

Statens vegvesen

► Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng

Områdestabilitetsvurdering i henhold til NVE-veileder 1/2019

Geoteknikk

Oppdragsnr.: 52108102 Dokumentnr.: 52108102-RIG-R03 Versjon: J03 Dato: 2022-03-23



Oppdragsgiver: Statens vegvesen
Oppdragsgivers kontaktperson: Trygve Håland
Rådgiver: Norconsult AS,
Oppdragsleder: Terje Faanes
Fagansvarlig: Tommy Haugen Sjødis
Andre nøkkelpersoner: Kristine H. H. Ekseth, Lars Bratteng Jenssen

J03	2022-03-23	For bruk etter uavhengig kvalitetssikring	Kristine H. H. Ekseth	Tommy Haugen Sjødis	Terje Faanes
C02	2022-02-08	For kommentar hos ekstern part	Kristine H. H. Ekseth	Tommy Haugen Sjødis	Terje Faanes
B01	2021-11-19	Foreløpig utgave for informasjon/kommentar	Kristine H. H. Ekseth	Tommy Haugen Sjødis	Terje Faanes
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 gjort en vurdering av områdestabiliteten i Kristiansand havnebasseng i tilknytning til Statens vegvesens utbyggingsprosjekt E18/E39 Gartnerløkka-Kolsdalen. I den forbindelse må dagens havneområde bygges om. Deler av havnearealet må utvides og bane, vei og gate må legges om. Bruken av dagens havneareal kan også bli endret pga. utbyggingsprosjektet.

Grunnforhold og tidligere beregninger er gjennomgått. Det er benyttet både tidligere stabilitetsvurderinger samt nye beregninger inne i Kolsdalsbukten og ved Europakaia som grunnlag for utredningen.

Kvikkleiresone 2500 Kristiansand Havn må meldes inn på nytt hos NVE da både sonens geometri og faregrads-, konsekvens- og risikoklassifisering er oppdatert etter gjennomgangen av tilgjengelig grunnlagsmateriale.

Sonens utstrekning er basert på tilgjengelige grunnundersøkelser utført/oversendt fra Norconsult, Statens vegvesen, Sweco og Multiconsult, samt tilgjengelig materiale på NADAG. Kritisk skredmekanisme antas å være en retrogressiv skredtype, men sonens utstrekning er allikevel stedvis mindre enn $L = 15 \times H$ på grunn av forekomst av berg inne på land.

For faregradsklassifisering får sonen 26 av 51 mulige poeng (50,9% av maksimal poengsum). Sonen havner dermed i laveste del av faregradsklasse «høy». For klassifisering av konsekvens får sonen 22 av 45 mulige poeng (48,9% av maksimal poengsum). Konsekvensklasse «alvorlig» omfatter alle soner med poengverdi fra 7-22. Sonen befinner seg i øvre del av konsekvensklasse «alvorlig». Risiko = faregrad x konsekvens = $50,9 \times 48,9 = 2489 \rightarrow$ Risikoklasse 4 (tallverdier fra 1901 til 3200).

Utredningen vil bli meldt inn til NVE etter at endelig utgave av rapporten er ferdigstilt og kvalitetsikret av uavhengig foretak.

Faregradsvurdering er utført før tiltak i havnebassenget og skal oppdateres så snart prosjekterte tiltak i havnen er utført.

► Innhold

1	Innledning	5
1.1	Forutsetninger	5
2	Topografi og grunnforhold	9
2.1	Topografi	9
2.2	Grunnforhold	9
3	Stabilitetsberegninger	12
3.1	Tidligere beregningsprofiler og -resultater	12
3.2	Beregningsverktøy nye beregninger	26
3.3	Styrkeparametere og partialfaktor	26
3.4	Resultater	27
4	Vurdering av løsne- og utløpsområder	30
4.1	Løsneområder	30
4.2	Utløpsområder	32
4.3	Faregrad-, konsekvens- og risikoklasse	33
5	Konklusjon	35
6	Referanser	36

Tegningsliste

Tegningstittel	Tegningsnummer
Oversiktskart med profiler	003-001
Stabilitetsberegninger	003-101 – 003-106
Kvikkleiresone	003-201

1 Innledning

I forbindelse med Statens vegvesen sitt utbyggingsprosjekt med ny E18/E39 Gartnerløkka – Kolsdalen må dagens havneområde bygges om. Deler av havnearealet må utvides og bane, vei og gate må legges om. Bruken av dagens havneareal kan også bli endret pga. utbyggingsprosjektet.

Dagens fergeterminalområde for fergetrafikk til Danmark må endres som følge av ny E18/E39 Gartnerløkka – Kolsdalen. Sørvest for dagens fergeterminal skal landarealene utvides til bruk for ny og endret fergeterminal. Lengst nord i havneområdet, også kalt Hampa, medfører omlegging av veg og bane endret bruk og mulig utvidelse av havnearealet. Samtidig skal det legges ut støttefyllinger/motfyllinger i havnebassenget for å bedre sikkerhet i forhold til områdestabilitet.

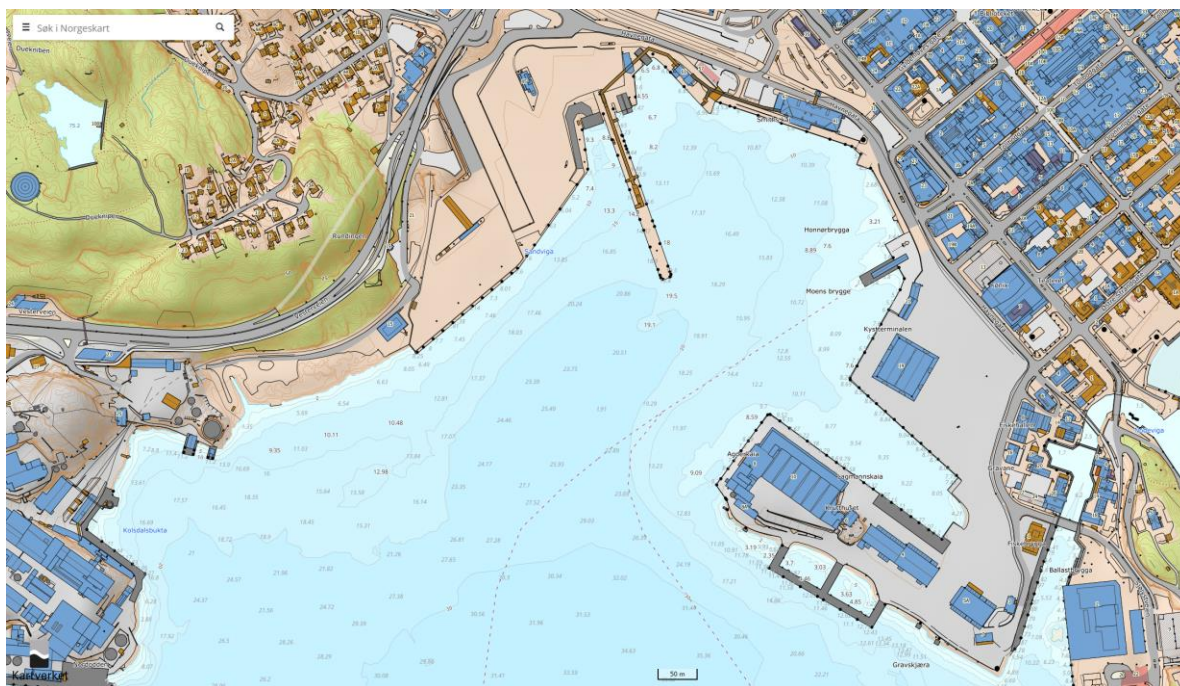
Norconsult AS er engasjert som rådgiver for Statens vegvesen for prosjektering av fyllinger i sjø. Fyllinger etableres som følge av en utvidelse av eksisterende landareal og for stabiliserende tiltak i form av motfyllinger. Prosjektering omfatter utarbeidelse av konkurransegrunnlag og detaljprosjekt med beskrivelse av utførelsen.

Foreliggende rapport er en områdestabilitetsvurdering i henhold til krav i NVE-veileder 1/2019 [1].

Benyttet koordinatsystem er Euref 89 Sone NTM 7 og høydesystem NN2000.

1.1 Forutsetninger

Prosjekteringsforutsetninger og designparametere er presentert i rapporter 52108102-RIG-R01 [2] og 52108102-RIG-R02 [3] utgitt av Norconsult.



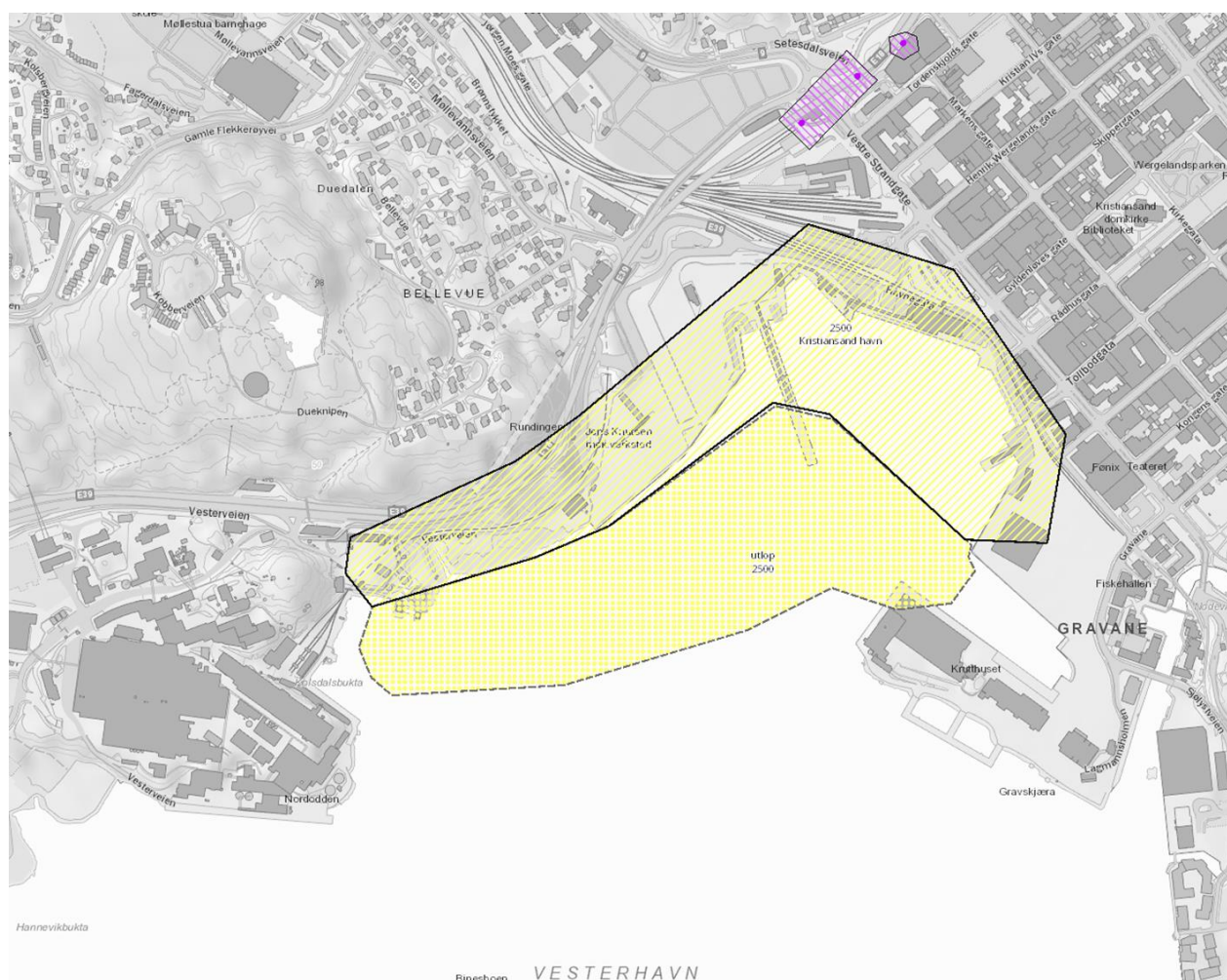
Figur 1 Kartutsnitt over tiltaksområdet i Kristiansand havn

Kartutsnitt over området er vist på Figur 1. Det er en eksisterende kvikkleiresone i området, 2500 Kristiansand havn. Sonen revideres i foreliggende rapport. Endringer i sonens geometri er basert på tilgjengelige grunnundersøkelser og tidligere og nye vurderinger av stabilitet.

Sonen er i Swecos områdestabilitetsvurderingsrapport [4] kategorisert slik:

- Faregrad «Lav»
- Konsekvensklasse «alvorlig»
- Risikoklasse 3

Sonens utstrekning, med faregradskravur, er vist i Figur 2. Figuren er hentet fra NVE Atlas [5].



Figur 2 Kvikkleiresone «2500 Kristiansand havn».

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 veger, 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, banehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Vurderingene følger kravene til tiltakskategori K4 (gul omkransing), definert som over, ref. tabell 3.2 [1].

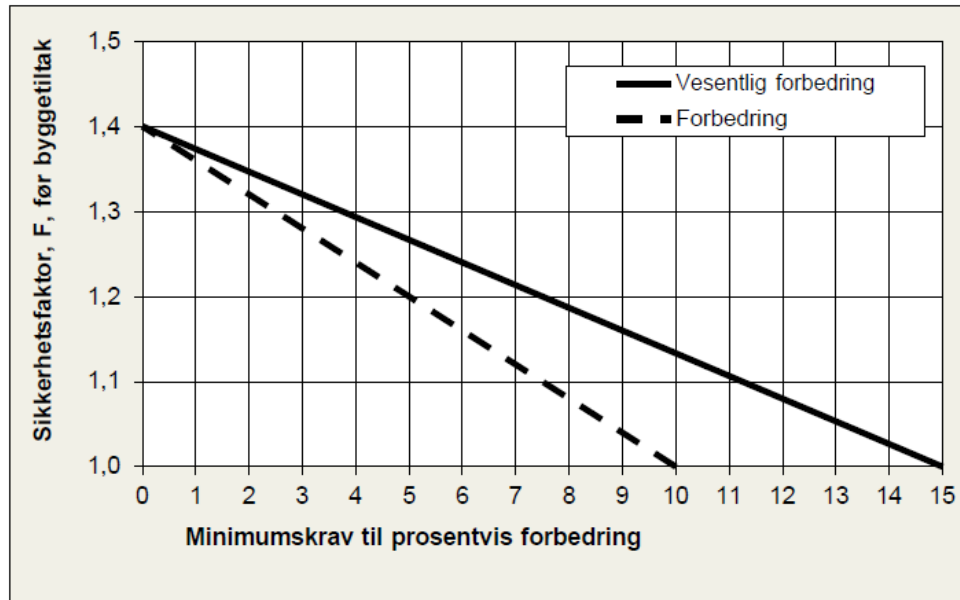
For tiltak som forverrer stabiliteten kreves det i tiltakskategori K4 absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \times f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene. $f_s = 1,15$ og gir dermed krav til udrenert sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,61$ der glideflater går gjennom sprøbruddmateriale.

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

For skråninger 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.

For tiltakskategori K4 er det ved prosentvis økning av sikkerhetsfaktor krav om «forbedring» dersom faregrad for en sone er lav eller middels høy. For faregrad høy vil det stilles krav om «vesentlig forbedring». Prosentvis forbedring kan kun benyttes ved topografiske endringer, eller ved bruk av lette masser. Beregningsmetodikken for prosentvis forbedring er beskrevet i kapittel 5.4 i NVEs veileder 1/2019.

Det er ikke mulig å generalisere påkrevd sikkerhetsfaktor ved tiltak for «forbedring». Til det må det gjøres en konkret vurdering i hvert enkelt beregningstilfelle.



Figur 3 Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor. Gjelder drenert og udrenert. Hentet fra NVE veileder 1/2019

2 Topografi og grunnforhold

2.1 Topografi

Tiltaksområdet og nærliggende områder omtales her i 3 hoveddelområder. Inndelingen er løselig basert på Figur 4 og områdenes generelle topografiske egenskaper. Aktuelt område ligger i havneområdet sørvest for Kristiansand sentrum.

2.1.1 *Glencore og østover mot Fergeterminal*

Glencore ligger på berg, på ca. kote +20, men mot nord/øst/sørøst er det en overgang til løsmasser under vann. Sjøbunnen faller mot øst, ned til ca. kote -35. På land ved Kolsdalsbukta stiger terrenget bratt opp til over kote +50. Her er det berg i dagen. Det er utført fyllinger i sjøen mellom Kolsdalsbukta og eksisterende fergeterminal, men originale løsmasser under fyllingen består av leire/siltig leire.

