
RAPPORT

Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred

OPPDRA GSGIVER

Norges vassdrags- og energidirektorat

EMNE

Geoteknisk vurderingsrapport

DATO / REVISJON: 27. mars 2019 / 00

DOKUMENTKODE: 10209394-RIG-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred	DOKUMENTKODE	10209394-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk vurderingsrapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	OPPDRAAGSLEDER	Arne Vik
KONTAKTPERSON	Ingrid Havnen	UTARBEIDET AV	Jonas G. Bjørklimark
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 608002 NORD: 7165185	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	44 / 8 / - / m.fl. Namsos kommune		

SAMMENDRAG

I desember 2018 gikk det et undersjøisk skred ved Saltkjelvika på Otterøya i Namsos kommune. Like etter skredet ble Multiconsult engasjert for å utføre geotekniske grunnundersøkelser samt en geoteknisk vurdering av videre utvikling av skredet. Grunnundersøkelsene er presentert i egen datarapport. Med grunnlag i utførte grunnundersøkelser og innledende stabilitetsberegninger ble det vurdert at sikkerheten ikke var forverret som følge av skredet, og evakueringen av beboerne ble derfor opphevd.

Basert på omfattende funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale ble det vurdert å utrede en kvikkleiresone i Saltkjelvika. Foreliggende rapport presenterer resultater fra utførte stabilitetsberegninger samt klassifisering av kvikkleiresonen i Saltkjelvika. Antatt løseområde for utredet kvikkleiresone er omtrent 61 mål.

Det undersøkte området ligger ved fv. 7068. Saltkjelvika har spredt bebyggelse omgitt av noe jordbruksarealer. Terrenget heller i nordøstlig retning ned mot strandsonen, med en gjennomsnittlig terrenghelning omtrent 1:10.

Løsmassene består av ett lag med tørrskorpe over sprøbruddmateriale/kvikkleire ned til antatt berg. Utførte sonderinger på land viser svært liten motstand i flere av borpunktene. Sjøbunnen består av leire, med innslag av sand og grus.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten for udrenerte analyser er noe lav, mens sikkerheten for drenerte analyser er høy. Sammensatte skjærflater fra land og ut i sjøen samt skjærflater i marbakken viser høyere sikkerhet enn beregningene for skjærflatene på land. Det er vurdert at sikkerheten i Saltkjelvika ikke har blitt forverret som følge av det undersjøiske skredet.

Kvikkleiresonen «Saltkjelvika» er klassifisert som følger:

- Skredtype: skalkskred (retrogressivt)
- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig
- Faregrad høy
- Risikoklasse 3 (tallverdi 680)

Beregnet sikkerhet er lavest for øvre del av skråningen som innbefatter vegen og bebyggelsen. For situasjonen ut i marbakken er beregnet sikkerhet noe lav, men ikke kritisk lav.

Basert på utførte beregninger og topografiske betraktninger vurderes at det ikke er behov for stabiliserende tiltak i fjæresonen i etterkant av skredet, ettersom det er lite sannsynlig at ev. ytterligere skredaktivitet i marbakken vil kunne forplante seg inn på land og true bebyggelse og fylkesvegen. Eventuelle tiltak for å øke sikkerheten ved boligene er ikke vurdert i denne rapporten.

Grunnet relativt lav sikkerhet fra stabilitetsberegninger og stor påvist forekomst av sprøbruddmateriale/kvikkleire i Saltkjelvika bør det utvises aktsomhet ved terrenginngrep i området. Anleggsarbeider bør unngås i den grad det er mulig. Selv mindre tiltak bør vurderes av geotekniker.

			JONASBJ	arv	arv
00	27.03.2019	Geoteknisk vurdering etter skred	Jonas G. Bjørklimark	Arne Vik	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Beskrivelse av oppdraget	5
2	Grunnlag	6
2.1	Grunnundersøkelser	6
2.2	Grunnlagsdokumenter	6
3	Topografi og grunnforhold	7
3.1	Områdebeskrivelse	7
3.2	Grunnforhold	7
3.3	Grunnvann	9
4	Sikkerhet mot flom og skred	10
4.1	Flom	10
4.2	Kvikkleiresone «Saltkjelvika»	10
4.2.1	Skredtype og utløpsområde.....	10
4.2.2	Skadekonsekvensklasse	10
4.2.3	Faregradsevaluering.....	10
4.2.4	Risikoklasse	10
4.3	Områdestabilitet.....	11
4.3.1	Generelt	11
4.3.2	Løsneområde for områdeskred	11
4.3.3	Utløpsområde for skredmasser	11
5	Geoteknisk vurdering	12
5.1	Lokalstabilitet.....	12
5.2	Vurdering av stabiliserende tiltak	12
5.3	Fremtidig aktivitet i området	12
5.4	Generelle retningslinjer	13
6	Konklusjon og videre arbeider	14
7	Referanser	15

TEGNINGER

10209394-RIG-TEG-	001	Situasjonsplan med lokasjon av profiler
	002	Kvikkleiresone «Saltkjelvika». Antatt løsneområde
	600	Tverrprofil, profil A
	601	Tverrprofil, profil B
	602	Tverrprofil, profil C
	800	Stabilitetsberegninger: kort skjærflate, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse
	801	Stabilitetsberegninger: lang skjærflate, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse
	802	Stabilitetsberegninger: sammensatt skjærflate, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse
	803	Stabilitetsberegninger: sirkulær skjærflate i marbakken, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse

VEDLEGG

Vedlegg A – Skredtyper og skredutløp

Vedlegg B – Klassifisering av kvikkleiresone «Saltkjelvika»

Vedlegg C – Beregningsforutsetninger

1 Beskrivelse av oppdraget

Saltkjelvika ligger på Otterøya i Namsos kommune. Otterøya ligger nordvest for Namsos sentrum, mellom Namsenfjorden og Raudsunda.

Torsdag 6. desember 2018 ble NVE varslet om et mulig undersjøisk skred i Saltkjelvika. Skredet ble oppdaget grunnet bølgen som oppstå. Det var ikke mulig å se skredgropen fra land.

NVE valgte i samråd med politi og kommune evakuering av beboerne i Saltkjelvika grunnet frykt for at det undersjøiske skredet kunne utvikle seg videre bakover, inn på land, og dermed være en trussel for bebyggelsen i området.

Multiconsult Norge AS er engasjert av NVE for å utføre geotekniske grunnundersøkelser både på land og sjø, vurdering av stabilitet og faregradsvurdering for mulig kvikkleiresone i Saltkjelvika.

Geotekniske grunnundersøkelser ble startet opp lørdag 8. desember 2018.

Foreliggende rapport tar for seg vurderinger av stabilitet og evaluering av faregrad for utredet kvikkleiresone i Saltkjelvika. Resultater fra geotekniske grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 10209257-RIG-RAP-001 /5/.



Figur 1-1 Oversiktskart over Saltkjelvika, Otterøya i Namsos kommune /8/

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygd opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende i henhold til kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 /1/. Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode 7 – Del 2 /3/, og tilhørende tilgjengelige metodestandarder.

2 Grunnlag

2.1 Grunnundersøkelser

Multiconsult Norge AS utførte i uke 49-50/2018 geotekniske grunnundersøkelser i Saltkjelvika. Grunnundersøkelsene ble utført både på land med hydraulisk borerigg og på sjø med borebåt. Resultater fra utførte grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 10209257-RIG-RAP-001 /5/.

Tidligere, relevante grunnundersøkelser utført i nærområdet er presentert i Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Tidligere, relevante grunnundersøkelser ved Saltkjelvika

Rapport nr.	Rapportnavn	Utførende	Oppdragsgiver	Datert	Ref.
Vd-646 A	Fv. 465 Skomsvoll X 767 – Aglen. Grunnundersøkelse i Aarvika	Statens vegvesen (lab.avd.)	Statens vegvesen (planavd.)	05.12.1985	/6/

2.2 Grunnlagsdokumenter

I tillegg til tidligere grunnundersøkelser, ligger tegninger/dokumenter presentert i Tabell 2.2 til grunn for våre vurderinger.

Tabell 2.2 Grunnlagsdokumenter

Tegning/dokument	Tittel/kommentar	Utarbeidet av	Datert	Ref.
3D kart Otterøy	3D sjøbunnskart for Saltkjelvika	SeaScan	08.12.2018	-
Bygninger.dxf	Tegningsgrunnlag: bygninger i Saltkjelvika			-
Color relief Otterøy	Plantegning av sjøbunn for Saltkjelvika	SeaScan	08.12.2018	-
Eksisterende terreng_land.dxf	Tegningsgrunnlag: terrengkoter på land			-
Koter Otterøy 08122018_UTM32_NN2000.dxf	Tegningsgrunnlag: sjøbunnskoter			-
Profil A 09122018	Terrengprofil med sonderinger og antatt skredkant	NVE	09.12.2018	-
Situasjonsplan_v03 10122018	Plantegning som viser antatt skredgrop og evakuerte boliger	NVE	10.12.2018	-
Veg.dxf	Tegningsgrunnlag: veger i området			-
Vd646A-GEOT-R2	Fv. 465 Årvika. Graving for ny overvannsledning. Geotekniske vurderinger.	Vegavdeling i Nord-Trøndelag	03.10.2017	/7/

