurdering av områdestabilitet etter NVE-veileder 1/2019.

Kvikkleiresone 2412 Kråna.

Oppdragsnr.: 52110161 Dokumentnr.: 52110161-RIG-R002 Versjon: C02 Dato: 2022-08-19



Oppdragsgiver: Olav Eikenæs AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Jarle Aarseth
Rådgiver: Norconsult AS, Campus Fosshaugane, Trolladalen 30, NO-6856 Sogndal
Oppdragsleder: Beate Kvalsund
Fagansvarlig: Beate Kvalsund
Andre nøkkelpersoner: Ingelin Gjengedal

C02	2022-08-19	For gjennomgåelse/kommentar hos eksterne parter	BeKva	IngGj	BeKva
C01	2022-06-21	For gjennomgåelse/kommentar hos eksterne parter	BeKva	IngGj	BeKva
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

► Sammen drag

Norconsult har utført en utredning av områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019 for kvikkleirefasesonen 2412 Kråna i Gloppen kommune i forbindelse med planlagt utbygging innenfor kvikkleirefasesonen.

Det er utført stabilitet for to profiler innenfor sonen. Det er gjort en vurdering av lagdelingen basert på nye grunnundersøkelser på land og eldre grunnundersøkelser som er utført på sjø.

Grunnforholdene på land består av gamle fyllmasser ned til gammel sjøbunn, deretter er det stedlige løsmasser av silt og sand. Det er registrert fyllmasser ned til dybde 4,5 – 5 meter under dagens terreng på p-plassen. I borpunkt ST4 ble det påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale i dybde 10 – 13 meter. I borpunkt ST3 ble det tatt opp en forstyrret prøve i dybde 5 – 7 meter, hvor det ble registrert sprøbruddmateriale.

Løsmassene på sjøbunn består hovedsakelig av et lag med løst til middels fast siltig sand og bløt leirig silt. Mektighet på dette laget varierer mellom 5 til 17 meter. Dette laget har minst mektighet i sør. Under dette laget er det et fastere lag. Det er kun påvist berg i 4 borpunkt (K-4, K-5, K-9 og K-10). Basert på totalsonderinger, så ser det ut til at dybde til berg øker inn mot land.

Ut fra de tidligere utførte grunnundersøkelsene [3] [4] så ligger sprøbruddmateriale litt spredt i dybden under gammel sjøbunn. Det er vanskelig å gi noe eksakt omfang, og det er derfor gjort en konservativ vurdering at sprøbruddmaterialet finnes i lag hvor det leire eller silt.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten er under sikkerhetskravet for udrenert-/korttidsanalyse som er gitt i NVE veileder 1/2019. Beregnet sikkerhet for drenert-/langtidsanalyse er over sikkerhetskravet gitt i NVE veilederen. Lavest beregnet sikkerhet i udrenert-/korttidsanalyse er på 1,20.

For byggetiltak som befinner seg utenfor influensområdet til en skråning (bak 2H-linjen ref. kapittel 5.1.1), er det tilstrekkelig å dokumentere en robusthet på skråningen. Dette er dokumentert for faresonen.

Supplerende grunnundersøkelser på sjø og dels på land, kan bidra til økt styrkeparametere for løsmassene. Som kan medføre bedre stabilitet i faresonen.

All utbygging innenfor en kvikkleiresone skal ikke forverre stabiliteten, og det må dokumentere tilstrekkelig stabilitet for sitt tiltak iht. gjeldende regelverk (Eurokoder). Foreløpige beregninger med laster av nybygg viser at det er for lav sikkerhet (mindre enn 1,6) i forhold til krav gitt i Eurokode ved direkte fundamentering av nybygget, mens for påbygget er det beregnet er sikkerhet over 1,6.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	NVE regionale kvikkleirekartlegging	6
2	Tiltak og tiltakskategori	7
3	Regelverk og krav	7
3.1	Krav	7
3.1.1	<i>Influensområdet</i>	7
4	Topografi og overordnet grunnforhold	8
4.1	Topografi og grunnforhold	8
4.1.1	<i>Tidligere og nye grunnundersøkelser</i>	10
4.1.2	<i>Tidligere strandsone</i>	11
4.1.3	<i>Grunnvannstand</i>	11
5	Kritisk terrengsnitt	13
5.1.1	<i>Skråninger utenfor influensområdet</i>	14
5.1.2	<i>Tiltaket</i>	15
6	Lagdeling og poretrykk	16
6.1	Lagdeling	16
6.2	Poretrykk	16
7	Stabilitetsberegninger	16
7.1	Beregningsverktøy	16
7.2	Materiale parameter	16
7.2.1	<i>Skjærstyrkeprofil</i>	17
7.3	Belastninger	18
7.4	Resultater	19
8	Vurdering av løsne- og utløpsområder	20
8.1	Løsneområder	20
8.2	Utløpsområder	20
9	Klassifisering av faresone	21
9.1	Faregradsklassifisering	21
9.2	Konsekvensklassifisering	21
9.3	Risikoklasse	22
10	Konklusjon	22
11	Referanser	23

Tegninger

Tegningsnr.	Innhold	Format	Målestokk
V01	Oversikt utførte grunnundersøkelser	A1	1:750
V02	Løsne- og utløpsområde	A1	1:2000
V11	Beregningsprofil A-A	A1 – forlenget	1:200
V12	Beregningsprofil B-B	A1 – forlenget	1:200
V21	Stabilitetsberegninger, profil A-A – udrenert analyse	A1 – forlenget	1:200
V22	Stabilitetsberegninger, profil A-A – drenert analyse	A1 – forlenget	1:200
V23	Stabilitetsberegninger, profil B-B – udrenert analyse	A1 – forlenget	1:200
V24	Stabilitetsberegninger, profil B-B – drenert analyse	A1 – forlenget	1:200
V25	Stabilitetsberegninger, profil B-B – udrenert analyse	A1 – forlenget	1:200

Vedlegg

Tegningsnr.	Innhold	Format	Målestokk
1.	Skjærprofil K1	A4	-
2.	Skjærprofil ST4	A4	-

1 Innledning

I forbindelse med planlagt utbygging på gnr./bnr. 69/22 utfører Norconsult vurdering av områdestabilitet etter NVE veileder 1/2019 [3]. Norconsult har i forkant utført geotekniske grunnundersøkelser [4] på tomten.

Området hvor det planlegges utbygging er vist med markør på Figur 1.

Alle kotehøyder er gitt i referansesystem NN2000 med mindre annet er opplyst spesifikt.



