

13283 Narvikterminalen

13283-OO-RIG-R-001 rev. 01

Geoteknisk vurdering for reguleringsplan

Geoteknisk vurdering og utredning av sikkerhet mot områdeskred

REVISJONER

Rev.	Dato	Sign.	Kontr.	Godkj.
00	21.06.2022	HBH	MGB	MGB
01	07.10.2022	HBH	MGB	MGB

ENDRINGSHISTORIKK

Rev.	Referanse	Beskrivelse
00	-	Første utsendelse
01	-	Revidert geoteknisk vurdering for oppdatert fyllingsutforming, inkl. reviderte stabilitetsberegninger

OPPDRAGSINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Rambøll Norge AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Navn: Erik Ditlevsen Epost: erik.ditlevsen@henninglarsen.no

SAMMENDRAG

Narvik Havn, Narvikgården og BaneNor utarbeider ny reguleringsplan for Narvikterminalen. Narvikterminalen er i dag en etablert bulk- og godsterminal med tilhørende næringsvirksomhet. Det skal etableres nye arealer gjennom utfylling i sjø og blant annet legges til rette for nytt malmlager, containerlager, omlagt havnespor, omlagte kjørearealer og ny kai.

Det er utført geotekniske vurderinger og dokumentasjon av stabilitet ved utfylling i sjø for planområdet. I den forbindelse er planområdet delt inn i tre områder; «Bulkterminalen» i sør og «Kleiva Sør» og «Kleiva Nord» langs Fagernesveien. Det er påvist kvikkleire/leire med sprøbruddegenskaper ved store deler av Kleiva Sør og deler av Kleiva Nord. Leiremekktigheten er størst i grensen mellom områdene Kleiva Sør og Kleiva Nord. En større utfylling er planlagt sør i området Kleiva Sør og en større fylling og en ny kaikonstruksjon er planlagt nord i området Kleiva Nord. Det er lagt til grunn at kaikonstruksjonen pelefunderes.

Planlagt utfylling har helning 1:1,5. Fyllingsfronter må plastres/erosjonssikres ved behov. Det er behov for å gjennomføre stabiliserende tiltak i form av motfyllinger langs store deler av fyllingen. Størrelse på motfylling er utformet for å gi tilstrekkelig stabilitet. Deler av fyllingene må etableres i flere faser for at underliggende masser skal ha tid til å konsolidere.

Det er regnet stabilitet tre kritiske profiler for hver av de tre områdene.

Den planlagte fyllingen ved Kleiva Nord og Kleiva Sør har et estimert teoretisk volum på om lag 1 million kubikkmeter sprengstein, eksklusiv motfylling. Nødvendig motfylling for å oppnå tilstrekkelig stabilitet medfører om lag 0,4 millioner kubikkmeter sprengstein.

Stabiliteten ved Bulkterminalen er tilstrekkelig for utfylling på vestlig side, forutsatt etablering av motfylling. Langs østlig side må det også gjennomføres stabiliserende tiltak i form av motfylling. Her kreves det også ytterligere tilpasning, for eksempel i form av endret utforming av utfyllingen, eventuelt kombinasjonsløsninger med et pelet dekke, for at motfyllingen ikke skal komme i konflikt med kaikonstruksjon og dykdalber.

Forekomstene av kvikkleire/sprøbruddmateriale er utredet i henhold til NVEs prosedyre for utredning av områdeskredfare som definert i NVE 1/2019. Løsne- og utløpsområder er foreslått i plantegning. Kvikkleiresonen er klassifisert å ha middels faregrad.

Prosjektet bruker koordinatsystem EUREF89 UTM33 og høydesystem NN2000.

Vurderingen er godkjent av Sweco i uavhengig tredjepartskontroll ihht. NVE 1/2019 (kontrollnotat 10230415_RIG_N01 pr. 15.11.22)

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Grunnlag for geoteknisk prosjektering	6
2.1	Geoteknisk kategori	7
2.2	Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC)	7
2.3	Prosjekterings- og utførelseskontroll iht. Eurokode	7
2.4	Tiltaksklasse iht. SAK10 og krav om uavhengig kontroll	7
2.5	Grunntype og seismisk klasse	8
2.6	Flom- og skredfare	8
2.6.1	Skred	8
2.6.2	Flom	9
2.7	Krav til sikkerhet	9
2.7.1	Krav til områdestabilitet	10
2.7.2	Krav til lokalstabilitet	10
2.8	Andre forutsetninger	11
2.8.1	Toglinje og profilnummerering	11
2.8.2	Laster	11
2.8.3	Laster fra framtidige bygg	11
2.8.4	Krav til seilingsdybde	12
2.8.5	Vanntrykk	12
2.8.6	Modellgrunnlag	12
3	Topografi, grunnforhold og historikk	12
3.1	Bulkterminalen	14
3.2	Kleiva Sør	15
3.3	Kleiva Nord	16
4	Beregningsforutsetninger	17
4.1	Udrenert skjærfasthet i leirelagene	17
4.2	Materialparametere for de tolkede lagene	17
4.3	Fylling og motfylling	18
4.4	Konsolidering	18
5	Stabilitetsberegninger	19
5.1	Bulkterminalen	19
5.2	Kleiva Sør	21
5.3	Kleiva Nord	22
5.4	Vurdering i henhold til NVEs prosedyre for utredning av områdeskredfare som definert i NVE 1/2019	23
6	Geoteknisk vurdering	26
6.1	Utførelse av fyllinger i sjø	26
6.2	Bulkterminalen	27
6.3	Kleiva	28
	Referanseliste	29

FIGURER

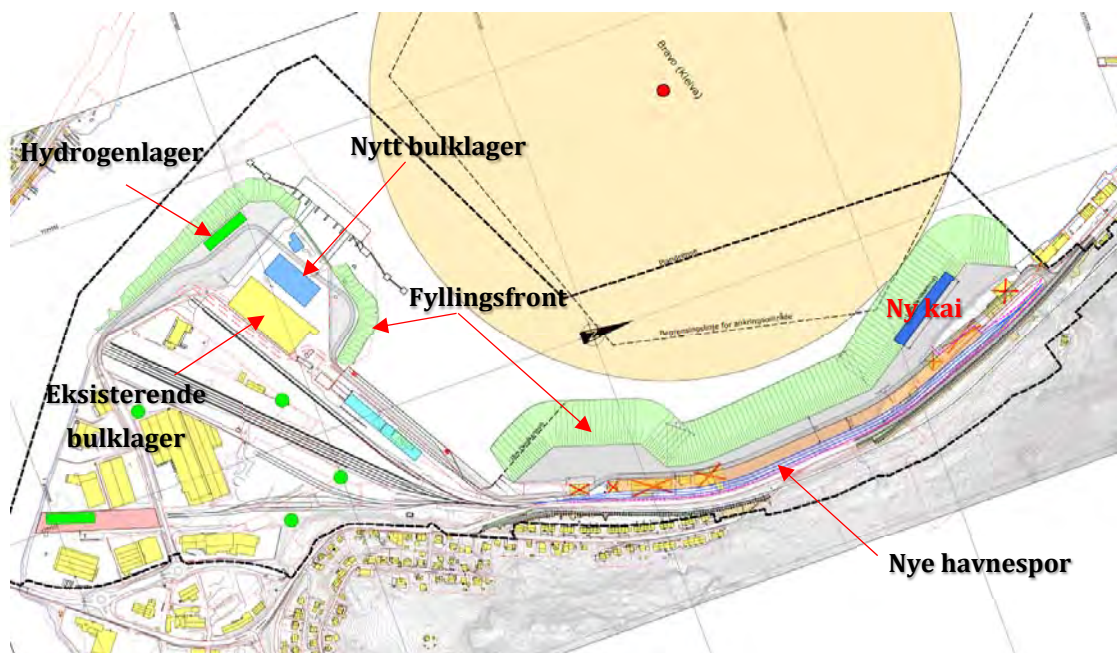
Figur 1-1 Utsnitt fra reguleringsplankart datert 21.09.2022 (Alternativ 3F, Rambøll Norge AS)	5
Figur 1-2 Utsnitt fra geoteknisk situasjonsplan med navngivning av delområdene benyttet i rapporten.....	5
Figur 2-1 Stormflonivå og aktsomhetsområde for flom for planområdet som vist i NVE Atlas.....	9
Figur 2-2 Krav for partialfaktor ved stabilitets- og bæreevneberegninger, Bane NOR Teknisk regelverk.....	11
Figur 3-1 Flyfoto fra kart.finn.no, venstre fra 2021 og høyre fra 2010	13
Figur 3-2 Flyfoto og kart fra kart.finn.no, venstre fra 1948 og høyre fra 1897	13
Figur 3-3 Kartutsnitt som viser plassering av lagerbygg vurdert i ref. [18] og [19]	14
Figur 5-1 Situasjonsplan med profil fra [18] med prefiks "1" og [19] med prefiks "2" samt profil i foreliggende stabilitetsberegninger.	20
Figur 5-2 Resultater fra stabilitetsberegninger i ref. [18].....	21
Figur 5-3 Fra NVEs kvikkleireveileder 1/2019.....	23
Figur 5-4 Vurdering av b/D-forhold, fra NVE veileder 1/2019 [9].....	24
Figur 5-5 Klassifisering av kvikkleiresone	25

TABELLER

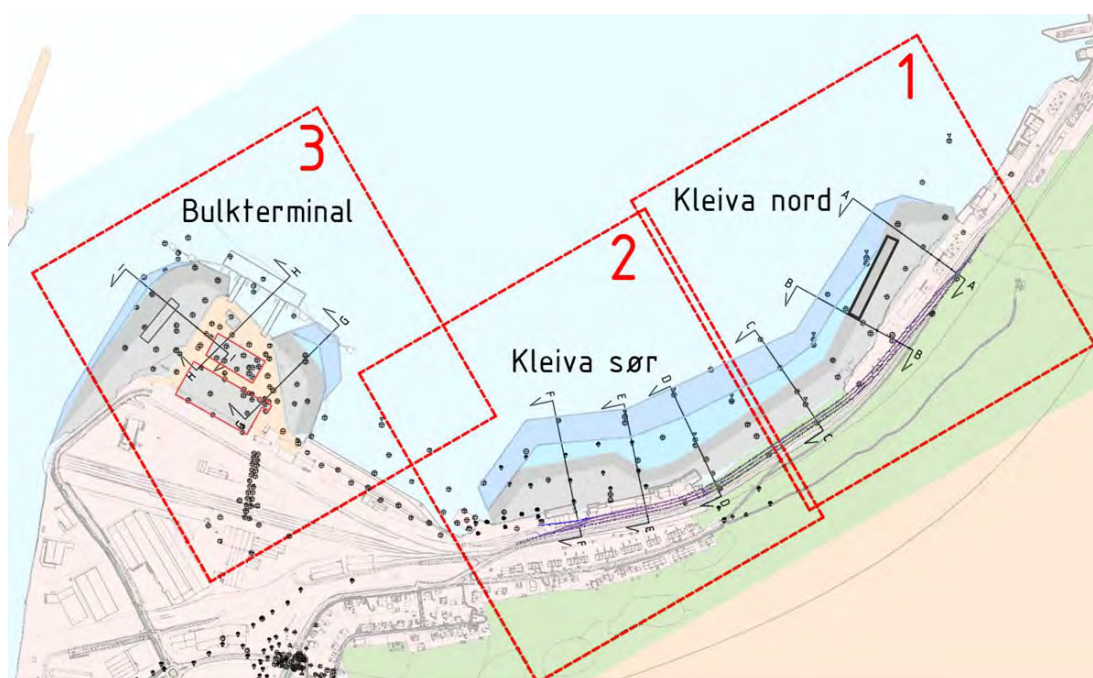
Tabell 3-1 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved bulkterminalen ved Skarveneset	14
Tabell 3-2 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved Kleiva Sør.....	15
Tabell 3-3 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved Kleiva Nord	16
Tabell 4-1 Materialparametere benyttet i stabilitetsberegninger	18
Tabell 4-2: Sekvens for oppfylling.....	18
Tabell 5-1 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil G, H og I på Bulkterminalen. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.	19
Tabell 5-2 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil D, E og F på Kleiva Sør. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.....	21
Tabell 5-3 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil A, B og C på Kleiva Nord. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.....	22

1 INNLEDNING

Narvik Havn (NH), Narvikgården og BaneNor utarbeider ny reguleringsplan for Narvikterminalen. Narvikterminalen er i dag en etablert bulk- og godsterminal med tilhørende næringsvirksomhet. Tiltakene det skal reguleres for kan sees i Figur 1-1. Det skal etableres nye arealer gjennom utfylling i sjø og blant annet legges til rette for nytt malmlager, containerlager, omlagt havnespor, omlagte kjørearealer og ny kai. Planområdet kan også sees i Tegning 1001. I foreliggende rapport er området delt inn i tre områder; «Bulkterminalen» i sør og «Kleiva Sør» og «Kleiva Nord» langs Fagernesveien, som vist i Figur 1-2. For videre beskrivelse av prosjektet henvises det til øvrige plandokumenter.



Figur 1-1 Utsnitt fra reguleringsplankart datert 21.09.2022 (Alternativ 3F, Rambøll Norge AS)



Figur 1-2 Utsnitt fra geoteknisk situasjonsplan med navngivning av delområdene benyttet i rapporten

2 GRUNNLAG FOR GEOTEKNISK PROSJEKTERING

De geotekniske vurderingene som er aktuelle i forbindelse med reguleringsplanen er primært knyttet til områdestabilitet, stabilitet av fyllinger i sjø og innledende vurderinger av fundamentering av bygg og konstruksjoner, samt vurderinger av hvordan fyllingsarbeidene påvirker øvrig infrastruktur.

I det følgende gis en tentativ gjennomgang av myndighetskrav. Vurderingene er innledende, og det må påregnes at disse i framtiden vil måtte oppdateres basert på justeringer i planene.

Dette prosjektet er underlagt følgende regelverk:

- Jernbaneloven med tilhørende forskrifter
- Plan- og bygningsloven (PBL) med teknisk forskrift (TEK17) [1] og byggesaksforskriften (SAK10) [2]
- Arbeidsmiljøloven (AML) med byggherreforskriften
- Bane NORs tekniske regelverk (TRV) [3]

Byggesaksforskriftens veiledning angir at forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet vil være oppfylt for konstruksjoner dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard/Eurokoder. Følgelig er geoteknisk prosjektering basert på Eurokodesystemet (NS-EN) for å tilfredsstille de lovpålagte kravene til konstruksjonssikkerhet.

Iht. jernbanelovens §4 skal utbygging skje iht. plan og bygningsloven med tilhørende forskrifter. Byggesaksforskriftens veiledning angir at forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet vil være oppfylt for konstruksjoner dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard/Eurokoder. Bane NORs tekniske regelverk (TRV) er benyttet der dette har skjerpede krav sammenholdt med NS-EN.

Følgende prosjekteringsstandarder vurderes foreløpig som relevante for geoteknisk prosjektering av tiltaket:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0), «Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner» [4]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (Eurokode 7), «Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler» [5]
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 (Eurokode 8), «Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning» [6]

Vurdering av pelefundamenter baseres på metodikk beskrevet i Peleveiledningen 2019 utgitt av Norsk Geoteknisk Forening [7]. Denne baserer seg på rammeverket angitt i Eurokode 7 [5].

