

NOTAT

Oppdrag	Regulering Vannkanten	Dokumentkode	713032-RIG-NOT-001
Emne	Geoteknisk vurdering - områdestabilitet	Tilgjengelighet	Åpen
Oppdragsgiver	Vannkanten AS	Oppdragsleder	Trude Johnsen
Kontaktperson		Utarbeidet av	Una Helene Haug Bratlie
Kopi		Ansvarlig enhet	10235011 Geoteknikk Nord

SAMMENDRAG

Vannkanten AS og Narvik kommune har under utvikling boligprosjekter ved Vassvika i Narvik kommune. Det planlegges utfylling i sjø i to områder.

Det er utført grunnundersøkelser i området og det er påvist både sprøbruddsmateriale og kvikkleire i prøvepunkter for både område A og område B.

Foreliggende rapport tar for seg utbredelsen av sprøbruddsmateriale, aktsomhetsområde og kartlegging/avgrensning av faresone. I tillegg utredes områdestabiliteten i forbindelse med det planlagte tiltaket iht. NVEs veileder 1/2019 «sikkerhet mot skred».

Resultatet fra stabilitetsberegningene viser at områdestabiliteten for utfylling i område A og område B ikke er tilfredsstillende uten stabiliserende tiltak.

Som stabiliserende tiltak, foreslås det å mudre til fjell eller faste masser og tilbakefylle med sprengstein.

Prosjektet må detaljprosjekteres og arbeidsprosedyrer må beskrives nærmere før utbygging kan påbegynnes.

Innhold

1	Innledning	2
2	Utførte grunnundersøkelser	3
3	Topografi og grunnforhold	3
4	Geoteknisk vurdering av områdeskredfare	5
4.1	Utredning av områdeskredfaren iht. NVEs veileder 1/2019.	6
4.1.1	Prosedyre for utredning av områdeskredfare	6
5	Sluttkommentar	16
	Referanser	16

Tegninger

703328-RIG-TEG	- 900	Situasjonsplan. Boringer, snitt, aktsomhetsområde
	- 700	Profil A og B. Lagdeling
	- 701	Profil C og D. Lagdeling
	- 800	Stabilitet. Profil D. Dagens situasjon
	- 800.1	Stabilitet. Profil D. Etter tiltak
	- 800.2	Stabilitet. Profil D. Etter tiltak og med mudring/masseutskifting
	- 801	Stabilitet. Profil B. Dagens situasjon
	- 801.1	Stabilitet. Profil B. Etter tiltak
	- 801.2	Stabilitet. Profil B. Etter tiltak og med mudring/masseutskifting

00	03.05.2022	Geoteknisk vurdering	Una Bratlie	Silje Ramberg	Trude Johnsen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

1 Innledning

Vannkanten AS og Narvik kommune har under utvikling boligprosjekter ved Vassvika i Narvik kommune. Det planlegges utfylling i to områder. Figur 1-1 viser et oversiktskart over Narvik. Vassvikbukta er markert med sort ring. Figur 2-1 viser et utklipp av reguleringsplanen i Vassvikbukta, og de to utfyllingsområde er vist.

Ved område A skal det fylles ut for boligutbygging i vannkanten. Topp fylling skal ligge på kote 3 og utfyllingen strekker seg opptil 10 m fra eksisterende fyllingsfront. Ved område B vurderer Narvik kommune etablering av en molo. Det skal også reguleres for rorbuer og boliger nærmest land.

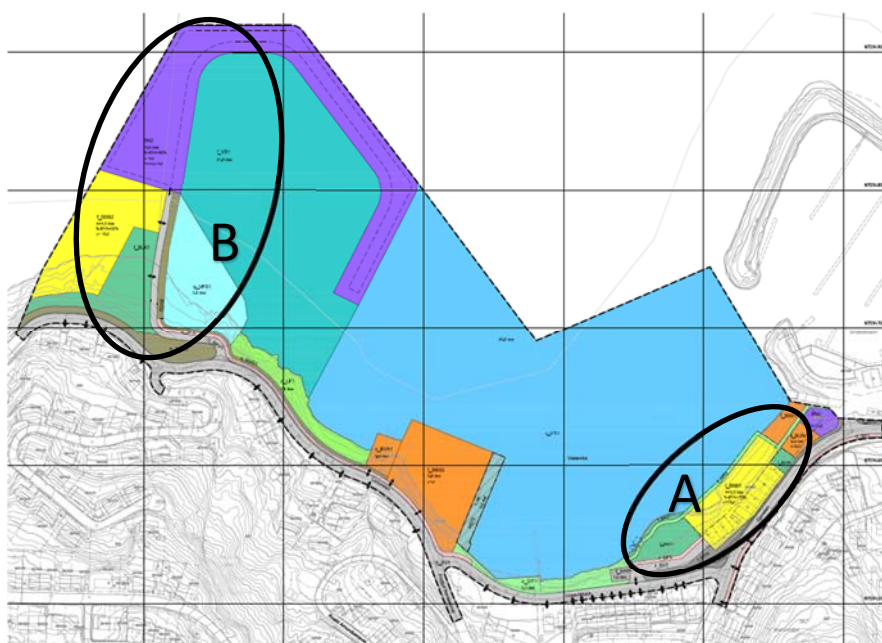
Multiconsult ASA er engasjert som rådgivende ingeniør i geoteknikk for prosjektet, og har i den forbindelse gjennomført grunnundersøkelse tidligere, i 2016.

Det har også tidligere blitt utarbeidet et notat som omhandler en geoteknisk vurdering av stabiliteten i området, men denne vurderingen var gjort etter gammel NVE Veileder 7/2014. Det vises til notat nr. 713328-RIG-NOT-001_rev.02, datert 09.12.2016.

Foreliggende notat omhandler geoteknisk vurdering av områdestabilitet iht. NVEs Veileder 1/2019.



Figur 1-1: Oversiktskart over Narvik [Norgeskart.no]



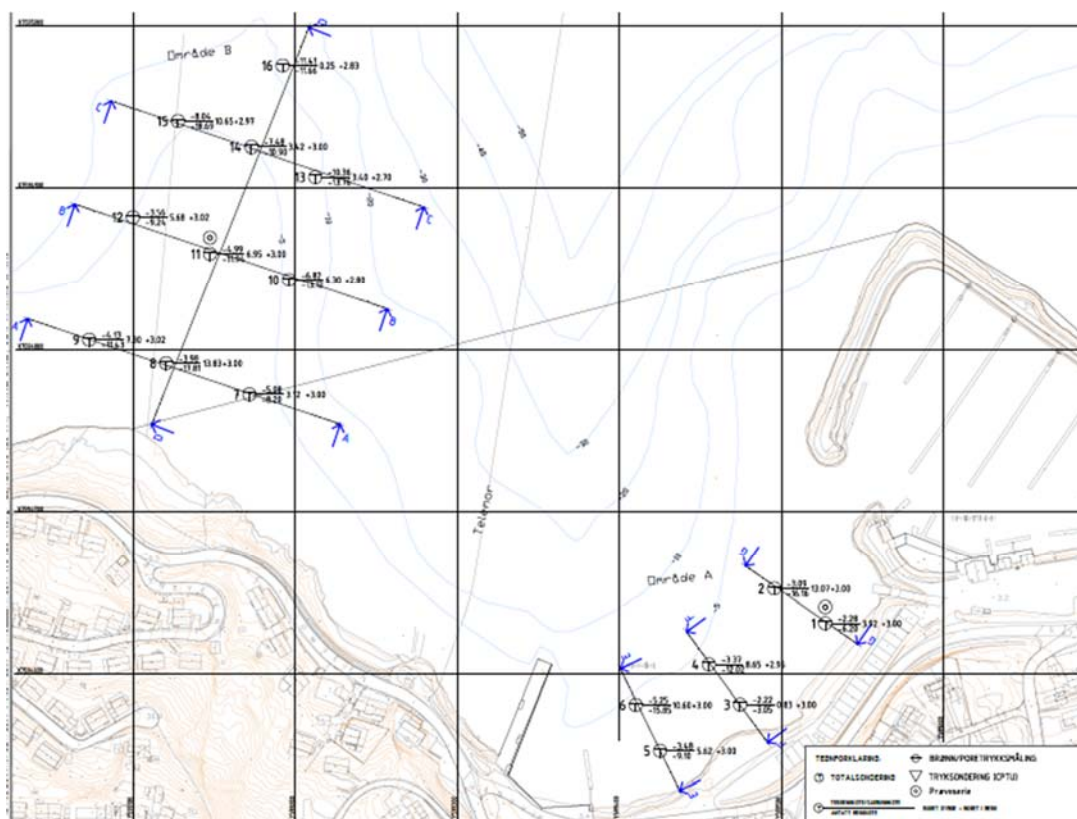
Figur 1-2: Utklipp fra reguleringsplan [Narvik kommune, 28.09.2021]

2 Utførte grunnundersøkelser

I 2016 ble det utført grunnundersøkelser på sjø for område A og B, 713328-RIG-RAP-001, datert 30.06.2016 [2]. Det ble utført 16 stk. totalsonderinger. Totalsondering gir informasjon om løsmassenes beskaffenhet og lagringsforhold samtidig som de har god nedtrengningsevne og kan benyttes til bergpåvisning.