Figur 1 Oversiktsbilde med markør av området, www.norgeskart.no

1.1 NVE regionale kvikkleirekartlegging

NVE har utført regional kvikkleirekartlegging i kommunen, og har registrert en faresone 2412 Kråna hvor planlagt byggetiltak ligger innenfor. Faresone Kråna er vurdert til faregrad 1 (lav), konsekvensklasse 3 (meget alvorlig) og risikoklasse 3.

Iht. NVE veileder 1/2019 kap.3.2 skal videre utredning fortsettes fra steg 4, bestemme tiltakskategori.

2 Tiltak og tiltakskategori

Planlagt tiltak medfører påbygg av eksisterende bygning på det aktuelle gnr/bnr., og i tillegg så skal det føres opp et nytt bygg på nåværende parkeringsplass (sør for eksisterende bygg).

Byggetiltak havner i tiltakskategori K4.

3 Regelverk og krav

I plan- og bygningsloven PBL teknisk forskrift TEK17 §7-1 er det angitt at «Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger». I tillegg står det «Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket».

I henhold til TEK 17 §7-3, Sikkerhet mot skred, (2) veiledning til annet ledd B henvises det til bruk av NVE-veileder 1/2019 [3] for utredning av skredfare og dokumentasjon av sikkerhet mot områdeskred. I henhold til TEK 17 §10 Konstruksjonssikkerhet, vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

Vurdering av områdestabilitet utredet iht. NVEs veileder 1/2019.

3.1 Krav

NVEs veileder anbefaler at områdestabilitetsutredning for tiltak i tiltakskategori K4 kvalitetssikres av uavhengig foretak.

Tiltakskategori K4 med lav til middels faregrad krever en forbedring av sikkerhetsfaktor, mens høy faregrad kreves det en vesentlig forbedring av sikkerhetsfaktor.

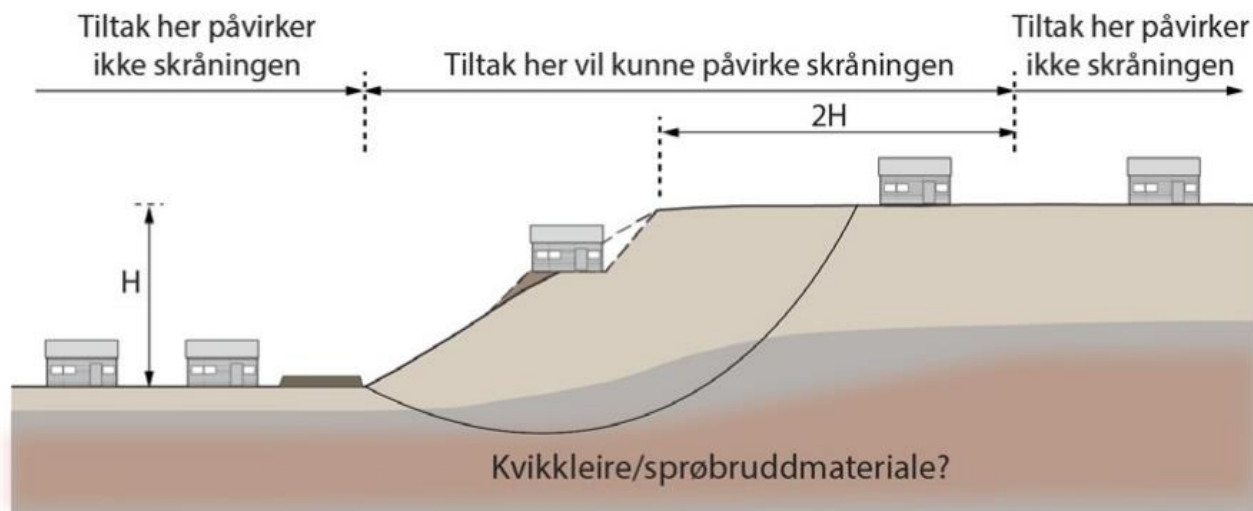
Tiltak som ...	Sikkerhetskrav korttid, F_{cu}	Sikkerhetskrav korttid, $F_{c\phi}$
... forverrer stabiliteten	$\geq 1,61$	$\geq 1,25$
... ikke forverrer stabiliteten	$\geq 1,40$	$\geq 1,25$

Dersom sikkerhetsfaktoren for eksisterende situasjon er mindre enn 1,40, tillates en relativ forbedring av sikkerheten på 0-10 % avhengig av hva sikkerheten er i utgangspunktet, selv dersom sikkerhetsfaktoren etter forbedring skulle være mindre enn 1,40. Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller bruk av lette masser.

3.1.1 Influensområdet

I den reviderte NVE-veilederen så er det kommet inn en differensiering av krav til sikkerhet avhengig av hvor tiltak ligger i en faresone.

Dersom influensområdet til tiltaket ligger 2H bak skråningstopp, er det tilstrekkelig å dokumentere langtidsstabilitet ($F_{c\phi} \geq 1,25$) og et robushetskrav ved korttidsstabilitet ($F_{cu} \geq 1,20$).



Figur 3.4 Terrangsnitt som viser prinsipp for når en skråning kan vurderes upåvirket av tiltaket (utenfor tiltakets influensområde).

4 Topografi og overordnet grunnforhold

4.1 Topografi og grunnforhold

Hoveddelen av Sandane sentrum ligger mellom munningen for Holvikelva som renner ut i Gloppefjorden i sør og med Nordstrandvegen og Breimsvegen i nord. Fra fjorden så stiger terrenget mot øst. Sør-øst for sentrum, hvor Firda videregående skole og Trivselshallen ligger, stiger terrenget bratt opp. Her ligger en løsmasseterrasse (løsmasse-skråning av breelavsetning). Det er synlige bergblotninger nord og øst for sentrumsområdet.

Sentrumsområdet som ligger nærmest fjorden ligger innenfor terrengkote +1 til +2. Området hvor det planlegges oppføring av nytt bygg og påbygg av eksisterende bygg ligger terrenget på ca. kt. +1,5 og området er tidligere utfyllt og hele sjøfronten er erosjonsikret. Den gamle strandsonen går så å si langs vegglivet til det eksisterende bygget.



Figur 2 Plassering av nåværende bygg med historisk kart fra 1966, <https://kart.finn.no/>

Ut i fjorden så er det slak terrenghelning, mindre enn 1:6, og det er ikke noe marebakke.