TEK 17 §7-1 angir at byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger. For å oppfylle forskriftens krav om tilfredsstillende sikkerhet mot skred (§7-3) benyttes NVE-veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [8] slik det følger av forskriftens veiledning.

2.1 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut fra tre geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «*Krav til prosjektering*». De fleste arbeidene i planområdet antas bli plassert i **geoteknisk kategori 2**, med bakgrunn i «konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold». Vi anmerker at BaneNor sitt teknisk regelverk [3] krever at geoteknisk kategori 3 skal legges til grunn for «konstruksjoner som berøres av kvikkleire» og for fyllinger i sjø, men med bakgrunn i at det omlagte havnesporet etableres på ikke-sensitive masser i bakkant av fyllingene vurderer vi det dithen at geoteknisk kategori 2 kan legges til grunn.

2.2 Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 tabell NA.A1(901) gir veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler. Tabellen er delt inn i pålitelighetsklasser (CC/RC) fra 1 til 4. Grunn- og fundamenteringsarbeider for kategorien «*Kai- og havneanlegg*» plasseres vanligvis i **pålitelighetsklasse 2**. For tiltak som medfører utbygging av jernbane eller påvirker jernbane i drift gjelder krav i Teknisk regelverk der det beskrives at «konsekvensen av en skade i permanenttilstanden som berører bane i drift og som vurderes som stor/svært alvorlig defineres til konsekvensklasse CC3». Samme regelverk beskriver at fyllinger i sjø tilknyttet jernbaneprosjekter settes til CC3, og «Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller, herunder kvikkleire» settes i CC3. Med bakgrunn i at de omlagte havnesporene etableres på ikke-sensitive masser i bakkant av fyllingene anser vi det som CC/RC 2 kan legges til grunn for fyllingarbeidene.

2.3 Prosjekterings- og utførelseskontroll iht. Eurokode

Eurokode 0 stiller krav til graden av prosjekterings- og utførelseskontroll (kontrollklasse) hver for seg, avhengig av pålitelighetsklasse.

Iht. tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 settes prosjekteringskontrollklasse til PKK2 og utførelseskontrollklasse til UKK2 for fyllinger og andre tiltak som ikke involverer/påvirker jernbane, hvor det for begge kontrollklassene kreves egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

For eventuelle tiltak som påvirker/involverer jernbane settes prosjekteringskontrollklasse til PKK3 og utførelseskontrollklasse til UKK3, hvor det for begge kontrollklassene kreves egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

2.4 Tiltaksklasse iht. SAK10 og krav om uavhengig kontroll

I henhold til tabell 2 «Kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering» i «Veiledning om byggesak» (SAK10 § 9-4), vurderes grave- og fundamenteringsarbeidene til å kunne plasseres i **tiltaksklasse 2**.

Regler om uavhengig kontroll er også gitt i plan- og bygningsloven (pbl.) kap. 24 og byggesaksforskriften (SAK 10) kap. 14. For geoteknikk i tiltaksklasse 2 og 3 skal det utføres

uavhengig kontroll både av prosjektering og utførelse.

For geoteknikk i tiltaksklasse 2 er det dermed krav om uavhengig kontroll av prosjektering og utførelse, i henhold til SAK10 § 14-2 punkt c.

2.5 Grunntype og seismisk klasse

Byggverk klassifiseres i fire seismiske klasser avhengig av konsekvensene av sammenbrudd for menneskeliv, av deres betydning for offentlig sikkerhet og beskyttelse av befolkningen umiddelbart etter et jordskjelv, og av de sosiale og økonomiske konsekvensene av sammenbrudd. De seismiske klassene bestemmes iht. Eurokode 8, del 1, pkt. 4.2.5 og etter tabell NA.4(902) i Nasjonalt tillegg NA.

Fyllinger og fyllinger i sjø er i utgangspunktet ikke karakterisert som en konstruksjon, og omfattes ikke av regelverket for seismisk dimensjonering.

Kaier og havneanlegg klassifiseres i utgangspunktet i seismisk klasse I, og oppnår utelatelse for seismisk dimensjonering.

Enkelte tiltak i planområdet, slik som f.eks bygg med personopphold, vil kunne klassifiseres i seismisk klasse II. For seismisk klasse II er seismisk faktor $\gamma_i \leq 1,00$ etter tabell NA.4(901).

Spissverdi for berggrunnens akselerasjon a_{gR} er for Narvik 0,30 [6].

Jordart, eventuell forekomst av sprøbruddmateriale, lagdeling og dybde til berg varierer i planområdet. Vurdering av grunntype og forsterkningsfaktor må vurderes for de spesifikke problemstillingene i videre planfaser og detaljering. Vurderingene under er derfor utelukkende veiledende.

Kaikonstruksjonen som er plassert langs Kleiva plasseres foreløpig i seismisk klasse I. Basert på grunnundersøkelsene og løsmassemektighet er grunntype per i dag vurdert/beregnet til S_2 ; «*Avleiringer av jord som kan gå over flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A-E eller S_1 .*», iht. tabell NA.3.1.

Lagerbygget på Skarveneset settes i samme seismisk klasse som havnearealene, dvs klasse I. Basert på grunnundersøkelsene og løsmassemektighet er grunntype per i dag vurdert til B; «*Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden*». Tilsvarende vurdering av grunntype kan legges til grunn for hydrogenlageret, gitt plassering på Skarveneset.

2.6 Flom- og skredfare

Iht. TEK17 § 7-1(1) skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom og skred).

2.6.1 Skred

Deler av planområdet ligger innenfor aktsomhetsområder for skred i bratt terreng og snøskred. Forhold rundt dette forutsettes ivarettatt av ansvarlig for ingeniørgeologi i reguleringsplanarbeidet.

Det er påvist kvikkleire og leire med sprøbruddegenskaper i deler av planområdet. Forhold knyttet til sikkerhet mot områdeskred er dokumentert i kapittel 4.4. Tiltakene klassifiseres i tiltakskategori K4 i henhold til NVE 1/2019.

2.6.2 Flom

Deler av dagens havnearealer ligger utsatt for stormflo i henhold til NVE Atlas, og et begrenset område er avmerket som et aktsomhetsområde for flom i NVE Atlas, se Figur 2-1.



Figur 2-1 Stormflonivå og aktsomhetsområde for flom for planområdet som vist i NVE Atlas

Direktoratet for Samfunnssikkerhet og beredskap har gitt ut en veileder for hvordan havnivåendring og stormflo skal håndteres i planlegging: «Håndtering av havnivåstigning i kommunal planlegging» [3]. Veilederen inneholder anbefalte havnivå for de ulike sikkerhetsklassene for hver kommune. Disse tallene kan også hentes fra Kartverkets innsynsløsning Se havnivå (<https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>). Havnivå for de ulike sikkerhetsklassene med klimapåslag basert på nyeste datagrunnlag for vannstand og stormflo for Narvik er vist i Tabell 1. DSB anbefaler at tallene rundes opp til nærmeste 10 cm for bruk i planlegging. Dette gir anbefalt dimensjonerende havnivå for Narvik havn på minimum kote 3,3 for sikkerhetsklasse S2.

Tabell 1 Anbefalt havnivå til bruk i planlegging – Narvik havn (Kilde: Se havnivå/Kartverket).

Sikkerhetsklasse 1 (TEK10/17) med klimapåslag	302 cm over NN2000	Sikkerhetsklasse 2 (TEK10/17) med klimapåslag	329 cm over NN2000	Sikkerhetsklasse 3 (TEK10/17) med klimapåslag	345 cm over NN2000
---	--------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------

Forhold rundt sikkerhet mot flom og stormflo forutsettes ivaretatt av ansvarlig for overvannshåndtering i reguleringsplanarbeidet.

Fra det mottatte grunnlaget, som er beskrevet innledningsvis i kapittel 4.4, kommer det fram at de framtidige havnearealene er planlagt å ligge fra kote +4,2 (NN2000).

2.7 Krav til sikkerhet

Det skilles mellom lokalstabilitet og områdestabilitet.

- Lokalstabilitet: Betegnelsen på en lokalt avgrenset stabilitetstilstand med mulighet for

brudd (utglidning) i grunnen. Bruddet begrenses til det lokale påvirkningsområdet for spenningsendringen som har oppstått i skråningen.

- Områdestabilitet: En stabilitetstilstand der et initialt brudd kan igangsette en progressiv fram- eller bakoverrettet bruddutvikling i tilstøtende sprøbruddmaterialer, slik som er typisk for kvikkleire.

Hvilke krav til sikkerhet som gjelder vil avhenge av grunnforhold, bruddmekanisme og pålitelighetsklasse. For bulkterminalen styrer lokalstabilitet og RC/CC2 krav til sikkerhet.

For Kleiva sør styrer krav til områdestabilitet ved tiltakskategori K4 krav til sikkerhet. Tilsvarende gjelder Kleiva nord med unntak av området rundt profil A hvor lokalstabilitet og RC/CC2 styrer krav til sikkerhet.

2.7.1 Krav til områdestabilitet

I det følgende presenteres sikkerhetskrav for tiltakskategori K4 slik som angitt i kap. 3.3.4 i NVEs veileder 1/2019:

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{cq} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{cq} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og F_{cq} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{cq} \geq 1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal F_{cq} og F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3. Kriteriene for hva som kan regnes som skråninger utenfor influensområdet til tiltaket fremgår av kap. 3.3.7.

Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser.

2.7.2 Krav til lokalstabilitet

Krav til sikkerhet gitt i Eurokode 7 [5] for lokalstabilitet/brudd i grunnen gir følgende krav til materialfaktorer:

Totalspenningsanalyse	$\gamma_m \geq 1,4$
Effektivspenningsanalyse	$\gamma_m \geq 1,25$

Krav til materialkoeffisient eller partialfaktor ved stabilitets- og bæreevneberegninger iht. Bane NOR Teknisk regelverk [3] (og Statens vegvesens håndbok N200 [9]) er vist i Figur 2-2.

Tabell: Partialfaktor γ_M ved stabilitets- og bæreevneberegninger med ADP-metoden

Analysetype	Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
		Seigt	Nøytralt	Sprøtt
Totalspenningsanalyse, ADP-metoden	CC1 Mindre alvorlig	1,40	1,40	1,40
	CC2 Alvorlig	1,40	1,40	1,50
	CC3 Meget alvorlig	1,40	1,50	1,60

Tabell: Partialfaktor γ_M ved stabilitets- og bæreevneberegninger med effektivspenningsmetoden

Analysetype	Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
		Seigt	Nøytralt	Sprøtt
Effektivspenningsanalyse, a ϕ -metoden	CC1 Mindre alvorlig	1,25	1,30	1,40
	CC2 Alvorlig	1,30	1,40	1,50
	CC3 Meget alvorlig	1,40	1,50	1,60

Figur 2-2 Krav for partialfaktor ved stabilitets- og bæreevneberegninger, Bane NOR Teknisk regelverk

2.8 Andre forutsetninger

2.8.1 Toglinje og profilnummerering

Havnesporet på Ofotbanen ligger mellom km -0.498 og 1.318. Plassering av omlagt havnespor er definert fra situasjonsplan «Alternativ 3F» fra Rambøll Norge AS datert 21.09.2022, se Figur 1-1.

2.8.2 Laster

Det benyttes for enkeltspor (Ofotbanen) karakteristisk last $q = 120 \text{ kN/m}$ iht. Teknisk regelverk. I beregninger med dobbeltspor benyttes last $q = 90 \text{ kN/m}$ for det mest gunstige sporet. Last fordeles over en svillebredde på 2,5 meter.

Det er besluttet fra NH at det skal legges til grunn en karakteristisk nyttelast på 20 kPa for trafikkerte arealer. For trafikkklaster på bærende konstruksjoner henvises det til forskrift for trafikklast på bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige vegnettet.

Laster i ugunstig situasjon er dimensjonert med lastfaktor 1,3.

2.8.3 Laster fra framtidige bygg

Det nye bulklageret, med plassering som vist i Figur 1-1, er i beregningene gitt en drivende på 200 kPa. For eksisterende bulklager er en drivende last på 400 kPa benyttet. Per dags dato er last fra hydrogenlageret antatt være representert ved den generelle nyttelasten som er lagt til grunn for området.

Enkle og lette bygg på de planlagte nye arealene antas være dekket av den generelle nyttelasten på 20 kPa. For større og mer komplekse bygg må plassering og fundamentering av disse håndteres i senere planfase. Dersom større bygg ønskes plassert ut mot fyllingsfront kan dette for eksempel håndteres ved pelefundamentering og at bygningslastene føres til berg.

2.8.4 Krav til seilingsdybde

Det settes krav til seilingsdybde i områder av havna. De mottatte bestemmelsene er gitt i situasjonsplan «Alternativ 3F», se Figur 1-1, seilingsdybde for ny kai er satt til kote -12 og for RORO-kai til kote -16 (NN2000).

2.8.5 Vanntrykk

I stabilitetsanalysene er det regnet med laveste lavvann med 20 års gjentakintervall (LLV20) hentet fra kartverket.no. Dimensjonerende sjøvannsnivå LLV20 ligger på kote -2,33 (NN2000).

2.8.6 Modellgrunnlag

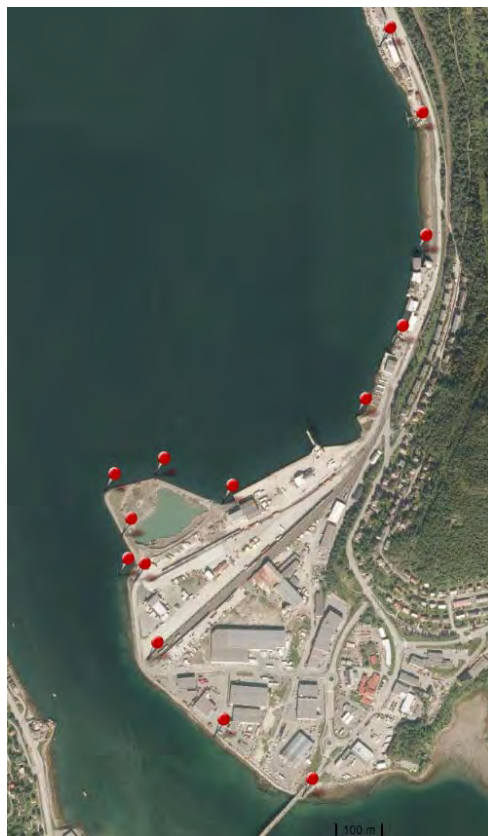
Geometri for terreng i dagens situasjon er mottatt fra Rambøll Norge AS gjennom delt Quadri-modell. Kartgrunnlaget består av en sammensatt modell av SOSI-grunnlag på land og batymetridata fra 2010, 2014 og 2016 og benytter NN2000 høydesystem. Modellen ble lastet ned 03.05.2022. Det bemerkes at datering for SOSI-grunnlag for terrengmodell ikke er kjent. Som det blir beskrevet i kapittel 3.3 er det nylig utført en utfylling ved midten av Kleiva, denne mangler tilsynelatende i SOSI-grunnlaget.

Nivå på ferdig planert dekke over fylling er ved kote +4,2, som bestemt av NH den 16.09.2022.