2.1.2 *Fergeterminal, Hampa, kai 2 og Europakaia*

Fergeterminal-området ligger på ca. kote +1,5 til kote +2. Området består av utfylte masser. Området har hatt endret bruk og utforming svært mange ganger siden 1920-tallet, for en detaljert historikk se prosjekteringsforutsetningsrapport [2]. Ute i Sandviga faller sjøbunnen ned til ca. kote -20.

2.1.3 *Kai 3 og 9 og Lagmansholmen*

Kai 3 og 9 ligger på et utfylt område, tidligere strandlinje/sjøbunn. Kaiene ligger på ca. kote +1,5. Sjøbunnen faller mot vest/nordvest, ned til ca. kote -20. Kaiene og områdene på Lagmannsholmen ligger dels på berg (svaberg), dels på fyllmasser. Kaiene ligger her på ca. kote +2, men terrenget stiger opp til ca. kote +11 der berget stikker opp ved Krutthuset. Sjøbunnen faller også i disse områdene, mot sør, til ca. kote -30.

2.2 Grunnforhold

Det er utført grunnundersøkelser i vestre havn ved flere anledninger. Se tegning 003-001 for en oversikt over utførte grunnundersøkelser med referanser.

Grunnforholdene varierer noe i havneområdet, men består generelt av oppfylte masser over leire over berg. Leira har innslag av silt og sand og er i sjikt karakterisert som kvikk/sprøbruddmateriale. Under gis en overordnet oversikt over grunnforholdene i enkelte delområder i vestre havn.

Oversikt over kaiene nevnt i rapporten er vist i Figur 4.



Figur 4 Oversikt over plassering av de ulike kaiene i Vestre havn, Kristiansand.

2.2.1 Grunnforhold ved Glencore og Kolsdalsbukta

Generelt kan grunnforholdene beskrives som 2 m med silt over leire, over morene, over berg. Grunnen domineres av en homogen og svært tykk avsetning av leire som i enkelte sjikt er definert som kvikk/sprøbruddmateriale. Silten og leira i de øvre meterne er svært bløt, men har jevnt økende fasthet med dybden. Dybden til berg varierer fra berg i dagen til over 66 m under dagens sjøbunn. Generelt er det berg i dagen langs hele strandsonen i dette området.

2.2.2 Grunnforhold ved Fergeterminalen

For området ved Fergeterminalen består de naturlige løsmassene under sjøbunnen av leire med enkelte sjikt av silt, over morene og berg. Over de naturlige løsmassene er det påvist fyllmasser av sprengstein, men også sand og grus med varierende tykkelse. Prøver tatt i leira viser sjikt av kvikkleire/sprøbruddmateriale. På landsiden består grunnen i hovedsak av fyllmasser av sprengstein, over sand og leire over berg.

2.2.3 Grunnforhold ved Hampa

Ved Hampa består løsmassene generelt av et tykt lag av fyllmasser/sand over leire til berg. I leirlaget finnes innslag av tykke og tynne lag av sand. Leira er generelt middels fast til bløt, og undersøkelser viser at den er noe overkonsolidert. Leiren defineres som kvikk/sprøbruddmateriale i enkelte sjikt og dybder. Det antas ca. 80 m dybde til berg. Sandlaget har en tykkelse på ca. 15 m på land, og 5-10 m i sjøen. Sjøbunnen foran dagens spunt er relativt flat et stykke utover i sjøen.

2.2.4 Grunnforhold ved Kai 2

Ved Kai 2 er grunnforholdene relativt like som ved Hampa. Løsmassene består av sandig silt over leire, over morene til berg. Sjøbunnen heller slakt utover fra kaifronten. Ved Havnelageret er det registrert spesielt

setningssensitive masser og organisk materiale over leira. Leira er definert som kvikk/sprøbruddmateriale i enkelte sjikt og dybder.

2.2.5 Grunnforhold ved Europakaia

Ved Europakaia består løsmassene av fyllmasser av sand bak kaia. Sjøbunnen under kote -6 viser lagvis avsetninger av gytje, silt og finsand. Det er mye organisk materiale i løsmassene. Fra kote -11 til -16 er det påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale. Videre forekommer det lagvis sand, silt, leire til stor dybde.

2.2.6 Grunnforhold ved kai 3 og 9

Det er utført grunnundersøkelser på land ved kai 3 og kai 9. Ved nivået til opprinnelig sjøbunn består grunnen av leire. Langs kai 9 viser grunnundersøkelser at leira er tydelig overkonsolidert og kan karakteriseres som middels fast til fast. Ved kai 3 viser prøveserier at leira er noe overkonsolidert, men ikke i like stor grad som ved kai 9. Leira kan karakteriseres som middels fast. Det er i enkelte sjikt påvist at leira er kvikk/sprøbruddmateriale. De nyeste delene av kaiene er oppfylt med sprengstein, resten er fylt opp med sand. Dybden til berg er større enn 20 meter.

2.2.7 Grunnforhold ved Lagmannsholmen

Opprinnelig har området ved Lagmannsholmen bestått av oppstikkende skjær og holmer. Det har pågått oppfyllingsarbeid i flere omganger og over lang tid. Det er utført grunnundersøkelser både på land og til sjøs i flere omganger på sørsiden av området. På land er det flere områder med oppstikkende berg. På sørsiden av området består grunnforholdene av oppfylte steinmasser til ca. kote -4 til kote -10. Sjøbunnen faller mot sør med en helning på ca. 1:6 (10°) til ca. kote -40. Under fyllingsfoten er det et opptil 5 m tykt topplag av siltig sand over bløt til middels fast leire på berg. Tykkelsen på leirelaget varierer fra under 1 m til opptil 30 m. Det er påvist sprøbruddmateriale her.

3 Stabilitetsberegninger

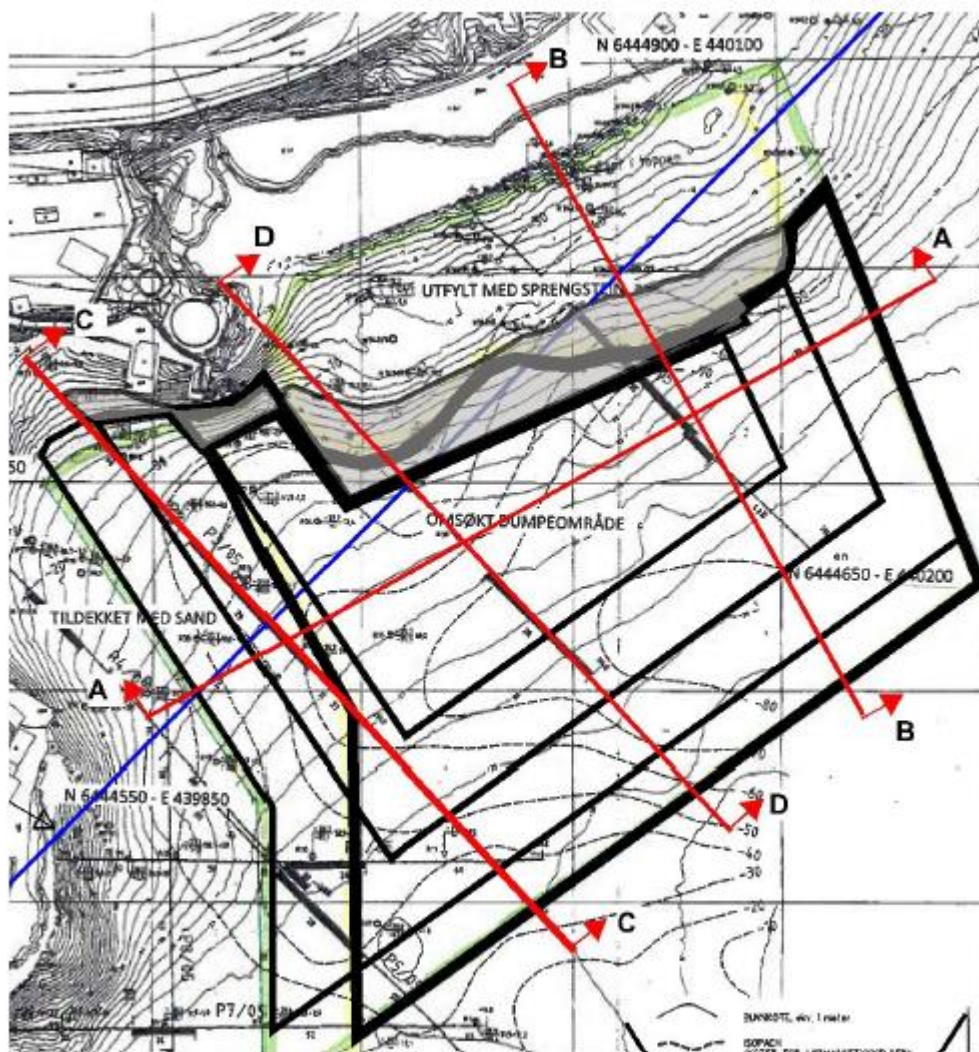
Norconsult har i det følgende gått gjennom tidligere beregninger, samt gjort egne beregninger i tre profiler AA, BB og CC.

3.1 Tidligere beregningsprofiler og -resultater

For lagdeling henvises det til beskrivelser i kapittel 2.2 samt detaljer på tegninger.

3.1.1 Glencore og Kolsdalsbukta

Grontmij har på vegne av Kristiansand havn utført stabilitetsberegninger i 2012 i 4 profiler nordøst for Glencore, langs Vesterveien/Kolsdalsbukta [6] [7] [8]. I tillegg har Rambøll utført stabilitetsberegninger fra Nordodden på Glencore og ut i Vesterhavn i profil C [9] [10]. Tilgjengelige beregningsprofiler er vist i Figur 5.



Figur 3.1 Placering af beregningsnit i forhold til opfyldningsområde.

Figur 5 Figur hentet fra Grontmij-rapporter [6], [8]. Rambøll har også gjort stabilitetsberegninger i profil C [10].

Det er gjort stabilitetsberegninger i flere profiler av Grontmij og Rambøll. Multiconsult har også gjort en vurdering av stabiliteten uten å presentere beregningsresultatene i sin rapport [11]. Rambølls beregninger [10] er for situasjon før utlegging av mottfyllinger og oppfylling, beregnet i et profil C, tilsvarende profil C i Grontmij's beregninger i geonotat 04 og 22 [6] [8]. Rambøll finner en beregningsmessig sikkerhet på ca. 1,3. Multiconsult støtter dette i sin rapport.

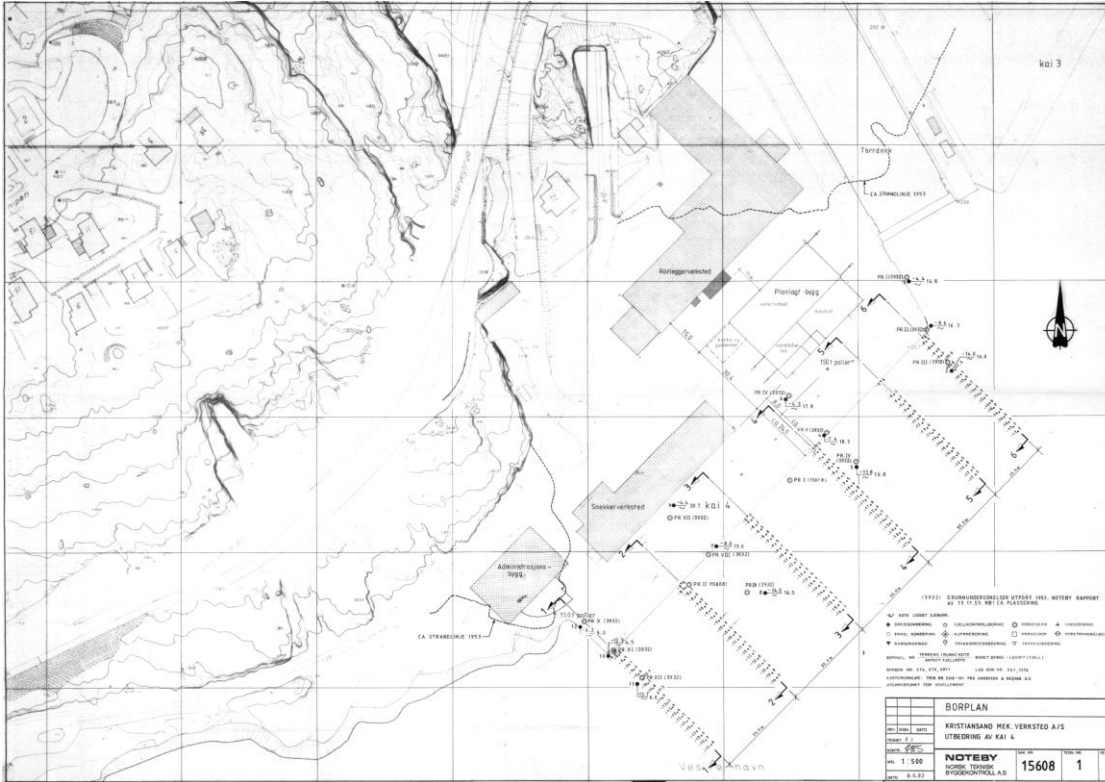
Norconsult forstår det slik at Grontmij presenterer sine beregningsresultater som dimensjonerende beregningsmessig sikkerhet, ikke karakteristisk slik det vanligvis gjøres i Norge.

Grontmij i sitt Geonote 04 [6] har funnet for sitt profil B at beregningsmessig sikkerhet på totalspenningsbasis før utlegging av fylling var 1,36/1,50 (fra beregningsprogram SLIDE og SLOPE/W). For profil C fant de en beregningsmessig sikkerhet på totalspenningsbasis på 1,7 (SLOPE/W). I profil D fant Grontmij en beregningsmessig sikkerhet på totalspenningsbasis på 1,52/1,97 (hhv. SLIDE og SLOPE/W). Beregninger for fremtidig situasjon etter utfylling varierer svært mye.

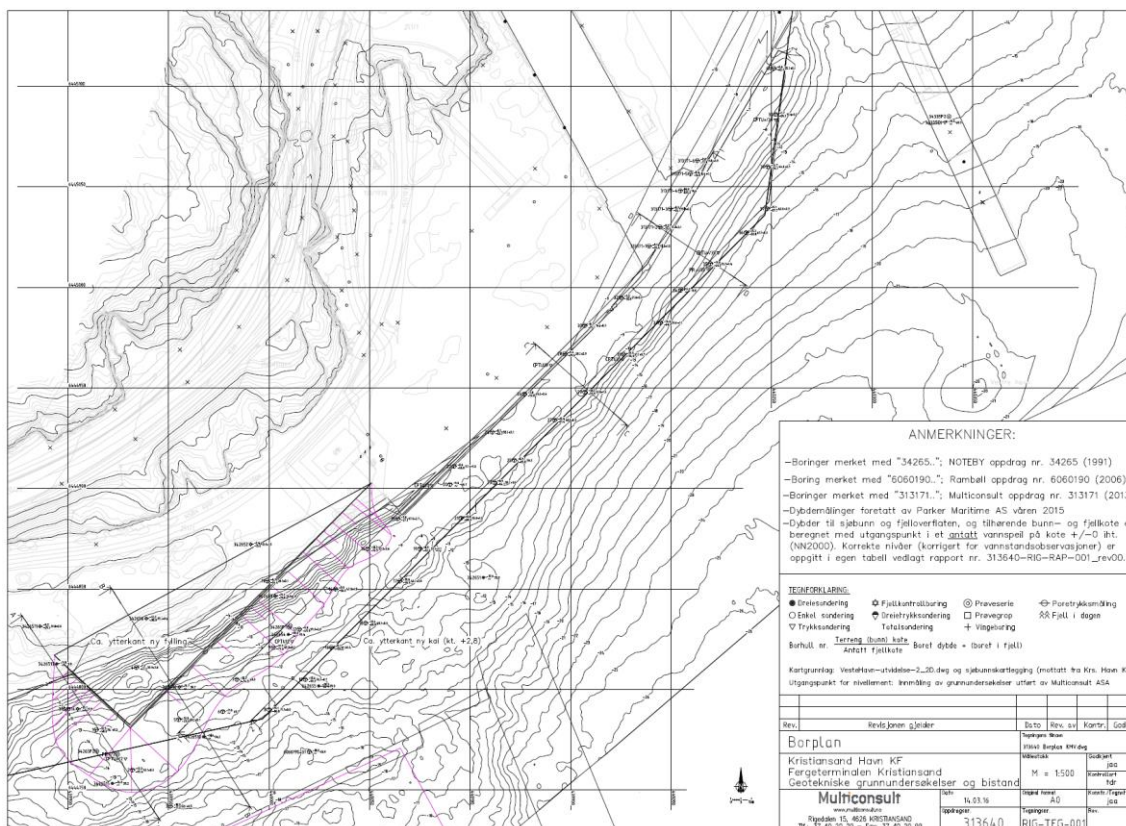
Grontmij har også gjort vurderinger i Geonote 22 [8] av beregningsmessig sikkerhet *etter* ferdig utlegging av fyllinger. I profil B ble det lagt ut for mye stein sammenlignet med planlagt, og beregningsmessig sikkerhetsforhold er redusert i henhold til Geonote 22. Karakteristisk verdi blir oppgitt til 1,336, dvs. $F_{CU} \geq 1,20$. I profil C ble det lagt ut for lite stein sammenlignet med planlagt, og beregningsmessig sikkerhet sank noe sammenlignet med situasjon før utlegging.