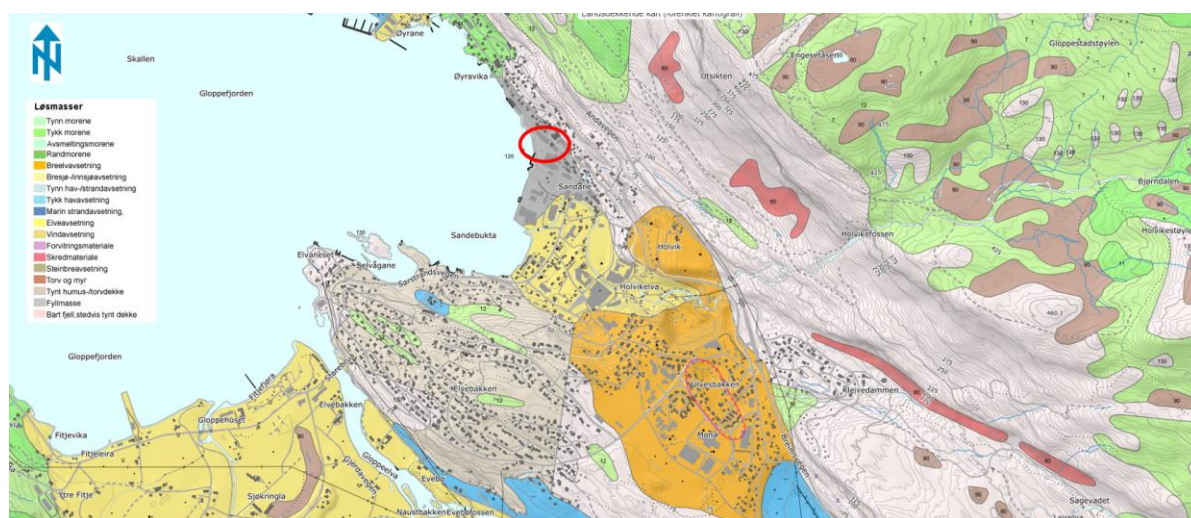


Figur 3 Oversiktskart med sjøkoter [5]

Planlagt utbyggingsområdet ligger på fyllmasser, og nåværende terreng er på ca. kote +1 til +2. Lenger sør for det planlagte tiltaket finnes det elveavsetninger, og disse avsetningene består normalt av silt, sand og grus. Under elveavsetninger kan det forekomme hav- og fjordavsetninger som bestående av leire og silt. Tidligere og nylig utførte grunnundersøkelser bekrefter dette.

Tidligere grunnundersøkelser viser at det forekommer sprøbruddmateriale i de stedlige løsmassene. Dette er bl.a. påvist i grunnundersøkelsene i flere grunnundersøkelsesrapporter.

Grunnundersøkelser utført for Kråna – Firda Billag [1] påviste sprøbruddmateriale i en borposisjon (nr. 1) som er utført på sjøen. Laget ligger ca. 5 m under sjøbunnen (ca. kote -8 til -10) og er vurdert til å være ca. 2 m tykt. De andre totalsonderingene viser tilsvarende oppførsel, og det kan ikke utelukkes at man vil finne tilsvarende materiale i de andre posisjonene.



Figur 4 NGUs løsmassekart over området. Planlagt utbyggingsområder er merket med rød sirkel.

4.1.1 Tidligere og nye grunnundersøkelser

Følgende tidligere grunnundersøkelser anses som relevante for videre vurderinger.

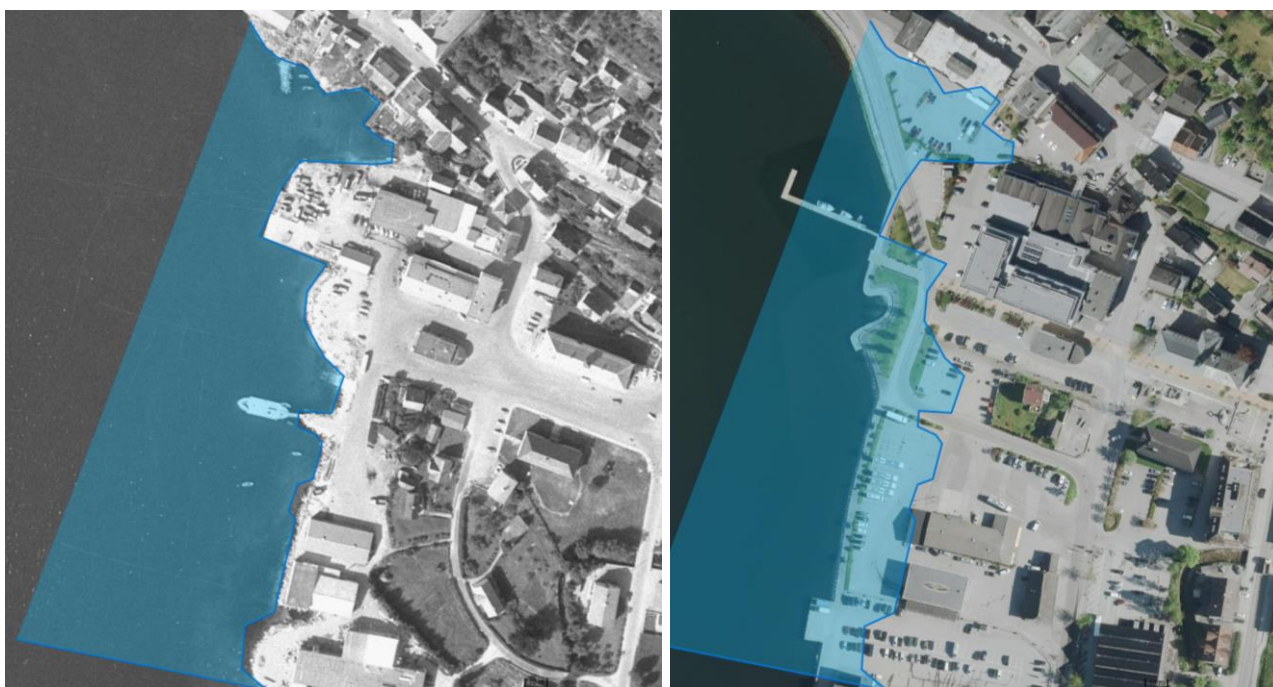
- Sogn og Fjordane veikontor. S-75 A Orienterende grunnundersøkelser Sandane sentrum. Datert 11.02.1975 [2]
- Sogn og Fjordane veikontor. G 1056 Grunnundersøkelser Rv. 14 Sandane x612-Sandane. Datert 20.06.1974 [6]
- GeoVest. 96.003-1 Stadanalyse for Sandane sentrum. Grunnundersøking Kråna - Firda Billag. Datert 01.10.1996 [1]
- GeoVest. 2000.009-1 Sandane Sentrumsbygg AS. Grunnundersøkelse. Datert 29.02.2000 [7]
- NVE kvikkleirekartlegging Gloppen kommune [3]

I januar 2022 ble det utført grunnundersøkelser i forbindelse med planlagt utbygging. Grunnundersøkelsene ble utført på p-plassen som ligger sør-vest for det eksisterende bygget (Krånaveien 15) på Sandane, se Figur 1 og Figur 2 for nærmere plassering. For mer informasjon henvises det til geoteknisk datarapport [4].