I tillegg ble det tatt opp 2 prøveserier med 54 mm prøvetakingsutstyr. Prøvene er klassifisert og rutineundersøkt i vårt laboratorium i Tromsø.

Utklipp fra borplanen er vist i figur 2-1.



Figur 2-1: Utklipp fra borplan, tegning 713328-RIG-TEG-001 [Multiconsult, 713328-RIG-RAP-001, 21.06.2016]

3 Topografi og grunnforhold

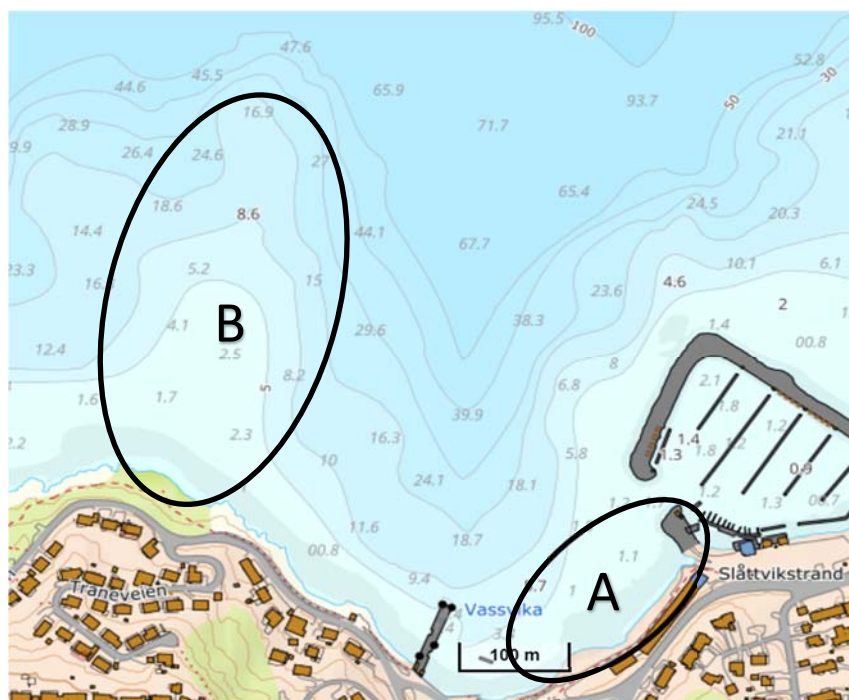
Vassvika avgrenses av en undersjøisk rygg i vest og småbåthavn i øst. Det er ca. 400 m mellom ryggen og småbåthavna. Det er 2 områder som er undersøkt. Område A er innerst i vika, mens område B er ved ryggen i vest. Figur 3-1 viser kartutsnitt med sjøbunn- og landkoter.

Sjøbunnen innerst i Vassvika, område A, har helning ca. 1:15 til kote minus 5 og videre er helningen mellom 1:6 og 1:2,5 til kote minus 50. Sjøbunnen er brattest utenfor moloen og slakest innerst i vika. På land har terrenget en gjennomsnittlig helning på 1:6 fra sjøen opp til kote 5, der det på streetview på google maps vises en bergskjæring i bakkant av Sjøveien. Videre opp til kote 40 er gjennomsnittlig terrenghelning 1:5.

Det har tidligere blitt utført grunnundersøkelser for Sjøveien 13, sør for utfyllingsområde A. Registrert dybde til antatt berg var her 0,73 m og 4,68 m. Prøveserie av løsmassene viste et topplag av grusig, siltig, leirig materiale ned til 0,5 m dybde, derunder et tynt lag med torv ned til 0,8 m dybde. Videre er det siltig leire ned til ca. 3 m dybde. Det ble ikke påtruffet materiale med

sprøbbudsegenskaper. Det vises til Multiconsult sin rapport nr. 10226760-RIG-RAP-001, datert 12.07.2021.

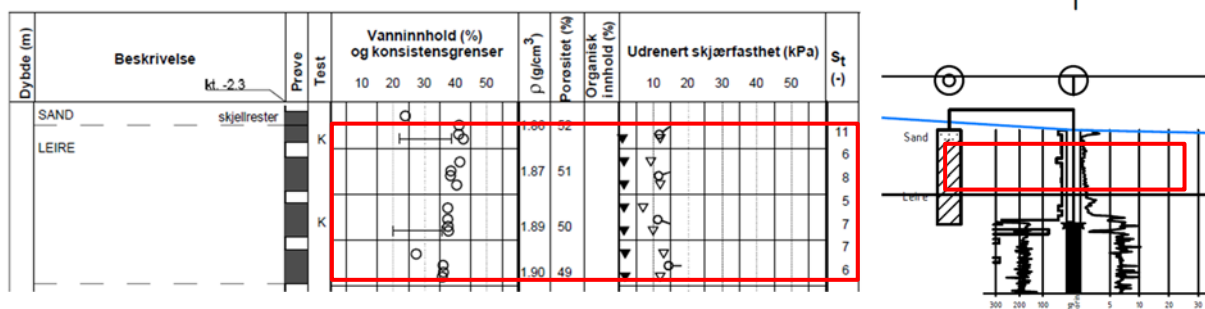
Den undersjøiske ryggen, område B, er ca. 400 m lang og går ut til kote minus 50. Fra land er sjøbunnsbelning slakere enn 1:20 ut til kote minus 5. Fra kote minus 5 til kote minus 45 er sjøbunnsbelning ca. 1:4. Sidene av ryggen har belning på ca. 1:4 i nordvestlig og sørøstlig retning. På nordvestsiden av ryggen er det to søkk, som kan være gamle skredgroper. Fra ortofoto er det registrert berg i dagen i strandsonen, både på vest og østsiden av neset. På land er området bebyggt. Terrenget har en gjennomsnittlig belning på ca. 1:4,5 fra sjøen og opp til kote 25. Terrenget fortsetter å sige opp mot kote 90.



Figur 3-1: Kart som viser sjø- og terrengkoter [Norgeskart.no]

Løsmassetykkelsen innerst i vika, område A, er 1-6 m nærmest land og 8-13 m ca. 80 m fra land. Løsmassene består av 1-3 lag. De fleste steder er det antatt sand/grus over bløt leire. Prøveserien i BP. 1 viser omrørt skjærfasthet på 0,76-1,2 kPa og udrenert skjærfasthet på 5-9 kPa. Figur 3-4 viser totalsondering og prøveserie i BP. 1, og området markert med rødt er materiale med sprøbruddegenskaper. (verdier på tegninger er ikke gjort om til dagens standard).

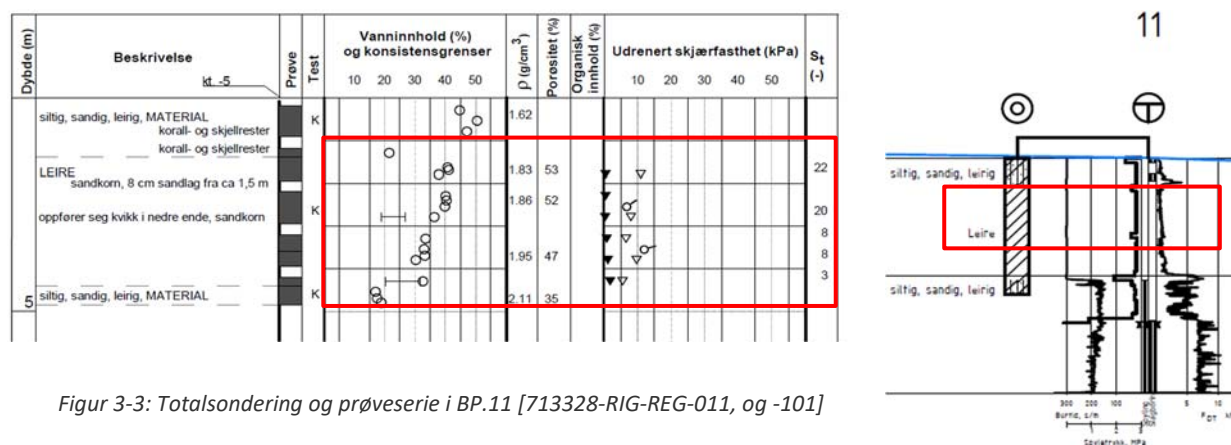
For detaljert informasjon om grunnforhold henvises det til rapport nr. 713328-RIG-RAP-001 [2].