3.1.2 *Fergeterminalen*

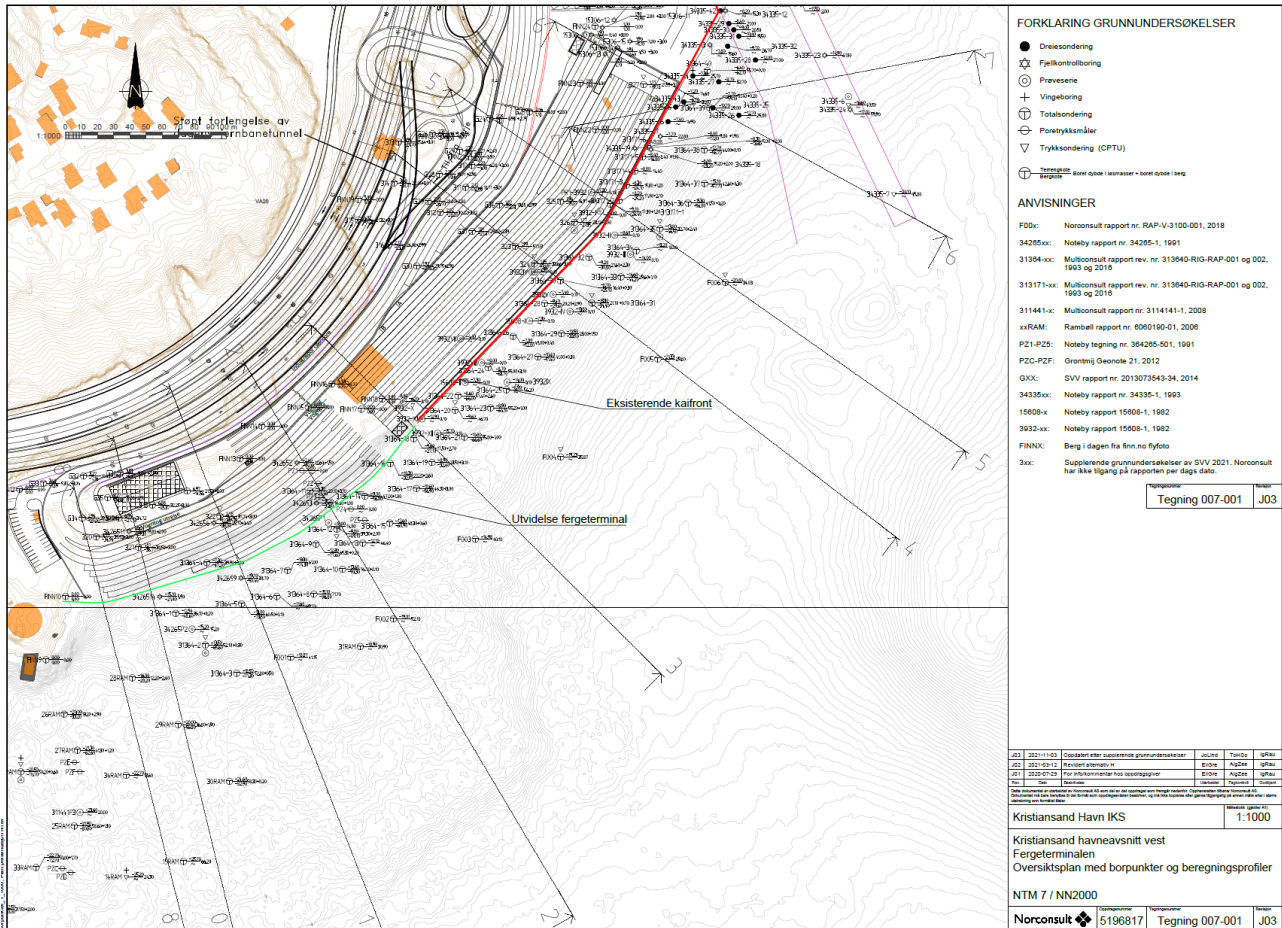
Flere beregninger for Fergeterminal-området er tilgjengelige. Blant annet har Noteby [12], Multiconsult [13] og Norconsult [14] gjort beregninger i området. Tilgjengelige beregningsprofiler er vist i Figur 6, Figur 7 og Figur 8. Profilene dekker hele området bort til fergeterminalområdet.



Figur 6 Borplan og beregningsprofiler fra Noteby-rapport [12]



Figur 7 Beregningsprofiler og borplan fra Multiconsult-rapport [13]



Figur 8 Grunnundersøkelser og beregningsprofiler fra Norconsult-rapport [14]

Noteby gjorde stabilitetsberegninger i 1982 i forbindelse med utbedring av datidens kai 4 [12], i dag strekningen mellom fergeterminalen sørvestover mot Kolsdalsbukta. Beregningene er gjort for eksisterende situasjon (1982) samt for en situasjon med 20 m bred motfylling på ca. kote -8. Beregningsmessig sikkerhet i de 3 skjærsirkelene varierer som vist i Figur 9.

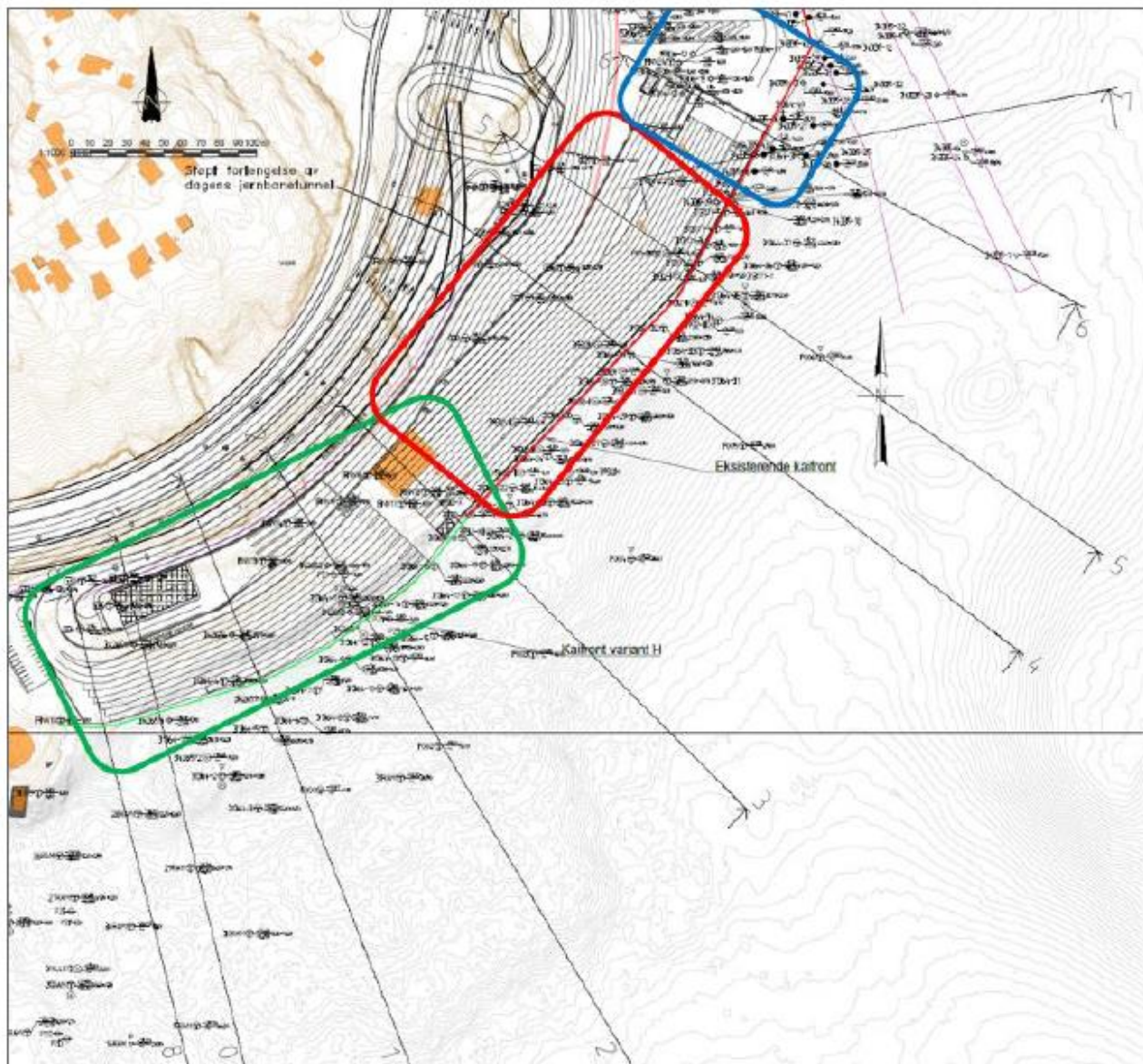
BEREGNINGRESULTATER

GLIDE-FLATE	SYMBOL	MIDL. SKJÆRSP. τ_{mob}	$\frac{\sum m(u_1) - \tau_{brudd}}{\tau_{mob}}$	MOBILISERT FRIKSJON			MIDL. EFF. NORMALSP.			ANMERKNING
				$\phi'_1(u_1)$	$\phi'_2(u_2)$	$\phi'_3(u_3)$	$\sigma'_{n1}(u_1)$	$\sigma'_{n2}(u_2)$	$\sigma'_{n3}(u_3)$	
0	*	69,1	1.0	33,2	36,4	42,0	105,5	93,7	76,7	MED EKSI- ST. SJØBUNN 1982.
1	x	63,3	1.2	26,5	28,6	32,4	126,9	116,0	99,7	
2	●	49,0	1,6	19,5	20,7	23,3	138,3	129,6	113,7	
0	÷	53,2	1,3	24,9	27,2	31,4	114,7	103,6	87,2	MED 20m BRED MOTFYLLING PÅ KT. -8,0.
1	+	48,6	1,6	20,0	21,6	24,4	133,4	122,7	107,1	
2	o	36,0	2,3	13,9	14,7	16,4	145,6	137,3	122,4	

Figur 9 Beregningsresultater fra Noteby-rapport [12]

Multiconsult [13] har også gjort stabilitetsberegninger fra fergeterminalen og sørvestover mot Kolsdalsbukta. Det ble gjort stabilitetsberegninger i to profiler, B-B og C-C. I profil B-B ble det selv med motfyllinger ikke oppnådd bedre beregningsmessig sikkerhet på totalspenningsbasis enn $F = 1,07$. Før-situasjon ble beregnet til $F = 1,0$. I profil C-C var beregningsmessig sikkerhet svært lik profil B-B, der det på totalspenningsbasis ikke ble oppnådd bedre enn $F = 1,09$. For begge profiler var beregningsmessig sikkerhet på effektivspenningsbasis bedre enn kravet i NVE-veileder og Eurokode 7.

Norconsult [14] har utført beregninger i området i forbindelse med forprosjekt for ny fergeterminal. Området ble delt inn i 3 soner, rødt, blått og grønt (Figur 10). Grønt område har krav til sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ da det blir en forverring av stabiliteten pga. ønsket tiltak. I rødt område styres kravet til sikkerhet etter SVV N200 [15], dvs. et krav om $F \geq 1,50$ for sprøtt brudd, ellers $F \geq 1,4$. De samme kravene vil gjelde på effektivspenningsbasis. Blått område ligger utenfor tiltakets influensområde og vil ha krav til generell sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$.



Figur 10 Beregningsprofiler, grunnundersøkelser og delområder i Norconsult-rapport [14]

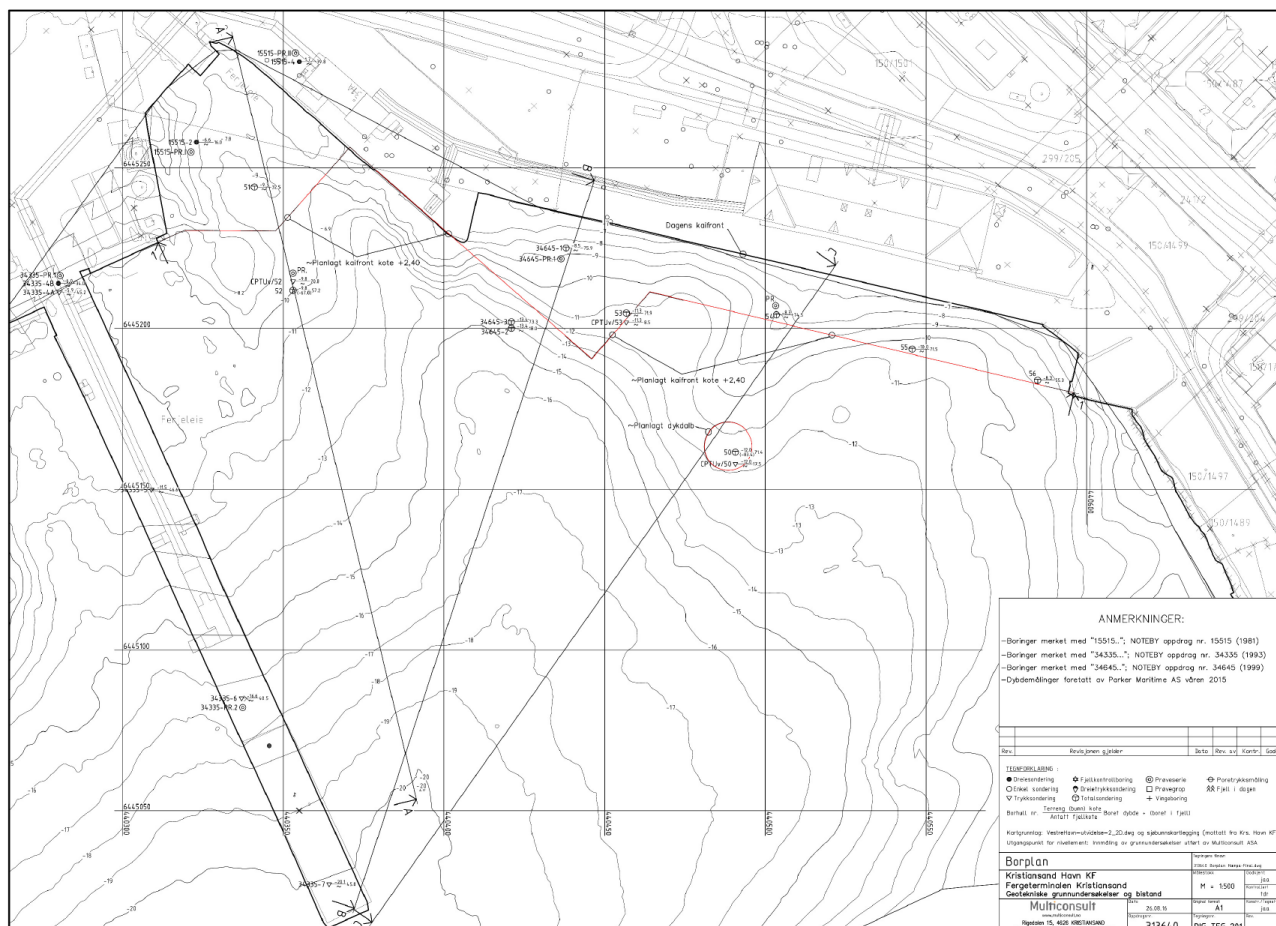
Beregninger for dagens situasjon er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Stabilitet i dagens tilstand, ref. 52108102-RIG-R05 [16].