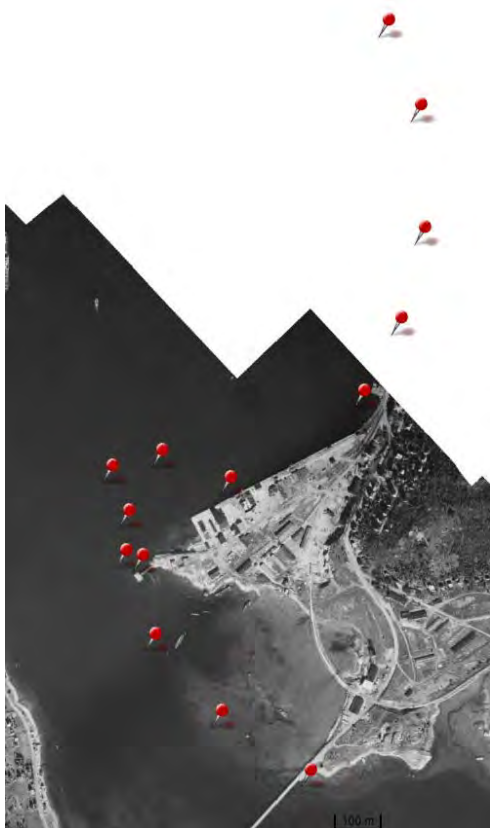
Grunnlag for utforming av fylling ved Bulkterminal og Kleiva (nord og sør) er gitt hhv. i Quadri-modellene «Veglinje 90 000» og «Veglinje 91 400» laget av Rambøll Norge AS. Disse ble lastet ned 22.09.2022. Geometrien til utstrekningen av utfyllingen er også gitt i situasjonsplan «Alternativ 3F», som er presentert i Figur 1-1. I modellene er det som et utgangspunkt benyttet fyllingshelning ved Bulkterminalen på 1:1,5 og Kleiva (nord og sør) på 1:3,3. Endelig helning på fylling og stabiliserende motfyllinger bestemmes gjennom stabilitetsberegninger. Videre beskrivelse av fyllingsgeometri benyttet i stabilitetsberegninger gis i kapittel 4.3.

3 TOPOGRAFI, GRUNNFORHOLD OG HISTORIKK

Narvikterminalen har vært benyttet til næring- og industriformål i lengre tid. Flyfoto over området fra 2021 og 2010 er vist i henholdsvis Figur 3-1. Flyfoto fra 1948 og historisk kart fra 1897 er vist i Figur 3-2. Store deler av dagens næring- og industriformål er etablert på fyllinger i sjø som er utviklet i flere steg over mer enn 130 år.



Figur 3-1 Flyfoto fra kart.finn.no, venstre fra 2021 og høyre fra 2010



Figur 3-2 Flyfoto og kart fra kart.finn.no, venstre fra 1948 og høyre fra 1897

3.1 Bulkterminalen

Eksisterende fylling på Skarveneset ligger mellom kote 3 og 6. Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i dette området, og plassering av borpunktene kan sees i tegning 1001 og 1004. En oversikt over rapportene er presentert i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved bulkterminalen ved Skarveneset

Rapportnr.	Rapportnavn	Utførende	År	Ref.
1017315-RIG-RAP-001	Narvikterminalen, Fagernes	Multiconsult Norge AS	2020	[10]
	Narvikterminalen, Fagernes	Rambøll Norge AS	2012	[11]
710194-3	Narvikterminalen Alternativ 3	Multiconsult Norge AS	2007	[12]
710194-2	Narvikterminalen	Multiconsult Norge AS	2006	[13]
710194-1	Narvikterminalen	Multiconsult Norge AS	2005	[14]
600333A	Narvik Havnevesen Industri-og næringsareal ved Narvikterminale, Fagernes	Scandiaconsult AS	2000	[15]
38411	Fagernesleira plan for utfylling	Noteby AS	1990	[16]

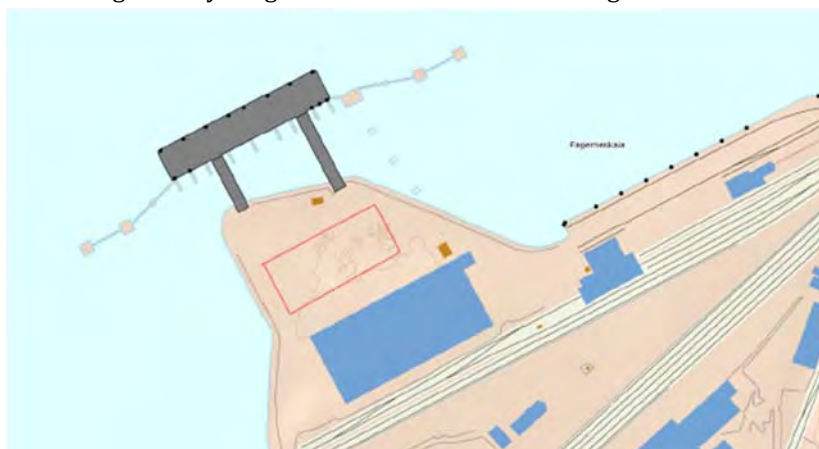
Den eksisterende fyllingen er nesten 30 meter på det mektigste. Den øverste delen oppgis være etablert som en sprengsteinsjete med innfylte masser. I området rundt fyllingen består løsmassene på sjøbunnen av et øvre lag med silt og leire over sand. Mektigheten av disse massene varierer og under ligger et tykt lag med sand.

I tillegg til datarapportene presentert i Tabell 3-1 har vi hatt tilgang til følgende geotekniske vurderinger:

- 10217315-RIG-NOT-001 Narvikterminalen Geoteknisk vurdering datert 15.04.2020 [17]
- 10217315-RIG-NOT-002 Narvikterminalen Geoteknisk vurdering datert 23.06.2020 [18]

I ref. [17] presenteres stabilitetsvurderinger for planlagt lagerhall nord for eksisterende lagerbygg, disse vurderingene er basert på grunnundersøkelsen rapportert i ref. [10] til [16].

Plasseringen av nytt lager som ble vurdert er vist i Figur 3-3.



Figur 3-3 Kartutsnitt som viser plassering av lagerbygg vurdert i ref. [17] og [18]

3.2 Kleiva Sør

Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i dette området, og plassering av borpunktene kan sees i tegning 1001 og 1003. I forbindelse med foreliggende utredning er det i 2022 utført supplerende grunnundersøkelser. En oversikt over rapportene er presentert i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved Kleiva Sør

Rapportnr.	Rapportnavn	Utførende	År	Ref.
710575-1	Utfylling Fagernesveien	Multiconsult Norge AS	2007	[19]
6100783	Fagernes kai	Rambøll Norge AS	2010	[20]
711822	Utfylling Kleiva Narvik	Multiconsult Norge AS	2013	[21]
10243108-RIG-RAP-001	Narvikterminalen	Multiconsult Norge AS	2022	[22]

Fagernesveien ligger på om lag kote +5. Helning på sjøbunnen avtar til et jevnt nivå ved kote -20 om lag 150 m fra veien. Grunnundersøkelsene i området viser en lagdeling i sjøbunnsedimentene bestående av et siltig leirelag over leire som hovedsakelig er kvikk/sensitiv. Under dette ligger et sandlag over et morenelag. Sonderinger på land indikerer fastere friksjonsmasser. Det er ikke påvist kvikkleire eller leire med sprøbruddegenskaper i sonderingene på land.

I tillegg til datarapportene presentert i Tabell 3-2 har vi hatt tilgang til følgende geoteknisk vurdering:

- 10221472-RIG-NOT-001 Utfylling i sjø Kaiveien og Fagernesveien, Geoteknisk vurdering. Datert 05.11.2020 [23]

Ovenforstående notat presenterer stabilitetsberegninger i to profil for dagens situasjon og framtidige utfyllinger. Det er i notatet bemerket at kvikkleire er påvist i området. Beregninger er utført utelukkende på effektivspenningsbasis med antagelse om poreovertrykk. Utreignet stabilitet er beskrevet å være over 1,4 i begge profil, og i så måte iht til kravene til daværende NVE-kvikkleireveileder [24]. Det er beskrevet at poreovertrykket i leirelaget må overvåkes under utfylling, dvs at det legges opp til en stegvis oppfylling over tid. OO anslår at det i beregningene er benyttet et antatt poreovertrykk på om lag halvparten av initialporeovertrykket fra fylling.

3.3 Kleiva Nord

Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger i dette området, og plassering av borpunktene kan sees i tegning 1001 og 1002. En oversikt over rapportene er presentert i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Oversikt over utførte grunnundersøkelser ved Kleiva Nord

Rapportnr.	Rapportnavn	Utførende	År	Ref.
711822	Utfylling Kleiva Narvik	Multiconsult Norge AS	2013	[21]
10243108-RIG-RAP-001	Narvikterminalen	Multiconsult Norge AS	2022	[22]

Topografien i området er lik den som for Kleiva sør. Lagdelingen er tilsvarende som i Kleiva sør, men mektigheten av leire avtar mot nord. Videre er kvikkleire ikke påvist i nordre del av Kleiva Nord.

I tillegg til datarapportene presentert i Tabell 3-3 har vi hatt tilgang til følgende geoteknisk vurdering:

- 5130509 RIG-02 Kleiva - stabilitetsberegninger for utfylling, datert 18.07.2014 [25]

I ovenforstående notat er det presentert resultater fra stabilitetsberegninger for en utfyllingssituasjon hvor det er regnet i to profil. Stabilitetsberegningene i begge profil angir kritiske bruddsirkler som går gjennom morene- og sprengsteinsmaterialer. Sikkerhetsfaktorer på 1,4 er oppnådd, og dette beskrives i notatet som å være tilstrekkelig. Det er ikke kjent om denne fyllingen er lagt ut som beskrevet i ovenforstående notat, men fra flyfoto antydes det at den er fylt ut før 2021 (se Figur 3-1, mellom 2. og 3. markør fra nord).

4 BEREGNINGSFORUTSETNINGER

I det videre gis en oversikt over materialparameter og øvrige forutsetninger for stabilitetsberegningene. Det er ikke utført beregninger av bæreevne, setninger, pelekapasiteter eller lignende i foreliggende rapport. Dette kan være påkrevd i senere faser.

Materialparametere er basert på tolkninger av resultater fra tilgjengelige grunnundersøkelser, faglig skjønn og erfaringsdata fra Statens vegvesens håndbok V220. Det er forutsatt at leirlagene er normalkonsolidert. Generelt er det utført et relativt omfattende omfang av sonderinger som gir et godt bilde av lagdeling og relativ fasthet i planområdet. Det foreligger begrenset med laboratorieforsøk som kan legges til grunn i tolkingene. Dette gjenspeiler praktiske forhold på planområdet. Ved Bulkterminalen er det svært krevende å ta opp prøver både av de oppfylte massene og løsmassene under disse, og langs Kleiva er de bløte sjøbunnsedimentene svært krevende å få opp prøver av. Vi har følgelig forsøkt å legge oss på en noe konservativ linje i våre parametervalg, delvis fordi datagrunnlaget er såpass begrenset, delvis fordi vi ønsker at reguleringsplanen skal ha en viss robusthet for endringer som kan oppstå i detaljprosjektering.

4.1 Udrenert skjærfasthet i leirelagene

Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU er presentert i vedlegg A. Leirmaterialet er tolket til å være normalkonsolidert for dagens belastning. Det innebærer at leira under den mektige fyllingen ved Bulkterminalen antas å være konsolidert til dagens spenningsnivå. Designprofil for udrenert skjærfasthet øker fra 0 ved terreng med:

$$\frac{\Delta s_{uA}}{\Delta z} = 0,3 \cdot \gamma'$$

hvor midlere verdier av γ' er benyttet, disse er 19 kN/m^3 over middelvannstanden (kote 0, NN2000) og 9 kN/m^3 under.

I beregningene er det hensyntatt at leire er et anisotrop materiale, dvs. at skjærfastheten vil variere med glideflatens helning. I beregningene er følgende anisotropiforhold benyttet [26]:

s_{uD} (styrke for den plane delen av glideflaten)

$$s_{uD} = 0,63 \cdot s_{uA}$$

s_{uP} (passiv styrke der glideflaten har negativ helning i forhold til horisontalplanet)

$$s_{uP} = 0,35 \cdot s_{uA}$$

4.2 Materialparametere for de tolkede lagene

Materialparametere benyttet i stabilitetsberegningene er vist i Tabell 4-1. Både nye og eldre fyllmasser er modellert som sprengstein, ettersom at opprinnelsen til eldre fyllinger er ukjent er dette en ikke-konservativ antagelse. Det forventes at antagelsen hovedsakelig medfører høyere beregnet stabilitet for dagens situasjon og er mindre betydelig for framtidig situasjon. Dette materialet er gitt en attraksjon som følge av stor kornstørrelse og en resulterende ruhet for skjærflater [27]. Det øverste naturlige laget består av silt/siltig leire. Dette laget er gitt attraksjon på 0 der massene ligger under havnivå, for å ta høyde for løs lagring. Friksjonsparametere for leirematerialet er tolket i vedlegg B. Konservative erfaringsverdier er benyttet for laget med sand og silt og for morenelaget.

Tabell 4-1 Materialparametere benyttet i stabilitetsberegninger

Lag	Tyngdetetthet [kN/m ³]	ϕ [°]	a [kPa]	s _u [kPa]	Merknad
Fyllmasser	18	42	5	-	
Silt/Siltig leire	18	30	2	-	
Leire	20	23	5	s _u -profil	Se vedlegg B
Sand, silt	19	33	0	-	
Morene	18	38	0	-	

4.3 Fylling og motfylling

Som beskrevet i kapittel 2.8.6 er nivå på topp fylling satt til kote +4,2. Helning for fyllingen er satt til 1:1,5 for alle fyllinger. Fyllingsfrontene må erosjonssikres/plastres ved behov. Stabiliserende motfyllinger benyttes for å oppnå tilstrekkelig stabilitet. Høyden til motfyllingene skal ikke komme i konflikt med krav til seilingshøyde gitt i kapittel 2.8.3. Motfyllingene er gitt en slak helning på 1:5 for å gi stabiliserende effekt over tilstrekkelig store områder.

4.4 Konsolidering

Utfyllingen av Narvikterminalen er forventet å foregå over lang tid og det er naturlig å inkludere økning av udrenert skjærfasthet som følge av konsolidering av leira. Økning i udrenert skjærfasthet avhenger av tid siden oppfylling, leiremektighet og størrelse på fylling. Detaljert beskrivelse av teori og beregningsmetodikk for konsolidering under fylling er beskrevet i vedlegg C.

I stabilitetsberegningene tas det utgangspunkt i at fyllingen etableres lagvis som beskrevet i Tabell 4-2. Nivået «topp fylling» definerer en øvre grense for hvor høyt det kan fylles i det gitte tidspunktet. Denne gradvise oppfyllingen har som hensikt å tillate jevn konsolidering av leira og påføre en minst mulig destabiliserende belastning.

Tabell 4-2: Sekvens for oppfylling

Tid etter start	0	2 år	4 år	6 år	8 år	10 år
Topp fylling (kote)	-15	-10	-5	0	+4,2	+4,2

5 STABILITETSBEREKNINGER

Stabilitetsberegninger er utført i grenselikevektsprogrammet GeoSuite Stability versjon 22.