Relevante grunnundersøkelser er presentert på tegning V01.

4.1.2 Tidligere strandsone

Strandsonen i området lå tidligere lenger inne og det er trolig blitt fylt ut i flere omganger. Hele p-plass foran byggetiltaket er fylt ut.



Figur 5 Historiske kart fra Finn kart, datert 1966 sammenlignet med dagens kart

4.1.3 Grunnvannstand

Grunnvannsnivå er ikke målt, men antas å følge nivået i fjorden.

Sandane terrasse

Vurdering av områdestabilitet etter NVE-veileder 1/2019.

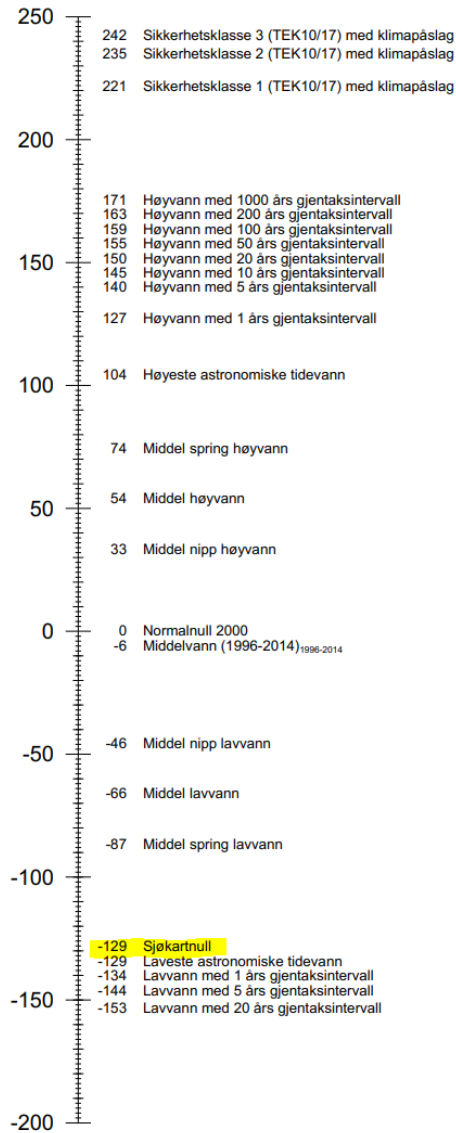
Oppdragsnr.: 52110161 Dokumentnr.: 52110161-RIG-R002 Versjon: C02

N61°46,6' E6°13,0'

Nivåskisse

SANDANE

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Måløy, justert med faktor 1,03.



Figur 6 Havnivå for Sandane etter Normalnull 2000 [8]

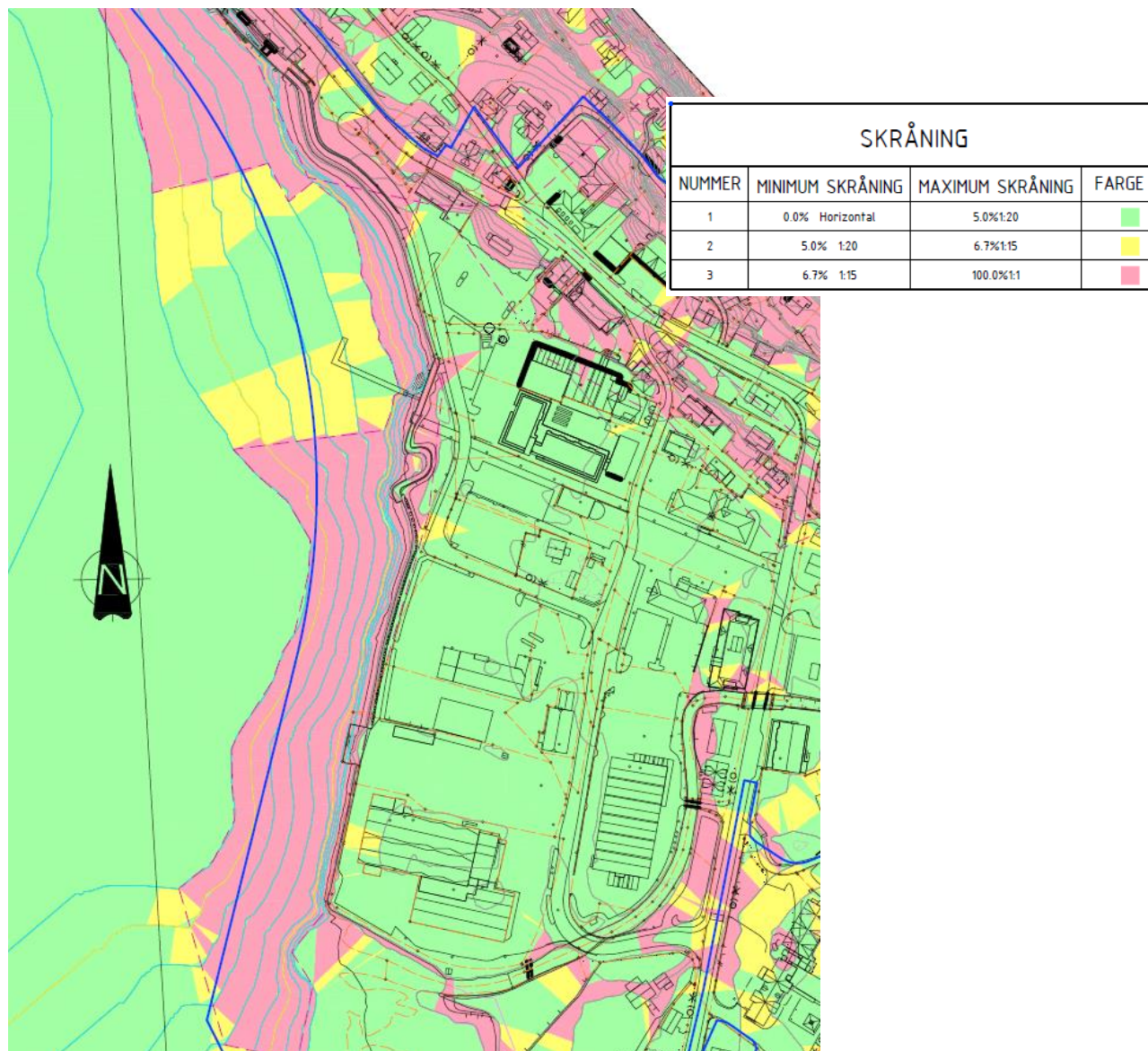
5 Kritisk terrengsnitt

Terreng med terrenghelning brattere enn 1:15 og med høydeforskjell større enn 5 m (fra bunn til topp skråning), må vurderes om det kan inntreffe områdeskred av kvikkleire.