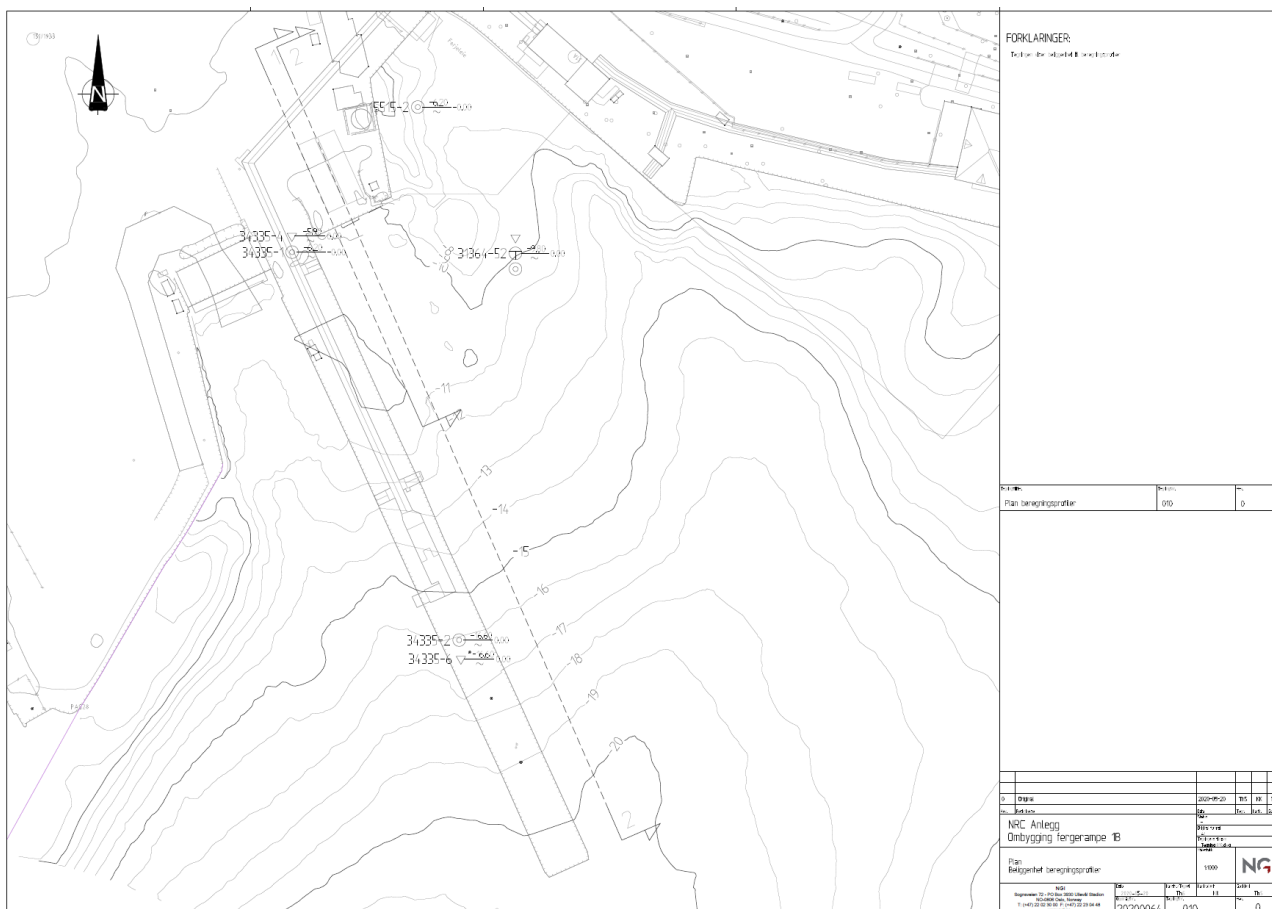
Profil	F_c	F_ϕ
8-8	1,60	1,93
0-0	1,29	1,72
1-1	1,37	1,67
2-2	2,10	2,56
4-4	1,01	1,53
6-6	1,07	2,14

3.1.3 Hampa, kai 2 og Europakaia

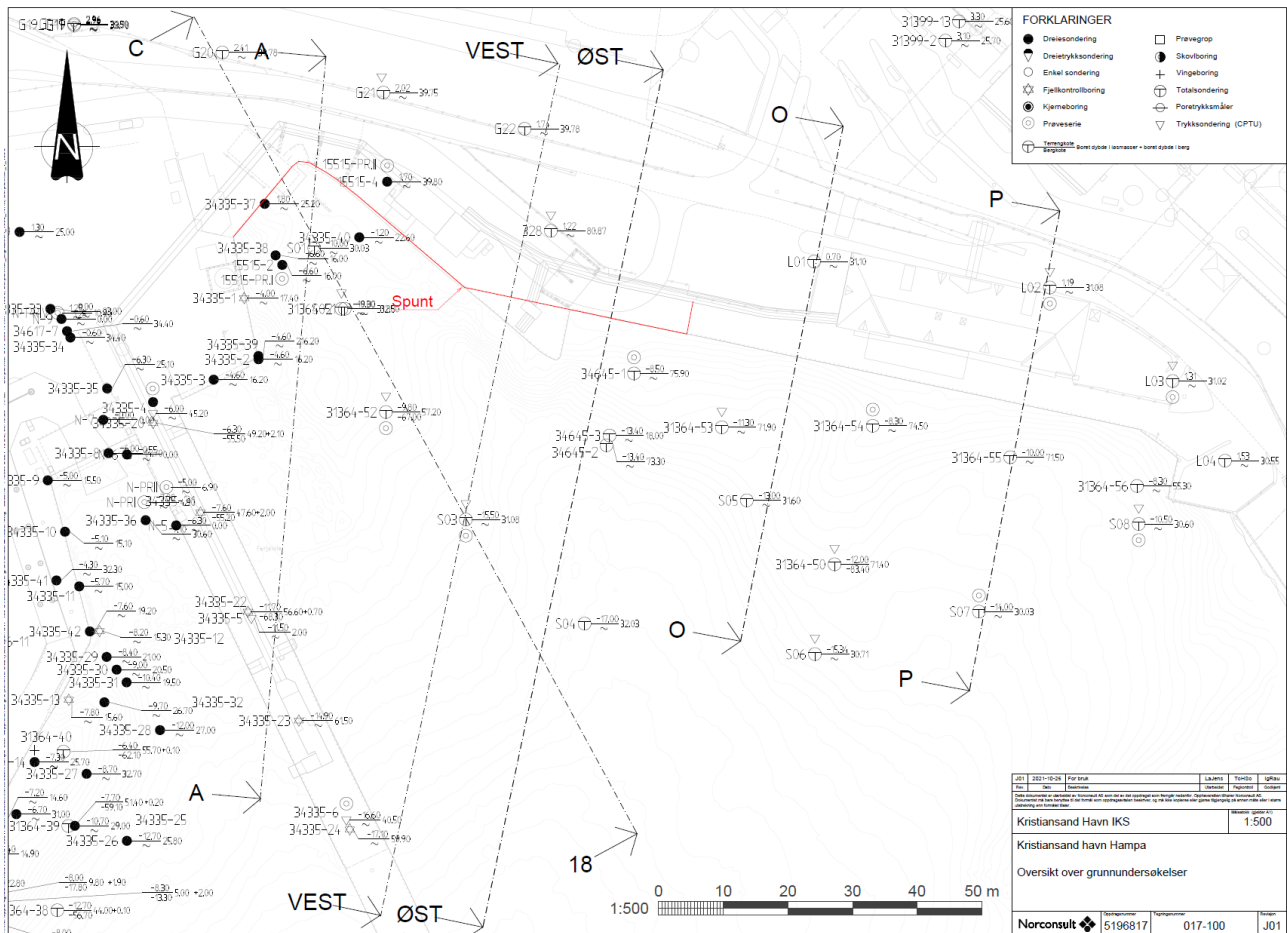
Området dekker området fra nord for fergeterminalen, rundt bukta og kai 2 og ned til og med Europakaia. Det er tidligere gjort beregninger i området av Multiconsult [17], NGI [18] og Norconsult [19]. Tilgjengelige beregningsprofiler er vist i Figur 11, Figur 12 og Figur 13. Profilene dekker området fra vest for fergeterminalen og til Smiths kai.



Figur 11 Borplan og beregningsprofiler fra Multiconsult-rapport [17]



Figur 12 Borplan og profiler fra NGI teknisk notat [18]



Figur 13 Grunnundersøkelser og beregningsprofiler fra Norconsult-rapport [19]

Multiconsult [17] har gjort beregninger i to profiler, A-A og B-B, inne i Hampa, i forbindelse med innledende vurderinger for utvidelse av fergeterminalen. Dagens situasjon vurderes som tilfredsstillende av Multiconsult, til tross for lav beregnet sikkerhetsfaktor på totalspenningsbasis.

Beregningsnr. og -metode	Beregningsfaktor, F	Kommentarer
Beregningsprofil A-A - Planlagt utfylling i Hampa		
1 - Udrenert analyse (ADP)	0,93	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
2 - Udrenert analyse (ADP)	0,48	Planlagt utfylling - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
3 - Udrenert analyse (ADP)	0,48	Som nr. 2 og spunt ned til kote -25 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
4 - Udrenert analyse (ADP)	0,55	Som nr. 2 og spunt ned til kote -30 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
5 - Udrenert analyse (ADP)	1,02	Som nr. 4 og konsolidert til ekstra 40 kPa- Global glideflate i leire/kvikkleire (SG). NB ikke helt realistisk for massene på utsiden av spunten
6 - Udrenert analyse (ADP)	1,06	Som nr. 5 men med 20 m bred motfylling på kote -7 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
7 - Udrenert analyse (ADP)	1,23	Som nr. 5 men med 40 m bred motfylling på kote -7 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
Beregningsprofil B-B - Planlagt pelefundamentert kai		
1 - Udrenert analyse (ADP)	1,00	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
2 - Drenert analyse (aφ)	1,16	Dagens situasjon - Lokal glideflate i sand (SG)
3 - Drenert analyse (aφ)	1,68	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)

Tabell 2 Skjermklipp fra tabell 3-4 i Multiconsult-rapport [17]

NGI [18] har gjort beregninger for fergerampe 1B, rett øst for eksisterende fergekai. For dagens situasjon finner de beregnet sikkerhetsfaktor 1,19, med motfylling finner de beregnet sikkerhetsfaktor 1,31. For større, dyperegående bruddflater, omtalt som «områdestabilitet», er beregnet sikkerhet $F_{cu} \gg 1,4$.

Norconsult [19] har gjort beregninger for Hampa, kai 2 og havnelageret/Smiths lager, i profiler kalt A-A, C-C, Vest-Vest, Øst-Øst, O-O og P-P. Dagens stabilitet for beregningsprofilene er presentert i Tabell 3.

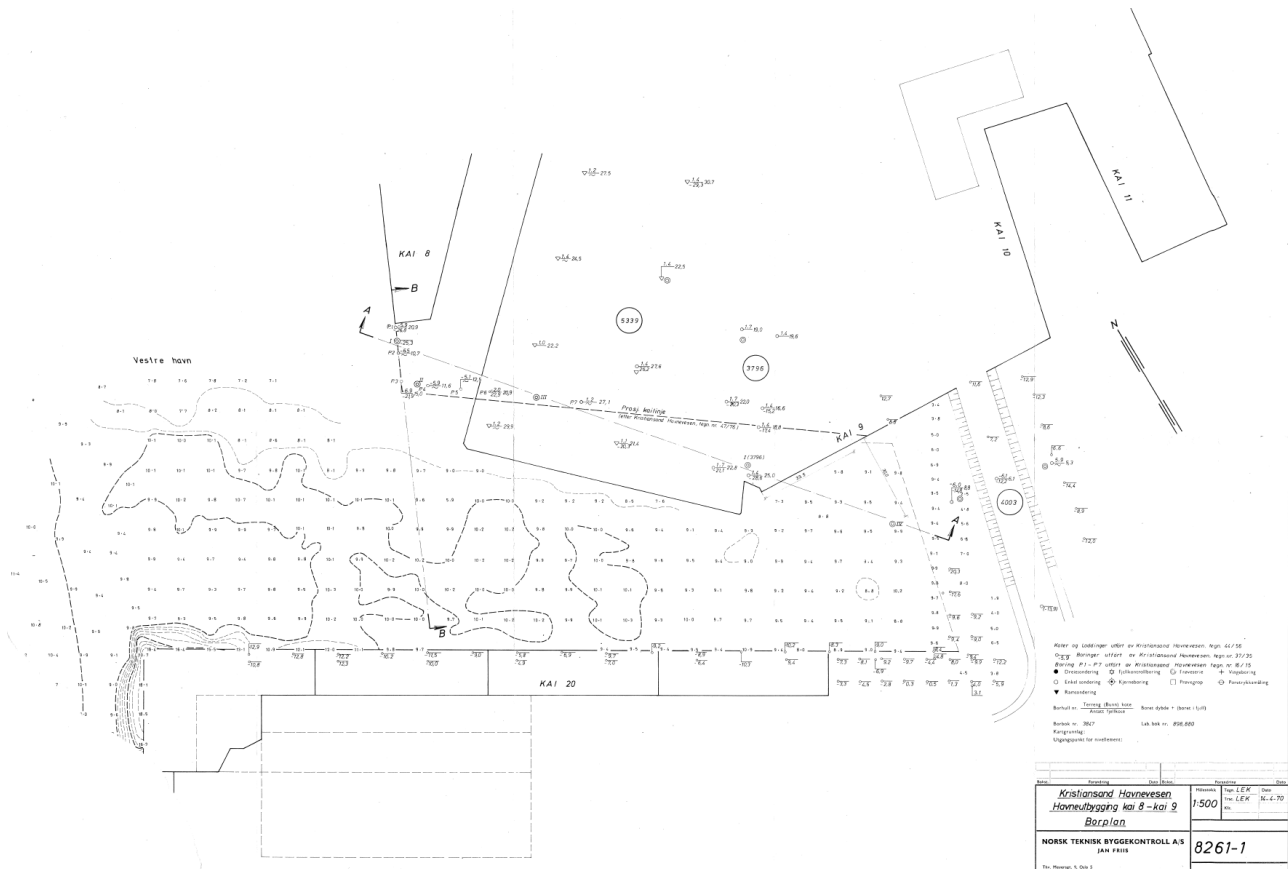
Stabiliteten i snitt vest-vest, øst-øst og O-O for udrenert situasjon er lavere enn kravet absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \leq 1,61$. Det er derfor behov for motfylling i disse områdene når tiltaket med omlegging av jernbanespor skal gjennomføres.

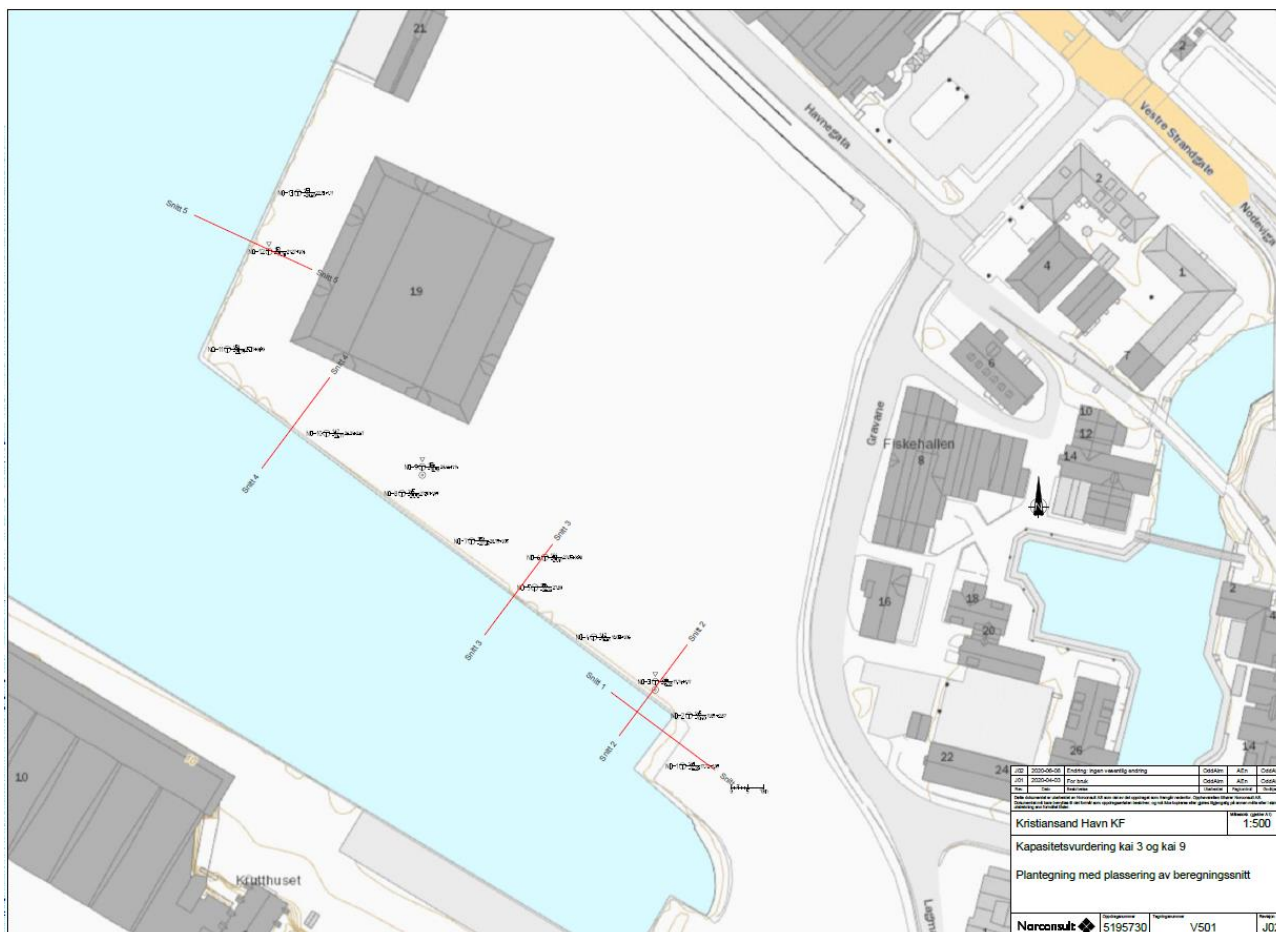
Tabell 3 Dagens stabilitet i havneområdet, ref. Norconsult rapport [19].