Det er regnet på lokal- og global stabilitet, etter krav som beskrevet i kapittel 2.7. Det er regnet for dagens situasjon og framtidig situasjon samt midlertidige situasjoner under oppfylling. Profilene er valgt med hensyn til terrenggeometri og grunnforhold. Plassering av relevante konstruksjoner, bane og veg er lagt inn i tilsvarende høyde i profilene.

Aktuell bruddmekanisme er vurdert for hver situasjon. Stabiliteten er kontrollert for sirkulære og sammensatte glideflater.

Stabilitetsberegningene er utført for korttids udrenert totalspenningsanalyse (ADP) og langtids drenert effektivspenningsanalyse (aφ-analyse) for dagens- og framtidig situasjon. For midlertidige situasjoner under fylling vurderes konsolideringseffekter med totalspenningsanalyse (ADP) gjennom endring av udrenert skjærfasthet, som beskrevet i kapittel 4.4.

Stabilitetsberegningene viser de meste kritiske bruddflatene for både lokalstabilitet og områdestabilitet. Beregninger med sammensatte skjærflater som gir høyere sikkerhetsfaktorer er ikke presentert.

Plassering av profilene er vist i tegning 1001-1004. Lagdeling er vist i tegning 1010-1018. Resultater fra stabilitetsberegningene er vist i tegning 1020-1028 for dagens situasjon og 1030-1038 for midlertidig og framtidig situasjon.

5.1 Bulkterminalen

Tolket lagdeling for profilene ved Bulkterminalen (G, H og I) er presentert i tegning 1016 – 1018 og stabilitetsberegninger er vist i tegning 1026 – 1028 for dagens situasjon og 1036 – 1038 for framtidig situasjon. Nye fyllinger skal legges som vist i profil G og I, mens det i profil H kun er regnet med en mindre nivåjustering opp til kote +4,2. Resultater fra beregningene for Bulkterminalen er oppsummert i Tabell 5-1. Den framtidige situasjonen inkluderer utfyllinger som vist i Figur 1-1 og både nytt og eksisterende bulklager.

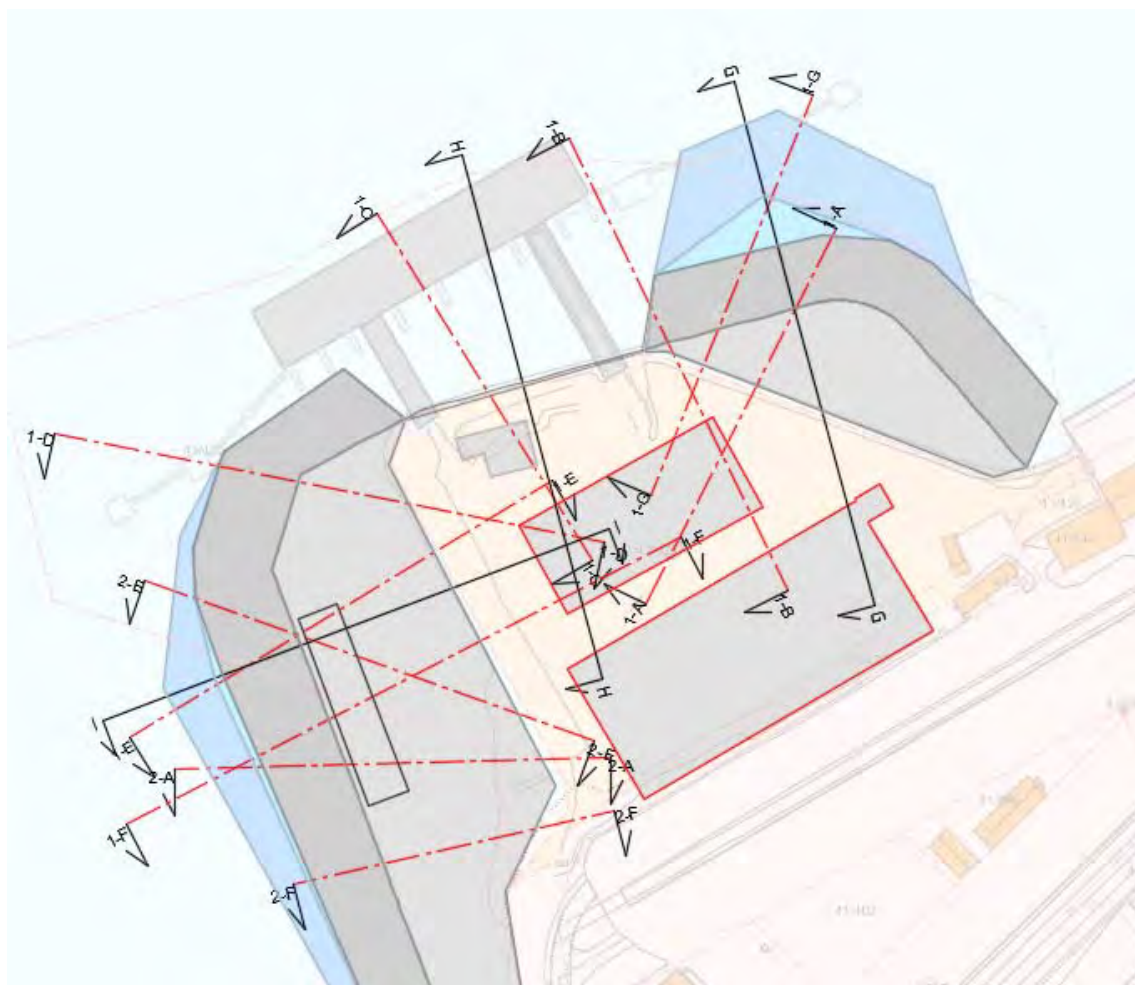
Tabell 5-1 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil G, H og I på Bulkterminalen. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.

Profil	Dagens situasjon		Framtidig situasjon		Krav	Kravdokument
	F _{aφ}	F _{su}	F _{aφ}	F _{su}		
G	1,87	1,70	2,00	1,50 (1,50)	1,25/1,4	EC 7
H	2,13	1,45	2,09	1,46	1,25/1,4	EC 7
I	1,78	1,78	1,69	1,52	1,25/1,4	EC 7

OOs beregninger viser at stabiliteten er tilstrekkelig for de tre profilene. Det er gjennom beregningene bestemt behov for nødvendig motfylling for profil G og I. Den nødvendige motfylling for profil G vil komme i konflikt med eksisterende dykdalb og er dermed ikke realistisk slik den er

beregnet. Den ønskede utfyllingen i dette området må derfor optimaliseres. Dette kan f.eks være gjennom endringer i geometri eller gjennom at en mer begrenset utfylling kombineres med en pelet kailøsning.

Det er i en nylig utført vurdering dokumentert i ref. [17] og [18] utført stabilitetsberegninger for et nytt bulklager nord for dagens lager. Figur 5-1 viser opptegning av profilene, med hhv. prefiks "1" og "2", sammen med foreliggende stabilitetsprofil. Det er i ref. [17] utført stabilitetsberegninger med last fra bulklageret på 400 kPa og i 7 profiler. Tilhørende resultater er vist i Figur 5-2. Resultatene her viser at sikkerheten er for lav i Multiconsults profil 1-B, 1-G og 1-A, og at det må etableres stabiliserende motfylling i vest. Alternativt må lasten (dvs lagerkapasiteten) fra bygget reduseres vesentlig, bygget flyttes eller bygget peles. Plasseringen av det nye bulklageret i reguleringsplanen er basert på de geotekniske vurderingene i ref. [17] og [18]. Det er ikke presentert beregninger for sammensatte glideflater for Multiconsult sitt profil 1-C. Ved OOs kontrollregning av dette profilet med sammensatte glideflater oppnås ikke tilstrekkelig sikkerhet med den benyttede lasten for bulklageret. Det er heller ikke praktisk mulig å legge motfylling i dette området, pga konflikt med kaikonstruksjon. Dette tilsier at løsningen foreslått i ref. [17] og [18] ikke framstår som gjennomførbar.



Figur 5-1 Situasjonsplan med profil fra [17] med prefiks "1" og [18] med prefiks "2" samt profil i foreliggende stabilitetsberegninger.

Profil	Sikkerhetsfaktor, F_{su}/F_{ϕ}	Last [kN/m ²]	Kommentar
A	1,47/1,72	400	OK, lager er 30 m fra fyllingskant.
B	1,22/164	400	Totalspenningskrav ikke ok. Lager 15 m fra fyllingskant.
C	1,49/1,89	400	OK
D	1,71/191 Plan skjærflate 1,26	400	Ok mot initialskred, men ved plan skjærflate er ikke totalspenningskrav ok. Usikkerhet i tykkelse leirlag. Last 27 m fra fyllingskant.
E	1,81/1,60	400	Ok, lite til ingen leire
F	1,59/1,46	400	Ok, lite til ingen leire
G	1,11/1,47	400	Ikke ok totalspenning. Mest kritiske profil. Last 13 m fra fyllingskant.

Figur 5-2 Resultater fra stabilitetsberegninger i ref. [17]

5.2 Kleiva Sør

Tolket lagdeling for profilene ved Kleiva Sør (D, E og F) er presentert i tegning 1013 – 1015 og stabilitetsberegninger er vist i tegning 1023 – 1025 for dagens situasjon og 1033 – 1035 for framtidig situasjon samt midlertidige situasjoner. Resultater fra beregningene for Kleiva Sør er oppsummert i Tabell 5-2. Den framtidige situasjonen inkluderer utfyllinger som vist i Figur 1-1 og omlagt veg og havnespor.

Tabell 5-2 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil D, E og F på Kleiva Sør. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.

Profil	Dagens situasjon		Framtidig situasjon		Krav	Kravdokument
	$F_{a\phi}$	F_{su}	$F_{a\phi}$	F_{su}		
D	1,42	1,42	2,23	1,65 (1,61)	1.25/1,4*f _s	EC 7/NVE
E	1,43	1,39	1,99	1,63 (1,61)	1.25/1,4*f _s	EC 7/NVE
F	1,43	1,43	1,86	1,67 (1,64)	1.25/1,4*f _s	EC 7/NVE

Stabilitetsberegningene for dagens situasjon viser god stabilitet. Flere av de kritiske bruddmekanismene påvirkes ikke av leirematerialer da leiremektingheten avtar mot land.

Beregninger for framtidig situasjon viser behov for betydelig motfylling for å oppnå tilstrekkelig stabilitet, dette skyldes at leira har størst mektighet i dette området. Med de nødvendige motfyllingene oppnås tilstrekkelig stabilitet for midlertidig og framtidig situasjon i de tre profilene for fyllingsplanen slik den er beskrevet.

Beregningene viser at det forventes at leira under fylling og motfylling forventes å konsolideres fullstendig under fylling for alle profilene innen 10 år med den valgte fyllingssekvensen. Konsolideringen under motfyllingen er forventet å ta mer enn 10 år ved profil D og gradvis kortere tid mot profil F.

5.3 Kleiva Nord

Tolket lagdeling for profilene ved Kleiva Nord (A, B og C) er presentert i tegning 1010 – 1012 og stabilitetsberegninger er vist i tegning 1020 – 1022 for dagens situasjon og 1030 – 1032 for framtidig situasjon. Resultater fra beregningene for Kleiva Nord er oppsummert i Tabell 5-3. Den framtidige situasjonen inkluderer utfyllinger som vist i Figur 1-1 og omlagt veg og havnespor. Det er planlagt ny kai mellom profil A og B, men da denne skal pelefunderes er den ikke inkludert i stabilitetsberegningene.

Tabell 5-3 Resultater fra stabilitetsberegninger for profil A, B og C på Kleiva Nord. Verdier i parentes er laveste oppnådde sikkerhet i midlertidig situasjon.

Profil	Dagens situasjon		Framtidig situasjon		Krav	Kravdokument
	$F_{a\phi}$	F_{su}	$F_{a\phi}$	F_{su}		
A	1,35	1,35	1,71	1,49 (1,53)	1,25/1,4	EC 7
B	1,34	1,34	1,94	1,63 (1,81)	1.25/1,4*f _s	EC 7/NVE
C	2,10	2,10	1,61	1,65 (1,83)	1.25/1,4*f _s	EC 7/NVE

Kritiske bruddmekanismer ved dagens situasjon påvirkes ikke av leirematerialene. Planlagt fylling er større ved profil A og B enn profil C. Leiremektheten blir avgjørende for stabiliteten og motfyllinger er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig stabilitet for midlertidige situasjoner og framtidig situasjon. Beregningene viser at det forventes at leira under fylling og motfylling forventes å konsolideres innen 10 år med den valgte fyllingssekvensen.

5.4 Vurdering i henhold til NVEs prosedyre for utredning av områdeskredfare som definert i NVE 1/2019

Fare for områdeskred må utredes for å tilfredsstille krav i NVE-veileder 1/2019 [8] og dermed også krav til sikkerhet mot kvikkleireskred som definert i TEK17. Ved vurdering av områdestabilitet skal følgende verifiseres:

1. Tiltaket skal ikke utløse skred i kvikkleire/sprøbruddmateriale
2. Tiltaket skal ikke bli involvert i et kvikkleireskred som starter et annet sted og som dermed suksessivt utvider seg
3. Tiltaket skal ikke bli truffet av skredmasser fra et kvikkleireskred

NVEs prosedyre for utredning av områdeskredfare som definert i NVE 1/2019 [8] er fulgt i det videre for å utrede sikkerheten mot områdeskred i planområdet.

1 Tidligere kartlegging

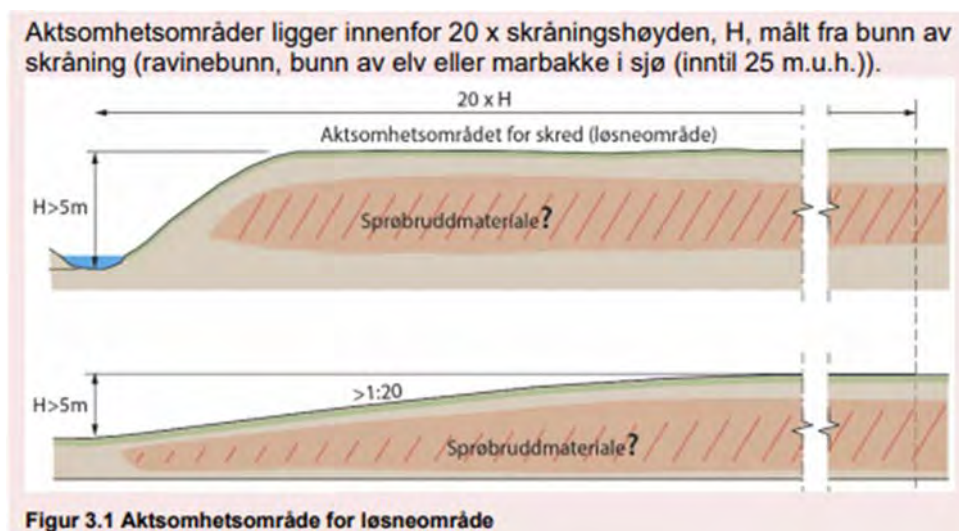
Området ligger ikke innenfor en kartlagt kvikkleiresone, men det er påvist kvikkleire i flere grunnundersøkelser utført innenfor planområdet.

2 Områder med marin leire

Området ligger under marin grense, og er markert som marin havavsetning på løsmassekart.