Fra tidligere vurderinger for Gloppen kommune ble det utarbeidet et kart som viser områder hvor terrenghelninger er brattere enn 1:20 og 1:15, som danner grunnlag for å vurdere kritiske snitt i faresonen.

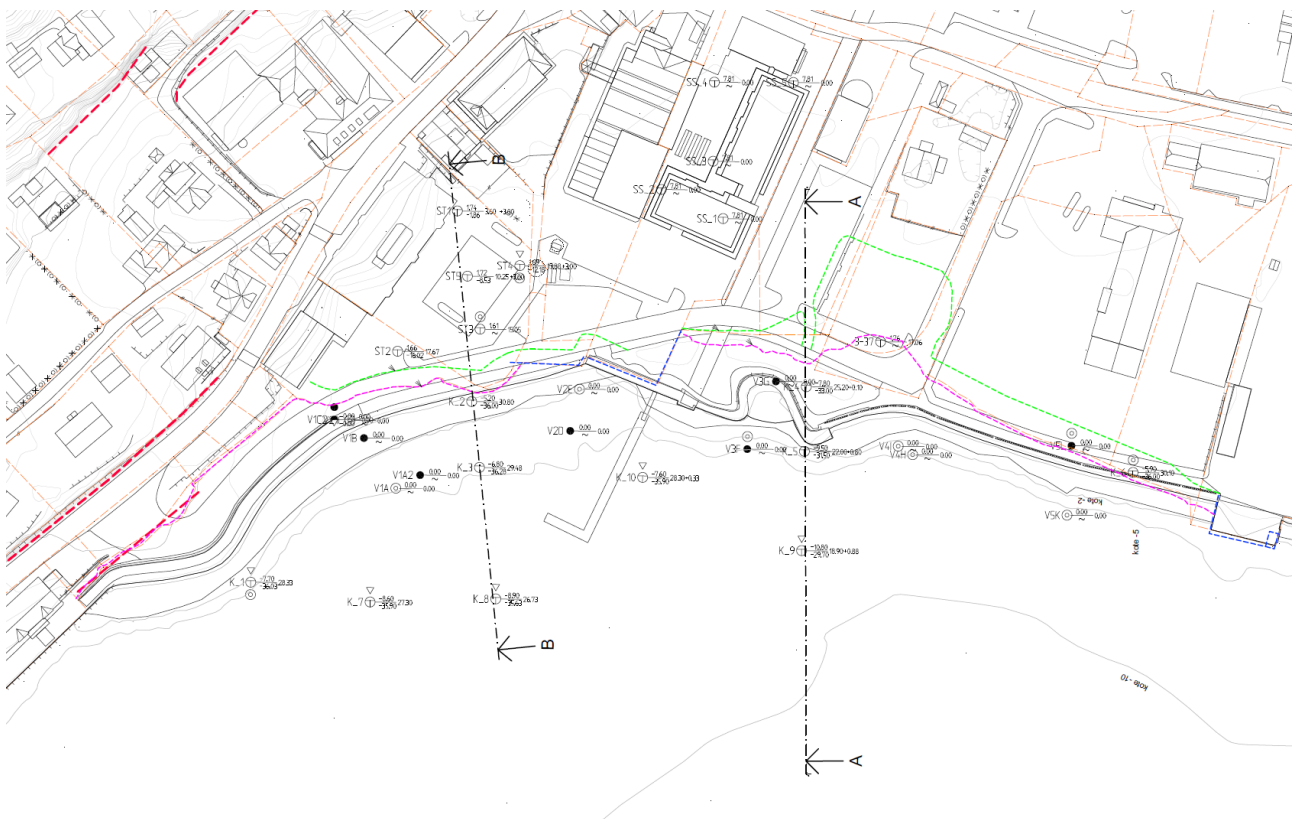
Det er registrert terrenghelning brattere enn 1:15 fra sjøkote 10 og sjøkote 5 og opp til dagens terrengnivå som ligger mellom kt. +1,5 og +2 (etter høydesystem NN2000).

Sjøkartnull i Sandane samsvarer til kote -1,29 etter høydesystemet NN2000. Dvs. sjøkote 10 og 5 tilsvarer henholdsvis kote -11,29 og kote -6,29 etter høydesystem NN2000.



Figur 7 Utdrag fra tegning V02 [9]

For faresonen er det valgt et terrengsnitt (snitt A-A) rett sør for flytebryggen hvor det er en liten badevik og et terrengsnitt (snitt B-B) utenfor planlagt byggetiltak, se Figur 8.



Figur 8 Utdrag fra plantegning V01 med plassering av beregningsnitt

5.1.1 Skråninger utenfor influensområdet

Fra tidligere vurderinger for Gloppen kommune ble det utarbeidet et kart som viser områder hvor terrenghelninger er brattere enn 1:20 og 1:15. Disse legges til grunn for de vurderingene som gjøres nå. Det er registrert terrenghelning brattere enn 1:20 fra kote 10 og kote 5 (fra sjøkart) og opp til dagens terrengnivå som ligger mellom kt. +1,5 og +2 (etter høydesystem NN2000).

Sjøkartnull i Sandane samsvarer til kote -1,29 etter høydesystemet NN2000 vil da sjøkote 10 og 5 tilsvare henholdsvis kote -11,29 og kote -6,29 etter høydesystem NN2000.

Med utgangspunkt i dette så defineres det to høyder H.

- Fra sjøkote 5 → $\Delta H = 8,3$ m som gir $2H = 27$ m
- Fra sjøkote 10 → $\Delta H = 13,3$ m som gir $2H = 17$ m

Siden det er relativt langgrunt, så vil ikke 2H fra sjøkote 10, påvirke tiltaket innpå land.

Det vil si at for tiltak som ligger innenfor 2H fra skråningstopp, så vil tiltaket påvirke stabilitetene.

5.1.2 Tiltaket

Planlagt byggetiltak består av 2 bygg: påbygg av eksisterende bygning og et nytt bygg på dagens parkeringsplass.

Nåværende plassering av nytt bygg befinner seg rett innenfor 2H, og vil dermed påvirke stabiliteten. Dersom nytt bygg kan trekkes utenfor 2H fra skråningstopp, vil den skråningen være upåvirket av tiltaket.

6 Lagdeling og poretrykk

6.1 Lagdeling

Nye og tidligere grunnundersøkelser i området, gir grunnlag for bestemmelse av løsmassenes lagdeling i de aktuelle beregningsnittene.