Beskrivelse	Udrenert situasjon	Drenert situasjon
A-A Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,61$	$F_{c\phi} = 2,02$
C-C Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,65$	$F_{c\phi} = 2,10$
Vest-Vest Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,22$	$F_{c\phi} = 1,63$
Øst-Øst Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,48$	$F_{c\phi} = 1,92$
O-O Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,28$	$F_{c\phi} = 1,68$
P-P Dagens stabilitet	$F_{cu} = 1,44$	$F_{c\phi} = 1,79$

3.1.4 Kai 3 og 9

Gjelder området sør for Europakaia til nord for Lagmannsholmen. Det er tidligere gjort grunnundersøkelser og beregninger i området av Noteby [20]. Norconsult har beregnet kapasitet for eksisterende spuntkaier [21] Tilgjengelige beregningsprofiler er vist i Figur 14 og Figur 15.





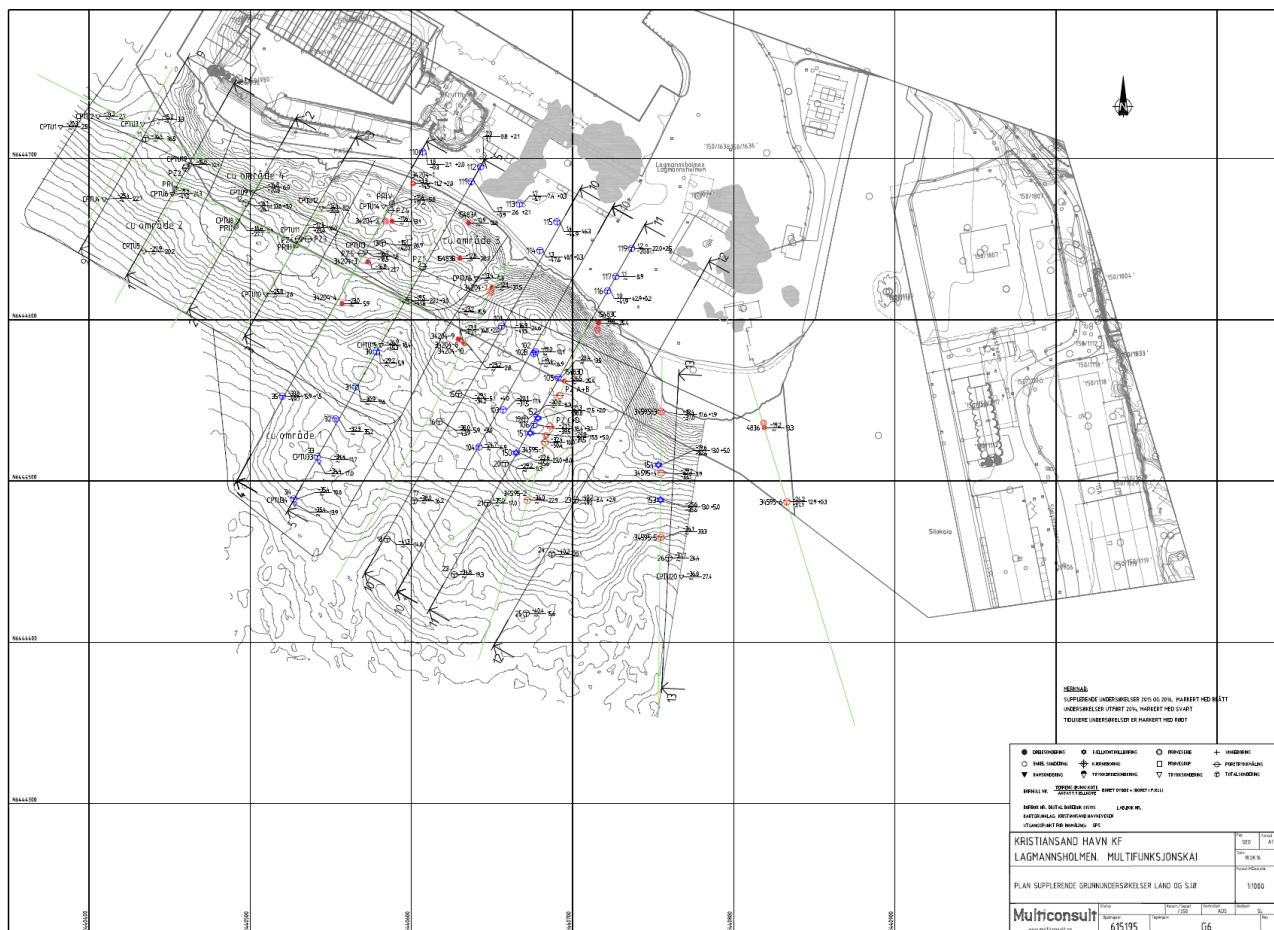
Figur 15 Grunnundersøkelser og profiler fra Norconsult-rapport [21]

Notebys stabilitetsberegninger er ikke vist i rapporten [20], det er heller ikke oppgitt beregningsmessig sikkerhet. Det er oppgitt oppfyllingshøyder og -rekkefølger, samt at beregningsmessig sikkerhet betegnes som «tilfredsstillende» dersom instruksjonene for oppfylling følges.

Norconsult har i sin rapport [21] ikke beskrevet stabilitetsvurderinger eller resultater av disse.

3.1.5 Lagmannsholmen

Området dekker Lagmannsholmen, sørlig side. Det er tidligere gjort grunnundersøkelser og beregninger i området av Multiconsult, i mange ulike rapporter, bl.a. ref. [22]. Beregningsprofilene som er benyttet i de fleste rapportene er vist i Figur 16.



Figur 16 Borplan og beregningsprofiler fra Multiconsult-rapport [22]

Multiconsult har utført stabilitetsberegninger i mange omganger i forbindelse med etablering av cruisekai og utlegging av steinmasser. Blant annet er det gjort beregninger i flere vedlagte notater i Multiconsult-rapport 615195-RIG-RAP-005 [22]. Beregningsmessig sikkerhet er funnet tilfredsstillende ($\gamma_{CU} \geq 1,4$) ved utfylling i alle profiler som er beregnet. Det må bemerkes at det har gått to undersjøiske skred i utfylte masser i området, ett i 2008 og ett i 2014.

3.2 Beregningsverktøy nye beregninger

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

3.3 Styrkeparametere og partialfaktor

Grunnlag for designparametere er hentet fra Norconsult-rapport 52108102-RIG-R02 [3] for profil AA og BB, og fra Norconsult-rapport 5196817-RAP-V-3100-031 [19] for profil CC. Beregningsprofiler er vist i Figur 17 og på tegning 01.



Figur 17 Beregningsprofiler AA, BB og CC vist med rød farge.

Tyngdetetthet varierer, slik at det i beregningene er benyttet representative verdier. Disse er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Tyngdetetthet for materialer benyttet i beregningene

Materiale	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Nedsunken tyngdetetthet γ' [kN/m ³]
Sand	18	8
Silt	18	8
Leire ved Fergeterminalen/Hampa	17,5	7,5

Valgte styrkeparametere for drenert tilstand benyttet i beregningene er vist i Tabell 5, samt i selve beregningene. Grunnvannstand er lagt på kt. +0,0 og poretrykket er hydrostatisk fordelt.

Tabell 5: Styrkeparametere benyttet i effektivspenningsanalyser.

Lag	Friksjonsvinkel ϕ [grader]	Kohesjon [kPa]
Sand	35	0
Silt	31	0
Leire/kvikkleire	30	3

Parameterne er basert på tolkninger av treaksialforsøk i rapportene nevnt over.

Udrenert skjærstyrke (c_u) benyttet i beregningene er basert på tolket skjærstyrke fra CPTU-sonderinger i parameterrapporten i ref. [3]. Benyttet $c_{U,A}$ i Kolsdalsbukten er noe konservativt satt til $c_{U,A} = 0,28 \times \sigma'_{v0}$, mens det for profil CC er benyttet tolkede trykksonderinger i borpunkt L02 (nærmeste borpunkt på land med trykksondering), S07 og S08 hentet fra ref. [19].

ADP-faktorer er hentet fra NIFS-rapport 14/2014 [23] og er vist i Tabell 6. Anisotropiforholdene er beregnet basert på tolket plastisitetsindeks som vist i ref. [3]

Tabell 6: ADP-faktorer brukt i totalspenningsanalyser – sprøbrudd og ikke-sprøbrudd, Kolsdalsbukta.

Område	I_p	s_{uD}/s_{uC}	s_{uE}/s_{uC}
Fergeterminalen/Kolsdalsbukta	23,4%	0,69	0,40
Hampa/Kai 2/Europakaia	17,4%	0,66	0,38

3.4 Resultater

3.4.1 Glencore og Kolsdalsbukta

Beregningsmessig sikkerhet for dagens stabilitet, for både profil AA og BB, tilfredsstillende krav til robusthet for skråninger innenfor influensområdet til et tiltak i NVEs veileder 1/2019. Dette betyr at det ikke er behov for tiltak verken for dagens eller fremtidig situasjon. I beregningene er det også benyttet et teoretisk «berglag» for å ikke få urealistiske skjærsirkler som følger bergnivået.

Tabell 7 Resultater fra stabilitetsberegninger

	Totalspenningsanalyse	Effektivspenningsanalyse	Tegningsnr.
Profil AA	3,55	4,14	003-101/003-102
Profil BB	2,81	2,79	003-103/003-104

3.4.2 Fergeterminalen

Norconsult-rapport 52108102-RIG-R05 [24], med stabilitetsberegninger for fremtidig fylling, viser at dagens situasjon ikke er tilfredsstillende i enkelte beregningssnitt. Etter planlagt utfylling er stabiliteten tilfredsstillende i henhold til kravene. Stabilitet i anleggsfasen er beskrevet i rapport i ref. [24]. Se Tabell 8, Tabell 9, Tabell 10 og Tabell 11 for detaljer.

Tabell 8: Stabilitet dagens situasjon for alle profil

Profil	F_c	F_ϕ
8-8	1,60	1,93
0-0	1,29	1,72
1-1	1,37	1,67
2-2	2,10	2,56
4-4	1,01	1,53
6-6	1,07	2,14

Tabell 9 Stabilitet fremtidig situasjon for profil sørvest for eksisterende fergeterminal

Profil	F_c	Krav	F_ϕ	Krav
8-8	1,62	1,61	2,14	1,60
0-0	1,52	1,61	2,08	1,60
1-1	1,70	1,61	2,21	1,60
2-2	1,68	1,61	2,21	1,60

For profil 4 og 6 ved eksisterende fergeterminal stilles det krav til robusthet eller prosentvis forbedring etter NVE 1/2019. Dagens stabilitet og krav til prosentvis forbedring er gitt i Tabell 10. Beregnet sikkerhet og oppnådd prosentvis forbedring er oppsummert i Tabell 11.

Tabell 10 Dagens stabilitet og krav til prosentvis forbedring

Profil	F_c	Krav til prosentvis forbedring	F_ϕ	Krav til prosentvis forbedring
4-4	1,01	15%	1,53	Ikke behov
6-6	1,07	12%	2,14	Ikke behov

Tabell 11 Stabilitet fremtidig situasjon og oppnådd prosentvis forbedring ved eksisterende fergeterminal

Profil	F_c	Prosentvis forbedring	F_ϕ	Prosentvis forbedring
4-4	1,20	19%	1,73	13%
6-6	1,20	12%	2.30	7%

For detaljer knyttet til beregningene, samt anleggssituasjon, se ref. [24].

3.4.3 Hampa, kai 2 og Europakaia

Beregningsmessig sikkerhet for profil CC og dagens stabilitet, tilfredsstillende krav til robusthet for skråninger innenfor influensområdet til et tiltak i NVEs veileder 1/2019. Det er benyttet last fra jernbane og anleggstrafikk på land. Kai 2 er en spunkai med spuntlengde 13,5 m, mens de andre kaiene er åpne pelekaier. Beregninger i ref. [19] viser også at stabiliteten er tilfredsstillende for Hampa og kai 2.

Tabell 12 Resultater fra stabilitetsberegninger

	Totalspenningsanalyse	Effektivspenningsanalyse	Tegningsnr.
Profil CC	1,43	1,56	003-105/003-106

3.4.4 Kai 3 og 9

Området ved Kai 3 og 9 har en helning på sjøbunnen som er $\leq 1:20$ fra kaifront og ut mot dypet. Området vil som sådan teoretisk sett kunne omfattes av en eventuell skredhendelse, men dette anses som svært lite sannsynlig pga. helningen på sjøbunnen, slik det er beskrevet i ref. [25]. I henhold til figur 9 i denne artikkelen er kritisk helning for udrenert brudd i en normalkonsolidert leire på sjøbunnen $11-15^\circ$. Området er allikevel tatt inn i kvikkleiresonen da det mest sannsynlig er forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale under et øvre lag av sand/silt/gytje.

3.4.5 Lagmannsholmen

Ved Lagmannsholmen er det ikke gjort nye beregninger. Multiconsults beregninger i ref. [22] benyttes som grunnlag for vurderingen. Beregningene viser tilfredsstillende stabilitet etter utfylling. Som nevnt i kap. 3.1.5 har det under anleggsperioden vært to tidligere skredhendelser i forbindelse med utfylling her, der ingen av disse hendelsene har fått en lateral utbredelse.

3.4.6 Oppsummering resultater

Glencore og Kolsdalsbukta, Hampa, kai 2 og Europakaia, kai 3 og 9 og Lagmannsholmen har alle beregningsmessig stabilitet som tilfredsstillende krav til robusthet for skråninger i en faresone, slik NVEs veileder definerer dette.

Ved fergeterminalen er det områder som har beregningsmessig stabilitet som ikke oppfyller krav til robusthet i hht. NVEs veileder. Norconsult-rapport, ref. [24], inneholder detaljer knyttet til disse beregningene, men etter planlagt utfylling oppfyller fergeterminalområdet kravene til beregningsmessig stabilitet. Det vestre området, der ny fergeterminal etableres, vil etter planlagt utfylling oppfylle absoluttkravet om beregningsmessig stabilitet $F_{cu} \geq 1,61$. Det østre området, ved eksisterende fergeterminal, vil oppfylle krav til robusthet og prosentvis forbedring for tiltak utenfor skråningens influensområde.

4 Vurdering av løсне- og utløpsområder

4.1 Løsneområder

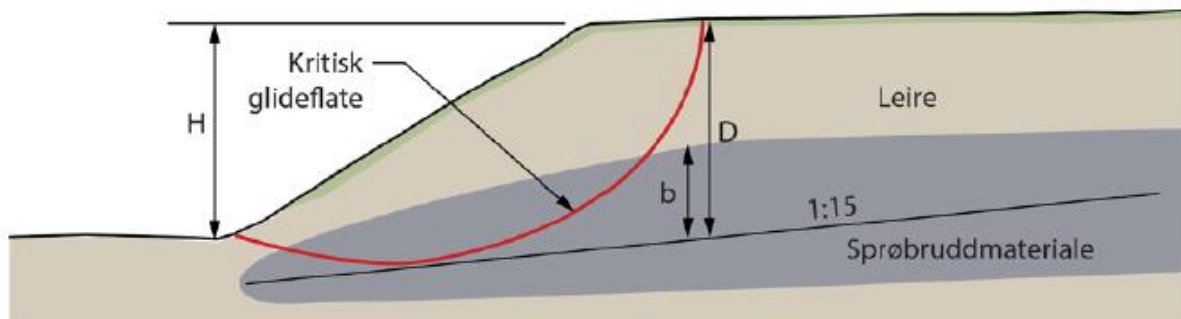
Info om grunnforhold og topografi vurderes etter følgende flytskjema vist i Figur 18.



Figur 18 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme, hentet fra NVE-veileder 1/2019, figur 4.3.