Figur 3-2: Totalsondering og prøveserie i BP.1 [713328-RIG-REG-010, og -102]

Ved den undersjøiske ryggen, område B, er løsmassemekktigheten størst nærmest land med opptil 14 m. Mekktigheten avtar til siden av ryggen samt utover i sjøen. Ved det ytterste borpunktet er det nesten berg i dagen. Løsmassene i område B består i hovedsak av bløt leire over antatt sand/grus. 1-3 meter under sjøbunnen viser prøveserien i BP. 11 leire med omrørt skjærstyrke på 0,23-1,14 kPa og udrenert skjærfasthet mellom 5,5-7 kPa etter gjeldene konusstandard 2022. Leira er kvikk i en enkeltprøve, ellers klassifisert som sprøbudd i hele dybden.

Det må antas at kvikkeleire leira med sprøbruddegenskaper også er påtruffet i de andre borpunktene der sonderingsmotstanden er lav. Figur 3-2 viser totalsondering og prøveserie i BP. 11, og området markert med rødt er materiale med sprøbruddegenskaper/kvikkleire og figur 3-3 viser et foto av løsmassene. fra 2,2-3,0 meters dybde. (verdier på tegninger er ikke gjort om til dagens standard).



Figur 3-3: Totalsondering og prøveserie i BP.11 [713328-RIG-REG-011, og -101]



Figur 3-4: Foto av sylinderprøve i BP. 11, dybde 2,2 – 3,0 meter

4 Geoteknisk vurdering av områdeskredfare

Ved klassifisering av jordarter og funn av sprøbrudmateriale – og/eller kvikkeleire – er definisjoner iht. NVE veileder nr. 1/2019 [1] lagt til grunn. For omregning av målt konusinntrykk til tolket udrenert skjærfasthet er det det konusstandard NS17892-6:2017 benyttet:

- Sprøbrudmateriale: material med omrørt skjærfasthet $S_{u,r} < 1,27$ kPa
- Kvikkleire: leire som i omrørt tilstand har omrørt skjærfasthet $S_{u,r} < 0,33$ kPa

Leira i både område A og B kan klassifiseres som sprøbrudsmateriale og i område B er det enkeltprøve av kvikkeleire på 2,8 meters dybde.

4.1 Utredning av områdeskredfaren iht. NVEs veileder 1/2019.

I henhold til TEK10 §7-1(1) skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom og skred.

Utredningen utføres iht. NVEs veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», derunder veilederens avsnitt 3.2 «Prosedyre for utredning av områdeskredfare» og tilhørende tabell 3.1 «Prosedyre for utredning av områdeskredfare».

Prosedyren kan grovt sett deles i to hoveddeler; Del 1, som omfatter steg 1-3, for innledende vurderinger og avgrensning av aktsomhetsområder for områdeskredfare, og del 2, som omfatter steg 4-11, for utredning av faresoner med tilhørende dokumentasjon.

Veilederen stiller krav til nivå på kvalitetssikring avhengig av tiltakskategori, K0-K4.

4.1.1 Prosedyre for utredning av områdeskredfare

Punkt 1: Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner i området). Det er ingen faresoner for kvikkleireskred som er registrert i området [8], men det er registrert kvikkleire/sprøbruddmateriale i grunnen i forbindelse med de utførte grunnundersøkelser i 2016.

→ potensiale for områdeskred er ikke avklart og må utredes videre

Punkt 2: Avgrens områder med mulig marin leire. Hele prosjektområdet ligger under marin grense. På land er løsmassene kartlagt som forvittringsmateriale, målestokk 1:100 000. Forvittringsmateriale er dannet ved fysisk og/eller kjemisk oppløsning av fast fjell, ofte med kalk- og glimmerrike bergarter. Løsmassekartet gir ingen formasjon om løsmasser på sjøbunnen.

→ potensiale for områdeskred er ikke avklart og må utredes videre.



Figur 4-1: Kvartærgeologisk kart [7]

Punkt 3: Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred. Veilederen legger til terrengkriterier for å tegne aktsomhetsområder: løsneområde og utløpsområde. Det defineres her at et aktsomhetsområde for skred vil ligge innenfor 20 x skråningshøyden, målt fra bunn av skråning (ravinebunn, bunn av elv eller marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.)) (Figur 3.1 i veileder 1/2019).

For den planlagte utbyggingen er topografisk kart over området benyttet til vurdering og det er sett på kritiske terrengformasjoner og avstander til nærmeste terrengformasjon med potensiale for utløsning av initialscred.

Område A

For område A er det langgrunt ut til kote minus 5. Herfra er det brattere, med helning mellom 1:6 og 1:2,5 til kote minus 50. På land har terrenget en gjennomsnittlig helning på 1:6 fra sjøen opp til kote 5. Videre opp til kote 40 er gjennomsnittlig terrenghelning 1:5.

Det er i dette tilfellet vurdert at den mest sannsynlige skredmekanisme vil være et initialscred utløst i marbakken, med et påfølgende retrogressivt og bakovergripende områdescred, evt. et større flakscred.

Figur 4-1 viser en skisse av hvor et mulig initialscred kan starte, for så å bre seg bakover mot land. Avstanden fra planområdet og ut til marbakken (kote minus 25) er ca. 210 meter. Avstanden er omtrentlige da endelig utforming og plassering av fylling ikke er bestemt.

I henhold til veilederen defineres aktsomhetsområdet, for dette tilfellet, innenfor 20 x skråningshøyden målt ifra marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.). En utfylling i strandsonen er da innenfor løснеområdet til skredet. Det er også bebyggelsen på land.



Figur 4-2: Skisse som viser avstand fra planområdet og ut til marbakken ved område A. [Google Earth]

Område B

For område B, er sjøbunnsbelning slakere enn 1:20 fra land og ut til kote minus 5. Fra kote minus 5 til kote minus 45 er sjøbunnsbelning ca. 1:4. Sidene av den undersjøiske ryggen har belning på ca. 1:4 i nordvestlig og sørøstlig retning.

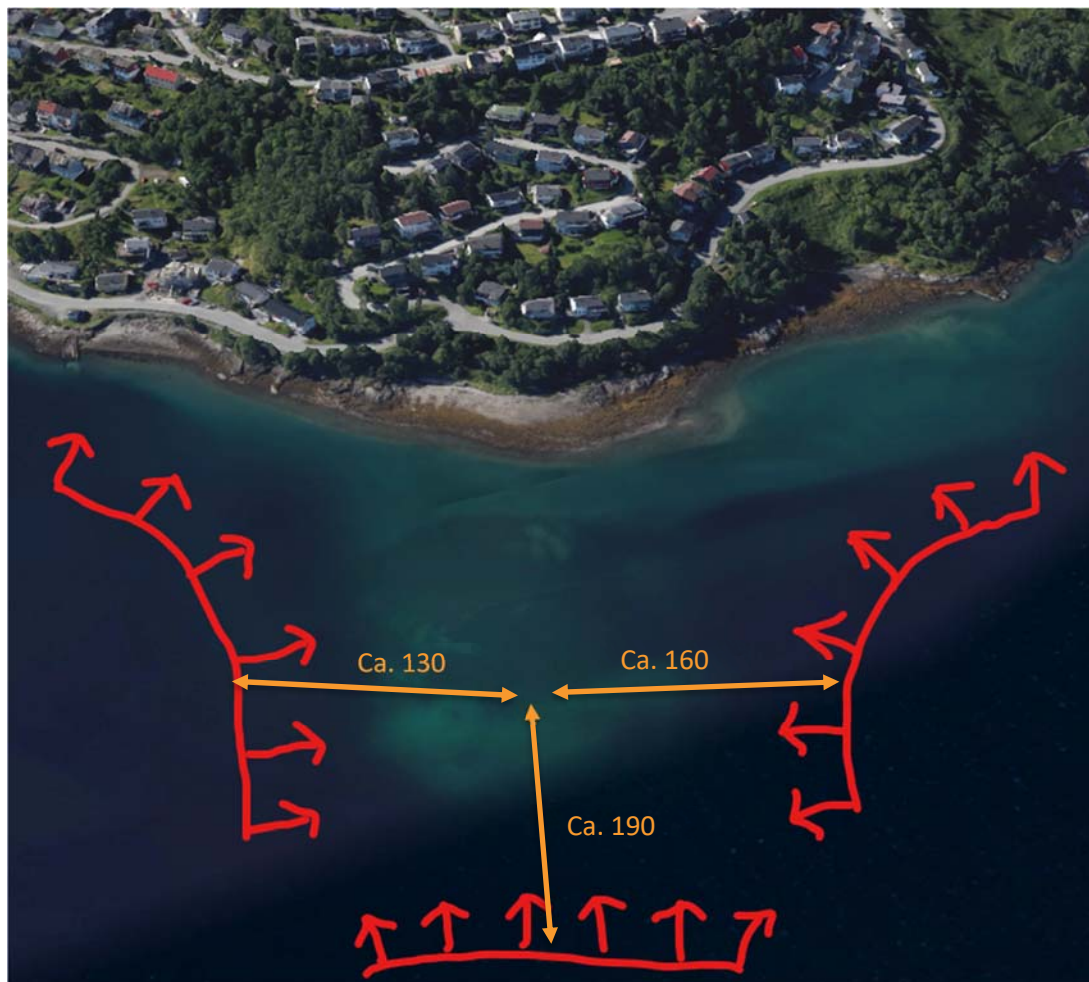
For dette område er det vurdert at sannsynlige skredmekanisme vil være et initialscred utløst i marbakken på sidene av ryggen eller på enden. Formasjoner etter det som trolig er gamle skredgroper på sjøbunnen, underbygger dette. Et påfølgende retrogressivt og bakovergripende områdescred, evt. et større flakscred vil kunne ta med seg en eventuell fylling og molo som bygges på den undersjøiske ryggen.