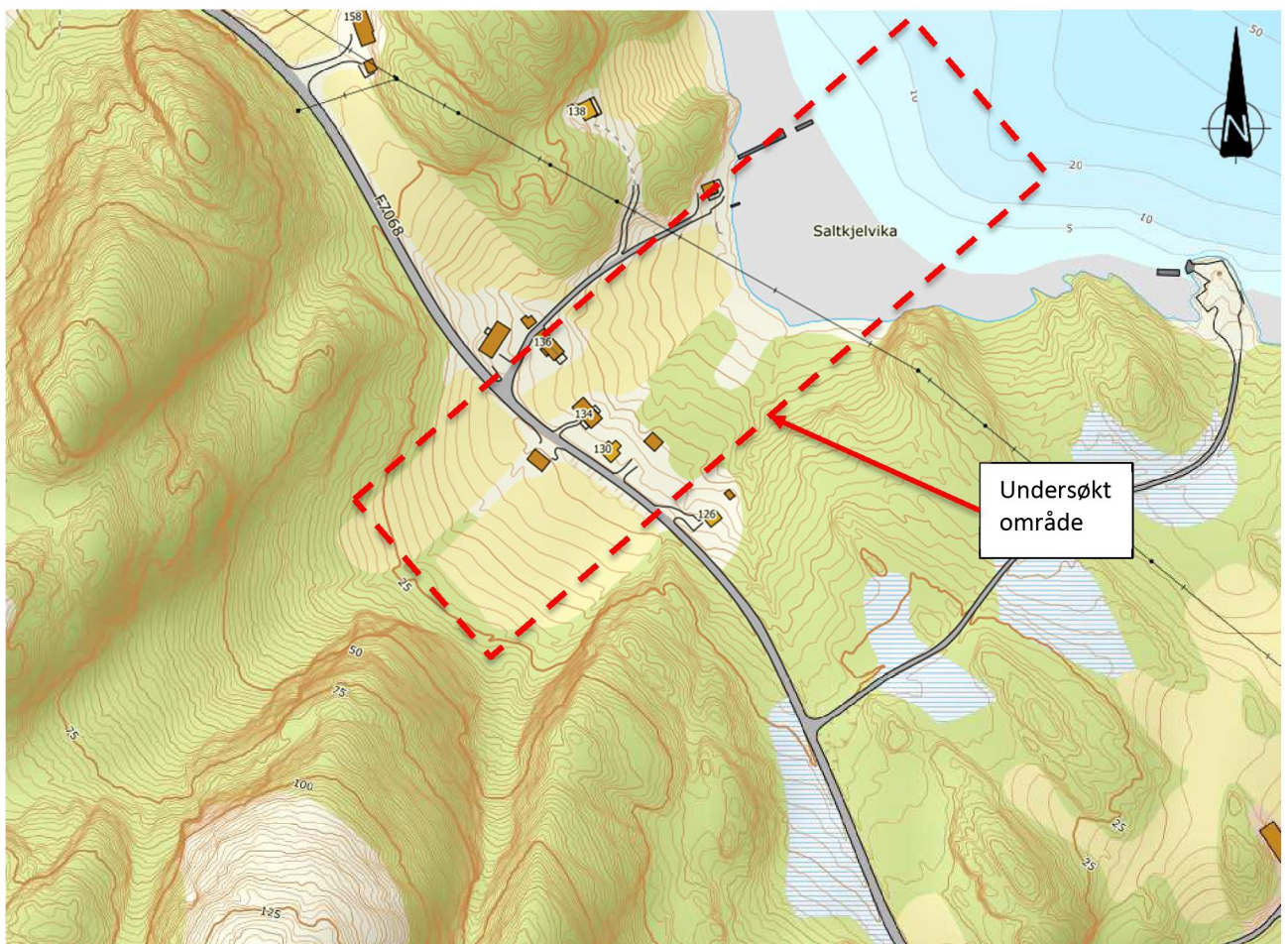
3 Topografi og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

Saltkjelvika ligger på østsiden av Otterøya i Namsos kommune. Det undersjøiske skredet gikk ut i Raudsunda, i nordøstlig retning. Terrenget på land heller i nordøstlig retning ned mot sjøen. Høyeste punkt for utførte sonderinger er på ca. kote +22 (BP9). Ned mot sjøen er det en gjennomsnittlig terrenghelning omtrent 1:10. Undersøkt område på land består i hovedsak av dyrket mark, på begge sider av vika ligger relativt bratte, skogkledd skråninger.

Sjøbunnen helt innerst i vika har en gjennomsnittlig helning omtrent 1:19 frem til det som er antatt skredkant/marbakke. Marbakken ligger omtrent 55 m utenfor strandsonen. Utenfor antatt skredkant har sjøbunnen en gjennomsnittlig helning omtrent 1:4.

Kart som viser topografi og omtrentlig omriss av undersøkt område er vist i Figur 3-1.

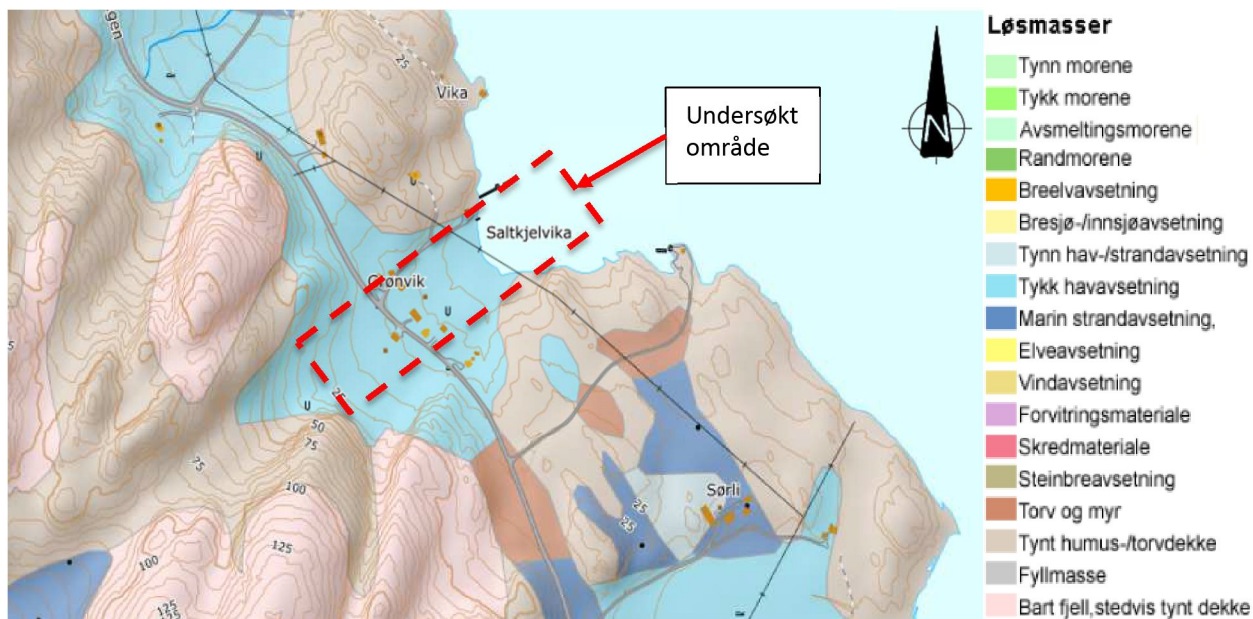


Figur 3-1 Områdebeskrivelse: kart over undersøkt område i Saltkjelvika, Namsos kommune /8/

3.2 Grunnforhold

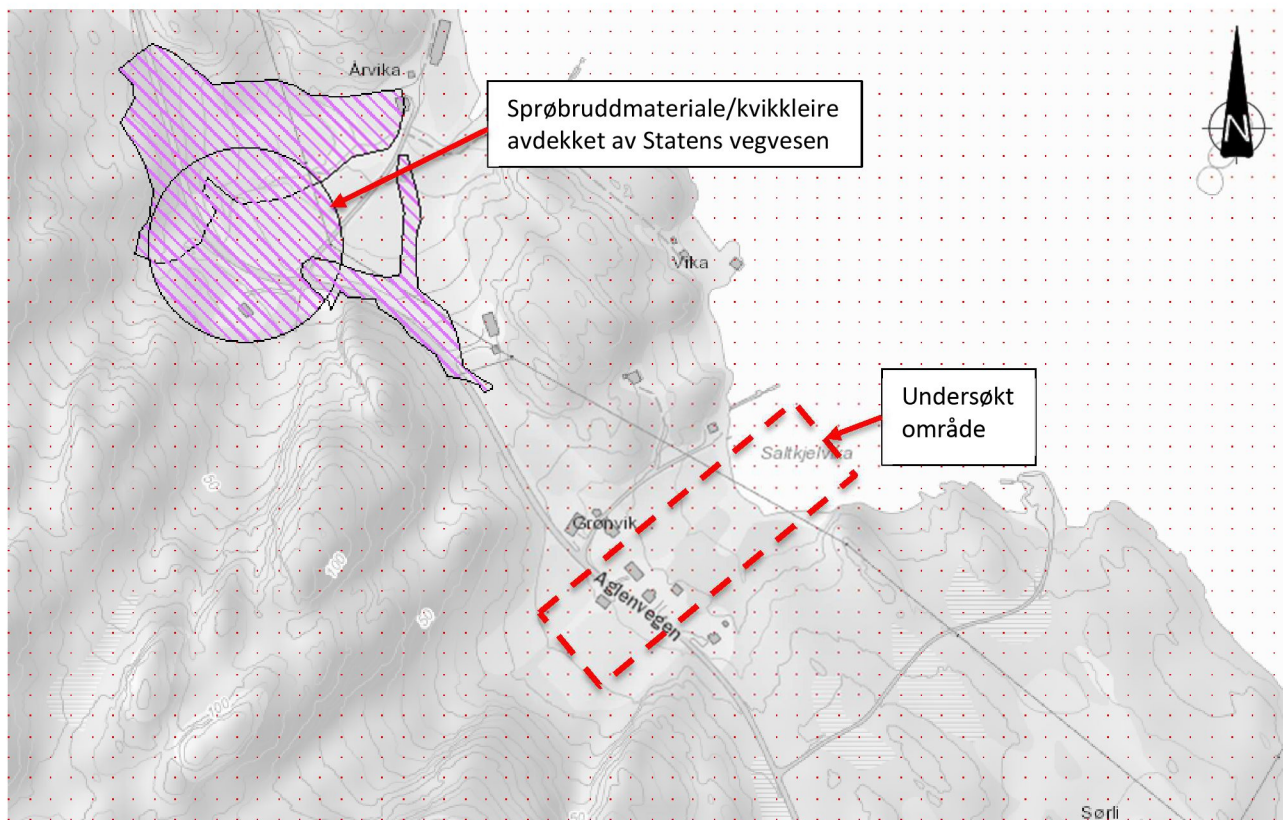
Kvartærgeologisk kart viser at området i hovedsak forventes å bestå av tykk havavsetning, mens skråningene på sidene av vika er forventet med tynt humus-/torvdekke.