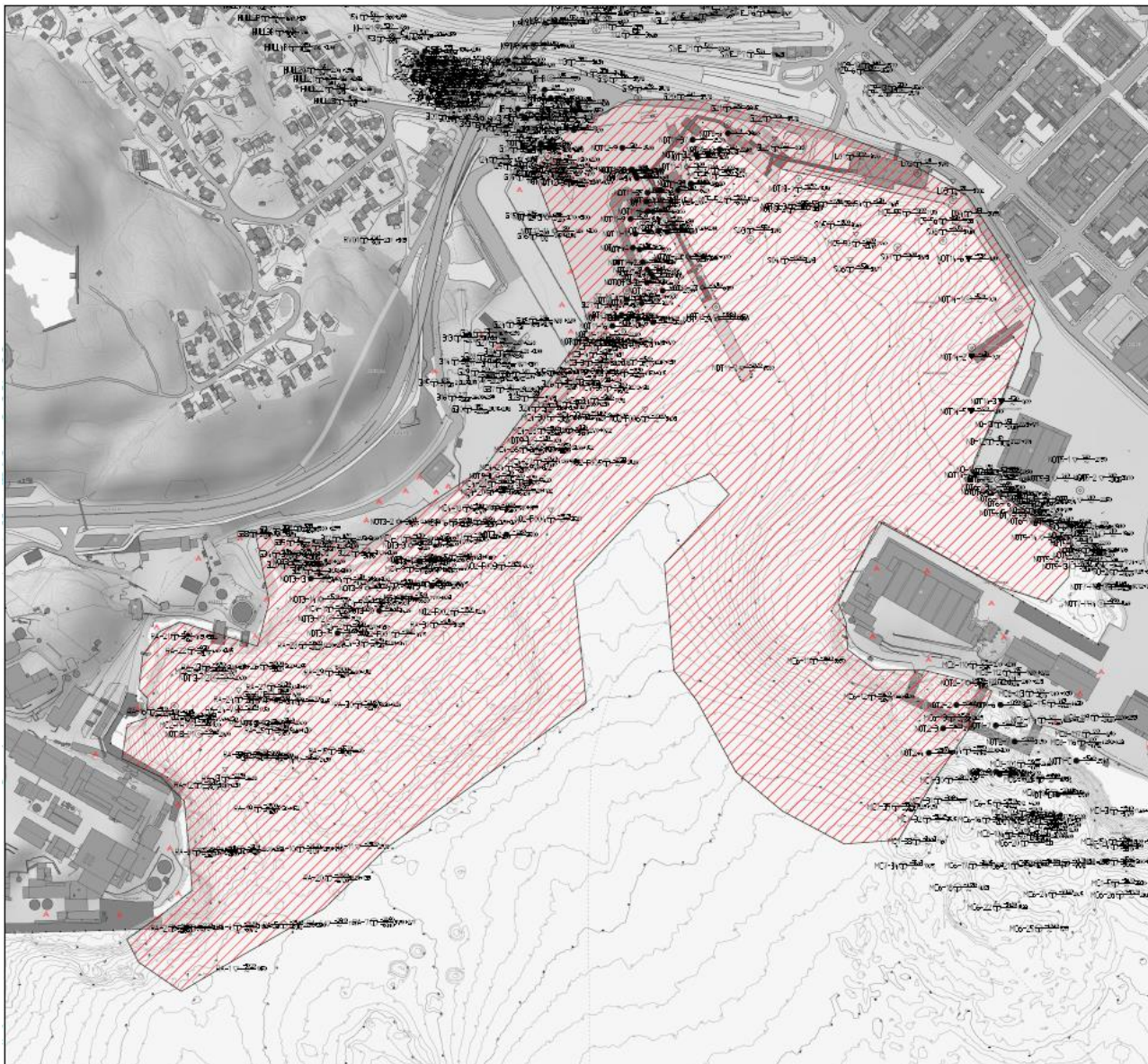
Det er påvist kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale i hele havneområdet, slik at det må vurderes om retrogressivt skred kan være en aktuell mekanisme. Ved vurdering av andel sprøbruddmateriale over mest kritiske glideflate for alle profilene fremkommer det at mest kritiske glideflate $b/D > 40\%$ for beregningene i de tre profilene AA, BB og CC, samt i beregninger gjort i ref. [24] og ref. [19]. Det betyr at retrogressive skred kan være aktuell skredtype i området. I henhold til veilederen skal kvikkleiresonens utstrekning L tilsvare $L = 15 \times H$ der H er skråningshøyden. For sonen «Kristiansand havn» vil dette bety en utstrekning på $15 \times 25 \text{ m} = 375 \text{ m}$ fra bunn av skråning og bakover. Området vil som sådan teoretisk sett kunne omfattes av en eventuell skredhendelse, men dette anses som svært lite sannsynlig pga. helningen på sjøbunnen, slik det er beskrevet i ref. [25]. I henhold til figur 9 i ref. [25] er kritisk helning for udrenert brudd i en normalkonsolidert leire på sjøbunnen $11-15^\circ$. Et skred vil mest sannsynlig ikke bli retrogressivt innenfor hele sonen om man følger dette helningskravet, men for steder der sprøbruddmateriale strekker seg inn på land er avgrensningen uansett tilsvarende $L = 15 \times H$. Sonens utstrekning er flere steder avgrenset av oppstikkende berg.

Sonen er vist i Figur 20 og på tegning 003-201.



Figur 19 Figur 4.4 fra NVE-veileder 1/2019 og viser hvordan man vurderer b/D for skred i platåterreng.

En skredhendelse i vann vil kunne ha en stor sideveis (lateral) utbredelse. Det er flere eksempler fra slike hendelser i Norge de siste 10 årene, bl.a. skredet i juni 2020 på Kråknes i Alta kommune. Per dags dato er det ingen kjente metoder for å avgrense lateral utbredelse av et kvikkleireskred i sjø, men generelt vil et skred stanse av samme årsaker som på land (berg i dagen, ikke lenger forekomst av sprøbruddmateriale). Kvikkleiresonen 2500 Kristiansand havn er avgrenset etter forekomst av berg i dagen, samt tidligere skredhendelse ved Lagmannsholmen – her antas det at det ikke vil forekomme et nytt skred. Tidligere skredhendelser ved Lagmannsholmen viser også at kjente skredhendelser i havnen ikke har hatt en lateral utbredelse.



Figur 20 Oppdatert utstrekning av kvikkleiresone 2500 Kristiansand havn. Faregrad «høy», representert med rød skravur. Røde «fnugger» er berg i dagen/kjent forekomst av berg under konstruksjoner.

4.2 Utløpsområder

I henhold til veileder 1/2019 vil en skredhendelse på land ha teoretisk, maksimal utløpslengde $L_u = N \times L$, der L er lengden på løснеområdet og N er en faktor som er avhengig av omkringliggende terreng og skredtype (retrogressivt skred vs. rotasjons-/flakskred). Et skred i sjø vil derimot ikke ha et utløpsområde etter denne definisjonen. Etter NVE 1/2019 skal det derfor ikke defineres et utløpsområde for kvikkleiresone 2500 Kristiansand Havn. Det er antatt at en skredhendelse kan medføre en flodbølge i havnen.

4.3 Faregrad-, konsekvens- og risikoklasse

4.3.1 Faregradsklassifisering

Faregrad vurderes til «høy», se Tabell 13 for mer detaljer.

Tabell 13 Faregradsvurdering – FØR utførelse av tiltak. Denne skal oppdateres så snart prosjekterte tiltak i havnen er utført.

FAKTORER	Beskrivelse	VEKTTALL	Faregrad, score 0-3 (lav-høy)	
			Score	Poeng
Tidligere skredaktivitet	Flere skredhendelser bl.a. ved Lagmannsholmen i 2008 og 2014	1	2	2
Skråningshøyde i meter	20-30 m	2	2	4
OCR	OCR 1,2-1,5, bestemt fra CPTu-sonderinger og ødometerforsøk	2	2	4
Poretrykk - overtrykk	Hydrostatisk poretrykk	3	0	0
Poretrykk - undertrykk		-3		0
Kvikkleiremektighet	Kvikkleiremektighet H/4-H/2, men varierer i havnen	2	2	4
Sensitivitet	Påvist $St > 100$ i flere prøveserier ved Smiths lager, mens det i all hovedsak er påvist $St = 15-25$ i Kolsdalsbukta og langs Fergeterminalen og Lagmannsholmen.	1	3	3
Erosjon	Erosjon i sjø er ikke relevant. Grimsbekken er lagt i rør gjennom området.	3	0	0
Inngrep forverring	Mange tiltak som forverrer, inkludert planlagte tiltak og tidligere tiltak i havneområdet	3	3	9
Inngrep forbedring		-3		0
Sum				26
%av maksimal poengsum				50,9 %

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 26 av 51 mulige poeng (50,9% av maksimal poengsum). Sonen havner i laveste del av faregradsklasse «høy».

4.3.2 Konsekvensklassifisering

Konsekvensklasse vurderes til «alvorlig», se Tabell 14 for mer detaljer.

Tabell 14: Konsekvensberegning

FAKTORER	Beskrivelse	VEKTTALL	Konsekvens, score 0-3 (lav- høy)	
			Score	Poeng
Boligeneheter	Ingen boliger	4	0	0
Næringsbygg, personer	Mange næringsbygg	3	3	9
Annen bebyggelse, verdi	Ingen annen bebyggelse som f.eks. kirker o.l.	1	0	0
Vei, ÅDT	ÅDT = 3 000 i ht. Vegvesen Atlas for vei ned til fergekaien, mens det langs Havnegata er ÅDT 1500-2000. Fremtidig ÅDT kan endres etter tiltak i området.	2	2	4
Toglinje, baneprioritet	Sørlandsbanen	2	3	6
Kraftnett	Transformatorstasjon v. Havnegata, distribusjonsnett	1	1	1
Oppdemning/flom	Ingen flom, men mulighet for flodbølge i havnen	2	1	2
Sum				22
%av maksimal poengsum				48,9 %

Konsekvensklasse vurderes på bakgrunn av poengsum. Fordeling av de ulike klassene er som følger:

- Mindre alvorlig: 0-6 poeng
- Alvorlig: 7-22 poeng
- Meget alvorlig: 23-45 poeng

Sonen får 22 av 45 mulige poeng (48,9% av maksimal poengsum). Konsekvensklasse «alvorlig» omfatter alle soner med poengverdi fra 7-22. Sonen befinner seg i øvre del av konsekvensklasse «alvorlig».

4.3.3 Risikoklasse

Risiko = faregrad x konsekvens = 50,9 x 48,9 = 2489 → Risikoklasse 4 (tallverdier fra 1901 til 3200).

Det skal sammen med sonens nye utstrekning også meldes inn en ny vurdering av faregrad-, konsekvensklasse og risiko for sonen da sonen endrer score for faregrad- og konsekvensklasse, dermed også poengsum for risikoklasse. Prosent av maksimal poengsum på faregrad går fra 25% til 50,9% og konsekvensklasse fra 38% til 48,9%, og risikoklasse endrer score fra 950 til 2713 (fra risikoklasse 3 til risikoklasse 4).

5 Konklusjon

Norconsult har gjort en ny vurdering av områdestabiliteten for Kristiansand havn på grunn av omlegging av E18/E39 og medfølgende behov for tiltak i havneområdet, herunder flytting/omlegging av infrastruktur, ombygging av kaiområder og nye motfyllinger i havnebassenget.

Grunnforhold og tidligere beregninger er gjennomgått. Det er benyttet både tidligere stabilitetsberegninger samt nye beregninger inne i Kolsdalsbukten og ved Europakaia som grunnlag for utredningen. Stabilitetsberegningene viser at det kun er i ett område det er behov for å øke robustheten av de naturlige skrånningene, dette er ved Fergeterminalen der beregningene viser at profil 4-4 og 6-6 må ha prosentvis forbedring for å tilfredsstillende NVE-veilederens robusthetskrav. Etter at det er fylt ut i henhold til plan i Norconsult-rapport 52108102-RIG-R05 [24] er det oppnådd vesentlig forbedring slik kravet i er i NVE-veileder 1/2019. Tiltak i vestre del av fergeterminalområdet oppfyller kravene til absolutt beregningsmessig sikkerhet etter oppfylling.

Kvikkleiresonen *2500 Kristiansand Havn* er revurdert av Norconsult med en helhetlig tankegang knyttet til mulig lateral utbredelse av en skredhendelse under vann; utstrekningen av sonen er revidert samt sonens faregrad-, konsekvens- og risikoklassifisering er også oppdatert.

Sonens utstrekning er basert på tilgjengelige grunnundersøkelser utført/oversendt av Norconsult, Statens vegvesen, Sweco og Multiconsult, samt tilgjengelig materiale på NADAG. Kritisk skredmekanisme antas å være en retrogressiv skredtype, men sonens utstrekning er allikevel stedvis mindre enn $L = 15 \times H$ på grunn av forekomst av berg i dagen inne på land.

Faregrad vurderes til «høy», konsekvensklasse vurderes til «alvorlig», som gir utregnet risikoklasse 4.

Utredningen vil bli meldt inn til NVE etter at uavhengig kvalitetssikring er ferdig og rapporten godkjent av kvalitetssikrer.

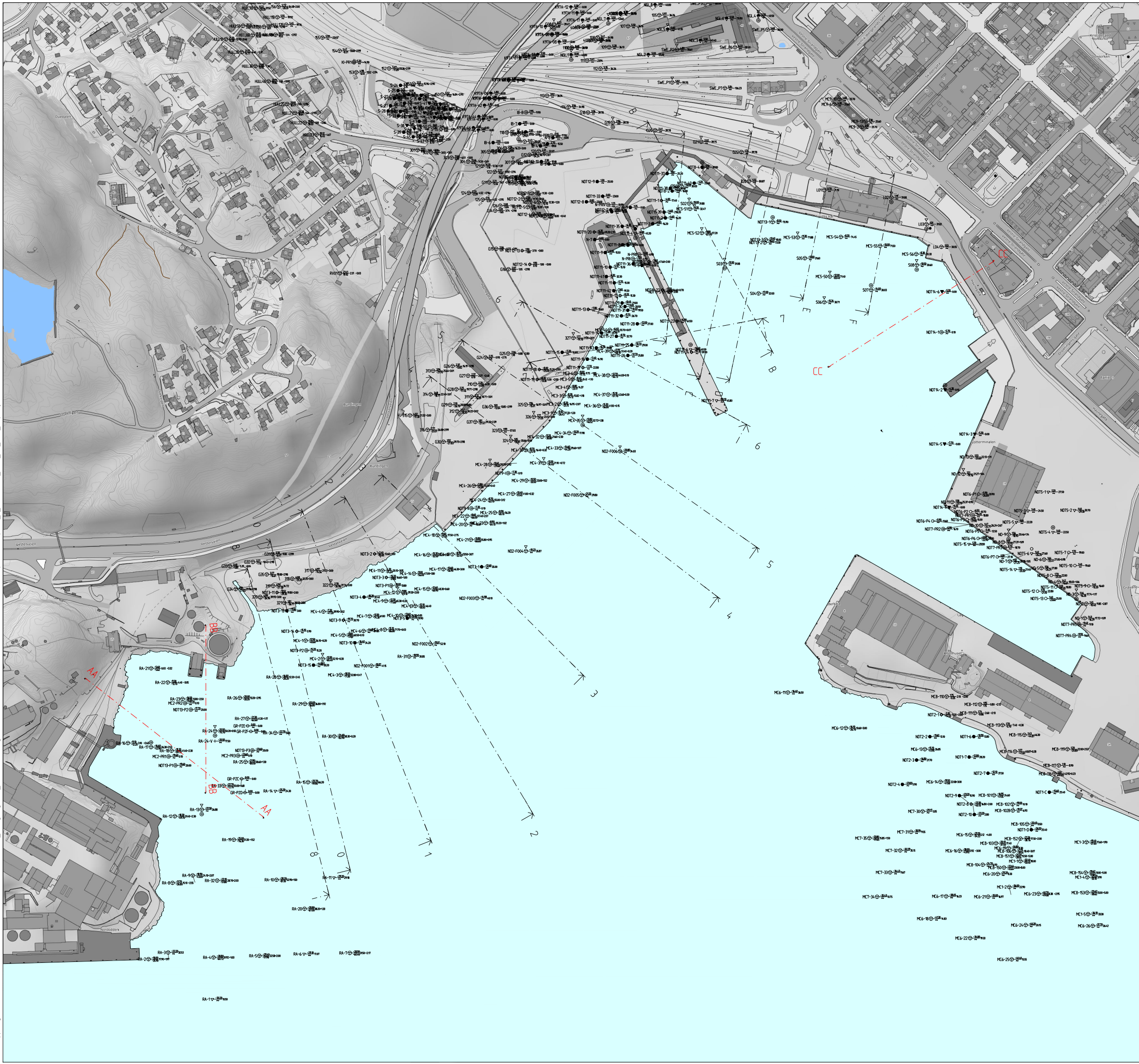
Faregradsvurdering er utført før tiltak i havnebassenget og skal oppdateres så snart prosjekterte tiltak i havnen er utført.