På land består løsmassene av gamle fyllmasser ned til gammel sjøbunn, antatt rundt kote 0, deretter er det stedlige løsmasser av silt og sand. Det er registrert fyllmasser ned til dybde 4,5 – 5 meter under dagens terreng på p-plassen. I borpunkt ST4 ble det påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale i dybde 10 – 13 meter. I borpunkt ST3 ble det tatt opp en forstyrret prøve i dybde 5 – 7 meter, hvor det ble registrert sprøbruddmateriale.

På sjø er det tidligere utført grunnundersøkelser av Sogn og Fjordane vegkontor [2] [6] og GeoVest [1]. Løsmassene på sjøbunn består hovedsakelig av et lag med løst til middels fast siltig sand og bløt leirig silt. Mektighet på dette laget varierer mellom 5 til 17 meter. Dette laget har minst mektighet i sør. Under dette laget er det et fastere lag. Det er kun påvist berg i 4 borpunkt (K-4, K-5, K-9 og K-10). Basert på totalsonderinger, så ser det ut til at dybde til berg øker inn mot land.

Ut fra de tidligere utførte grunnundersøkelsene [1] [2] så ligger sprøbruddmateriale litt spredt i dybden under gammel sjøbunn. Det er vanskelig å gi noe eksakt omfang, og det er derfor gjort en konservativ vurdering at sprøbruddmaterialet finnes i lag hvor det leire eller silt, dvs. så å si hele dybden for estimering av b/D-forholdet.

Over tidligere sjøbunn er det lagt inn fyllmasser. Følgende lagdeling er benyttet fra sjøbunn og dypere:

Tabell 1 Lagdeling i beregningsnitt

Snitt A-A	Snitt B-B
Siltig sand	Siltig sand
Grusig sand	Grusig sand
Leirig sand silt	Leire sand silt
Fast sand	Leirig silt
Faste masser	Faste masser

6.2 Poretrykk

Det er ikke utført måling av poretrykk, og det er lagt til grunn hydrostatisk poretrykk for beregningene.

7 Stabilitetsberegninger

7.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegninger er utført ved hjelp av programvaren GeoSuite Stability. Det er utført beregninger for både totalspenningsanalyse («udrenert analyse») og for effektivspenningsanalyse («drenert analyse»).

7.2 Materiale parameter

Områder hvor det ikke finnes styrkeparameter, for eksempel ytterst på fyllingsfronten, er skjærprofilen basert på NC-linjen og konsolidering av eksisterende utfylling over gammel sjøbunn. For beregning av skjærstyrke-

tillegget er det lagt til grunn drenert fylling over kote 0 og udrenert under kote 0, og med en tyngdedetthet på 19 kN/m³. Det er brukt en α -verdi på 0,30 som tilsvarer en leire med OCR lik 1 til 1,2.

ADP-faktor er valgt etter anbefaling gitt i NIFS-rapport 14-2014 [10].

Tabell 2 Material parameter

Løsmasser	Tyngdetetthet (kN/m ³)	Friksjonsvinkel (grader)	Kohesjon (kPa)	Skjærstyrke (kPa)	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	19	38	0	-			
Siltig sand	17,5	33	-	Se profil.	1,00	0,63	0,35
Grusig sand	19	36	0				
Leire sand silt	19	32	0	Se profil.	1,00	0,63	0,35
Leirig silt	20	25	4,6	Se profil.	1,00	0,63	0,35
Fast sand	19	35	3,5				
Faste masser	18	38	-				

7.2.1 Skjærstyrkeprofil

7.2.1.1 Snitt A-A

På land foreligger det kun forstyrrede prøver som er tatt opp i forbindelse med Sandane sentrumsbygg. Skjærprofilen er basert på NC-linje og tilhørende konsolidering av tidligere utfylling (skjærprofil 1).

På sjø er skjærprofilen basert på rutine-data fra borpunkt K_1 [1]. Område hvor det er utfyllt i etterkant av gamle grunnundersøkelser, er det og lagt til effekt av konsolidering av stedlige løsmassene pga. utfyllingen.

$$\Delta s_{ua} = \alpha \cdot \sigma'v0 = 0,30 \cdot (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 1 \text{ m} + 9 \text{ kN/m}^3 \cdot 8 \text{ m}) = 27 \text{ kPa.}$$

7.2.1.2 Snitt B-B

I borpunkt ST3 foreligger det ikke styrkeparametere, og skjærprofilen er basert på rutinedata sammen med NC-linjen fra borpunkt ST4, se Figur 9.

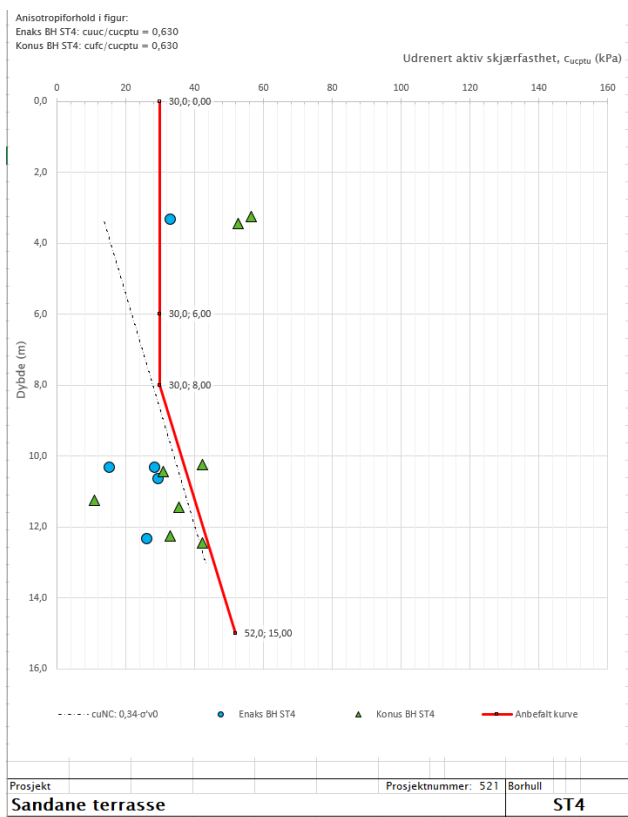
For borpunkt ST1 er det lagt inn en konstant skjærstyrke på 30 kPa, og borpunkt ST5 har samme skjærprofil som ST3.

En sammenstilling av rutinedata fra borpunkt ST4 viser målt skjærstyrke i dybde 3,5 m ligger over NC-linjen (normalkonsolidert), mens målte verdier i dybde 10 til 12,5 meter havner under NC-linjen. I dette dybdeintervallet er det målt deformasjoner mellom 11 – 15 % på utført enaks som tyder på forstyrrede prøver. I borpunkt K_1 ser vi og tilsvarende oppførsel, her er det målt større deformasjoner opptil 22 %. Lavere skjærstyrkeverdier under NC-linjer tyder på at prøvene er forstyrret.