Utsnitt av kvartærgeologisk kart er vist i Figur 3-2. Det bemerkes at kvartærgeologiske kart kun er basert på grunne prøver i løsmassene, følgelig kan løsmassene variere i dybden.



Figur 3-2 Utsnitt av kvartærgeologisk kart over undersøkt område i Saltkjelvika /9/

I henhold til faresonekart fra NVE Atlas er det ingen kartlagte kvikkleiresoner innenfor eller ved det undersøkte området. Det er derimot registrert flere lokale forekomster av sprøbruddmateriale/kvikkleire ca. 250 m nordvest for Saltkjelvika. Disse er avdekket av Statens vegvesen, utsnitt fra NVEs faresonekart med plassering av disse er vist i Figur 3-3.



Figur 3-3 Utsnitt av faresonekart over registrerte forekomster av sprøbruddmateriale/kvikkleire /10/

Grunnundersøkelsene utført av Multiconsult i Saltkjelvika har kartlagt løsmassene. For detaljerte resultater vises det til datarapport for grunnundersøkelser, rapport nr. 10209257-RIG-RAP-001 /5/.

Sonderinger på land viser at løsmassene generelt består av sprøbruddmaterialer og kvikkleire med innslag av sand- og gruskorn. Sonderingsmotstand er generelt lav. Gjennomsnittlig, naturlig vanninnhold er målt til ca. 35%. Leira kan karakteriseres som bløt til middels fast og lite plastisk. Sonderingene antyder et tynt tørrskorpelag over sprøbruddmateriale/kvikkleire ned til antatt berg.

Sonderinger på sjø viser at løsmassene generelt består av leire med innslag av sand- og gruskorn. Gjennomsnittlig, naturlig vanninnhold er målt til ca. 30%. Leira kan karakteriseres som bløt og lite plastisk.

Tverrprofiler med sonderingsresultater er vist i tegning nr. 10209394-RIG-TEG-600 til -602.

3.3 Grunnvann

I forbindelse med utførte grunnundersøkelser er det satt ned elektriske piezometer i BP4. Piezometer er installert i dybde 10 og 18 m under terreng og registrerer automatisk poretrykket en gang i døgnet.

Det er registrert poreovertrykk i løsmassene ved BP 4. Det vises til tegning nr. -350 i datarapporten /5/ for detaljer vedr. de enkelte målepunkter og avlesninger.

4 Sikkerhet mot flom og skred

4.1 Flom

Det er ingen bekker eller elver innenfor eller nært undersøkt område, kun en liten grøft mellom landbruksarealer. Det anses derfor at området ikke ligger utsatt for flom.

4.2 Kvikkleiresone «Saltkjelvika»

På bakgrunn av påtruffet forekomst av kvikkleire er det utredet en kvikkleiresone. Følgende vurderinger ligger til grunn for avgrensninger for utbredelsen av sprøbrudmateriale:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderingen
- Sonen er bestemt ut i fra de registrerte boringene med påvist og mulig kvikkleire/sprøbruddegenskaper
- Sonen er avgrenset mot områder med oppstikkende berg/områder med liten løsmasseoverdekning

Det bemerkes at det fra tidligere er få sonderinger som er utført i Saltkjelvika, med unntak av det som er utført av Multiconsult i desember 2018 /5/. Kvikkleiresonens utstrekning er derfor i stor grad basert på skjønn og må anses som konservativ. Supplerende grunnundersøkelser innenfor kvikkleiresonen kan begrense sonens utstrekning.

Kvikkleiresonen er klassifisert i de følgende avsnittene. Det bemerkes at klassifiseringen gjelder for dagens situasjon, før eventuelle tiltak for økt stabilitet er utført. Det er vurdert at eventuelle sikringstiltak ikke vil påvirke klassifiseringen av kvikkleiresonen.

Tegning nr. 10209394-RIG-TEG-002 viser utstrekning av antatt løsneområde for kvikkleiresonen i Saltkjelvika. Antatt løsneområde har et areal på omtrent 61 mål (60 821 m²).

4.2.1 Skredtype og utløpsområde

Det er utført en vurdering av skredtype og utløpsområde for kvikkleiresonene, som er presentert i vedlegg A. Det vurderes at skalkskred (retrogressivt) er mest aktuelle og sannsynlige skredtype for kvikkleiresonen «Saltkjelvika». Andre skredtyper kan forekomme, avhengig av hva som eventuelt er utløsende årsak for skredet.

Utløpsområde er vurdert å være ut i sjøen i nordøstlig retning.

4.2.2 Skadekonsekvensklasse

Det er utført evaluering av sonens skadekonsekvensklasse for den antatt mest ugunstige delen av sonen, presentert i vedlegg B. Skadekonsekvensevalueringen er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 8.10.2008 /15/. «Saltkjelvika» klassifiseres med skadekonsekvens mindre alvorlig. Klassifiseringen gjelder for dagens situasjon.

4.2.3 Faregradsevaluering

Det er utført faregradsevaluering for den antatt mest ugunstige delen av sonen. Evalueringen er presentert i vedlegg B. Faregradsevalueringene er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 8.10.2008 /15/. «Saltkjelvika» klassifiseres med faregrad høy for dagens situasjon.

4.2.4 Risikoklasse

For dagens situasjon klassifiseres sonen i Risikoklasse 3 (tallverdi 680).

4.3 Områdestabilitet

4.3.1 Generelt

Områdestabilitet omfatter situasjoner hvor et initialt brudd kan utvikle seg progressivt til å involvere et område som er betydelig større i omfang enn den utløsende hendelsen. Dette er typisk for brudd i sensitiv- og kvikk leire. På grunn av påvist forekomst av kvikkleire er det nødvendig med vurdering i henhold til NVEs veileder nr. 7/2014 /4/.

4.3.2 Løsneområde for områdeskred

Vurdering av løsneområde for områdeskred i Saltkjelvika er utført i henhold til NIFS rapport 14/2016 /18/. Som grunnlag for vurderinger er blant annet utførte grunnundersøkelser og områdets topografi tatt med for å anta løsneområde for ett eventuelt områdeskred. Tegning nr. 10209394-RIG-TEG-002 viser utstrekning av antatt løsneområde.

Som det fremgår av tegning nr. -002 er antatt løsneområde trukket mot Årvika i nordvest. Her er det valgt å legge avgrensningen på høybrekket, mellom Saltkjelvika og Årvika grunnet funn av bløt kvikkleire i forbindelsen mellom disse vikene /6/.

4.3.3 Utløpsområde for skredmasser

Basert på topografiske forhold og informasjon fra kvartærgeologiske kart er det ingen grunn til å anta at masser fra ett eventuelt kvikkleireskred fra nærliggende kvikkleiresoner vil berøre det undersøkte området i Saltkjelvika.

Skredmasser fra ett områdeskred i Saltkjelvika har antatt utløpsområde i sjøen, i nordøstlig retning.

5 Geoteknisk vurdering

5.1 Lokalstabilitet

I etterkant av det undersjøiske skredet har Multiconsult gjennomført stabilitetsberegninger for området i Saltkjelvika. Disse ble i innledende fase gjennomført for å avgjøre om evakuering kunne oppheves og de rammede beboere kunne flytte tilbake.

Vedlegg C presenterer beregningsforutsetninger, valg av materialparametere og utførte stabilitetsberegninger.

En oppsummering av resultater fra utførte stabilitetsberegninger er vist i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Oppsummering av stabilitetsberegninger fra Saltkjelvika

Tegning nr. 10209394-	Skjærflate	Sikkerhetsfaktor	
		Drenert ($F_{c\phi}$)	Udrenert (F_c)
RIG-TEG-800	Kort	2,15	1,10
RIG-TEG-801	Lang	2,41	1,03
RIG-TEG-802	Sammensatt	2,62	1,90
RIG-TEG-803	Sirkulær (marbakken)	2,04	1,23

Til tross for lav beregnet sikkerhet, anses området å være like sikkert som før skredet. Dvs. skredet har trolig ikke forverret stabiliteten i området.

Stabiliteten er mest kritisk på land, skjærflater som går ut i sjøen har høyere sikkerhet.

5.2 Vurdering av stabiliserende tiltak

Som det fremgår av Tabell 5.1 og vedlegg C er sikkerheten noe lav for udrenerte situasjoner. Beregnet sikkerhet er lavest for øvre del av skråningen som innbefatter vegen og bebyggelsen. For situasjonen ut i marbakken er beregnet sikkerhet også noe lav, men ikke kritisk lav. Samtidig vurderes det som liten sannsynlighet for at ev. videre skredaktivitet i marbakken vil kunne bre seg inn på land og true bebyggelsen. Lange sammensatte skjærflater viser også god sikkerhet mot utglidning.

Eventuelle sikringstiltak i form av f.eks stabilisering av området nær strandsonen ut mot skredkanten vil trolig reelt sett ikke bedre sikkerheten i området. Stabiliserende tiltak ved strandsonen vil uansett ikke forbedre stabilitetsforholdene i området ved bebyggelsen hvor beregnet sikkerhet er lav.

Ut fra stabilitetsberegninger og topografiske betraktninger, vurderes derfor at iverksettelse av stabiliserende tiltak ved strandsonen vil ha liten effekt. Slike tiltak anbefales derfor ikke gjennomført.

Eventuelle tiltak for å øke sikkerheten ved boligene er ikke vurdert i denne rapporten.

5.3 Fremtidig aktivitet i området

Saltkjelvika består per dags dato av spredt bebyggelse og arealer til jordbruk. Basert på stabilitetsanalysene er det viktig at det ikke iverksettes tiltak i form av grunnarbeider som forverrer dagens situasjon og som kan skape udrenerte tilstander i jordvolumet.