6 Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Rapport nr. 1/2019,» NVE, Oslo, 2020.
- [2] Norconsult, «Utlegg av masser i Kristiansand havn. Prosjekteringsforutsetninger. Geoteknikk. Dokument nr. 52108102-RIG-R01,» Norconsult, Sandvika, 2021.
- [3] Norconsult, «Utlegging av masser i Kristiansand havnebasseng. Geoteknisk parameterrapport. Dokument nr. 52108102-RIG-R02,» Norconsult, Sandvika, 2021.
- [4] Sweco, «Områdestabilitet sammendrag, Quadrum, Kristiansand. Geoteknisk rapport. Dokument nr. 10210295-RIG-RAP-02,» Sweco, Oslo, 2020.
- [5] NVE, «NVE Atlas,» 2021. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/>.
- [6] Grontmij/Carl Bro, «Kristiansand containerhavn. Stabilitetsberegning for udlægning af sprængsten. Dokument nr. 23.3054.02 Geonote 04,» Grontmij/Carl Bro, Glostrup, 2010.
- [7] Grontmij / Carl Bro, «Kristiansand havn KF. Ny containerhavn. SAB. Særlig arbeidsbeskrivelse.,» 2010-08-23.
- [8] Grontmij AS, «Geonote 22. Kristiansand containerhavn. Stabilitetsvurdering på baggrund af realiseret opfyldning.,» 2012-04-30.
- [9] Rambøll, «Kristiansand havn. Grunnundersøkesler. Datarapport. Dokument nr. 6060190-RAP-01,» Rambøll, Trondheim, 2006.
- [10] Rambøll, «Kristiansand havn, oppfylling. Parametere for stabilitetsberegning. Dokument nr. 6060190-NOT-01,» Rambøll, Trondheim, 2007.
- [11] Multiconsult, «KMV - Falconbrigde. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering av utfylling i sjøen. Dokument nr. 311441-1,» Multiconsult, Kristiansand, 2008.
- [12] NOTEBY, «Rapport nr. 15608-1: "Kristiansand mek. verksted A/S. Utbedring kai 4. Grunnforhold og geoteknisk vurdering",» 1982-09-08.
- [13] Multiconsult, «Fergeterminalen Kristiansand. Geotekniske grunnundersøkelser og bistand. Dokument nr. 313640-RIG-RAP-002,» Multiconsult, Kristiansand, 2016.
- [14] Norconsult, «Kristiansand Havneavsnitt Vest. Geotekniske vurderinger og kostnadsestimat. Utvidelse av fergeterminal - alternativ H. Dokument nr. 5196817-RAP-V-3100-007 J04,» Norconsult, Sandvika, 2021.
- [15] Statens vegvesen, «N200 Vegbygging. Vegnormal N200.,» Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo, 2021.

- [16] Norconsult, «52108102-RIG-R05 Stabilitetsvurderinger Ny ferge-terminal,» 2022.
- [17] Multiconsult, «Ferge-terminalen Kristiansand. Orienterende geotekniske beregninger og vurderinger - Stabilitet og fundamentering (Hampa - Smiths lager). Dokument nr. 313640-RIG-RAP-004,» Multiconsult, Kristiansand, 2017.
- [18] NGI, «20200064-01-TN. Ombygging ferge-rampe Kristiansand havn. Stabilitetsberegninger ferge-rampe.,» 2020-05-20.
- [19] Norconsult, «Hampa. Omlegging til ett gjennomgående jernbanespor. Geotekniske vurderinger av stabilitet - forprosjekt. Dokument nr. 5196817-RAP-V-3100-030,» Norconsult, Sandvika, 2021.
- [20] Noteby, «Havneutbygging kai 8 og 9, Kristiansand. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering. Dokument nr. 8261,» Noteby, Oslo, 1970.
- [21] Norconsult, «Kapabilitetsvurdering kai 3 og kai 9. Geoteknisk vurderingsrapport. Dokument nr. 5195730-RIG05, v.J02,» Norconsult, Trondheim, 2020.
- [22] Multiconsult, «Lagmannsholmen. Cruise-kai. Geoteknisk prosjekteringsrapport, kaifylling. Dokument nr. 615195-RIG-RAP-005,» Multiconsult, Kristiansand, 2016.
- [23] NIFS-prosjektet, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. Rapport nr. 14/2014,» NIFS, Oslo, 2014.
- [24] Norconsult, «Detaljprosjekt fyllinger Ferge-terminalen. Dokumentnr. 52108102-RIG-R05, C02,» Norconsult, Sandvika, 2022.
- [25] J.-S. L'Heureux og R. Moholdt, «Skråningstabilitet i strandsonen - viktigheten av svake lag,» *Geoteknikkdagen, Oslo, 22. november 2019*, vol. I, nr. -, pp. 40.1-40.10, 2019.

"X:\ronoppdrag\Kri\kristiansand52108521082\BIM\Geoteknik\Kri\kristiansand52108521085 - XREF - xx Samlepilot alle borpunk_1_1000_1.kart_vann_2D_FKB_09prosjekt"



ID	Navn	Referanse	År	Notis
N01.001	Prøve	10.00	1999	
N01.002	Prøve	10.01	1999	
N01.003	Prøve	10.02	1999	
N01.004	Prøve	10.03	1999	
N01.005	Prøve	10.04	1999	
N01.006	Prøve	10.05	1999	
N01.007	Prøve	10.06	1999	
N01.008	Prøve	10.07	1999	
N01.009	Prøve	10.08	1999	
N01.010	Prøve	10.09	1999	
N01.011	Prøve	10.10	1999	
N01.012	Prøve	10.11	1999	
N01.013	Prøve	10.12	1999	
N01.014	Prøve	10.13	1999	
N01.015	Prøve	10.14	1999	
N01.016	Prøve	10.15	1999	
N01.017	Prøve	10.16	1999	
N01.018	Prøve	10.17	1999	
N01.019	Prøve	10.18	1999	
N01.020	Prøve	10.19	1999	
N01.021	Prøve	10.20	1999	
N01.022	Prøve	10.21	1999	
N01.023	Prøve	10.22	1999	
N01.024	Prøve	10.23	1999	
N01.025	Prøve	10.24	1999	
N01.026	Prøve	10.25	1999	
N01.027	Prøve	10.26	1999	
N01.028	Prøve	10.27	1999	
N01.029	Prøve	10.28	1999	
N01.030	Prøve	10.29	1999	
N01.031	Prøve	10.30	1999	
N01.032	Prøve	10.31	1999	
N01.033	Prøve	10.32	1999	
N01.034	Prøve	10.33	1999	
N01.035	Prøve	10.34	1999	
N01.036	Prøve	10.35	1999	
N01.037	Prøve	10.36	1999	
N01.038	Prøve	10.37	1999	
N01.039	Prøve	10.38	1999	
N01.040	Prøve	10.39	1999	
N01.041	Prøve	10.40	1999	
N01.042	Prøve	10.41	1999	
N01.043	Prøve	10.42	1999	
N01.044	Prøve	10.43	1999	
N01.045	Prøve	10.44	1999	
N01.046	Prøve	10.45	1999	
N01.047	Prøve	10.46	1999	
N01.048	Prøve	10.47	1999	
N01.049	Prøve	10.48	1999	
N01.050	Prøve	10.49	1999	
N01.051	Prøve	10.50	1999	
N01.052	Prøve	10.51	1999	
N01.053	Prøve	10.52	1999	
N01.054	Prøve	10.53	1999	
N01.055	Prøve	10.54	1999	
N01.056	Prøve	10.55	1999	
N01.057	Prøve	10.56	1999	
N01.058	Prøve	10.57	1999	
N01.059	Prøve	10.58	1999	
N01.060	Prøve	10.59	1999	
N01.061	Prøve	10.60	1999	
N01.062	Prøve	10.61	1999	
N01.063	Prøve	10.62	1999	
N01.064	Prøve	10.63	1999	
N01.065	Prøve	10.64	1999	
N01.066	Prøve	10.65	1999	
N01.067	Prøve	10.66	1999	
N01.068	Prøve	10.67	1999	
N01.069	Prøve	10.68	1999	
N01.070	Prøve	10.69	1999	
N01.071	Prøve	10.70	1999	
N01.072	Prøve	10.71	1999	
N01.073	Prøve	10.72	1999	
N01.074	Prøve	10.73	1999	
N01.075	Prøve	10.74	1999	
N01.076	Prøve	10.75	1999	
N01.077	Prøve	10.76	1999	
N01.078	Prøve	10.77	1999	
N01.079	Prøve	10.78	1999	
N01.080	Prøve	10.79	1999	
N01.081	Prøve	10.80	1999	
N01.082	Prøve	10.81	1999	
N01.083	Prøve	10.82	1999	
N01.084	Prøve	10.83	1999	
N01.085	Prøve	10.84	1999	
N01.086	Prøve	10.85	1999	
N01.087	Prøve	10.86	1999	
N01.088	Prøve	10.87	1999	
N01.089	Prøve	10.88	1999	
N01.090	Prøve	10.89	1999	
N01.091	Prøve	10.90	1999	
N01.092	Prøve	10.91	1999	
N01.093	Prøve	10.92	1999	
N01.094	Prøve	10.93	1999	
N01.095	Prøve	10.94	1999	
N01.096	Prøve	10.95	1999	
N01.097	Prøve	10.96	1999	
N01.098	Prøve	10.97	1999	
N01.099	Prøve	10.98	1999	
N01.100	Prøve	10.99	1999	

J02	2022-03-22	For bruk etter uavh. kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	Tefaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	Ularbeid	Fagkontroll	Godkjent
Rev.	Dato	Beskrivelse			

Målestokk (gjelder A1)

1:2000

Statens vegvesen

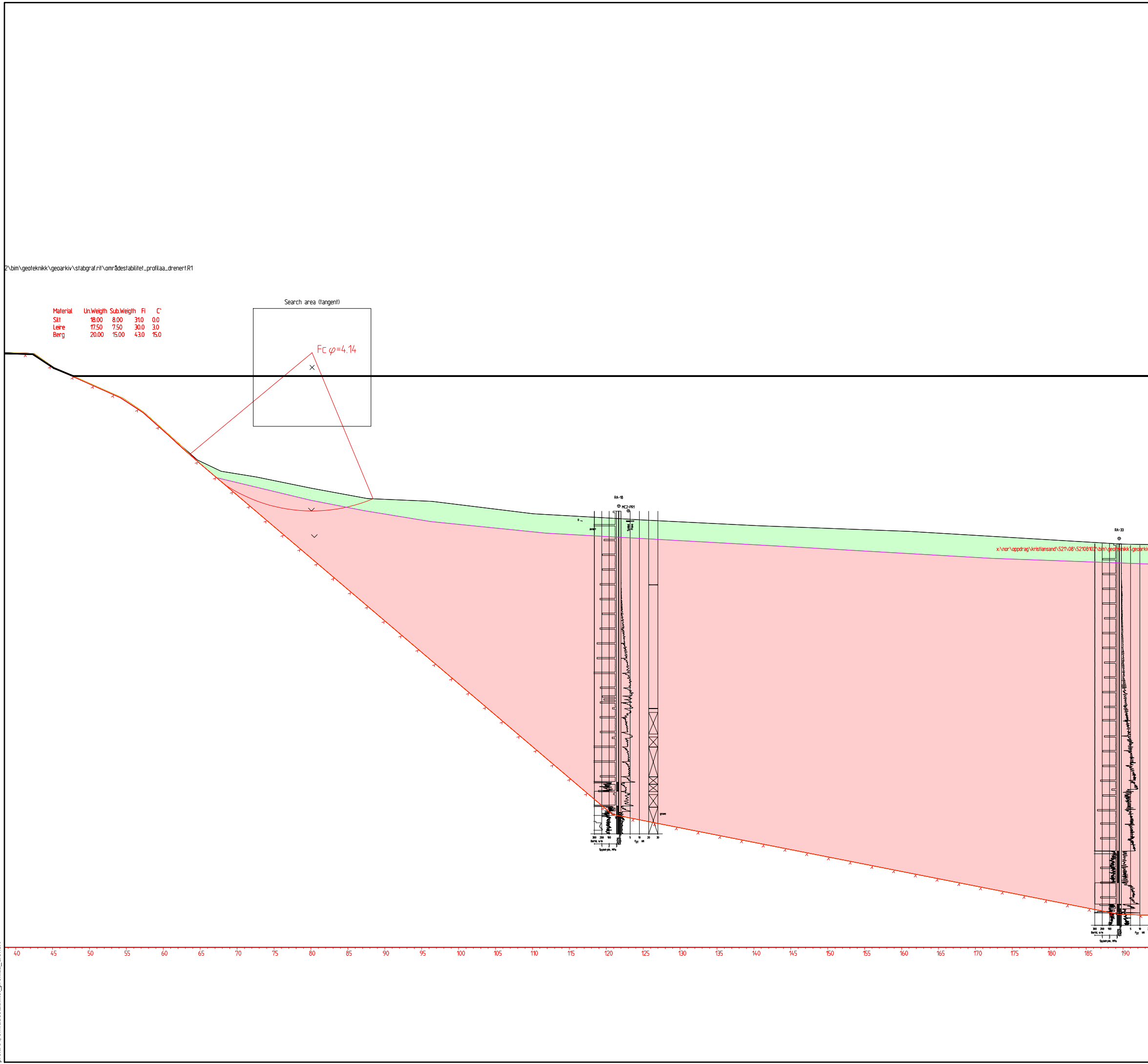
Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng

Områdestabilitetsvurdering

Profil og grunnundersøkelser

Norconsult	Oppdragsnummer 52108102	Tegningsnummer 003-001	Revisjon J02
-------------------	----------------------------	---------------------------	-----------------

X:\nor\oppdrag\kristiansand\52108102\BIM\Geoteknik\Kifil\Områdestabilitet\tegninger\dwg - KriEks - Pletter_2022-03-23_09:20:17 - LAYOUT = 003-101 - XREF = områdestabilitet_profilaa_dreneret_områdestabilitet_profilaa_dreneret



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C
Silt	18.00	8.00	31.0	0.0
Leire	17.50	7.50	30.0	3.0
Berg	20.00	15.00	43.0	15.0

FORKLARINGER

-Områdestabilitetsvurderinger er utført i henhold til prosedyre i NVE_veilede 1/2019, "Sikkerhet mot kvikkleireskred".

- Silt
- Leire

J02	2022-03-22	For bruk etter uavh. kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	TeFaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	KriEks	ToHSo	TeFaa
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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 utstrækning enn formålet tillater.

Statens vegvesen Målestokk (gjelder A1)
1:250

Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng

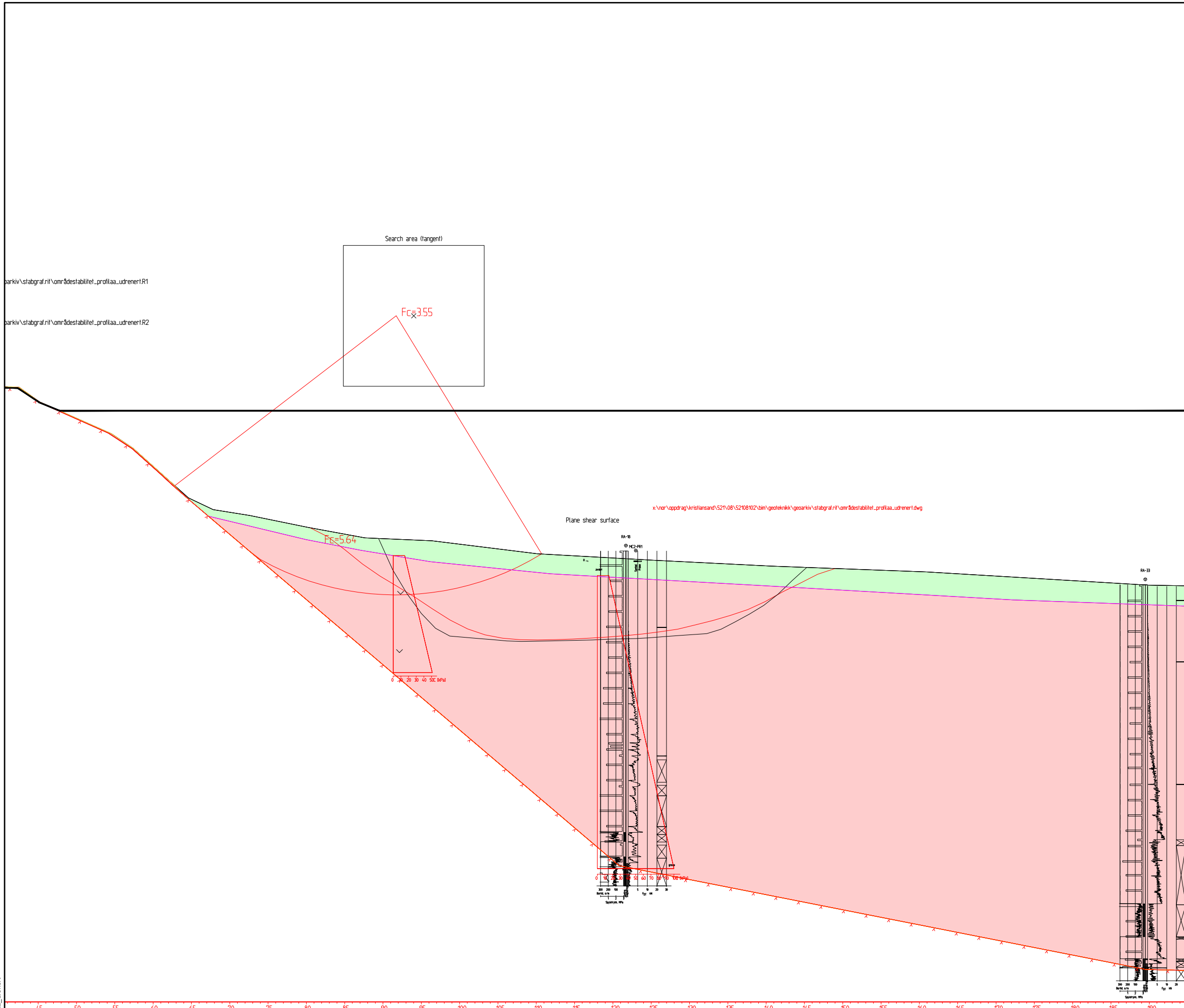
Områdestabilitetsvurdering
Profil AA
Effektivspenningsanalyse

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	52108102	003-101	J02

FORKLARINGER

-Områdestabilitetsvurderinger er utført i henhold til prosedyre i NVE_veilede 1/2019, "Sikkerhet mot kvikkleireskred".