Figur 4-5 viser en skisse av hvor et mulig initialscred kan starte, for så å bre seg bakover inn mot ryggen og land. Avstanden fra planområdet og ut til marbakken (kote minus 25) er ca. 130-160

meter på hver side av ryggen, og ca. 190 meter fra enden. Avstandene er omtrentlige da utforming og plassering av fylling og molo ikke er bestemt.

I henhold til veilederen defineres aktsomhetsområdet, for dette tilfellet, innenfor 20 x skråningshøyden målt ifra marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.).

En utfylling på den undersjøiske ryggen er da innenfor løseområdet til skredet. Det er også bebyggelsen på land.



Figur 4-3: Skisse som viser avstand fra planområdet og ut til marbakken ved område B. [Google Earth]

→ potensiale for områdeskred er ikke avklart og må utredes videre for både område A og område B

Punkt 4: Bestem tiltakskategori.

Planlagte tiltak skal klassifiseres ut ifra tabell 3.2 i veilederen, og avhenger av type tiltak og personopphold. Siden tiltakene inkluderer oppføring av boliger, vurderes til å ligge i Tiltakskategori K4 iht. Tabell 3.2 i veilederen. Dvs. Tiltak som medfører tilflytting/ personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.

K4

Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner

Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Punkt 5: Gjennomgang av grunnlag, kritiske skråninger og mulig løснеområde

Det har tidligere blitt utført grunnundersøkelser for Sjøveien 13, sør for utfyllingsområde A. Prøveserie av løsmassene viste et topplag av grusig, siltig, leirig materiale ned til 0,5 m dybde, derunder et tynt lag med torv ned til 0,8 m dybde. Videre er det siltig leire ned til ca. 3 m dybde. Det ble ikke påtruffet materiale med sprøbuddsegenskaper. Det vises til Multiconsult sin rapport nr. 10226760-RIG-RAP-001, datert 12.07.2021.

Fra ortofoto og streetview på google maps vises bergskjæring i bakkant av Sjøveien ved område A og berg i dagen i strandsonen for område B. Et eventuelt skred i sjøen vil dermed ikke bre seg inn over land og ta med seg eksisterende bebyggelse. Se figur 4-3 og 4-4.



Figur 4-4: Streetview fra Sjøveien. Det er en høy bergskjæring mot sørøst [google maps]



Figur 4-5: Ortofoto fra Google Earth som viser berg i dagen i strandsonen ved område B

Sjøbunnkartet er hentet fra Multiconsult sitt rapport 713328-RIG-RAP-001, og det mangler sjøbunnsnivå/topografi i det grunne området nærmere land. Det vurderes at det vil ha liten innvirkning på konklusjonene i denne rapport. Oppdatering av bunnskotekart kan vurderes utføres i senere fase dersom dette er nødvendig for prosjektering.

Den mest aktuelle skredmekanismen anses å være en utglidning/initialskred langs sjøbunn, i marbakken for både område A og B, og beskrevet nærmere i punkt 3.

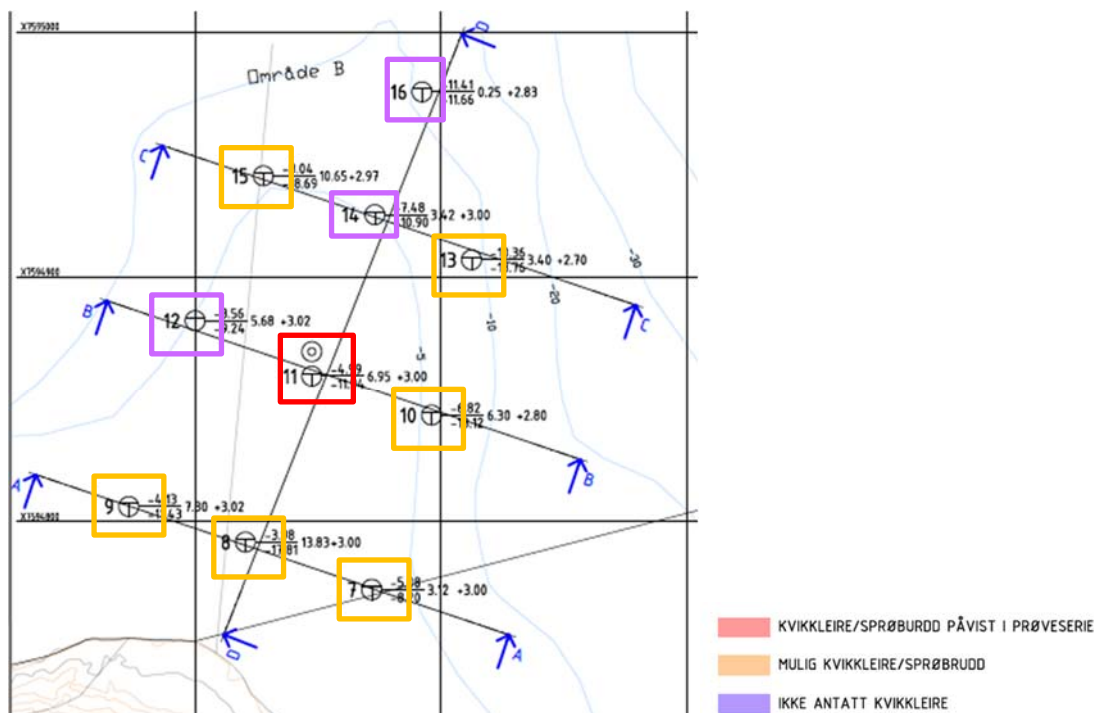
Punkt 6: Befaring

Ortofoto av området, samt google street view gir et oversiktlig bilde av terrenget, samt avdekker områder med berg i dagen. Befaring anses ikke som nødvendig i denne fasen av prosjektet.

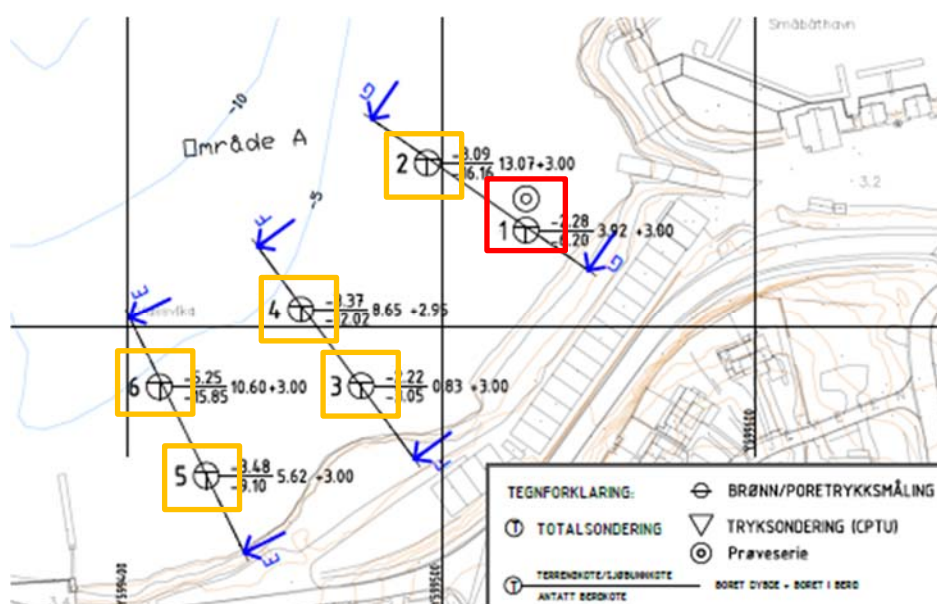
Punkt 7: Gjennomfør grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser for prosjektet ble utført av Multiconsult i april 2016, og er rapportert i 713328-RIG-RAP-001 [2].

Det ble påvist sprøbruddsmateriale ved undersøkelsene både i et punkt i område A og et punkt i område B. Figur 4-5 og figur 4-6 viser oversikt over hvor det er sannsynlig med sprøbruddsmateriale utfra tolkede sonderinger.