Det må påregnes at det vil ikke vil kunne tillates tiltak som innebærer tilflytting av personer til Saltkjelvika uten at dette innebærer store og krevende stabilitetstiltak i et eventuelt utbyggingsområde.

5.4 Generelle retningslinjer

Grunnet relativt lav sikkerhet fra stabilitetsberegninger og stor påvist forekomst av sprøbruddmateriale/kvikkleire i Saltkjelvika bør det utvises aktsomhet ved terrenginngrep i området. Anleggsarbeider bør unngås i den grad det er mulig, og selv mindre tiltak (f.eks. jordbruksdrenering, nye eller utskifting av eks. ledningsanlegg e.l) bør vurderes av geotekniker.

Dersom det observeres erosjon eller bevegelser i strandsonen eller i skråningen generelt, tilrås at dette blir vurdert av geotekniker.

6 Konklusjon og videre arbeider

Geoteknisk vurdering i etterkant av skredet viser at stabiliteten i området trolig ikke ble forverret som følge av skredet, men at sikkerheten også før skredet var noe lav. Grunnet stor mektighet av kvikkleire i de borpunkter som er sondert på land ble det vurdert nødvendig med utredning av ny kvikkleiresone i Saltkjelvika.

Kvikkleiresonen er utredet og klassifisert som følger:

- Skredtype: skalkskred
- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig
- Faregrad høy
- Risikoklasse 3 (tallverdi 680)

Videre arbeider vil bestå av

- Prosjektering av tiltak for økt sikkerhet
- Eventuell utredning av flere viker på Otterøya
- Unngå arbeider (graving/fylling) i området

7 Referanser

- /1/ Standard Norge (2008) *Ledelsessystemer for kvalitet – krav*. Norsk standard (ISO) NS-EN ISO 9001:2015
- /2/ Standard Norge (2016) *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler*. Norsk standard NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
- /3/ Standard Norge (2016), *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver*. Norsk standard NS-EN 1997-2:2007+NA:2008
- /4/ Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2014) *Veileder nr. 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred*
- /5/ Multiconsult Norge AS (2018) *10209257-RIG-RAP-001 NVE Ras Saltkjelvika. Datarapport grunnundersøkelser*.
- /6/ Statens vegvesen (1985) *Vd-646 A Fv. 465 Skomsvoll X 767 – Aglen. Grunnundersøkelse i Aarvika*. Datert 05.12.1985
- /7/ Statens vegvesen (2017) *Vd646A-GEOT-R2 Fv. 465 Årvika. Graving for ny overvannsledning. Geotekniske vurderinger*. Datert 03.10.2017
- /8/ Kartverket – *Norgeskart*. Internett: <https://www.norgeskart.no/>
- /9/ Norges geologiske undersøkelse – *Kvartærgeologiske kart*. Internett: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- /10/ Norges vassdrags- og energidirektorat – *NVE Atlas*. Internett: <https://atlas.nve.no/>
- /11/ Norges vassdrags- og energidirektorat m.fl. (2014) *NIFS rapport nr. 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*
- /12/ Statens vegvesen (2014) *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging*
- /13/ Karlsrud, K., Lunne, T. og Brattlien, K. (1996) *Improved CPTU correlations based on block samples*. Proceedings, NGM 1996. Reykjavik
- /14/ Karlsrud, K. et al. (2005) *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s. 693-702
- /15/ NGI (2008) *Rapport 20001008-2, rev.3. Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire*. Datert 08.10.2008
- /16/ Karlsrud, K., Aas, G., og Gregersen, O. (1985) *Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian practice and experience*. NGI publikasjon nr. 158
- /17/ NIFS (2013) *Rapport nr. 38 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire – Karakterisering av historiske kvikkleireskred og inputparametere for Q-BING (utarbeidet av NGI)*. Datert januar 2013
- /18/ NIFS (2016) *Rapport nr. 14 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire – Metode for vurdering av løsne- og utløpsområde for områdeskred*.

FORKLARING:

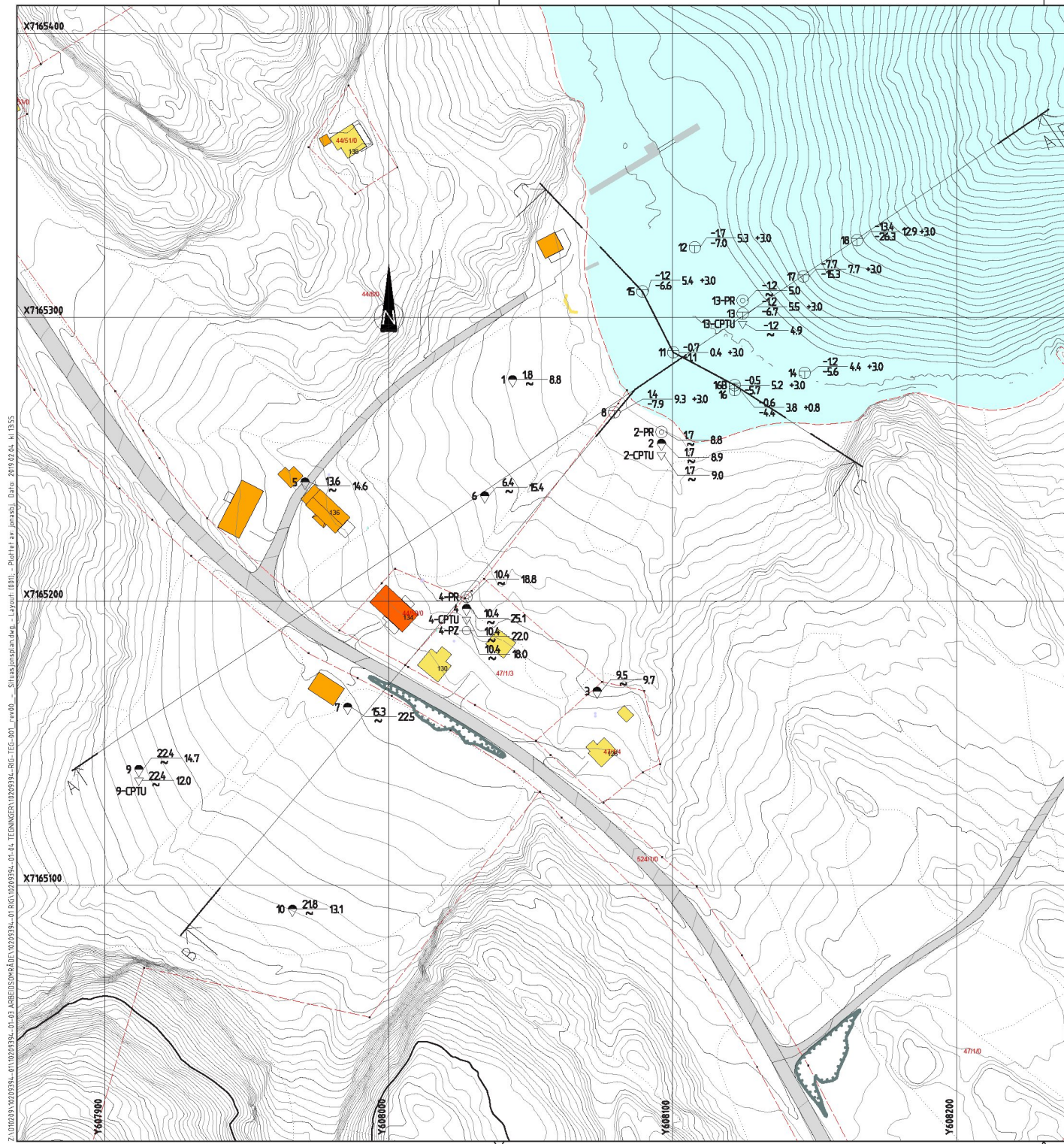
TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING ⊗ PRØVESERIE ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ENKEL SONDERING □ PRØVEGROP ⊕ KJERNEBORING
- ▽ RAMSONDERING ⊞ DREITRYKKSONDERING ⊕ FJELLKONTROLLBORING
- ▽ TRYKKSONDERING ⊞ SKRUPLATEFORSØK ⚡ BERG I DAGEN
- ⊕ TOTALSONDERING + VINGEBORING

KARTGRUNNLAG:
 KOORDINATSYSTEM:
 HØYDEREFERANSE:
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:
 BORBOK NR:
 LAB BOK NR:

Digitalt kart fra xx
 UTM Sone 32V
 NN 2000
 GPS GLONAS CP05
 XXX
 XXX

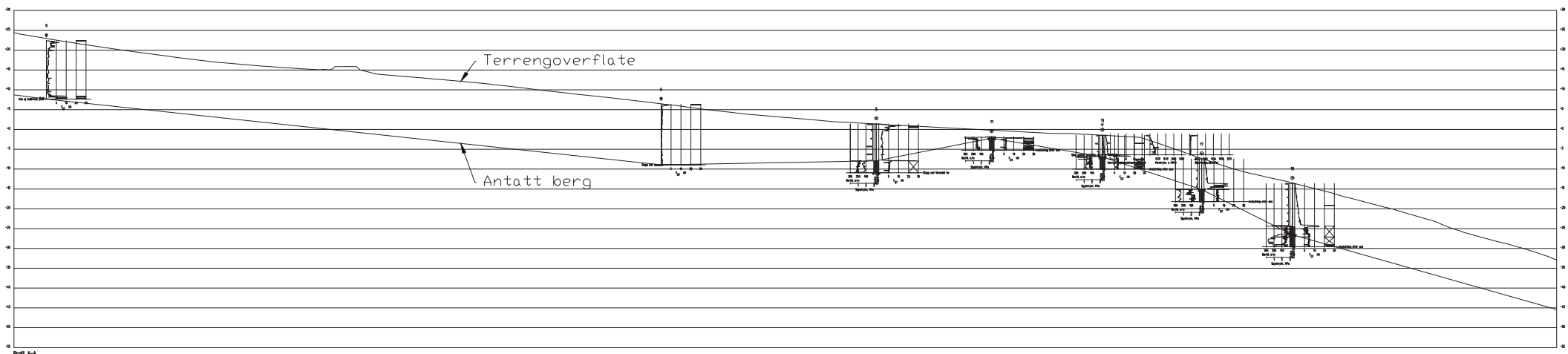
EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ $\frac{430}{28.2}$ 14.8 +2.4 — BORET DYBDE • BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE



00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred					Fag Geoteknikk Format A2
Situasjonsplan Lokasjon av profiler Borplan grunnundersøkelser					Dato 23.01.2019 Format/Målestokk: 1:1000
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Oppdragnr. 10209394	Konstr./Tegnet JONASBJ Tegningnr. RIG-TEG-001	Kontrollert ARV Godkjent OAA	Rev. 00

Z:\02093\10209394_01\0209394_01_03_ARETELSPRØVING\10209394_01_01_TEGNINGER\10209394_RIG-TEG-001_rev00 - Situasjonsplan.dwg - Layout (DDI) - Plottet av jmhsh Date: 2019.02.04 kl. 13:55

Z:\010209394\01\10209394-01-03 ARBEIDSDOMRÅDE\10209394-01 RIG\10209394-01-04 TEGNINGER\10209394-RIG-TEG-600_rev000 - Profil A.dwg - Layout: (A3 skjema) - Plottet av: jonasbj Date: 2019.02.04 kl 13:34



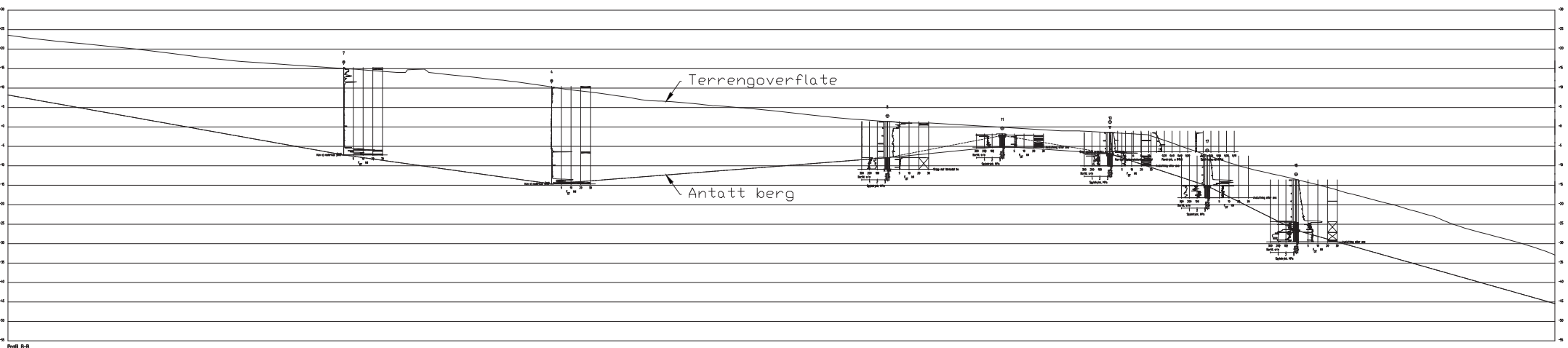
Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
x			xx.xx.xxxx	xxx	xxx	xxx

Multiconsult
www.multiconsult.no

Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred
Tverrprofil
Profil A

Status	Fag	Original format	Dato
Konstr./Tegnet JONASBJ	Geoteknikk ARV	A3 OAA	23.01.2019
Oppdragsnr. 10209394	Tegningsnr. RIG-TEG-600	Målestokk 1:1000	Rev. 00

Z:\010209394\01\10209394-01-03 ARBEIDSDRÅDE\10209394-01 RIG\10209394-01-04 TEGNINGER\10209394-RIG-TEG-601_rev00 - Profil B.dwg - Layout: (A3 skjema) - Plottet av: jonasbj. Dato: 2019.02.04 kl 13:37



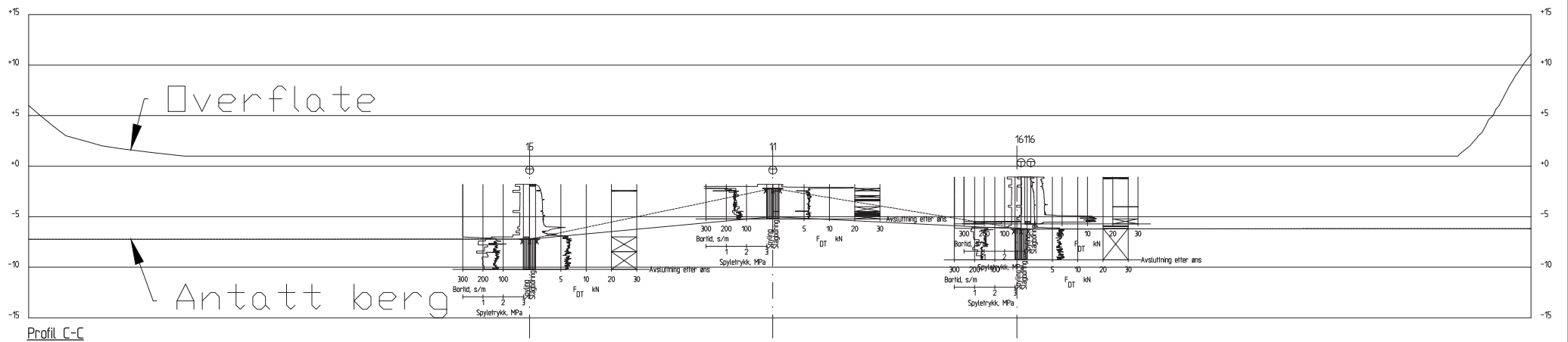
Profil B-B

Rev.	Beskrivelse	Endr.liste	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
x			xx.xx.xxxx	xxx	xxx	xxx

Multiconsult
www.multiconsult.no

Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred
Tverrprofil
Profil B

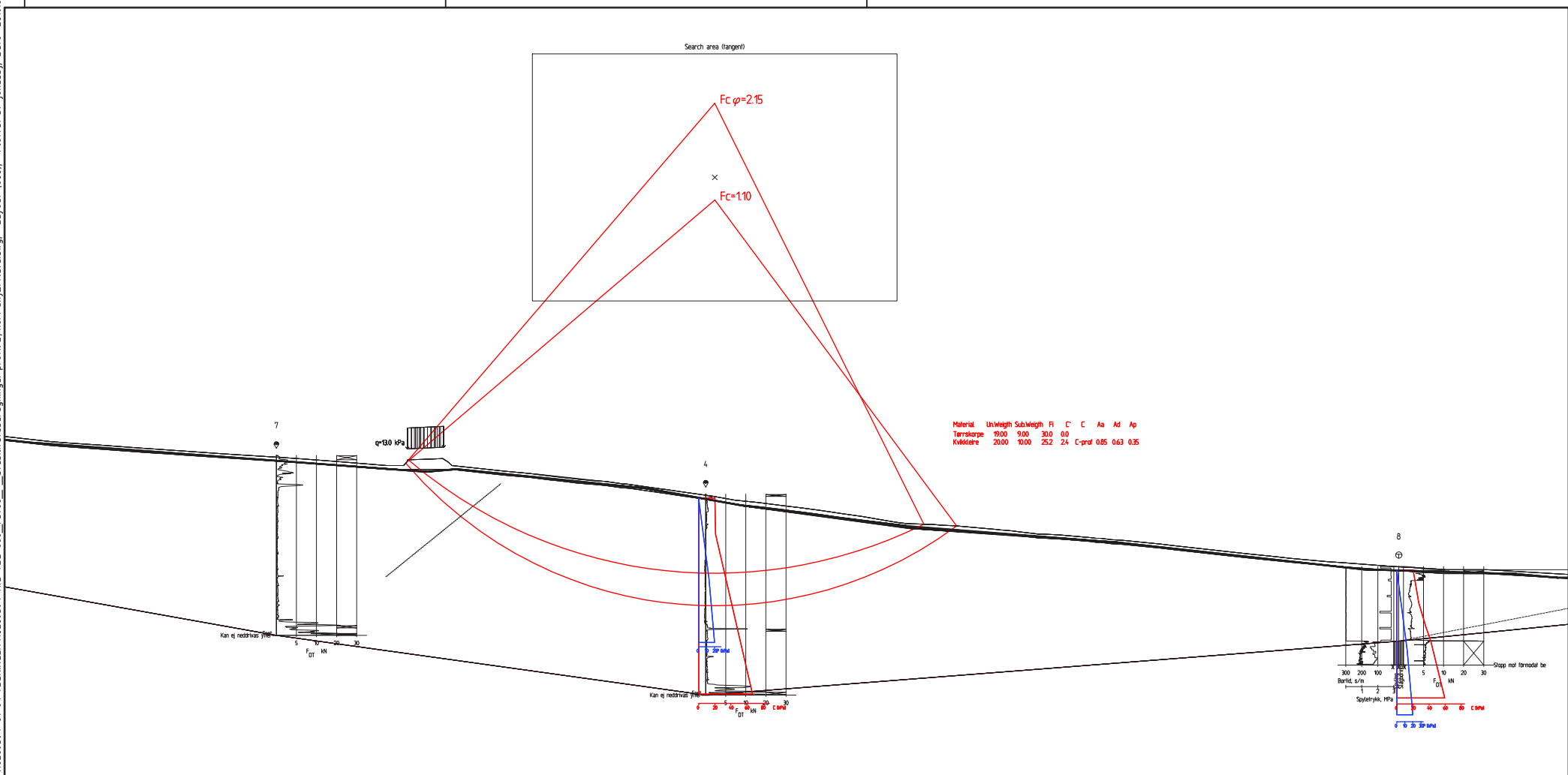
Status	Fag	Original format	Dato
Konstr./Tegnet JONASBJ	Geoteknikk ARV	A3 OAA	23.01.2019
Oppdragsnr. 10209394	Tegningsnr. RIG-TEG-601	Målestokk 1:1000	Rev. 00