3) Innledende vurdering av aktsomhetsområde

Når man skal gjennomføre en innledende vurdering av aktsomhetsområder for områdeskred definerer NVEs 1/2019 blant annet aktsomhetsområde for skred til å være innenfor $20 \times$ skråningshøyden H , målt fra bunn av skråning, se Figur 5-3. I det aktuelle området ligger sjøbunnen slakt på om lag kote -20. Sprøbruddmaterialet er generelt vurdert å ikke ligge høyere enn kote -5. Grensen med avstand på $20H$ fra flat sjøbunn strekker i dette tilfellet seg bak avgrensningen av sprøbruddmaterialet.



Figur 5-3 Fra NVEs kvikkleireveileder 1/2019

4 Bestemme tiltakskategori

De planlagte arbeidene innenfor planområdet faller inn under tiltakskategori K4, noe som tilsier at

områdestabiliteten må utredes videre i henhold til NVEs prosedyre.

5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde

Løsneområder for skred med $L = 15H$ ble tegnet inn som grunnlag for befaring. Skråningene er generelt veldig like langs Kleiva og grunnundersøkelser er utført jevnt fordelt i området. Kritiske skråninger defineres dermed på grunnlag av tolket lagdeling og materialer. Det samme gjelder for Bulkterminalen.

6 Befaring

Området er befart av geotekniker høsten 2021.

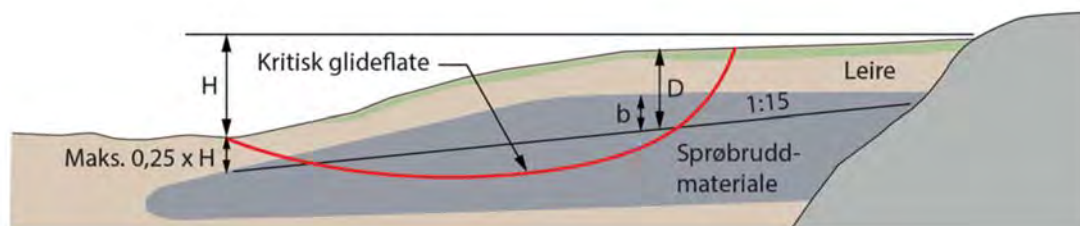
7 Grunnundersøkelser

Det foreligger tidligere utførte geotekniske grunnundersøkelser, samt at det er utført prosjektspesifikke grunnundersøkelser. Det er påvist sammenhengende lag med sprøbruddmateriale i deler av planområdet. Området er avgrenset mot land som presentert i tegning 1001 - 1004. Lagdelingen og materialelegenskapene er kartlagt.

8 Vurdere skredmekanismer og avgrense løsne- og utløpsområder

Aktuelle skredmekanismer i sprøbruddmaterialer er blant annet avhengig av terrengforhold, sprøbruddmaterialets beliggenhet, lagdeling og leiras omrørte fasthet. Dersom tiltaksområdet ligger innenfor et løsne- eller utløpsområde, må det utføres videre utredning.

- Det er sprøbruddmateriale i løsmassene i sjøen i områdene representert med Profil B til F.
- Hovedsakelig slakt terreng der sprøbruddmaterialet har stor mektighet mens tynnere lag forekommer i områder med større helning.
- Vurdering av aktuell skredmekanisme gjøres etter hvorvidt forholdet b/D er større enn 40% (se Figur 5-4) hvor det tas utgangspunkt i en linje med stigning 1:15. Denne linjen er tegnet inn i beregninger for framtidig situasjon (tegning 1030-1038). Fra dette kommer det fram at forholdet er synlig mindre enn 40% og at det dermed forventes at rotasjonsskred og flakskred forekommer og ikke retrogressive skred.



Figur 5-4 Vurdering av b/D -forhold, fra NVE veileder 1/2019 [8]

Vurdering av skredmekanismer tilsier altså at løsneområdet avgrenses til der kvikkleira kiler ut mot land. Iht. NVE veileder 1/2019 [8] kapittel 4.6 kan utløpsområdet for flak- og rotasjonsskred antas å være halvparten av lengden til skredet. Dette er benyttet for å anslå kvikkleiresonen. Avgrensning av kvikkleiresonen er vist i tegning 1001.

9 Klassifiser faresoner

Faresoner klassifiseres med faregrad og konsekvens som beskrevet i kap. 4.7. Klassifiseringen er vist i Figur 5-5 og kvikkleiresonen har middels faregrad.

DAGENS SITUASJON							
Faregradsevaluering	Faktorer	Vekttall	Score	Faregrad, score			
			Poeng	3	2	1	0
	Tidligere skredaktivitet	1	1	1	Høy	Noe	Lav
	Skråningshøyde, meter	2	2	4	>30	20-30	15-20
	Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0
	Poretrykk, overtrykk	3	0	0	>+30	10-30	0-10
	Poretrykk, undertrykk	-3	0	0	>-50	-(20-50)	-(0-20)
	Kvikkleiremektighet	2	1	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4
	Sensitivitet	1	3	3	>100	30-100	20-30
	Erosjon	3	1	3	Aktiv	Noe	Lite
Skadekonsekvensklassifisering	Inngrep, forverring	3	2	6	Stor	Noe	Liten
	Inngrep, forbedring	-3	0	0	Stor	Noe	Liten
	Faregrad	49,0 %	Middels	25			
	Faktorer	Vekttall	Score	Skadekonsekvens, score			
				3	2	1	0
	Boligheter, antall	4	0	0	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5
	Næringsbygg, personer	3	3	9	>50	10-50	<10
	Annen bebyggelse, verdi	1	3	3	Stor	Betydelig	Begrenset
	Vei, ÅDT	2	1	2	>5000	1001-5000	100-1000
	Toglinje, baneprioritet	2	2	4	1-2	3-4	5
Risikoklassifisering	Kraftnett	1	2	2	Sentral	Regional	Distribusjon
	Oppdemming/firom	2	0	0	Alvorlig	Middels	Liten
	Skadekonsekvensklasse	44,4 %	Alvorlig	20			
	Risikoklasser, inndeling						
	Risikoklasse = faregrad x skadekonsekvens	Score	Klassifisering	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
		2179	Klasse 4	0-170	171-630	631-1900	1901-3200

Figur 5-5 Klassifisering av kvikkleiresone

10 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

Foreliggende beregninger dokumenterer tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred for dagens situasjon. Beregninger utført for framtidig situasjon viser tilstrekkelig sikkerhet langs området Kleiva Nord. Langs Kleiva Sør oppnås ikke tilstrekkelig sikkerhet for framtidig geometri uten at det gjennomføres tiltak.

Vurderingene som utføres må kontrolleres av uavhengig tredjepart, iht NVE 1/2019.

6 GEOTEKNISK VURDERING

Det påregnes at de utfylte områdene vil sette seg over tid og at det kan oppstå behov for vedlikehold i den forbindelse. Ved oppføring av bygg eller annen infrastruktur på de utfylte områdene må setningsutviklingen i fyllmassene og de underliggende løsmassene hensyntas slik at det ikke oppstår skadelige deformasjoner på byggene/konstruksjonene.

Enkle og lette bygg på de planlagte nye arealene antas være dekket av den generelle nyttelasten på 20 kPa. For større og mer komplekse bygg må plassering og fundamentering av disse håndteres i senere planfase. Dersom større bygg ønskes plassert ut mot fyllingsfront kan dette for eksempel håndteres ved pelefundamentering og at bygningslastene føres til berg.

Utfyllingene og de stabiliserende motfyllingene må detaljprosjekteres ved utførelse. Føringer fra miljøteknisk tiltaksplan må følges.

Det må påregnes at fyllingsfrontene må plastres og/eller erosjonssikres.

Eventuelle konflikter mellom fyllingsarbeidene og infrastruktur på sjøbunnen må identifiseres og løses.

I senere planfaser kan det også sees på alternative løsninger for å etablere de ønskede arealene der behovet for motfyllinger reduseres og/eller tiden det tar å etablere fyllingene reduseres. Relevante løsninger kan være mudring av de bløte sjøbunnsedimentene og at deler av arealene etableres som et kaidekke pelet til berg, eller som en spunkai. Spunten må i så fall forankres i berg.

Det er i foreliggende vurdering ikke hensyntatt mellomlagring av masser. Slike forhold må dokumenteres i en senere fase, dersom identifiseres behov for mellomlagring. Det antas være mulig mellomlagre masser i deler av det eksisterende området, men dette må dokumenteres.

Vegarealer og spor må prosjekteres i henhold til gjeldende regelverk.

6.1 Utførelse av fyllinger i sjø

Forhold rundt utførelse forutsettes ivaretatt i detaljeringsfasen. Enkelte forhold diskuteres innledningsvis her, blant annet basert på SVVs håndbok V221.

Fylling i vann må bestå av masser av velgradert sprengstein. Aktuell fraksjon kan være 0-600 mm. Større finstoffinnhold må sorteres fra. Det anmerkes at TBM-masser gjerne er sterkt nedknust og kan ha kornfordeling som sand/grus. Slike masser kan brukes i fyllinger på land, men ikke i vann.

Fyllmaterialer skal ikke inneholde humus, organisk materiale, frossen jord, snø eller is. For motfyllinger er det vesentlig for at de som oppfylle den tiltenkte funksjonen at tilstrekkelig tyngdetetthet oppnås. Utgangspunktet skal være mineralske kvalitetsmasser.

Ved fylling i vann går det med mer masse enn teoretisk beregnet. Dette kommer av forhold som at masser kan komme utenfor tiltenkt plassering pga. strøm, egensetninger i fyllmassene og setninger og massefortrenging i originale løsmasser.

Erfaringstall med hensyn på utvidelse fra fast berg til:

- Fylling i vann: 1,5-1,55
- Fylling over vann: 1,35-1,45

Ved fylling fra tipp får velgradert sprengstein gjerne en skråningshelning på 1:1,25 over vann og 1;1,3-1:1,5 under vann. Der det er behov for slakere skråning er det behov for lagvis ordning og utlegging.

Endelige rekkefølgebestemmelser må fastsettes i detaljeringsfasen. Generelt skal fyllinger etableres lagvis og arbeidene skal starte lengst ute på sjøen på størst vanndyp og etableres etappevis innover mot land. Motfyllingene bør etableres parallelt med sjøfronten. Når det første laget er etablert skal det gjennomføres scanning av sjøbunnstopografien. Dette skal videre gjennomføres for alle lag.

I områder hvor det kan være behov for å hensyn eventuell framtidig havneutvidelse (kaier og andre konstruksjoner) kan det være aktuelt å tilpasse fraksjonsstørrelsen på fyllmassene, f.eks til 0-300mm.

Motfyllinger og eventuelle deler av fyllingene etableres fra lekter på sjø og massene dumpes lagvis fra sjøoverflaten. For ivaretagelse av toleransekrav, tilstrekkelig stabilitet og krav til seilingsdybde kan det være behov for å ordne fyllinger med gravemaskin med lang i stikke i etterkant av at massene er lagt ut. Tilsvarende behov kan oppstå ved fylling i sjø fra tipp på land.

Når fyllingsarbeidene er kommet så langt at de utføres på land skal de legges ut lagvis og komprimeres etter gjeldende standard.

6.2 Bulkterminalen

Det må etableres motfylling i tilknytning til både vestlig- og østlig fylling til Bulkterminalen. Det er i foreliggende rapport beskrevet hvordan ønskede utfyllingsarealer kan etableres gjennom stabiliserende motfyllinger. Disse motfyllingene, og delvis også utfyllingene, kommer delvis i konflikt med de eksisterende konstruksjonene for kaianlegget på Skarveneset. Det er derfor et behov for at disse utfyllingene optimaliseres slik at disse konfliktene unngås. Aktuelle løsninger kan være at utstrekningen av fyllingene reduseres, eller at det deler av det ønskede arealet etableres med en pelet kailøsning. I sammenheng med dette må tilstanden og kapasiteten til dykdalbene og andre relevante deler av kaien på Skarveneset vurderes, slik at man får etablert et kvalifisert grunnlag for å vurdere hvor nær dykdalbene etc. utfyllingene og motfyllingene kan strekke seg. Dette er vesentlig siden utfyllingene og motfyllingene vil gi setninger som kan påføre dykdalbene og konstruksjonene påhengskrefter de ikke er dimensjonert for.

Dersom høyere last enn 200 kPa skal legges til grunn for det planlagte bulklageret må lageret pelefunderes, alternativt flyttes.

Lasten fra hydrogenlageret er i foreliggende dokument forutsatt være dekket av den generelle nyttelasten på området. Dersom det i senere planfaser viser seg ikke være tilfellet kan lageret flyttes eller pelefunderes. Det antas være strenge krav til differansesetninger for slike anlegg, og det er vesentlig at setningsutviklingen i de underliggende massene og fyllmassene får tid til å påløpe før

lageret etableres.

Det er ikke påvist kvikkleire ved bulkterminalen, men sonderinger mot nordøst viser mulig kvikkleire. Sørvest for bulkterminalen er det få sonderinger og enkelte av disse viser mektige leirelag. Disse må kartlegges ytterligere og det bør utføres supplerende grunnundersøkelser i detaljeringsfasen.

6.3 Kleiva

Havnearealene ved Kleiva kan etableres dersom det gjøres sammen med stabiliserende motfyllinger. Det vil være avgjørende at utfyllingen foregår over en tidsperiode som tillater tilstrekkelig konsolidering av leira. Oppfylling kan gjøres som beskrevet i Tabell 4-2. Fylling må legges i horisontale lag å oppnå god konsolideringseffekt og lite destabiliserende last.

Det teoretiske volumet av utfyllingen ekskludert motfylling langs Kleiva er om lag 1 million kubikkmeter. Motfyllingene mot fyllingen langs Kleiva tilfører om lag 0,4 millioner kubikkmeter.

I forbindelse med utfylling skal det installeres poretrykksmålere i nærhet av utfyllingen for kontroll av poreovertrykk. Poretrykksmålere bør plasseres midt i leirelag der leiremekktigheten er stor og tilstrekkelig nær utfyllingsarbeidene til at de er relevante. Et eksempel på dette er nord i området «Kleiva Sør». Det er knyttet utfordringer til drift av poretrykksmåler i sjø.

Kaikonstruksjonen må peles til berg. Konvensjonelle løsninger med stålrørspeler til berg, hvor strekk tas på stålkjerner, kombinert med friksjonsplate antas gjennomførbart. Andre løsninger kan vurderes i detaljeringsfasen.