Figur 4-6: Område B. Utklipp fra borplan, 713328-RIG-TEG-001 med tolkning av borpunktene

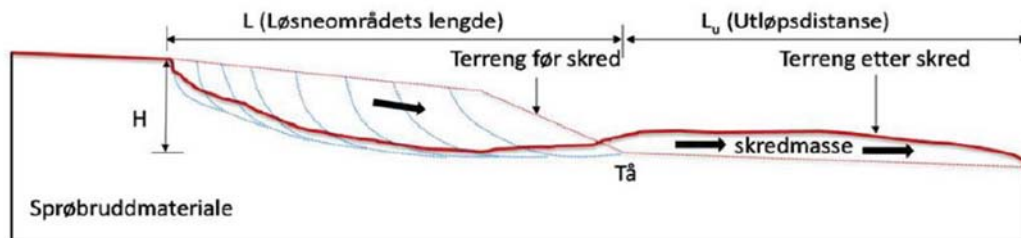


Figur 4-7: Område A. Utklipp fra borplan, 713328-RIG-TEG-001 med tolkning av borpunktene

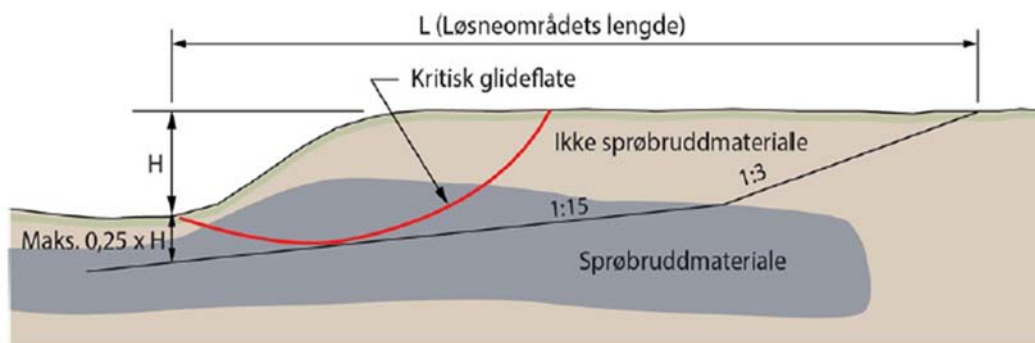
→ potensiale for områdeskred er ikke avklart og må utredes videre

Punkt 8: Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområde**Avgrensning av løsneområde**

For å bestemme faresoners utbredelse, må både løsne- og utløpsområde defineres. En prinsippskisse av hva som menes med løsne- og utløpsområde er vist i figur 4-7. NGI-metoden er benyttet for avgrensning av løsneområde for retrogressive skred. Se figur 4-8. Det er vanskelig å avgrense løsneområdet sidevei, da det ikke foreligger grunnundersøkelser her.



Figur 4-8: Prinsippskisse løsneområde og utløpsområde [1]

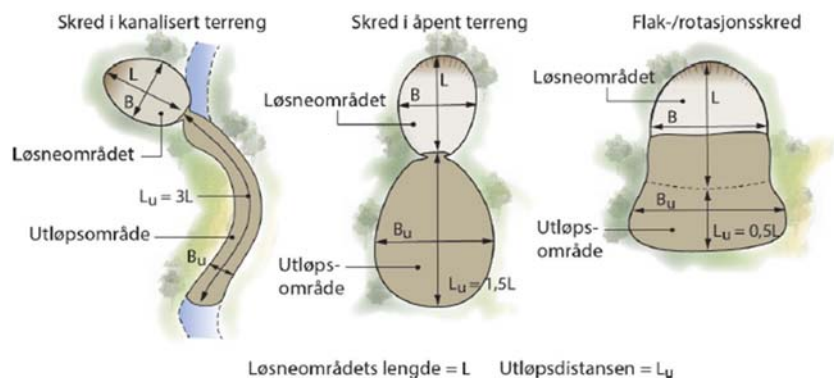


Figur 4-9: Vurdering av løsneområde for retrogressive skred som tar hensyn til lagdeling (NGI-metoden) [1].

Utløpsområdet

Lengden av utløpsområdet regnes fra foten av skråningen som er kritisk for det aktuelle løsneområdet. Empiriske relasjonene for utløp gir en konservativ maksimal lengde for hvor langt skredmassene vil gå i en retning, se figur 4-9.

Et retrogressivt skred som starter i marbakken innerst i Vassvika, området A, kan karakteriseres som en blanding mellom kanalisert og åpent terreng. For område B antas det at terrenget er åpent. Utløpsområdet blir da minimum $L_u = 1,5 \times L$, hvor L er løsneområdet, men kan også bli så stort som $L_u = 3 \times L$. Dersom det skulle utløses et skred vil sannsynlig utløpsområde eller utløpsdistansen inkludere store deler av sjøbunnen i havna.



Figur 4-10: Sammenheng mellom løsneområdets lengde, L , og utløpsdistansen, L_u [1].

Skredmekanisme

Aktuelle skredmekanismer i sprøbruddmateriale er bl.a. avhengig av terrengforhold, sprøbruddmaterialets beliggenhet og leiras omrørte skjærfasthet. For å bestemme aktuell skredmekanisme er figur 4.3 «Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme» i kap. 4.5.1 i NVEs Veileder 1/2019 brukt. Videre er tolkning av skredmekanisme basert på b/D-forholdet av sprøbruddmaterialet i ulike profiler.

Terrenget er generelt jevnt hellende, og stabilitetsanalyser er utført for å identifisere en kritisk glideflate. Basert på resultater fra stabilitetsanalyser, er 1:15-linjen tegnet opp, tangent til glideflaten, men med maksimal dybde på $0,25 \times H$ målt fra der hvor glideflaten kommer ut. Det største b/D-forholdet over 1:15-linja benyttes.

I de profilene der 1:15-linja skjærer ut av kvikkleira/sprøbruddmateriale på undersiden, følges lag-grensen til berg, ved brattere helning enn 1:15. Er terrenget slakere, er det 1:15 helning som definerer hvor løsneområdet slutter. I sand har antatt bruddflate helning 1:3.

Plassering av profilene er vist på situasjonsplanen, tegning nr. 713032-RIG-TEG-900. Snittene med tolket lagdeling er presentert i tegning nr. 713032-RIG-TEG-700 og -701.

- Snitt A: Jevnt hellende terreng fra marbakken. Avgrenset av bergskjæring i bakkant av Sjøveien. b/D = 58 %. Antatt aktuell skredmekanisme retrogressive skred som kan nå helt inn til land.
- Snitt B: Bratt marbakke og jevnt hellende terreng mot land. Avgrenset av bergskjæring i bakkant av Sjøveien. b/D = 67 %. Antatt aktuell skredmekanisme retrogressive skred som kan nå helt inn til land.
- Snitt C: Langgrunt ut til marbakken. Terrenget i snittet er vurdert som platåterreng. b/D = 40%. Antatt aktuell skredmekanisme retrogressive skred, men flakskred er også aktuelt pga. det svake laget trolig går parallelt med terreng.
- Snitt D: Terrenget i snittet er vurdert som platåterreng, med marbakke på hver side av platået. Venstre side, b/D = 50% og høyre side, b/D = 50 %. Antatt aktuell skredmekanisme retrogressive skred, men svake laget parallelt med terreng gjør flakskred også aktuelt.

Er tiltaksområdet innfor løsne- eller utløpsområde?

Aktsomhetsområdet er tegnet opp på situasjonsplanen, 713032-RIG-TEG-900.

For begge områdene er det vurdert at løsneområdet for et mulig retrogressivt skred eller et flakskred i marbakken, vil strekke seg inn til tiltaksområdene.

→ potensiale for områdeskred er ikke avklart og må utredes videre

Punkt 9: Klassifisere faresoner

Da det er påtruffet leire med sprøbruddegenskaper og kvikkleire i de to områdene og de ligger innenfor aktsomhetsområdet for skred, må faresonen kartlegges. Faregradsevalueringen er utført for områdene før et tiltak, og må evt. justeres i ettertid. Faresoner kan justeres om supplerende grunnundersøkelser foreligger i en senere fase.

Det er vanskelig å bestemme om de to områdene er separate faresoner, eller om de kan slå sammen til en stor. Med tilgjengelig grunnlag og informasjon om grunnforholdene, må det antas at laget med kvikkleire/sprøbruddmateriale finnes i hele bukta. Området er derfor i denne fasen kartlagt som en stor faresone.

Evaluerings av faregraden er vist i tabell 4-1, mens tabell 4-2 viser evaluering av skadekonsekvens. Evaluering av faregrad gir 11 poeng tilsvarende lav faregrad.

Videre er det skadekonsekvensen evaluert, tabellen under gir 2 poeng som gir «mindre alvorlig» skadekonsekvens ved et skred. Faregrad og konsekvensklasse gir sammen «risikoklasse 1»

Tabell 4-1: Evaluering av faregrad for område B iht. NVEs retningslinjer [4]

	Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score					
			3	2	1	0		
1.	Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	1 Lav	Ingen		2
2.	Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	1 15-20	<15	1	4
3.	Tidligere terrengnivå, OCR	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	1 >2,0		2
4.	Poretrykk, overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	1	0
	Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)		1	0
5.	Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	1	0
6.	Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	1	0
7.	Erosjon	3	Aktiv/glidn	Noe	Lite	1 Ingen		3
8.	Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen		0
	Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen		0
	Sum poeng							11

Tabell 4-2: Evaluering av skadekonsekvens for område B iht. NVEs retningslinjer [4]

	Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score					
			3	2	1	0		
1.	Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen	1	0
2.	Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	1	0
3.	Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	1	0
4.	Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	1	0
5.	Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	1	0
6.	Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	0
7.	Oppdemning/ flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	1 Ingen		2
	Sum poeng							2

Punkt 10: Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet.