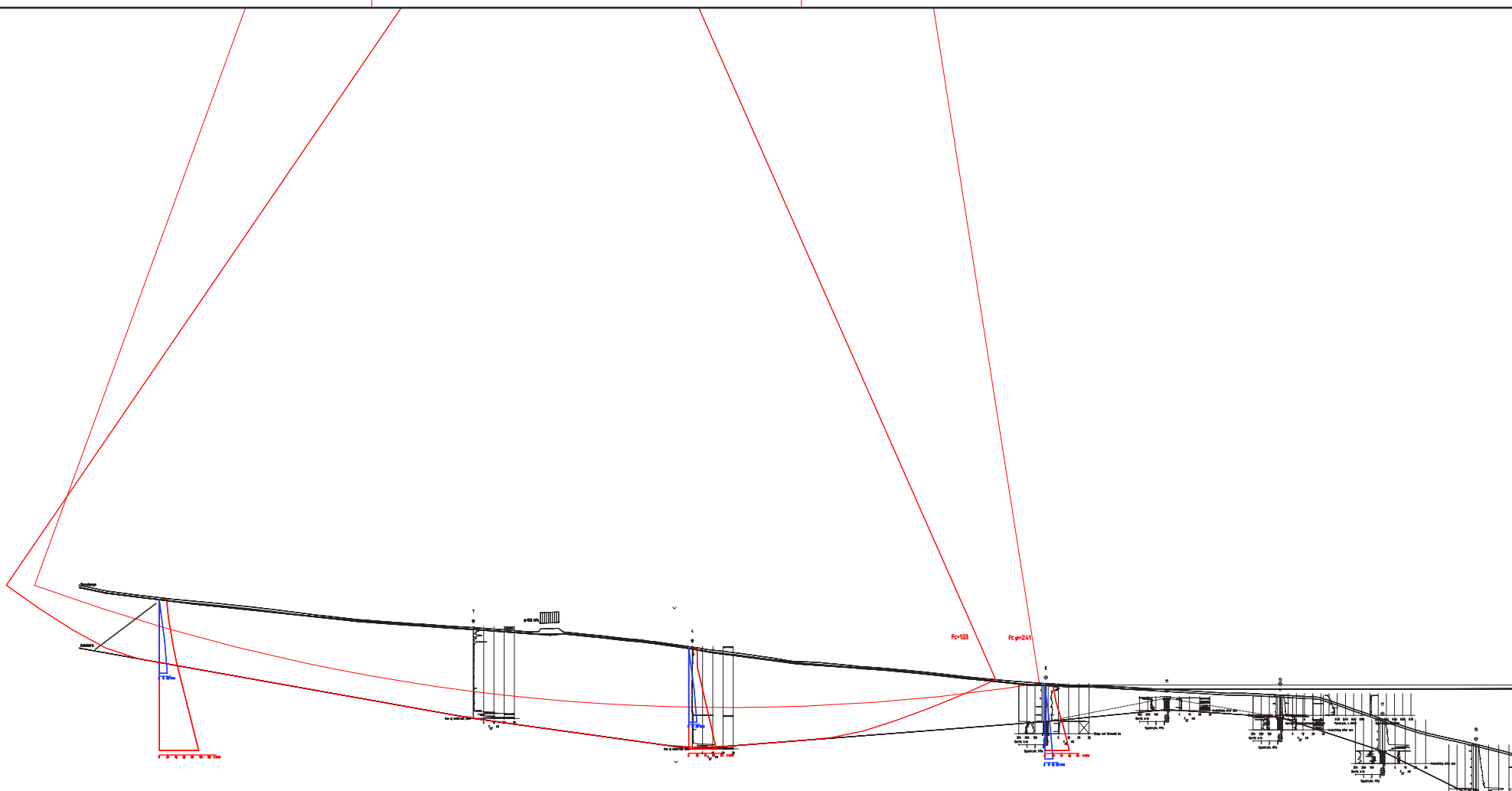
Profil C-C

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 23.01.2019		
Tverrprofil Profil C			Format/Målestokk: 1:400 -		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet JONASBJ	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
Oppdragsnr. 10209394		Tegningsnr. RIG-TEG-602			Rev. 00

Z:\1010209\10209394-01\10209394-01-03 ARBEIDSDOMRÅDE\10209394-01 RIG\10209394-01-04 TEGNINGER\10209394-RIG-TEG-800_rev00_ - Stabilitetsberegninger profil B, kort skjærflate.dwg, - Layout: (800), - Plottet av: jonasbj, Dato: 2019.01.25

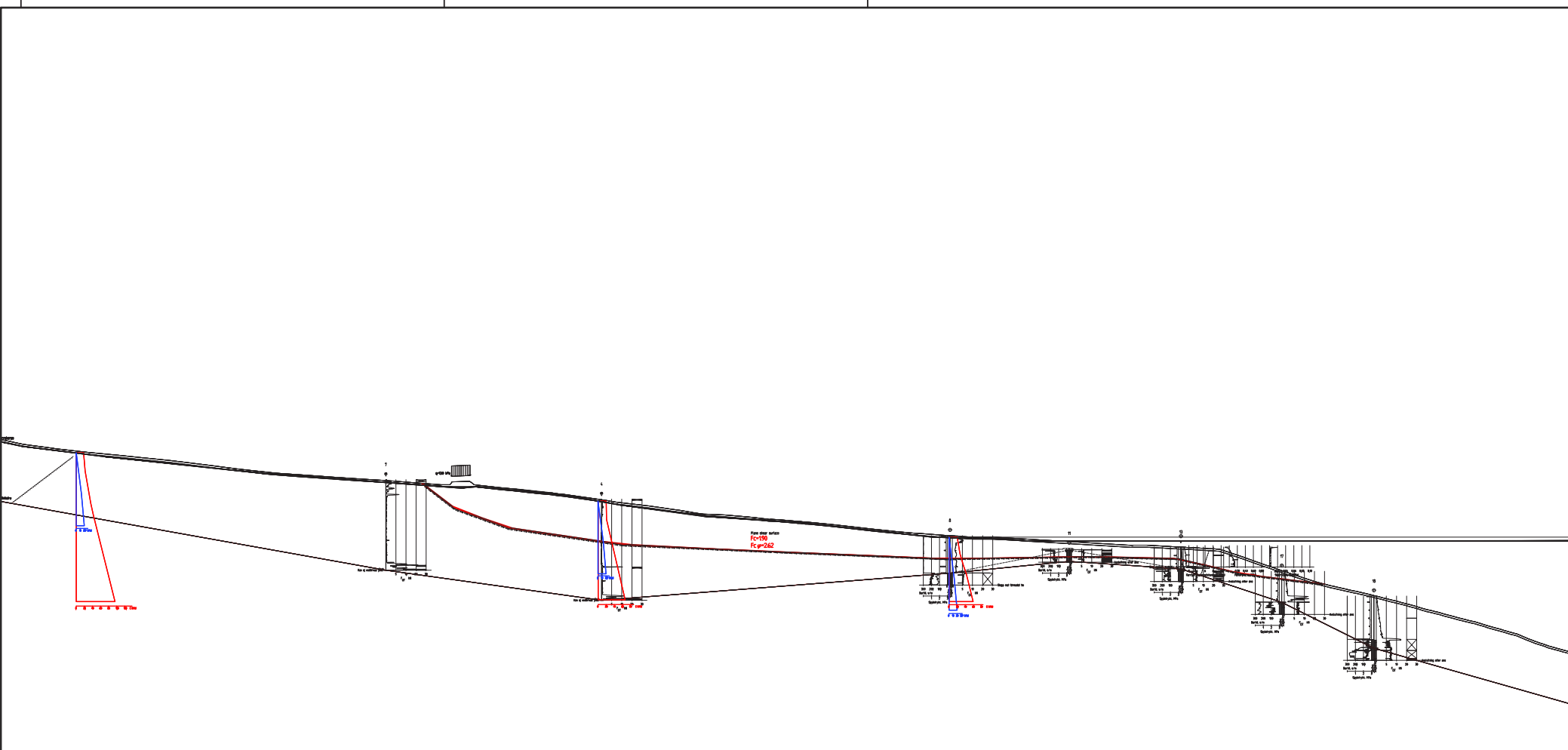


00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Fag	Format	
Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred			Geoteknikk	A3	
Stabilitetsberegninger			Dato	25.01.2019	
Profil B			Format/Målestokk:	1:1000	
Kort skjærflate, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse				-	
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Multiconsult		JONASBJ	ARV	OAA	
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.	
10209394	RIG-TEG-800			00	