- Silt
- Leire



J02	2022-03-22	For bruk etter uavh. kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	TeFaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	KriEks	ToHSo	TeFaa
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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 utstrækning enn formålet tillater.

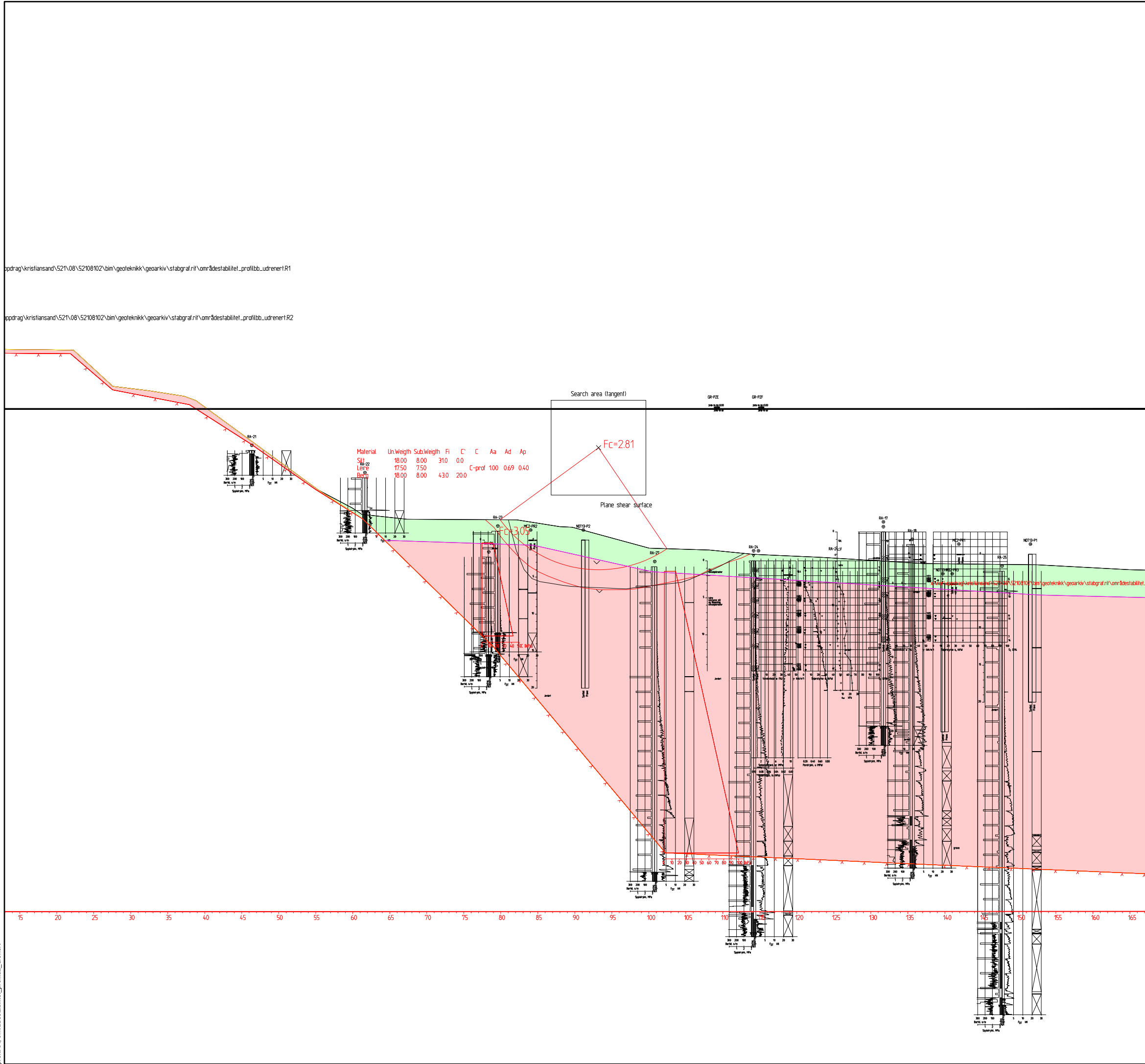
Statens vegvesen Målestokk (gjelder A1)
1:250

Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng

Områdestabilitetsvurdering
Profil AA
Totalspenningsanalyse

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	52108102	003-102	J02

X:\nor\opdrag\kristiansand\521\08\52108102\BIM\Geoteknik\K\Områdestabilitet\tegninger\dwg - KriEks - Ploter - 2022-03-23_09:20:28 - LAYOUT = 003-104 - XREF = områdestabilitet_profilBB_områdestabilitet_profilBB_områdestabilitet_udrenert



FORKLARINGER

-Områdestabilitetsvurderinger er utført i henhold til prosedyre i NVE_veileide 1/2019, "Sikkerhet mot kvikkleireskred".

■ Silt
■ Leire

J02	2022-03-22	For bruk etter uavh. kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	TeFaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	KriEks	ToHSo	TeFaa
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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 utstrækning enn formålet tillater.

Statens vegvesen Målestokk (gjelder A1)
1:250

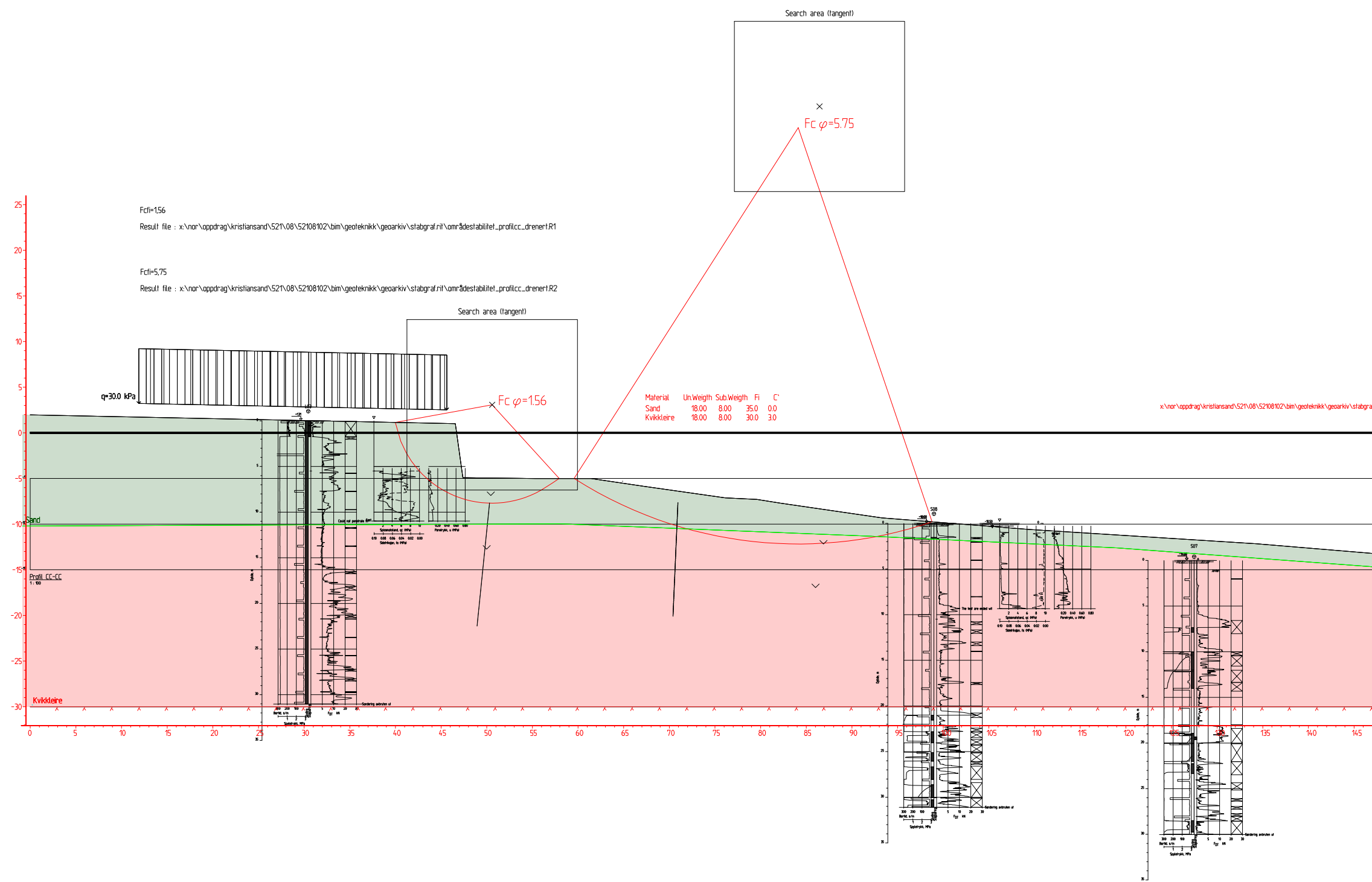
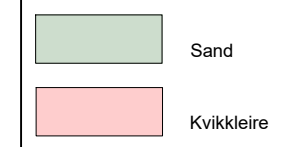
Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng

Områdestabilitetsvurdering
Profil BB
Totalspenningsanalyse

Norconsult	Oppdragsnummer 52108102	Tegningsnummer 003-104	Revisjon J02
-------------------	----------------------------	---------------------------	-----------------

x:\nor\opdrag\kristiansand\521\08\52108102\BIM\Geoteknik\Kvif\Områdestabilitet\tegninger\dwg - Kvif\Områdestabilitet\profilaa_undrenet.dwg - Kvif\Områdestabilitet\profilaa_undrenet

FORKLARINGER
-Områdestabilitetsvurderinger er utført i henhold til prosedyre i NVE_veiledning 1/2019, "Sikkerhet mot kvikkleireskred".



J02	2022-03-22	For bruk etter uavh. kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	TeFaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	KriEks	ToHSo	TeFaa
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

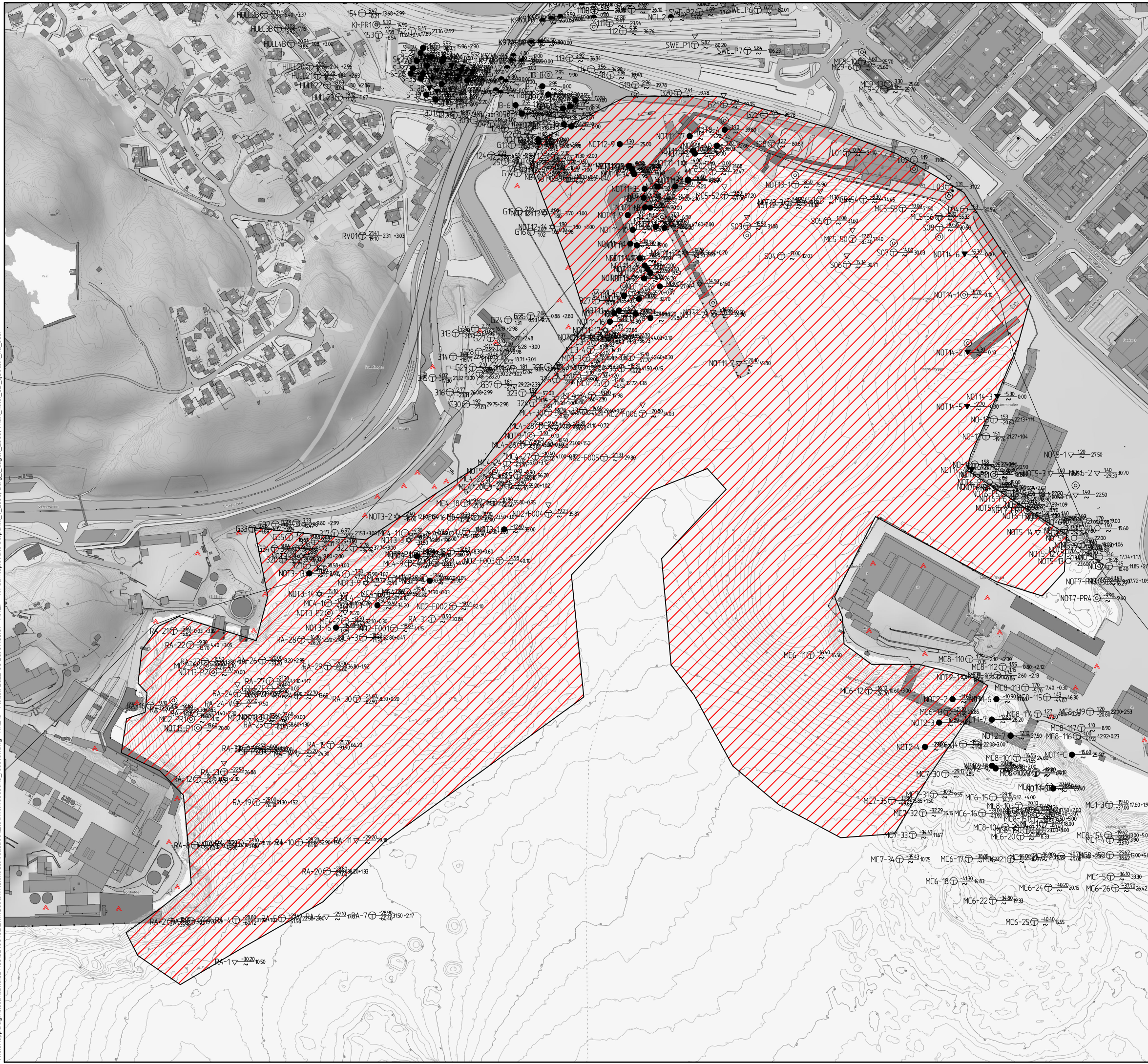
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet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

Statens vegvesen Målestokk (gjelder A1)
1:250

Utlegg av masser i Kristiansand havnebasseng
Områdestabilitetsvurdering
Profil CC
Effektivspenningsanalyse

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	52108102	003-105	J02

X:\prosjekter\Kvikkleiresone\Kvikkleiresone_recover.dwg - K:\Eis - Piblet - 2022-03-23, 07:53:37 - XREF = xx Samleplanet alle bopunkt_1_2000_Berg_i_dagen_2000_t_hart_kotr_3D_sjebunn_fm_socil



FORKLARINGER

- Dreiesondering
- ⊖ Dreitrykksondering
- Enkel sondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- Kjerneboring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- Skovlboring
- + Vingeuboring
- ⊕ Totalsondering
- ⊖ Porettrykksmåler
- ▽ Trykksondering (CPTU)
- ⊕ Terrengekote
Bergkote Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg
- ▲ Berg i dagen
- ▨ Kvikkleiresone "Kristiansand havn"
Faregrad "høy"

J02	2022-03-22	For bruk etter uavh.kvalitetssikring	KriEks	ToHSo	Tefaa
C01	2022-02-07	For kontroll hos eksterne parter	KriEks	ToHSo	Tefaa
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Statens vegvesen Målestokk (gjelder A1)
1:2000

Utlegg av masser i Kristiansand havnebaseng

Områdestabilitetsvurdering
Kvikkleiresone "Kristiansand havn"

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	52108102	003-201	J02

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. 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 utstrækning enn formålet tilsier.