Områdene er tenkt utbygget til boligformål og krav til sikkerhet må tilfredsstille Plan- og bygningsloven (PBL) § 28 Krav til byggetomta og ubebygget areal, samt Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17), kap. 17 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, § 7-3 Sikkerhet mot skred.

Veiledningen til byggtknisk forskrift (TEK17) § 7-3 om sikkerhet mot skred følger retningslinjer gitt i NVEs kvikkleireveileder [1].

Planlagt tiltak settes til tiltakskategori K4, se punkt 4. For krav til sikkerhet gjelder følgende:

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, der f_s er sprøhetsforholdet iht. kap. 5.3.3 [11], $f_s = 1,15$.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis iht. tabell 3.3 og figur 5.3 i Kvikkleireveilederen (se figuren under). For K4 tiltak og middels faregrad er krav til forbedring av sikkerhetstiltak satt til «Forbedring».

Tiltaket skal kontrolleres av kollega og uavhengig foretak.

Geoteknisk vurdering av stabilitet – beregningsforutsetninger

Beregninger er utført i beregningsprogrammet «GeoSuit Stability».

Stabilitetsberegninger for område A ble utført i notat nr. 713032-RIG-NOT-001_rev.02, datert 09.12.2016.

Stabilitetsberegninger er vist i tegning nr. 713032-RIG-TEG-800, -800.1 og 800.2 for område B og tegning nr. 713032-RIG-TEG-801, -801.1 og -801.2 for område A.

Beregninger er utført på:

- Effektivspenningsbasis
- Totalspenningsbasis, ADP-analyse

Følgende anisotropiforhold er benyttet for udrenert skjærfasthet (ADP-analyse):

- Aktiv udrenert skjærfasthet = $1,0 \times S_{UA}$
- Direkte udrenert skjærfasthet = $0,63 \times S_{UA}$
- Passiv udrenert skjærfasthet = $0,35 \times S_{UA}$

Videre i beregninger er det forutsatt at:

- Laster på terreng er satt til 20 kPa (trafikklast + lastfaktor). Terrenglast for bygninger er ikke tatt med i beregningene, siden det ikke foreligger konkrete planer for plassering av fremtidige bolighus. Disse er vanligvis små laster sammenlignet med topografiske laster. Fremtidige lasttilfeller må kontrolleres når detaljene foreligger.
- Vannstand er satt til laveste astronomiske tidevann, kote minus 2, og poretrykket er antatt hydrostatisk
- Materialparametere er valgt ut ifra prøveserier og erfaringsparametere iht. SVV Håndbok V220 [5] og NVEs veileder 1/2019 [1]. Tabellen under viser valgte materialparametere brukt i beregninger

Tabell 4-3: Materialparametere

Lag/materiale	Tyngdetetthet	Friksjonsvinkel	Attraksjon	Udrenert skjærfasthet
Sprengstein	19 / 9 kN/m ³	$\varphi = 42^\circ$	a = 5 kPa	
Sand	19 / 9 kN/m ³	$\varphi = 33^\circ$	0 kPa	-
Leire/sprøbrudsmateriale	19 / 9 kN/m ³	$\varphi = 26^\circ$	0 kPa	$S_{UA} = 20 \text{ kPa}$
Faste masser	19 / 9 kN/m ³	$\varphi = 38^\circ$	0 kPa	-

Resultater**Snitt D:**

Beregninger i snitt D viser at stabiliteten av opprinnelig terreng har en sikkerhetsfaktor på:

- Udrenert tilstand $F_{cu} = 3,45$ og $F = 1,5$ (i marbakken hver side av under undersjøiske ryggen)
- Drenert tilstand $F_{c\varphi} = 4,24$ og $F = 1,55$

Etter tiltak er stabiliteten redusert til:

- Udrenert tilsand $F_{cu} = 0,77$ og $0,95$ (lokalstabilitet av fylling viser også $F_{cu} = 0,9$ og $1,72$ inn mot ryggen)
- Drenert tilstand $F_{c\phi} = 1,34$ og $1,34$ (lokalstabilitet av fylling viser også $F_{c\phi} = 1,55$ og $1,76$ inn mot ryggen)

Tiltaket forverrer stabiliteten og det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ (udrenert) og $F_{c\phi} \geq 1,25$ (drenert), der f_s er sprøhetsforholdet iht. kap. 5.3.3 [11], $f_s = 1,15$. Stabiliteten er ikke tilfredsstillende uten stabiliserende tiltak.

Snitt B:Beregninger i snitt D viser at stabiliteten av opprinnelig terreng har en sikkerhetsfaktor på:

- Udrenert tilstand $F_{cu} = 2,7$
- Drenert tilstand $F_{c\phi} = 2,64$

Etter tiltak er stabiliteten redusert til:

- Udrenert tilsand $F_{cu} = 0,93$
- Drenert tilstand $F_{c\phi} = 1,47$

Tiltaket forverrer stabiliteten og det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ (udrenert) og $F_{c\phi} \geq 1,25$ (drenert), der f_s er sprøhetsforholdet iht. kap. 5.3.3 [11], $f_s = 1,15$. Stabiliteten er ikke tilfredsstillende uten stabiliserende tiltak.

Stabiliserende tiltak

Områdestabiliteten og lokalstabiliteten kan være vanskelig å skille, men glideflater som går i opprinnelig skråning ansees som områdestabilitet. Stabilitet av selve utfyllingen og utgliding av den på et slakt eller flatt område, ansees som lokalstabilitet (som inn mot ryggen).

Resultatet fra stabilitetsberegningene viser at områdestabiliteten for område A og B generelt ikke er tilfredsstillende uten stabiliserende tiltak. Dette ble også påpekt i notat 713328-RIG-NOT-001_rev02 (2016).

Det er gjort innledende beregninger for hvordan stabiliteten av tiltaksområdet kan økes. Det foreslås mudring av sjøbunn til fjell eller faste masser i foten av utfyllingene. Dette vil medføre store volumer og tykkelse på opptil ca. 10 meter på vanddybde på mer enn 30 meter i område B. Tegning nr. 713032-RIG-TEG-800.2 og nr. 713032-RIG-TEG-801.2 viser økt og tilfredsstillende sikkerhetsfaktor i udrenert til stand (dimensjonerende).

Området må utformes slik at stabiliteten er tilfredsstillende i alle faser av utbyggingsprosjektet.

→ Områdestabiliteten anses som tilfredsstillende og ivarettatt for planområdet A og B med forbehold om at det gjøres stabiliserende tiltak.

5 Sluttkommentar

Prosjektet må detaljprosjekteres og arbeidsprosedyrer må beskrives nærmere før oppdraget kan påbegynnes.

Det må gjøres flere beregninger for å detaljere omfanget av stabiliserende tiltak når endelig geometri og plassering er kjent.

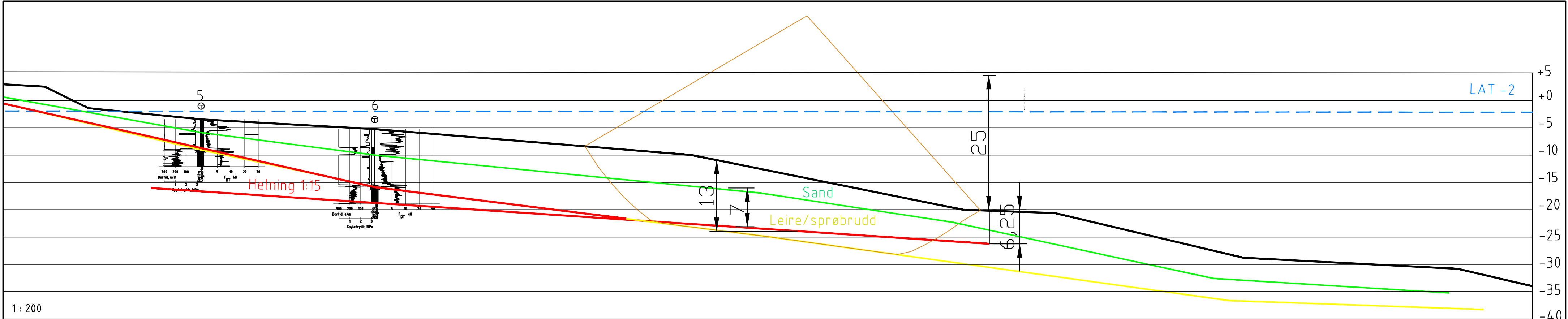
Det er særlig krav til rekkefølgebestemmelser i områder med kvikkleire da anleggsfasen gjerne er den mest kritiske. Det anbefales målinger av poretrykk i grunnen og supplerende geotekniske grunnundersøkelser blir aktuelt når endelig plassering av molo og utfylling er bestemt.