REFERANSELISTE

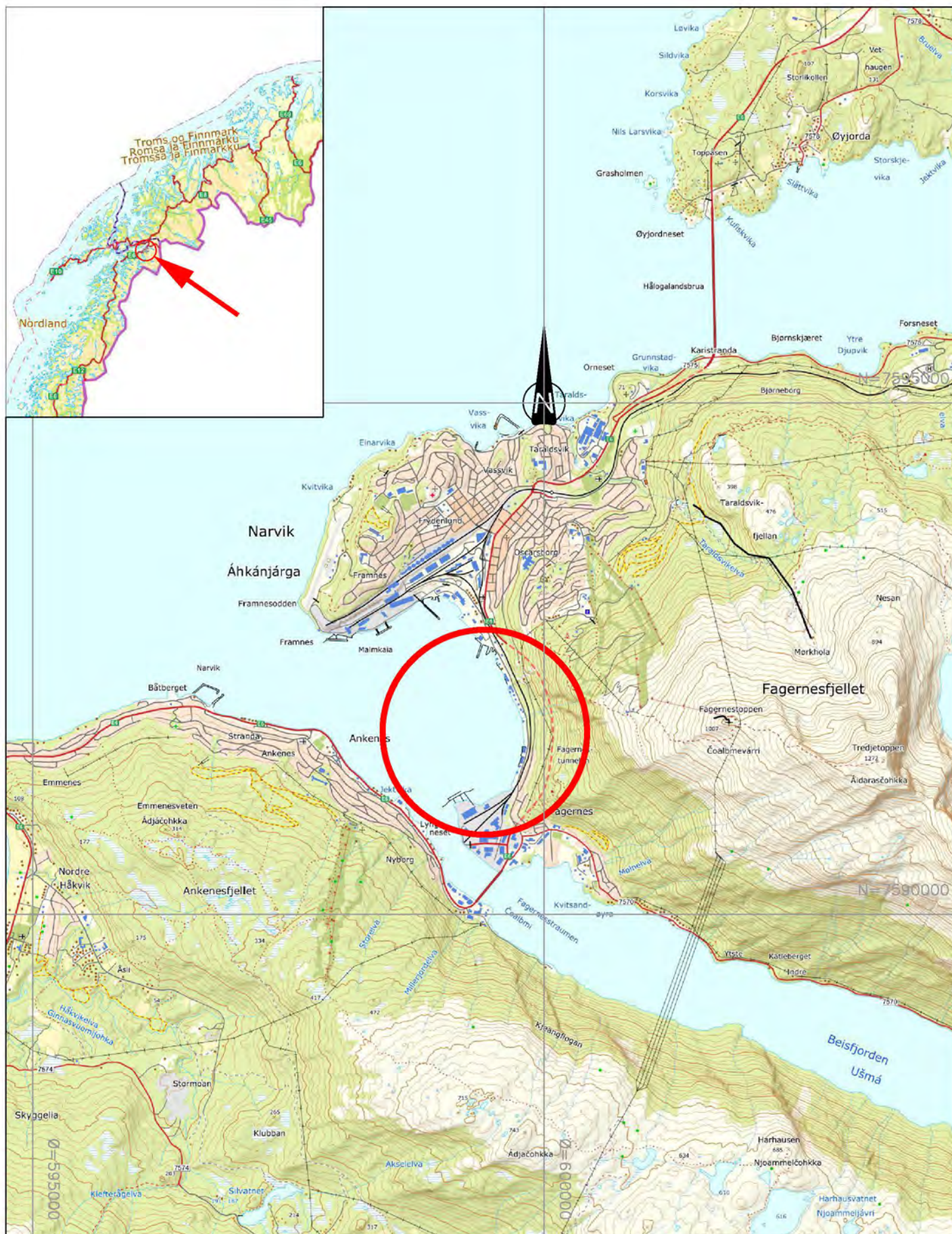
- [1] TEK 17: Veiledning om tekniske krav til byggverk.
- [2] SAK 10: Veiledning om byggesak.
- [3] BaneNor, «Teknisk regelverk,» 10 02 2022. [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Forside>.
- [4] NS-EN 1990-1:2002 A1:2005 NA:2016 (Eurocode 0).
- [5] NS-EN 1997-1:2004 A1:2013 NA:2016 (Eurocode 7).
- [6] NS-EN 1998-1:2004 A1:2013 NA:2014 (Eurocode 8).
- [7] Norsk Geoteknisk Forening (NGF), Den Norske Pelekomite, Peleveiledningen 2019, 2019.
- [8] NVE 2019, Sikkerhet om kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddsegenskaper 1/2019, 2020.
- [9] Statens vegvesen, N200 Vegbygging, 2022.
- [10] Multiconsult AS, «1017315-RIG-RAP-001 Narvikterminalen, Fagerneset,» 2020.
- [11] Rambøll, «Narvikterminalen, Fagernes,» 2012.
- [12] Multiconsult, «710194-3 Narvikterminalen Alternativ 3,» 2007.
- [13] Multiconsult, «710194-2 Narvikterminalen,» 2006.
- [14] Multiconsult, «710194-1 Narvikterminalen,» 2005.
- [15] Scandiaconsult AS, «600333A Narvik Havnevesen Industri-og næringsareal ved Narvikterminale, Fagernes,» 2000.
- [16] Noteby AS, «38411 Fagernesleira plan for utfylling,» 1990.
- [17] Multiconsult AS, «10217315-RIG-NOT-001 Narvikterminalen Geoteknisk vurdering,» 15.04.2020.
- [18] Multiconsult AS, «10217315-RIG-NOT-002 Narvikterminalen Geoteknisk vurdering,» 23.06.2020.
- [19] Multiconsult AS, 710575-1 Utfylling Fagernesveien datarapport, 14.09.2007.
- [20] Rambøll AS, 6100783 Fagernes kai datarapport, 20.12.2010.
- [21] Multiconsult AS, 711822 Utfylling Kleiva Narvik datarapport, 27.08.2013.
- [22] Multiconsult AS, 10243108-RIG-RAP-001 Narvikterminalen datarapport, 04.04.2022.
- [23] Multiconsult AS, 10221472-RIG-NOT-001 Utfylling i sjø Kaiveien og Fagernesveien - Geoteknisk vurderingsnotat, 05.11.2020.
- [24] NVE, NVE 7/2014. Sikkerhet om kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddsegenskaper, 2014.
- [25] Norconsult AS, 5130509 RIG-02 Kleiva - stabilitetsberegninger for utfylling, 18.07.2014.
- [26] Naturfareprosjektet, Rapport 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer, 30.01.2014.
- [27] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Intern rapport nr. 2242 - Støttekonstruksjoner. Sk.kurs 4.-5. juni 1997, 08.10.2001.
- [28] NS-EN 1997-1:2004 A1:2013 NA:2020 (Eurocode 7).
- [29] NS-EN 1998-1:2004 A1:2013 NA:2021 (Eurocode 8).

TEGNINGSLISTE

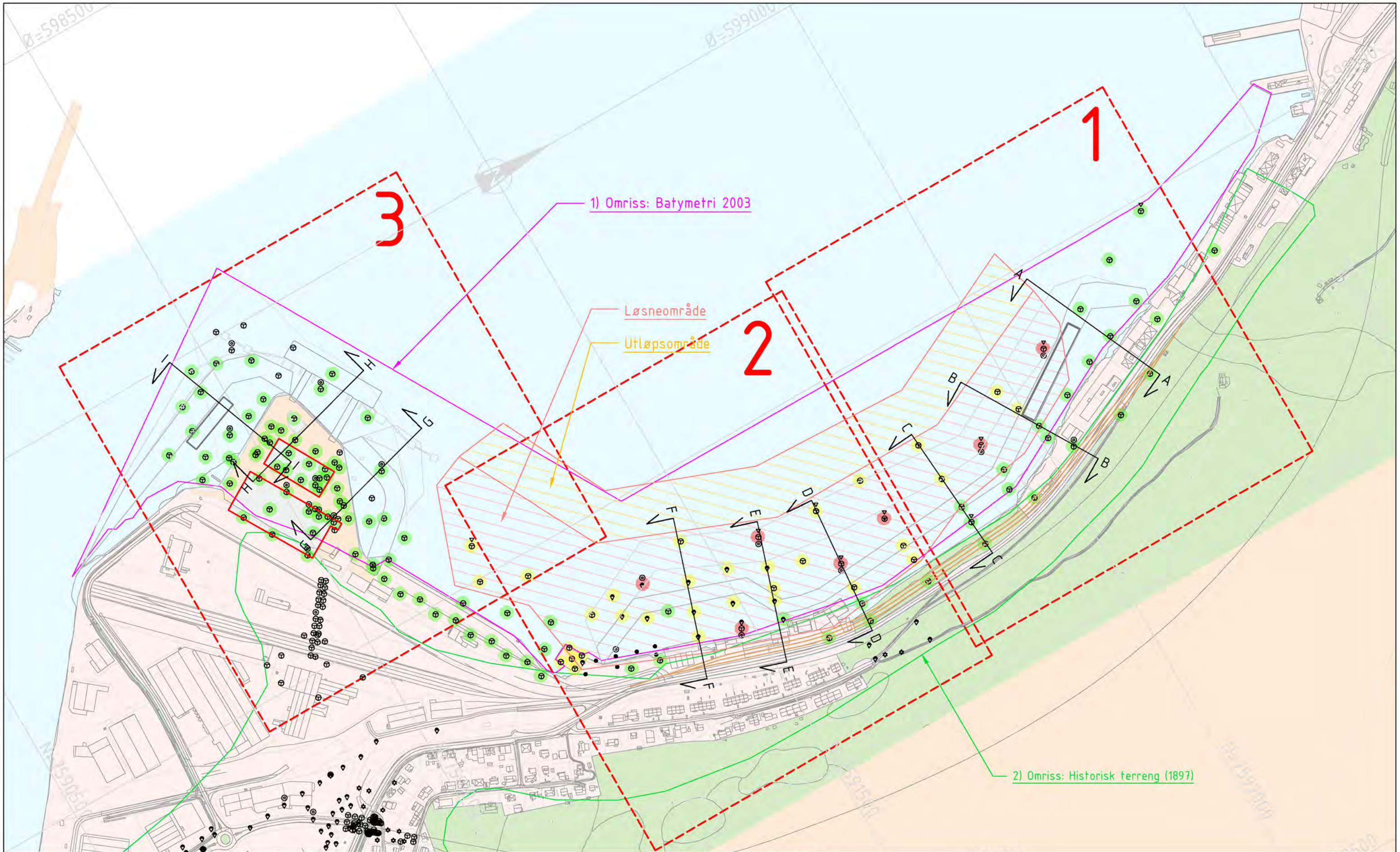
Tegningsnummer	Beskrivelse	Målestokk	Revisjon
1000	Oversiktskart	50 000	0
1001	Oversiktsplan	5000	1
1002	Situasjonsplan del 1	2000	1
1003	Situasjonsplan del 2	2000	1
1004	Situasjonsplan del 3	2000	1
1010	Profil A Lagdeling	400	1
1011	Profil B Lagdeling	400	1
1012	Profil C Lagdeling	400	1
1013	Profil D Lagdeling	400	1
1014	Profil E Lagdeling	400	1
1015	Profil F Lagdeling	400	1
1016	Profil G Lagdeling	400	1
1017	Profil H Lagdeling	400	1
1018	Profil I Lagdeling	400	1
1020	Profil A Dagens situasjon	400	1
1021	Profil B Dagens situasjon	400	1
1022	Profil C Dagens situasjon	400	1
1023	Profil D Dagens situasjon	400	1
1024	Profil E Dagens situasjon	400	1
1025	Profil F Dagens situasjon	400	1
1026	Profil G Dagens situasjon	400	1
1027	Profil H Dagens situasjon	400	1
1028	Profil I Dagens situasjon	400	1
1030	Profil A Framtidig situasjon	400	1
1031	Profil B Framtidig situasjon	400	1
1032	Profil C Framtidig situasjon	400	1
1033	Profil D Framtidig situasjon	400	1
1034	Profil E Framtidig situasjon	400	1
1035	Profil F Framtidig situasjon	400	1
1036	Profil G Framtidig situasjon	400	1
1037	Profil H Framtidig situasjon	400	1
1038	Profil I Framtidig situasjon	400	1

VEDLEGGSLISTE

- Vedlegg A: Designprofil for udrenert skjærfasthet
Vedlegg B: Treaksialforsøk
Vedlegg C: Konsolidering av leire under fylling



Oppdrag Narvikterminalen		OVERSIKTSKART	Oppdragnr. 13283		
Kunde Rambøll Norge AS			Dato 17.06.2022		
 Pirsenteret 7010 Trondheim TLF: 67 82 80 00 www.olavolsen.no		Skala (A4): 1:50 000	Tegn. HBH	Kontr. MGB	Godkj. MGB
			Tegningsnr. 1000		



01	06.10.22	Ny fyllingsgeometri	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.

STATUS
-

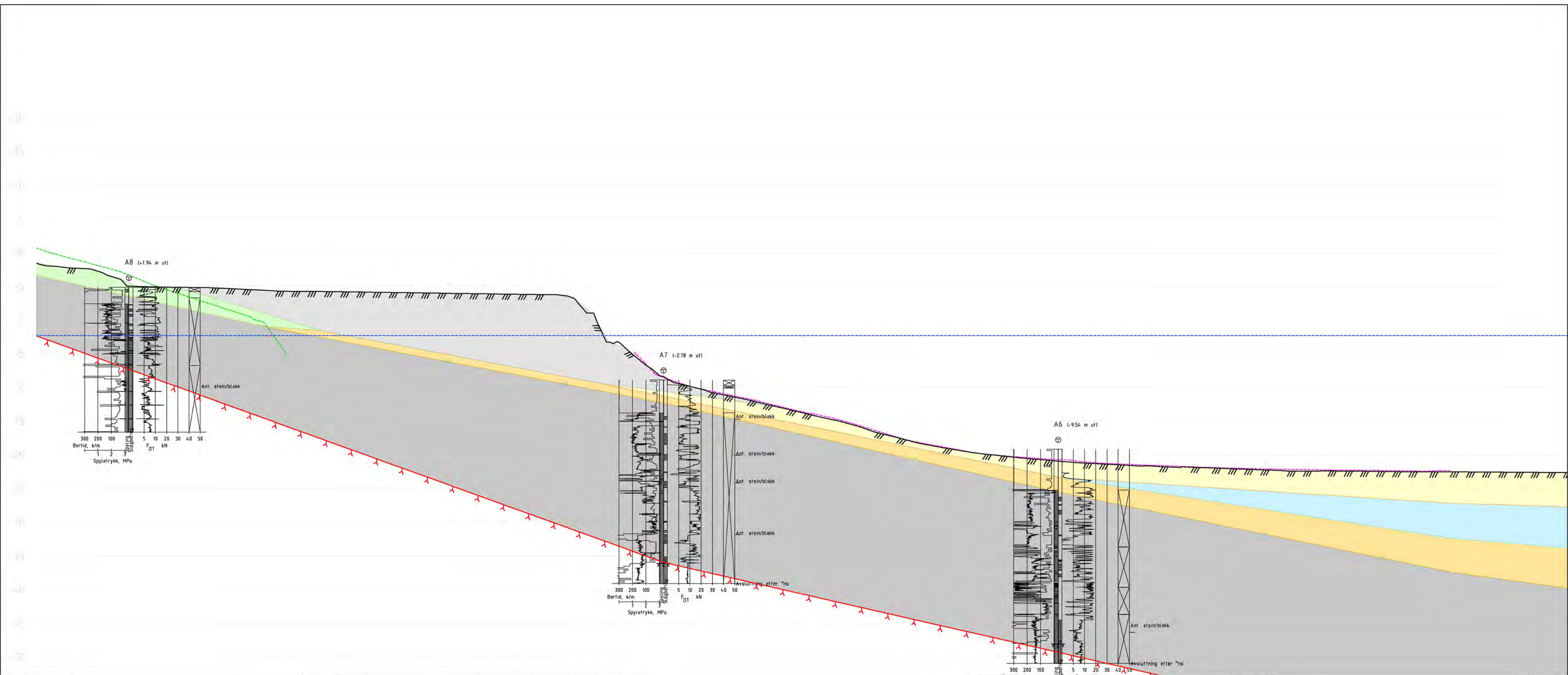
GRUNNLAG TERRENGMODELLER
- Terreng- og batymetrimodell for dagens situasjon samt planlagt fylling er hentet fra Quadri-modell pr. 04.05.22. - I profil er historiske terreng brukt til referanser. Disse er: 1) Batymetri 2003: - Mottatt fra oppdragsgiver 2) Historisk terreng (1897) - Kart: "Oversigtskart over Narvik og omegn" (1897) - Kotelinjer tegnet inn etter kart georeferert i kart.finn.no