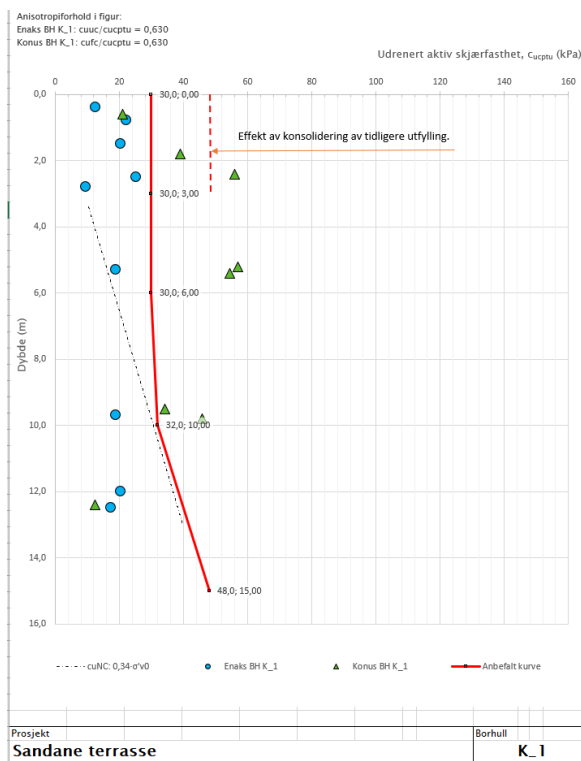
Det er og variasjon mellom målt skjærstyrke fra enaks og konus, noe som ikke er uvanlig når det er siltmasser. I slike løsmasser kan verdier fra enaks bli underestimert mens konus overestimert. På bakgrunn av dette, så er det valgt å legge seg på en konstant aktiv skjærstyrke lik 30 kPa ned til den når normalkonsolidert-linje (NC-linjen) og følger den videre i dybden.

Skjærprofil mellom ST3 og ytterkant av fyllingen er basert på NC-linjen sammen konsolidering av eksisterende utfylling over gammel sjøbunn.

I dette profilet har tidligere utfylling en høyde på ca. 1,3 m. Dette brukes for å beregne tillegget, $\Delta s_{ua} = \alpha \cdot \sigma'_{v0} = 0,30 \cdot (19 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,3 \text{ m} + 9 \text{ kN/m}^3 \cdot 5,7 \text{ m}) = 23 \text{ kPa}$.



Figur 9 Sammenlignet rutinedata fra ST4 med NC-linje



Figur 10 Sammenlignet rutinedata fra K_1 med NC-linje. Effekt av konsolidering fra fylling vist med stiplede linje.

På sjø er skjærprofilen basert på rutine-data fra borpunkt K_1 [1] slik som det er beskrevet for snitt A-A.

7.3 Belastninger

Det er tatt med trafikklast i stabilitetsberegninger hvor vil dette medføre en forverring av stabilitet. Trafikklasten er basert på anbefalinger gitt i Statens vegvesen N200 [11] og er på 19,5 kPa, inkl. lastfaktor på 1,3.

7.4 Resultater

Beregnet sikkerhet for de de to profilene er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Resultat stabilitetsberegninger

Beregningsprofil	Situasjon	Analyse	Beregnet sikkerhet, Fc - sirkulær glideflate	Beregnet sikkerhet, Fc - sammensatt glideflate
A-A	Dagens situasjon	Udrenert- / korttidsanalyse	1,33	1,37
A-A	Dagens situasjon	Drenert- / langtidsanalyse	1,51	1,63
B-B	Dagens situasjon	Udrenert- / korttidsanalyse	1,20	1,63
B-B	Med nybygg og påbygg	Udrenert- / korttidsanalyse	1,35 – nybygg 1,72 – påbygg	-
B-B	Dagens situasjon	Drenert- / langtidsanalyse	1,25	1,89

For begge beregningsprofilene er lavest beregnet sikkerhet under kravene (for byggetiltak som forverrer og ikke forverrer stabiliteten) iht. NVE veileder. Men siden byggetiltaket, nybygg og påbygg på eks. bygg, ligger utenfor influensområder til skråningen, så er det tilstrekkelig å dokumentere en beregnet sikkerhet større eller lik 1,20 for udrenert-/korttidsanalyse. For langtidsanalyse er krav til sikkert større eller lik 1,25.

Ved etablering av nybygget direkte på terreng (direkte fundamentering) er det utført en stabilitetsberegning, for å kontrollere sikkerhet for glideflater som strekker seg bak til nybygget. For en udrenert- /korttidsanalyse er det beregnet en sikkerhet på 1,35, noen som er under krav som stilles i Eurokode 7 [12] pga. for lav sikkerhet, derfor er ikke direkte fundamentering av nybygget en mulighet.

De utførte stabilitetsberegningene for faresonen viser at skråningen i fjorden kun oppfylder robusthetskravet for udrenert- / korttidsanalyse. Nye grunnundersøkelser på sjø og dels på land, kan kanskje medfører bedre styrkeparameter og gi økt beregnet sikkerhet.

Dersom det ikke er aktuelt å utføre supplerende grunnundersøkelser må det utføres tiltak for å føre opp nybygget, f.eks. pelefundamentering.

8 Vurdering av løсне- og utløpsområder

Det er påvist sprøbruddmateriale med omrørt fasthet mindre eller lik 1 kPa, slik at det må vurderes om retrogressivt skred kan være en aktuell mekanisme.

Ved vurdering av andel sprøbruddmateriale over mest kritiske glideflate for alle profilene fremkommer det at $b/D > 40\%$ (se Tabell 13), og da vil skredmekanisme være retrogressivt skred. Avgrensningen gjøres etter NGI-metoden.

8.1 Løsneområder

På sjø kan det ved terrenghelning brattere 1:6 forekomme kvikkleireskred, mens på land kan dette oppstå i terreng med terrenghelning 1:15 eller brattere.

Skråningen ut i fjorden har en brattere helning rundt 1:2 som går ned til sjøbunn. Fra og med sjøkote 5 er det terrenghelning mindre enn 1:20 videre utover i fjorden.

I forbindelse med regional kvikkleirekartlegging i kommunen [13] er det angitt at løснеområdet for et skred vil starte ved sjøkote -11, dette er vi uenig i og mener at et løśnieområde vil være ved sjøkote 5, siden terrenghelningen under sjøkote 5 er slakere enn 1:6.

Basert på NGI-metoden så har vi estimert at løśnieområdet vil ha en lengde på ca. 122 m. Høydeforskjell mellom løśnieområde, sjøkote 5 og topp terreng er ca. 8 m.