Det må også gjøres miljøundersøkelser som grunnlag til utarbeidelse av mudring- og dumpingsplaner, i tillegg til søknad til fylkesmannen.

Referanser

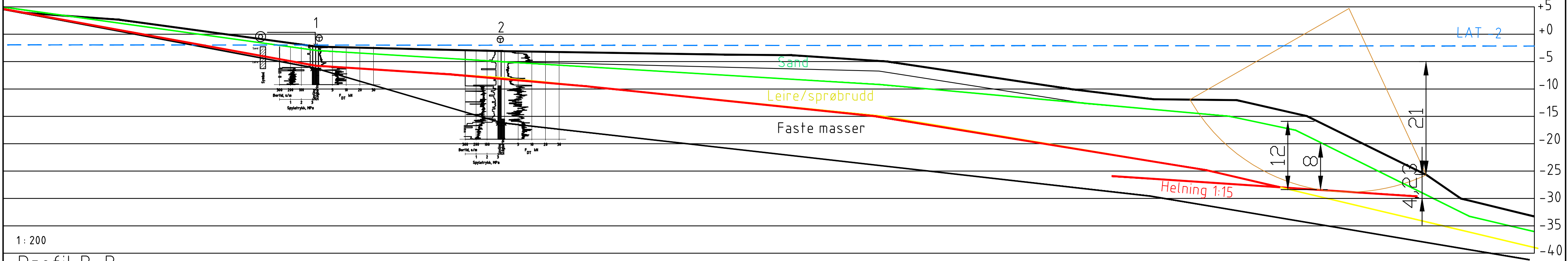
- [1] NVE veileder nr. 1/2019
- [2] Multiconsult, *Vannkanten, Grunnundersøkelser – datarapport*, 713328-RIG-RAP-001, 30.06.2016
- [3] Multiconsult, *Områdestabilitet – Sjøveien 13, Narvik, Datarapport – områdestabilitet*, 10226760-RIG-RAP-001, 12.07.2021.
- [4] NVE Eksternrapport nr 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred»
- [5] SVV, Håndbok V220 – Geoteknikk i vegbygging, Staten s Vegvesen, 2014.
- [6] Multiconsult, *Vannkanten, orienterende geoteknisk vurdering*, 713328-RIG-NOT-001_rev02, 09.12.2016
- [7] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart».
- [8] Norges Vassdrags- og energidirektorat(NVE): atlas.nve.no

\\fos-nasuni-01\geo\prosjekt\0713\713328\713328-03 ARBEIDSONMRÅDE\713328-01 RIG\713328-RIG-TEG-700.dwg. - Layout: (700); - Plottet av: uhhb, Dato: 2022.05.16 kl 15:25



1 : 200

Profil A-A



1 : 200

Profil B-B

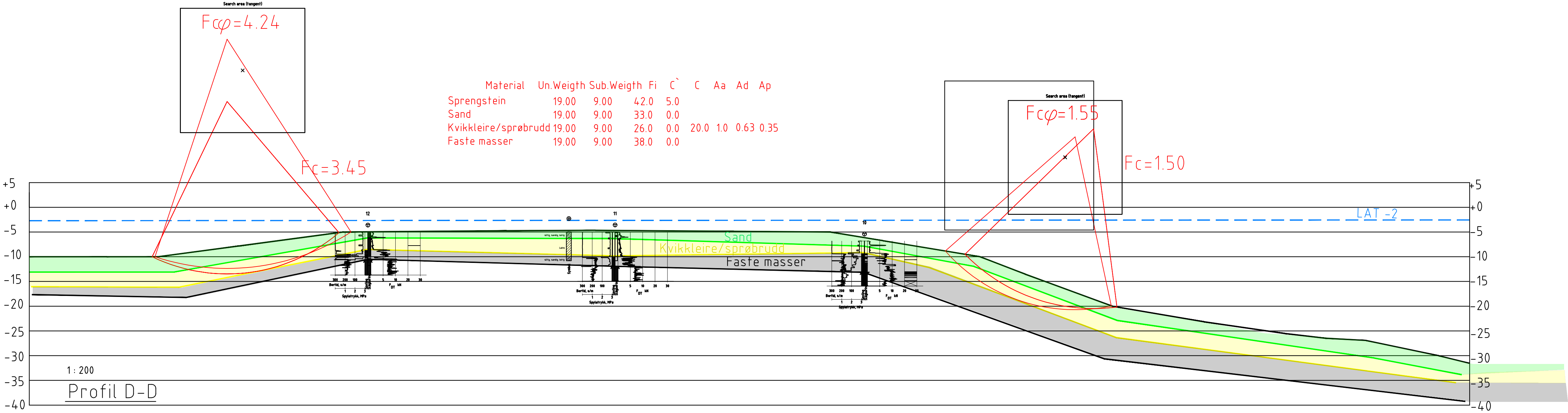
KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:		DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016 EUREF89, sone 33 NN2000		Status -	Fag RIG	Originalt format A3L	Dato 2022-04-26
Konstr./Tegnet UHHB		Kontrollert SRR		Godkjent TJ	Målestokk 1:500		Rev.
Oppdragsnr. 713032-00		Tegningsnr. RIG-TEG-700		Rev. 01			

01	justering av rød linje, profil B	2022-05-16	UHHB	SRR	UHHB
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL A OG B
LAGDELING

C:\Users\uhhb\AppData\Local\Temp\AcPublish_105081\713328-RIG-TEG-700.dwg, - Plottet av: uhhb, Dato: 2022.05.03 kl 15:09



KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 33
HØYDEREFERANSE: NN2000

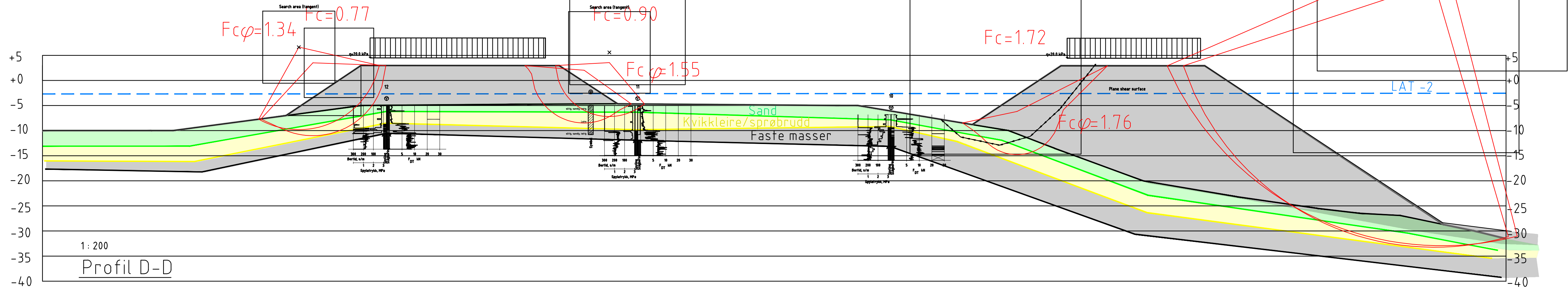
00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL D
STABILITET. DAGENS SITUASJON

Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3LI	Dato	2022-04-26
Konstr./Tegnet	UHBB	Kontrollert	SRR	Godkjent	TJ	Målestokk	1:500
Oppdragsnr.	713032-00	Tegningsnr.	RIG-TEG-800	Rev.	00		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	5.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire/sprøbrudd	19.00	9.00	26.0	0.0	20.0	1.0	0.63	0.35
Faste masser	19.00	9.00	38.0	0.0				



KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM:		DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016 EUREF89, sone 33			
Status	-	Fag	RIG	Originalt format	Dato
Konstr./Tegnet	UHHB	Kontrollert	SRR	A3LI	2022-04-26
Oppdragsnr.	713032-00		Tegningsnr.	RIG-TEG-800.1	
Rev.	00		Målestokk	1:500	