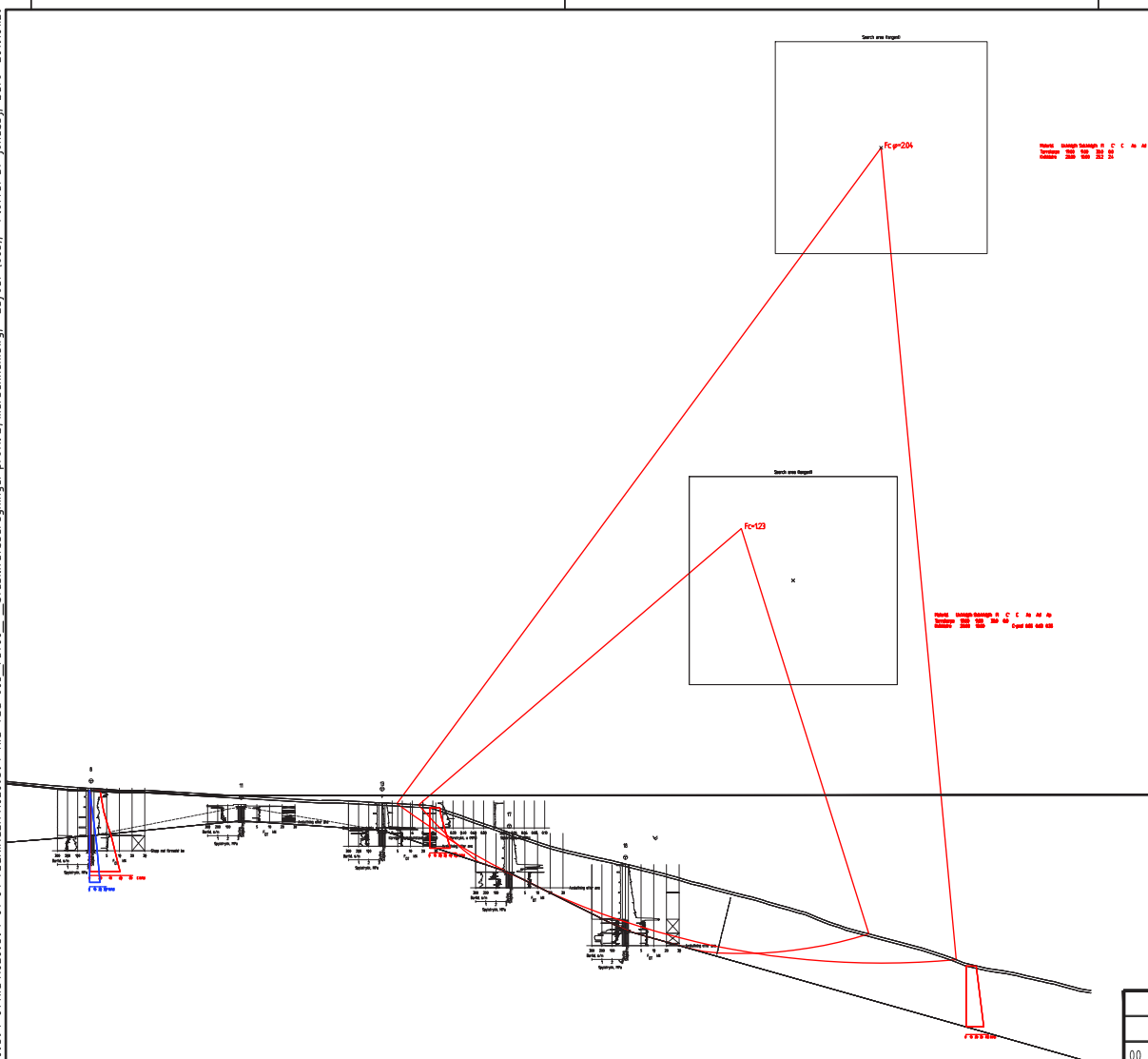


00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato	25.01.2019	
Stabilitetsberegninger Profil B Lang skjærflate, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse			Format/Målestokk:	1:1000	
				-	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet JONASBJ	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 10209394	Tegningsnr. RIG-TEG-801		Rev. 00

Z:\1010209\10209394-01\10209394-01-03 ARBEIDSOMRÅDE\10209394-01 RIG\10209394-01-04 TEGNINGER\10209394-01-04- RIG-TEG-800_rev00_- Stabilitetsberegninger profil B, kort skjærflate.dwg. - Layout: (802). - Plottet av: jonasbj. Dato: 2019.01.28



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	-	-	-	-	-
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred		Fag Geoteknikk	Format A3	Dato 25.01.2019	
Stabilitetsberegninger Profil B Sammensatt skjærflate, $\alpha\varphi$ - og ADP-analyse		Format/Målestokk: 1:1000 -			
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet JONASBJ	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 10209394	Tegningsnr. RIG-TEG-802		Rev. 00



00	-	-	-	-	
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)			Fag	Format	
Saltkjelvika, Otterøya. Geoteknisk vurdering etter skred			Geoteknikk	A3	
Stabilitetsberegninger			Dato	29.01.2019	
Profil B			Format/Målestokk:	1:1000	
Sirkulær skjærflate (utenfor marbakken), $\alpha\phi$ - og ADP-analyse				-	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
			JONASBJ	ARV	OAA
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
10209394		RIG-TEG-803		00	

Vedlegg A

Skredtyper og skredutløp

(1 side)

Vedlegg A

Skredtyper og skredutløp

Innholdsfortegnelse

A.1 Vurdering av skredtyper og skredutløp	1
A.1.1 Skredtyper	1
A.1.2 Vurdering av skredutløp	1

A.1 Vurdering av skredtyper og skredutløp

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i ei sone kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse innenfor og nedstrøms sonen et skred kan medføre.

I det følgende er det utført en vurdering av skredtype og skredutløp for kvikkleiresonen ved Saltkjelvika i Namsos kommune.

A.1.1 Skredtyper

Basert på topografi og grunnforhold vurderes det at mest sannsynlig skredtype for Saltkjelvika er et skalkskred (også kalt retrogressivt skred). Et skalkskred går bakover i «skalker» som glir ut av skredgropen. Flaskskred er også å forvente i slake skråninger med bløte grunnforhold som i området ved Saltkjelvika, typisk helning på skredgropa er 1:15. Flaskskred kan bli utløst enten ved et initialskred i bunn av skråningen (bakoverrettet skalkskred) eller ved overbelastning i bakkant (fremover rettet skalkskred). Bakoverrettede skalkskred vil ofte etterlate en pæreformet skredgrop /5/. For kvikkleiresonen ved Saltkjelvika antas det at relevant utløsningsmekanisme er ved fv. 7068 eller i strandsonen som avgrenser sonen i nord-øst. Utløsende årsak kan enten være overbelastning i området ved fylkesvegen eller erosjon i strandsonen (ev. undersjøisk skred utenfor strandsonen). En skredhendelse i nedre del av området vil kunne utløse et områdeskred som involverer hele eller deler av forekomsten med sprøbruddmateriale.

Andre skredtyper kan forekomme, avhengig av hva som er utløsende årsak for et eventuelt skred.

A.1.2 Vurdering av skredutløp

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et skred. Det avhenger svært mye av lokale forhold og leiras egenskaper. Det fins ulike metoder for vurdering av utløpsdistanse bla. NGIs publikasjon nr. 158 (1985) /16/, NIFS rapport nr. 38 (2013) /17/, NIFS rapport nr. 14 (2016) /18/. For kvikkleiresonen ved Saltkjelvika er det på grunn av topografiske forhold valgt å basere vurderingen av skredutløp i stor grad på skjønn. Utløp vil være i retning strandsonen og videre ut i sjøen (nordøstlig retning). Terrenget på land har en gjennomsnittlig helning omtrent 1:10. Det vurderes derfor at utløpsområdet i hovedsak vil være i sjøen, nedenfor strandsonen. Sjøbunnen heller i nordøstlig retning med helning ca. 1:19 fremt til marbakken. Utenfor marbakken er helningen på sjøbunnen omtrent 1:4.

Vedlegg B

Klassifisering av kvikkleiresone
«Saltkjelvika»

(4 sider)

Vedlegg B

Klassifisering av kvikkleiresone «Saltkjelvika»

Innholdsfortegnelse

B.1 Skadekonsekvensklasse	1
B.2 Faregradsevaluering av «Skatvalshaugen».....	2
B.3 Risikoklasse	4

Følgende klassifisering av kvikkleiresonen i Saltkjelvika gjelder for dagens situasjon. Det er vurdert at eventuelle sikringstiltak ikke vil medføre en endring i klassifisering av kvikkleiresonen «Saltkjelvika».

B.1 Skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvensevalueringen av kvikkleiresone «Saltkjelvika» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 /15/ (Tabell B.1). Evalueringene er utført iht. Tabell B.2 under.

Tabell B.1: Klassifisering av skadekonsekvens

Faktorer	Vekttall	Skadekonsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligenheter, 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, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Skadekonsekvensklassene er inndelt inn i tre klasser:

- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig: Poengverdi 0-6
- Skadekonsekvensklasse alvorlig: Poengverdi 7-22
- Skadekonsekvensklasse meget alvorlig: Poengverdi 23-45

Tabell B.2: Skadekonsekvensevaluering for kvikkleiresone «Skatvalshaugen»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	1	4	Spredt gårds-/eneboligbebyggelse
Næringsbygg, personer	3	0	0	Ingen næringsbebyggelse i løsne- eller utløpsområde
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen annen bebyggelse i løsne- eller utløpsområde
Vei, ÅDT	2	1	2	ÅDT for fv. 7068 på denne strekningen: 230 (kilde: www.vegvesen.no/vegkart)
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Ingen jernbane/toglinje i nærheten
Kraftnett	1	0	0	Brudd på kraftnettet påvirkes kun lokalt
Oppdemning/flom	2	0	0	Ingen. Utløp i sjøen. Ingen bekk/elv i området, kun drengroft ifbm. jordbruksarealer
Sum poeng			6	Skadekonsekvens MINDRE ALVORLIG

Det bemerkes at det i evaluering av skadekonsekvens er gitt score 0 på faktoren «Næringsbygg, personer», til tross for at Salmar har et oppdrettsanlegg beliggende utenfor Saltkjelvika. Det er vurdert at oppdrettsanlegget ligger utenfor det antatte utløpsområdet og dermed ikke vil påvirkes av ett eventuelt skred.

«Saltkjelvika» klassifiseres med skadekonsekvens **mindre alvorlig**. Klassifiseringen gjelder for dagens situasjon.

B.2 Faregradsevaluering av «Skatvalshaugen»

Etter tolkning av utførte sonderinger og prøveserier er det gjort en vurdering av omfanget av sprøbruddmateriale. Denne avgrensningen er utgangspunktet for kvikkleiresoneinndelingen som vist på tegning nr. 10209394-RIG-TEG-002. Vurdering av utstrekning er i stor grad basert på skjønn knyttet til topografi og kjente lokasjoner med berg i dagen/grunt til berg. Fra tidligere er det et fåtall sonderinger i området. Kvikkleiresoneinndelingen karakteriseres som konservativ og supplerende grunnundersøkelser kan redusere sonens størrelse.

Faregradsevalueringen for «Saltkjelvika» er gjort for den antatt mest ugunstige delen av sonen.

Faregradsevalueringene er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 8.10.2008 /15/.

Evalueringene er utført iht. Tabell B.3. Resultat er vist i Tabell B.4.