Løsneområde, $L = 0,25 \times H + H \times 15 = \underline{122 \text{ m}}$

8.2 Utløpsområder

I NVE veilederen er det ikke definert en egen metode for å vurdere utløpsdistanse i sjø. Iht. NVE veileder 1/2019 vil en skredhendelse på land ha en teoretisk, maksimal utløpslengde $L_u = N \times L$, der lengden på løśnieområdet og N er en faktor som er avhengig av omkringliggende terreng og skredtype.

Utløpssonen for kvikkleirefaresonen vil ha utløp i fjorden, og vi har brukt samme metode som for beregning av utløpsmetode på land for å angi dette.

$L_u = 3 \times L = 3 \times 122\text{m} = \underline{366 \text{ m}}$

9 Klassifisering av faresone

9.1 Faregradsklassifisering

Faregraden vurderes til «lav», se Tabell 4 for mer detaljer.

Tabell 4 Beregning av faregrad, før utbygging

FAKTORER	VEKTTALL	Beskrivelse	Faregrad, score 0-3 (lav-høy)	
			Score	Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	Ingen.	0	0
Skråningshøyde i meter	2	Htot er 9m.	0	0
OCR	2	Antatt 1,2 - 1,5	3	6
Poretrykk - overtrykk	3	Antar hydrostatisk.	0	0
Poretrykk - undertrykk	-3		0	0
Kvikkleiremektighet	2	Veldig lagvis, men antar mer enn H/2 totalt sett.	3	6
Sensitivitet	1	Rapport 96.003 fra Geovest angir opptil St lik 49. SVV rapport S75A angir St lik 119.	3	3
Erosjon	3	Ingen, sjøfront er erosjonsikret.	0	0
Inngrep forverring	3	Ingen.	0	0
Inngrep forbedring	-3	Ingen.	0	0
Sum				15
%av maksimal poengsum				29,4 %

Faregradklasse vurderes på bakgrunn av poengsum. Fordelingen av de ulike klassene er som følger:

- Lav faregrad: 0-17 poeng
- Middels faregrad: 18-25 poeng
- Høy faregrad: 26-51 poeng

Sonen får 15 av 51 mulige poeng (29,4% av maksimal poengsum). Sonen havner i faregradsklasse «lav».

Etter utbygging er det fortsatt samme score på inngrep, siden utbygging er bak 2H fra skråningstopp.

9.2 Konsekvensklassifisering

Konsekvensklasse vurderes til «alvorlig», se Tabell 4 for mer detaljer.

Konsekvensklasse før utbygg er vurderes til «meget alvorlig», se Tabell 5 for mer detaljer. Boligenheter har fått full score, så mer utbygging i faresonene vil ikke gi økt poengsum.

Tabell 5 Beregning av konsekvensklasse, før utbygging

FAKTORER	VEKTALL	Beskrivelse	Konsekvens, score 0-3 (lav-høy)	
			Score	Poeng
Boligeneheter	4	1 enebolig og 2 bygg med leiligheter over næring.	3	12
Næringsbygg, personer	3	Flere næringsbygg.	3	9
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen.	0	0
Vei, ÅDT	2	Fv, ÅDT 2100 (Kilde: Vegvesenet)	2	4
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen.	0	0
Kraftnett	1	Lokalnett.	0	0
Oppdemning/flom	2	Ingen, sonen grenser ut i Gløppefjorden.	0	0
Sum				25
%av maksimal poengsum				55,6 %

9.3 Risikoklasse

Risikoklasse defineres som faregrad (%) x konsekvens (%).

$29,4\% \times 55,6\% = 1634\% \rightarrow$ Risikoklasse 3

10 Konklusjon

Norconsult har utført en utredning av områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019 for kvikkleirefasesonen 2412 Kråna i Gløppen kommune i forbindelse med planlagt utbygging innenfor kvikkleirefasesonen.

Det er utført stabilitet for to profiler innenfor sonen. Det er gjort en vurdering av lagdelingen basert på nye grunnundersøkelser på land og eldre grunnundersøkelser som er utført på sjø.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten er under sikkerhetskravet for udrenert-/korttidsanalyse som er gitt i NVE veileder 1/2019. Beregnet sikkerhet for drenert-/langtidsanalyse er over sikkerhetskravet gitt i NVE veilederen. Lavest beregnet sikkerhet i udrenert-/korttidsanalyse er på 1,20.

For byggetiltak som befinner seg utenfor influensområdet til en skråning (bak 2H-linjen ref. kapittel 5.1.1), er det tilstrekkelig å dokumentere en robusthet på skråningen. Dette er dokumentert for faresonen.

Supplerende grunnundersøkelser på sjø og dels på land, kan bidra til økt styrkeparametere for løsmassene. Som kan medføre bedre stabilitet i faresonen.

All utbygging innenfor en kvikkleiresone skal ikke forverre stabiliteten, og det må dokumentere tilstrekkelig stabilitet for sitt tiltak iht. gjeldende regelverk (Eurokoder). Foreløpige beregninger med laster av nybygg viser at det er for lav sikkerhet (mindre enn 1,6) i forhold til krav gitt i Eurokode ved direkte fundamentering av nybygget, mens for påbygget er det beregnet er sikkerhet over 1,6.

11 Referanser

- [1] GeoVest, «96.003-1 Stadanalyse for Sandane sentrum. Grunnundersøking Kråna - Firda Billag. Datert 01.10.1996».
- [2] Sogn og Fjordane veikontor, «S-75 A Orienterende grunnundersøkelser Sandane sentrum. Datert 11.02.1975».
- [3] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred, Veileder 1/2019, desember 2020».
- [4] Norconsult, «52110161-RIG-R01 Datarapport Sandane terrasse. Datert 2022-02-16.».
- [5] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [6] Sogn og Fjordane veikontor. , «G 1056 Grunnundersøkelser Rv. 14 Sandane x612-Sandane. Datert 20.06.1974».
- [7] GeoVest, «2000.009-1 Sandane Sentrumsbygg AS. Grunnundersøkelse. Datert 29.02.2000».
- [8] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [9] Norconsult AS, «5196720 RIG-N-01 Vurdering av behov for grunnundersøkelser for områderegulering av Sandane sentrum. 2020-01-09.».
- [10] NIFS, «Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i».
- [11] Statens vegvesen, «Vegnormal N200 Vegbygging».
- [12] Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler..
- [13] NVE, «Ekstern rapport nr. 5/2022. Oversiktskartlegging kvikkleire – Risiko for kvikkleireskred i Gloppen kommune. Mars 2022.».
- [14] Norges vassdrags- og energidirektorat, «NVE-veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med-,» 2019.
- [15] Norsk geoteknisk forening, «NGF-kurs mai 2003, Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger. Foredrag: Tolkning og fastlegging av jordparametere, karakteristisk jordprofil.».