OVERSIKTSPLAN		
MÅLESTOKK (A3)	KOORD.SYS.	HØYDEREF.
1:5000	EUREF89 UTM33	NN2000

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECHN	TEGNINGSNR.
OLAV OLSEN	1001
ARTELIA GROUP	



DATARAPPORTER			
Prefiks	Firma	Dato	Datarapportnr.
-	Multiconsult	04.04.2022	10243108-RIG-RAP-001
M05	Multiconsult	17.02.2005	710194-1
M06	Multiconsult	29.06.2006	710194-2
M07	Multiconsult	14.09.2007	710575-1
M07A	Multiconsult	06.08.2007	710194-3
M13	Multiconsult	27.08.2013	711822
M20	Multiconsult	31.03.2020	10217315-RIG-RAP-001
M20A	Multiconsult	23.03.2020	10217868-RIG-RAP-001
R00	Scandiaconsult	21.09.2000	600333A
R10	Rambøll	20.12.2010	6100783
R12	Rambøll		
KLASSIFISERING AV BORPUNKT Påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale Mulig kvikkleire/sprøbruddmateriale Ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale TEGNFORKLARING ● Dreiesondering ⊙ Prøveserie ○ Enkel sondering ▽ Trykksondering ⊖ Poretrykksmåling ☆ Fjellkontrollboring ⬇ Dreietrykksondering ⊕ Totalsondering ⛶ Fjell i dagen □ Prøvegrop ⊕ Vinge-boring			
Borhull nr. Terreng (bunn) kote Antatt fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)			
01	06.10.22	Ny fyllingsgeometri	HBH MGB MGB
00	17.06.22	-	HBH MGB MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN. KONTR. GODKJ.
STATUS			
-			
SITUASJONSPLAN - DEL 2			MÅLESTOKK (A3)
			1:2000
			KOORD.SYS. EUREF89 UTM33 HØYDEREF. NN2000
OPPDRAG			OPPDRAGNR.
Narvikterminalen			13283
KUNDE			
Rambøll Norge AS			
DR TECHN OLAV OLSEN ARTELIA GROUP			TEGNINGSNR.
			1003



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL A - TOLKNING AV LAGDELING

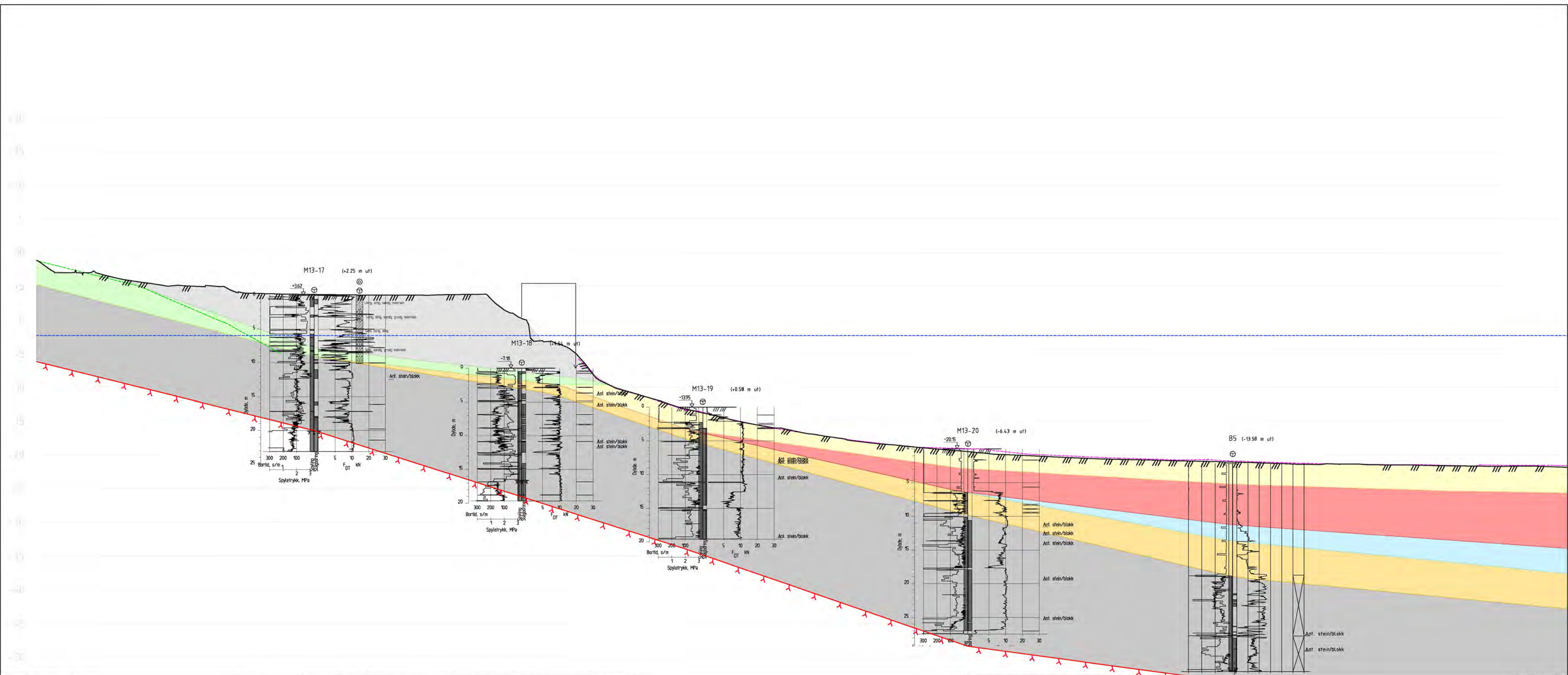
Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg
- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR. 1010



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL B - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøside)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

DR TECH

OLAV OLSEN

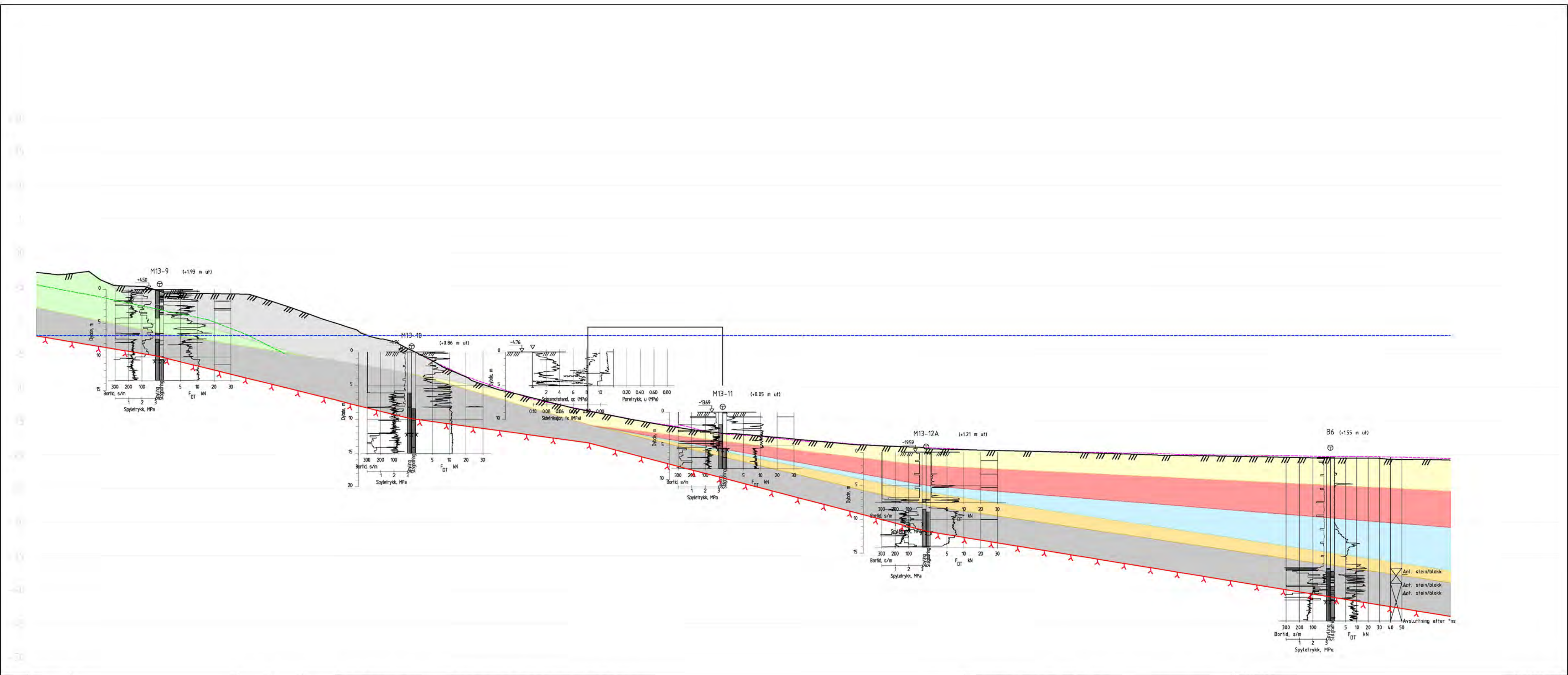
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1011



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL C - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

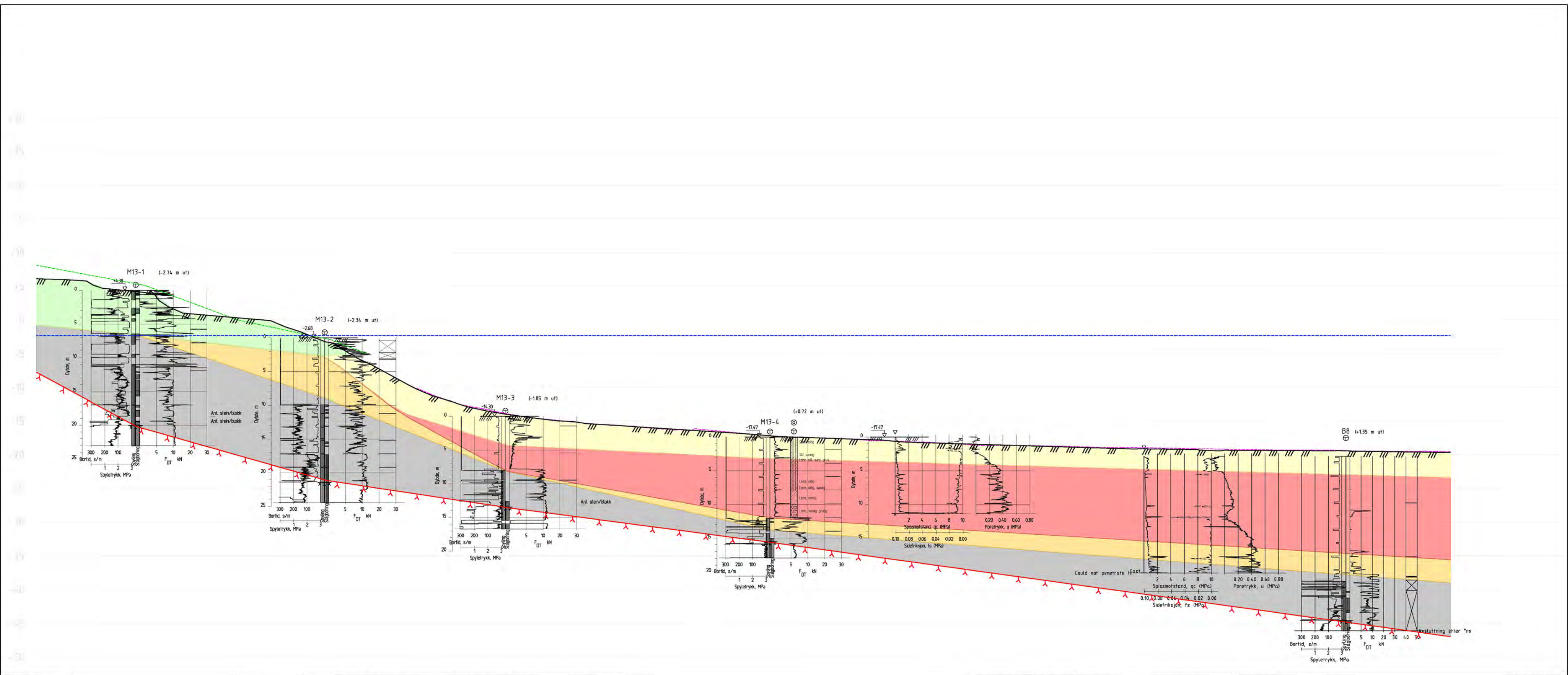
Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR. 1012



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL D - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

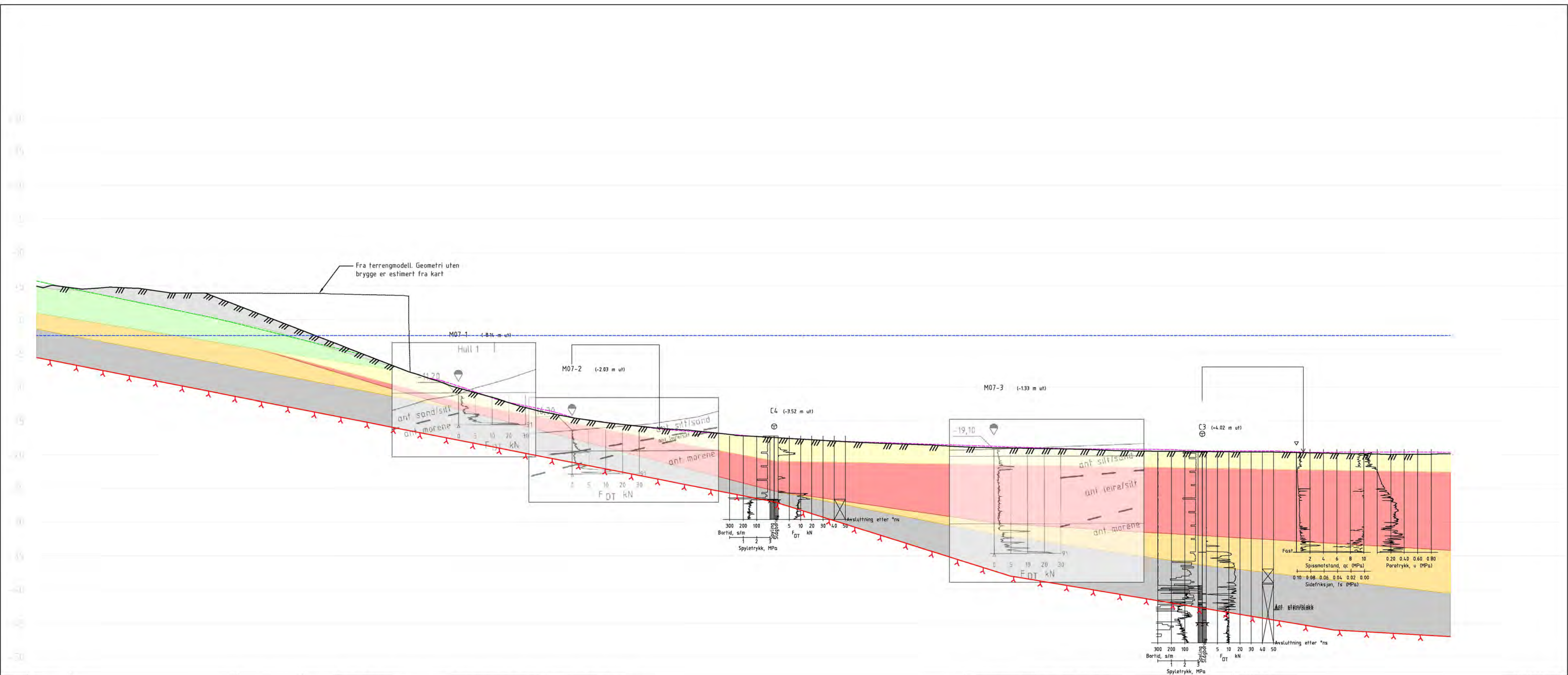
OPPDRAG
Narvikterminalen

KUNDE
Rambøll Norge AS

DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.
13283

TEGNINGSNR.
1013



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL E - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