Tabell B.3: Kriterier for faregradsevaluering iht. NGIs rapport 20001008-2, rev 3 /4/.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	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
Poretrykk					
Overtrykk, kPa	+3	> +30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Undertrykk, 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	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep					
Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum poeng		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Faregradsklassene er inndelt i følgende tre faresoner:

- Faregradsklasse LAV: Poengverdi 0-17
- Faregradsklasse MIDDELS: Poengverdi 18-25
- Faregradsklasse HØY: Poengverdi 26-51

Tabell B.4: Faregradsevaluering av kvikkleiresone «Skatvalshaugen»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	1	1	Ingen tidligere utglidninger er kjent. Satt konservativt til «Lav»
Skråningshøyde, m	2	2	4	Drivende høydeforskjell for dagens situasjon er ca. 25 m. BP 9 på kote +22,4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	Terrenget antas normalkonsolidert 1,0-1,2.
Poretrykk	+3/-3	2	6	Poretrykk i grunnen er målt. Poreovertrykk
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Gjennomsnittlig mektighet av sprøbruddmateriale settes til >H/2. Grunnundersøkelser antyder tynt lag (tørrskorpe) over kvikkleire til antatt berg
Sensitivitet	1	3	3	Målt sensitivitet er over 100
Erosjon	3	0	0	Antatt ingen erosjon
Inngrep	+3/-3	0	0	Ingen inngrep på nåværende tidspunkt.
Sum poeng			26	FAREGRAD HØY

«Saltkjelvika» klassifiseres med **faregrad høy** for dagens situasjon.

B.3 Risikoklasse

Vurdering av risikoklasse av kvikkleiresone «Skatvalshaugen» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 /15/.

Tallverdien for risiko beregnes ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Risiko er inndelt i fem klasser:

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

Risikoklasse for kvikkleiresone «Saltkjelvika»:

For dagens situasjon klassifiseres sonen i **risikoklasse 3** (tallverdi 680).

Beregning av tallverdi for bestemmelse av risikoklasse er som følger:

$$\frac{6}{45} * 100 * \frac{26}{51} * 100 \approx 680 \rightarrow \text{Risikoklasse 3}$$

Vedlegg C

Beregningsforutsetninger

(4 sider)

Vedlegg C

Beregningsforutsetninger

Innholdsfortegnelse

C.1 Beregningsforutsetninger, stabilitet	1
C.1.1 Kvalitet av undersøkelser.....	1
C.1.2 Tyngdetetthet.....	1
C.1.3 Laster.....	1
C.1.4 Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling med dybden.....	1
C.1.5 Effektivspenningsparametere.....	1
C.1.6 Udrenert skjærfasthet.....	2
C.1.7 Anisotropi.....	3
C.2 Stabilitetsberegninger	4
C.2.1 Beregningsverktøy.....	4
C.2.2 Profil.....	4
C.2.3 Beregningsresultater.....	4

C.1 Beregningsforutsetninger, stabilitet

Tolkning av parametere er gjort på basis av utførte laboratorieundersøkelser på opptatte 54 mm prøveserier og erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220 /12/.

C.1.1 Kvalitet av undersøkelser

Prøvetaking av sensitiv eller kvikk leire med 54 mm sylindrerprøver vurderes i hovedsak å ligge i Kvalitetsklasse 2, beskrevet som «Forstyrret kvalitet».

C.1.2 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver, både fra nye og tidligere grunnundersøkelser, er benyttet som grunnlag. Se rapport nr. 10209257-RIG-RAP-001 /5/ for detaljerte geotekniske data.

C.1.3 Laster

Fylkesveg 7068 krysser det undersøkte området i Saltkjelvika. Det er antatt 10 kPa med lastfaktor 1,3 for trafikklaster fra fylkesvegen.

C.1.4 Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling med dybden

Det er utført poretrykksmålinger i forbindelse med grunnundersøkelsene. Disse har antydning av poreovertrykk i grunnen. Stabilitetsberegningene er derfor utført med poreovertrykk i samsvar med avleste poretrykk i datarapport for grunnundersøkelser, rapport nr. 10209257-RIG-RAP-001 /5/. Det bemerkes at poretrykksprofilene i beregningene representerer overtrykket og dermed regnes med som ett tillegg til hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden.

C.1.5 Effektivspenningsparametere

Valg av effektivspenningsparametere er basert på erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220, samt erfaringer fra lignende grunnforhold. Parameterne er presentert i Tabell C.1.

Tabell C.1. Materialparametere, Saltkjelvika

Materiale	Tyngdetetthet, γ [kN/m ³]	Friksjon, $\tan\phi_k$ [-]	Attraksjon, a [kPa]
Tørrskorpe	19,0	0,58 ($\phi_k=30,0^\circ$)	0
Kvikkleire	19,0	0,47 ($\phi_k=25,2^\circ$)	5,0

C.1.6 Udrenert skjærfasthet

Skjærfasthet fra enaks og konus

Verdier for c_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er inkludert i vurderingen av opptredende udrenert skjærfasthet, men ikke vektlagt særlig for bestemmelse av endelig verdi.

Skjærfasthet fra CPTU

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderinger korrelert iht. empiriske baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl. (1996) /13/ og (2005) /14/. For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden.

Metode basert på poretrykksbasis, Δu :

På poretrykksbasis bestemmes c_{uA} som:

$$c_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

der,

- Δu = poreovertrykk
- u_2 = målt poretrykk i CPTU
- u_0 = in situ poretrykk
- $N_{\Delta u}$ = bæreevnefaktor

Verdier for faktoren $N_{\Delta u}$ kan etableres både empirisk og teoretisk. Teoretisk er det vist at faktoren $N_{\Delta u}$, vil variere mellom 2-20. Vanligvis bestemmes imidlertid c_{uA} ved hjelp av empiriske baserte verdier for $N_{\Delta u}$ der resultater fra anisotrope konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet er benyttet som referanser.

c_{uA} på poretrykksbasis er tolket med korrelasjoner til B_q samt korrelasjoner mot OCR , S_t og I_p basert på erfaringsverdier korrelert mot aktive treaksialforsøk.

Følgende korrelasjoner er benyttet, se Tabell C.2.

Tabell C.2 Korrelasjoner mot B_q , OCR S_t og I_p

	Empirisk middelvariasjon i B_q	Empirisk middelvariasjon i OCR, S_t og I_p
Leire ($S_t < 15$)	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,070 \cdot I_p$
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale ($S_t > 15$)	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_n} = \frac{u_2 - u_0}{q_n}$$

der,

q_n = netto spissmotstand

Metode basert på spissmotstand, q_t :

For sammenligning er det tatt med tolkning av CPTU på spissmotstandsbasis. På spissmotstandsbasis bestemmes c_{uA} som:

$$c_{uA} = \frac{q_n}{N_{kt}} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

der,

q_t = korrigert spissmotstand

σ_{v0} = in situ vertikal overlagringstrykk

N_{kt} = bæreevnemfaktor/konfaktor

N_{kt} er bestemt ut i fra prosedyrer, vist i Tabell C.3.

Tabell C.3 Bestemmelse av N_{kt}

	Empirisk middelvariasjon i B_q	Empirisk middelvariasjon i OCR, S_t og I_p
Leire ($S_t < 15$)	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$
Kvikkleire/sprøbruddmateriale ($S_t > 15$)	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

I utførte stabilitetsberegninger er udrenert skjærfasthet presentert ved bruk av skjærfasthetsprofiler (c-prof).

C.1.7 Anisotropi

Anisotropiforholdet er vurdert ut fra «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer» i NIFS-rapport nr. 14/2014 /11/. Det er valgt å være konservativ ved valg av anisotropifaktorer og dermed antatt en plastisitetsindeks mindre eller lik 10%.

Aktiv skjærfasthet er, iht. NVEs veileder nr. 7/2014 /4/, redusert med 15% som følge av at styrken er tolket fra sondering med CPTU. Benyttede anisotropifaktorer blir da som følger:

$$C_{ua} = 0,85$$

$$\frac{C_{ud}}{C_{ua}} = 0,63$$

$$\frac{C_{up}}{C_{ua}} = 0,35$$

C.2 Stabilitetsberegninger

C.2.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 16.0.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt.

Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også søkt etter sammensatte skjærflater.

C.2.2 Profil

For å vurdere stabiliteten er det utført beregninger for ett profil, profil B. Profilet strekker seg fra land og ut i sjøen. Sjøbunnskotene er hentet fra sjøbunnskartleggingen som er utført i etterkant av skredhendelsen.

Terskelen som er funnet ved totalsondering i BP11 antyder berg 0,5 meter under sjøbunnen.

Totalsonderinger i BP 15 og 16 viser derimot omtrent 5 m dybde til antatt berg. Det er derfor valgt å legge antatt bergterskel 5 m under sjøbunn (berg på 0,5 m dybde markert med stiplede linje). Dette anses å være konservativt mtp. konsekvens for resultater fra stabilitetsberegninger.

Situasjonsplan med lokasjon av profiler er vist på tegning nr. 10209394-RIG-TEG-001.

Tverrprofiler er vist i tegning nr. 10209394-RIG-TEG-600 til -602.

C.2.3 Beregningsresultater

Det er utført beregninger for dagens tilstand ved udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) og drenert effektivspenningsanalyse ($\alpha\phi$ -analyse).

Beregnet sikkerhetsfaktor fra stabilitetsberegninger er vist i tabell C.4.

Tabell C.4. Resultater fra stabilitetsanalyser

Tegning nr. 10209394-	Skjærflate	Sikkerhetsfaktor	
		Drenert ($F_{c\phi}$)	Udrenert (F_c)
RIG-TEG-800	Kort*	2,15	1,10
RIG-TEG-801	Lang	2,41	1,03
RIG-TEG-802	Sammensatt	2,62	1,90
RIG-TEG-803	Sirkulær (marbakken)	2,04	1,23

* Skjærflate tvunget ut under trafikklasten

Resultater fra stabilitetsberegninger viser at tilfredsstillende sikkerhet oppnås for drenerte analyser. For udrenerte analyser er det beregnet lav sikkerhet for både kort og lang skjærflate, og tilfredsstillende sikkerhet for sammensatt skjærflate.