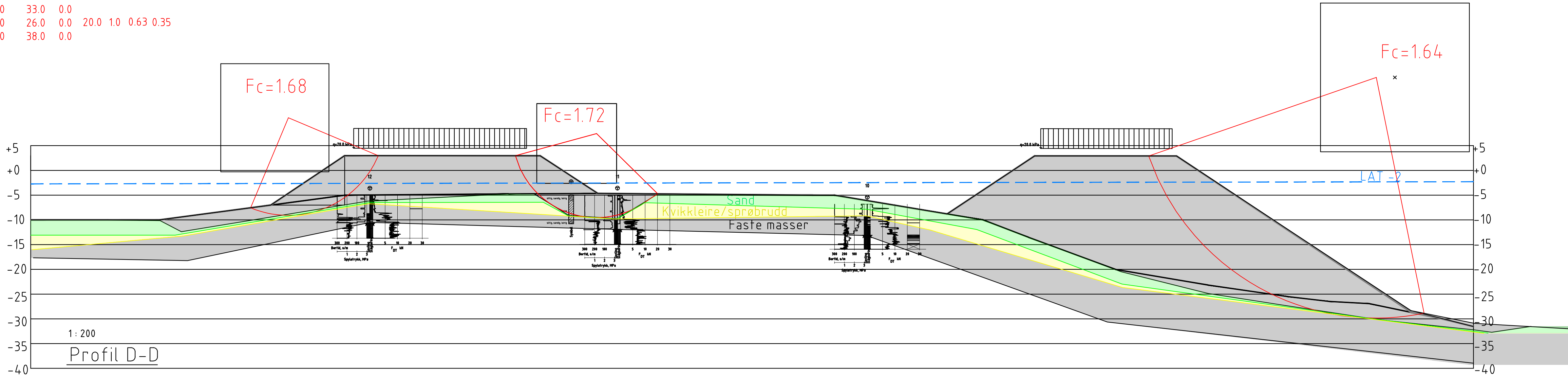
00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL D
STABILITET. ETTER TILTAK

C:\Users\uhhb\AppData\Local\Temp\AcPublish_10508\713328-RIG-TEG-700.dwg, - Layout: 800.2), - Plottet av: uhhb, Dato: 2022.05.03 kl 15:09

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	5.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire/sprøbrudd	19.00	9.00	26.0	0.0	20.0	1.0	0.63	0.35
Faste masser	19.00	9.00	38.0	0.0				



KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 33

00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL D
STABILITET, ETTER TILTAK OG MUDRING/MASSEUTSKIFTING

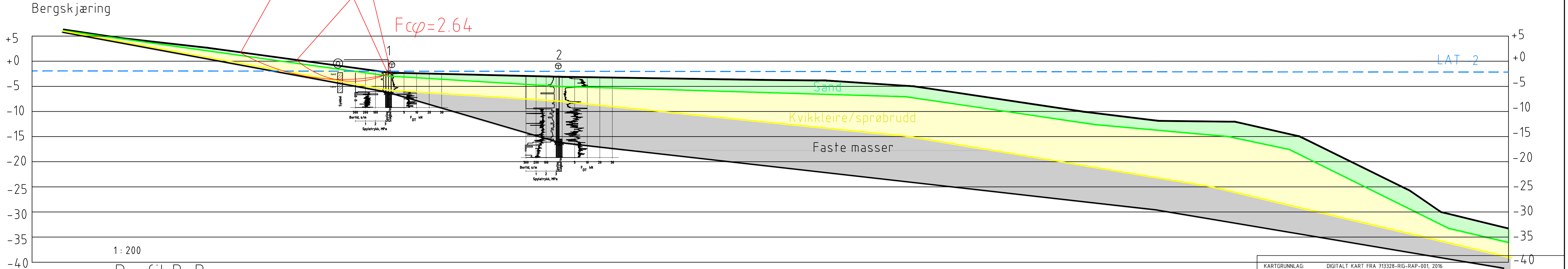
Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3LI	Dato	2022-04-26
Konstr./Tegnet	UHBB	Kontrollert	SRR	Godkjent	TJ	Målestokk	1:500
Oppdragsnr.	713032-00	Tegningsnr.	RIG-TEG-800.2	Rev.	00		

Search area (rangent)

$F_c = 2.70$

x

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	5.0				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				
Kvikkleire/sprøbrudd	19.00	9.00	26.0	0.0	20.0	1.0	0.63	0.35
Faste masser	19.00	9.00	38.0	0.0				



KARTGRUNNLAG:
KOORDINATSYSTEM:
HØYDEREFERANSE:

DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016
EUREF89, sone 33
NN2000

00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

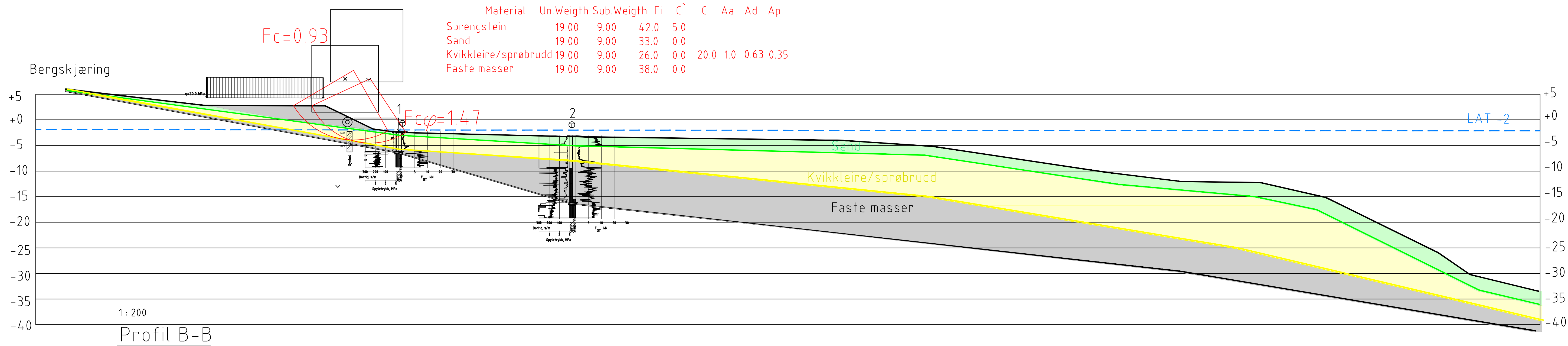
Multiconsult

www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL B
STABILITET. DAGENS SITUASJON

Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3LI	Dato	2022-05-03
Konstr./Tegnet	UHBB	Kontrollert	SRR	Godkjent	TJ	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	713032-00	Tegningsnr.	RIG-TEG-801	Rev.	00		

C:\Users\uhhb\AppData\Local\Temp\AcPublish_105081\713328-RIG-TEG-700.dwg, - Plottet av: uhb, Dato: 2022.05.03 kl 15:09



KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 33

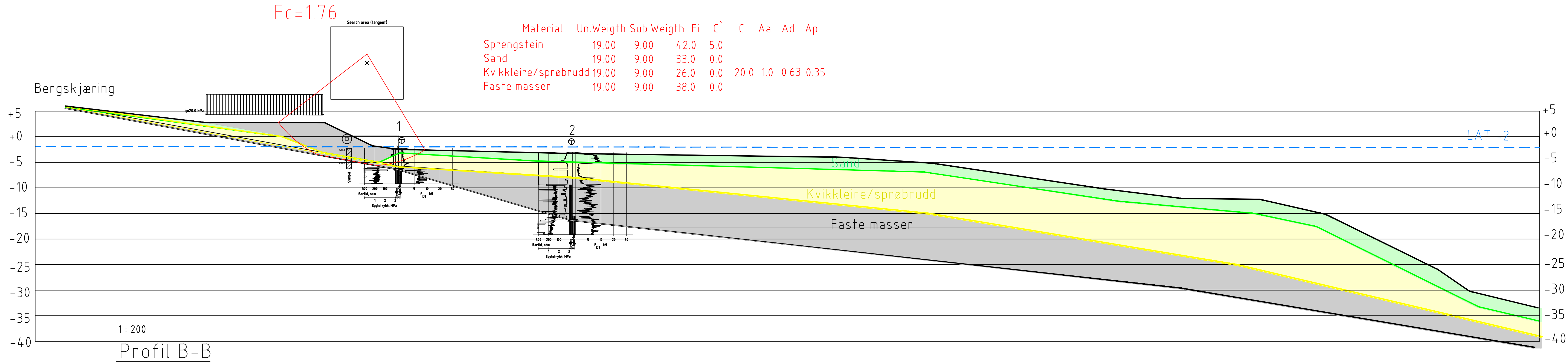
00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL B
STABILITET. ETTER TILTAK

Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3LI	Dato	2022-05-03
Konstr./Tegnet	UHBB	Kontrollert	SRR	Godkjent	TJ	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	713032-00	Tegningsnr.	RIG-TEG-801.1	Rev.	00		

C:\Users\uhhb\AppData\Local\Temp\AcPublish_105081\Y13328-RIG-TEG-700.dwg, - Plottet av: uhhb, Dato: 2022.05.03 kl 15:09



KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA 713328-RIG-RAP-001, 2016
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone 33

00	-	YYYY-MM-DD	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

VANNKANTEN AS
REGULERING VANNKANTEN
PROFIL B
STABILITET, ETTER TILTAK OG MUDRING/MASSEUTSKIFTING

Status	-	Fag	RIG	Originalt format	A3LI	Dato	2022-05-03
Konstr./Tegnet	UHBB	Kontrollert	SRR	Godkjent	TJ	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	713032-00	Tegningsnr.	RIG-TEG-801.2	Rev.	00		