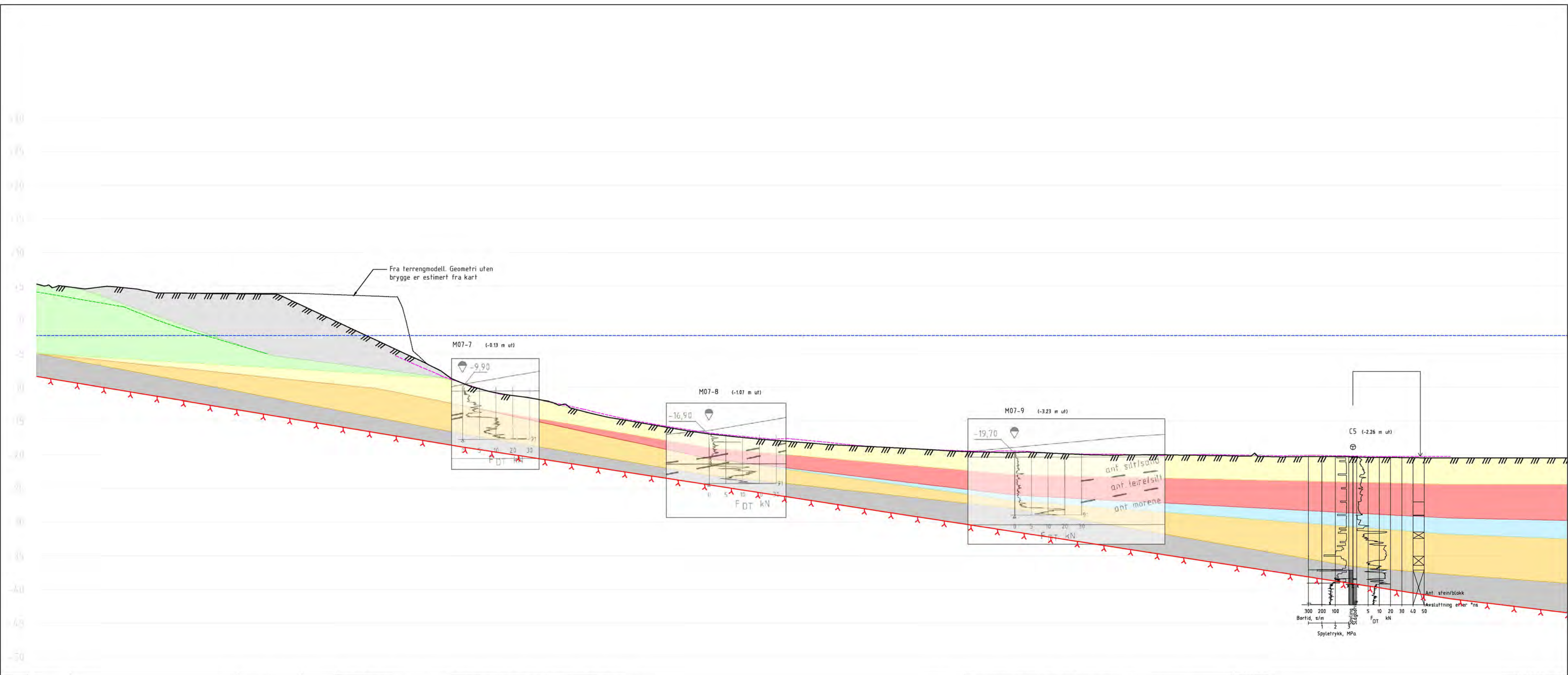
DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1014



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL F - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

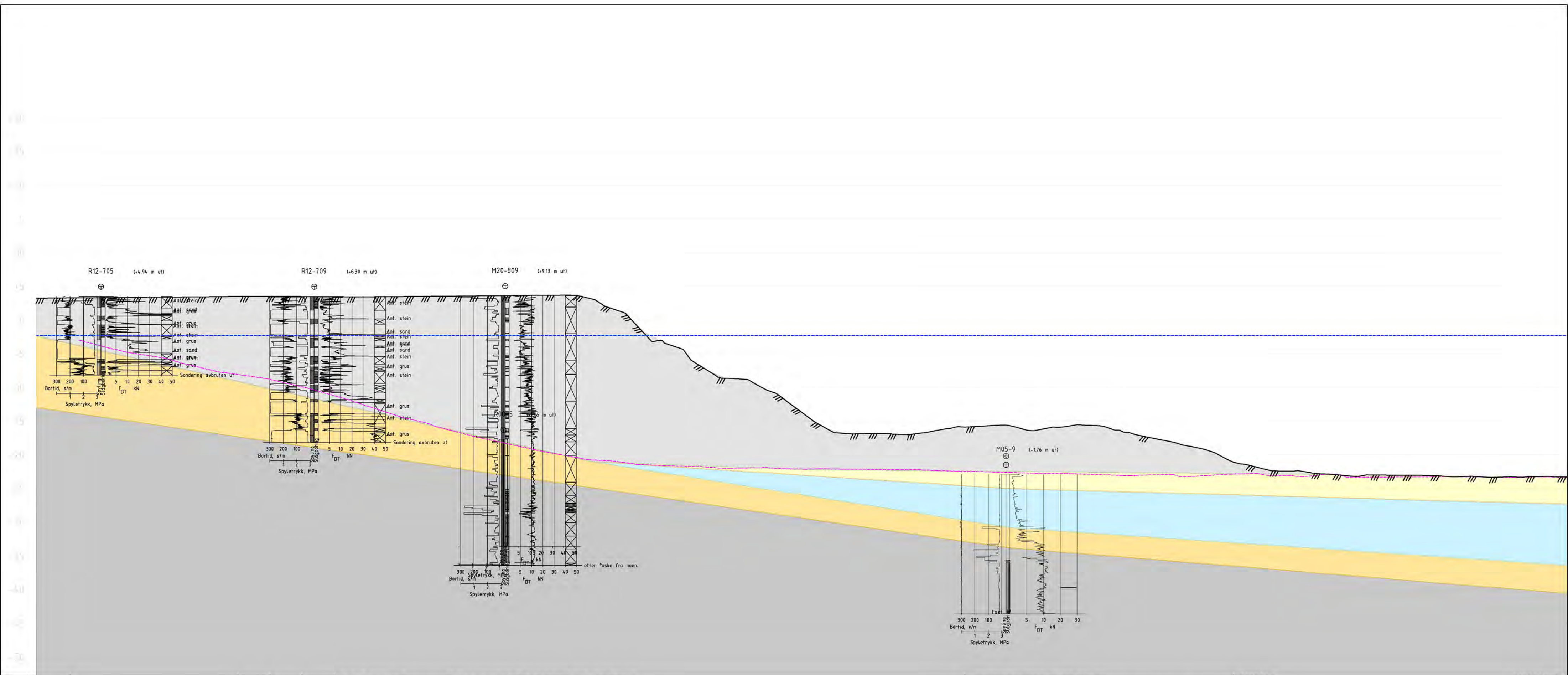
Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR. 1015



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL G - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

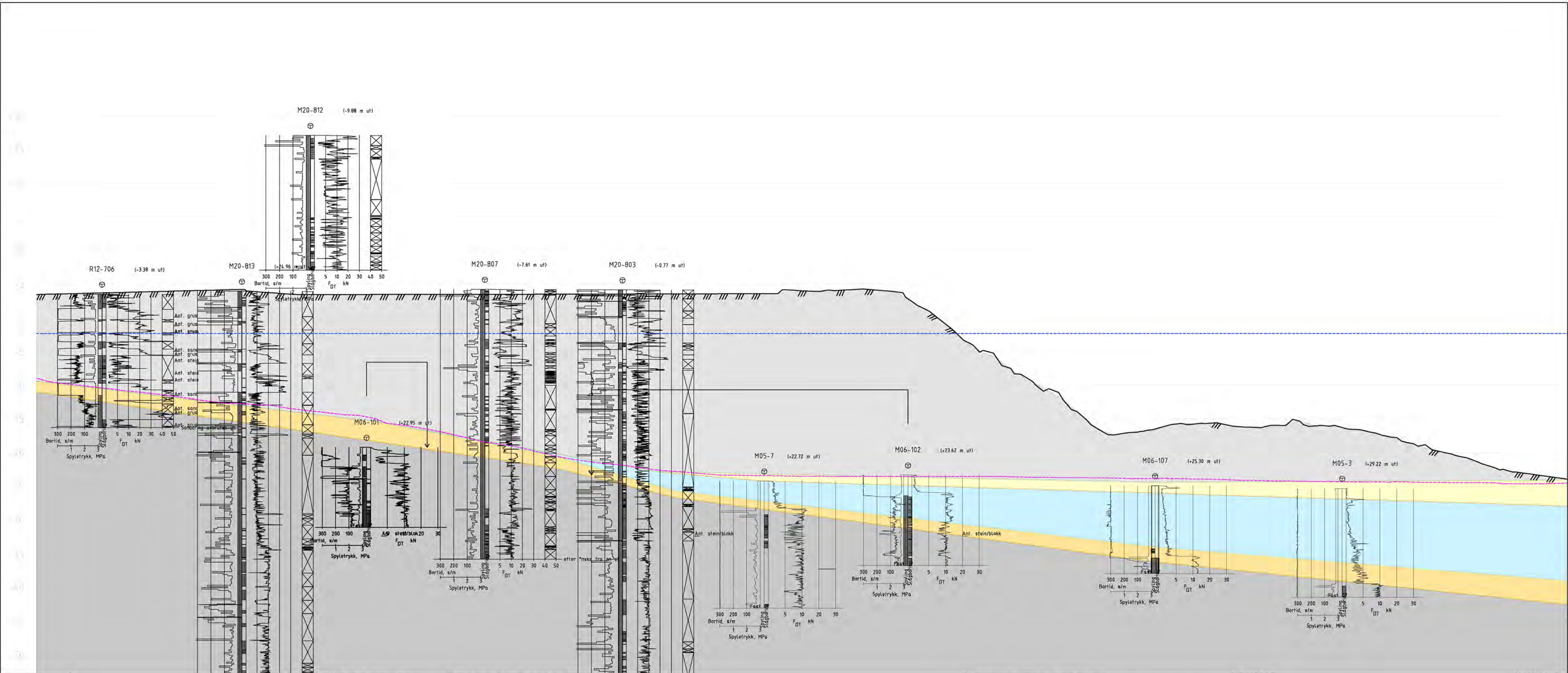
Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR. 1016



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL H - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøsider)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

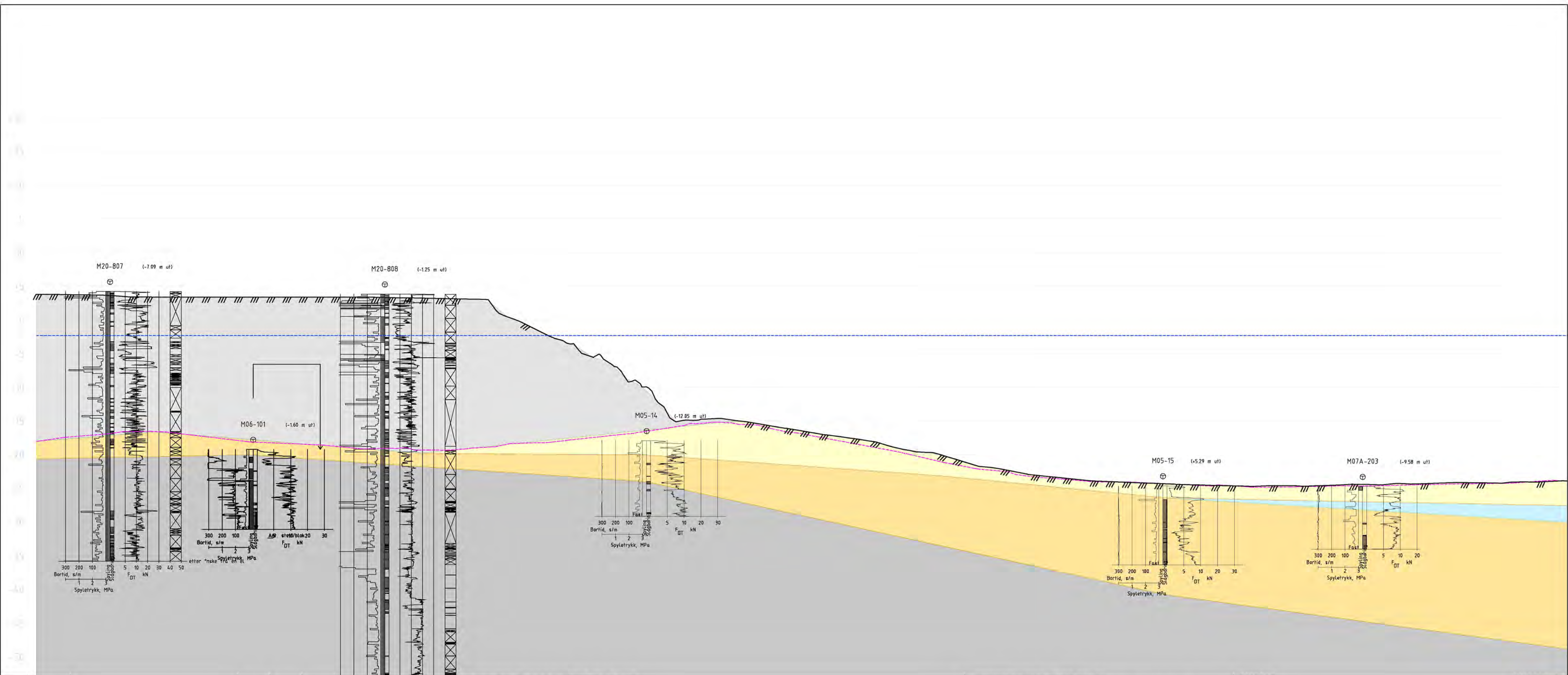
DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1017



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL I - TOLKNING AV LAGDELING

Skala (A3, lang) 1:400

Geotekniske grunnundersøkelser og tolkning av lagdeling

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

////

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøside)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

DR TECH

OLAV OLSEN

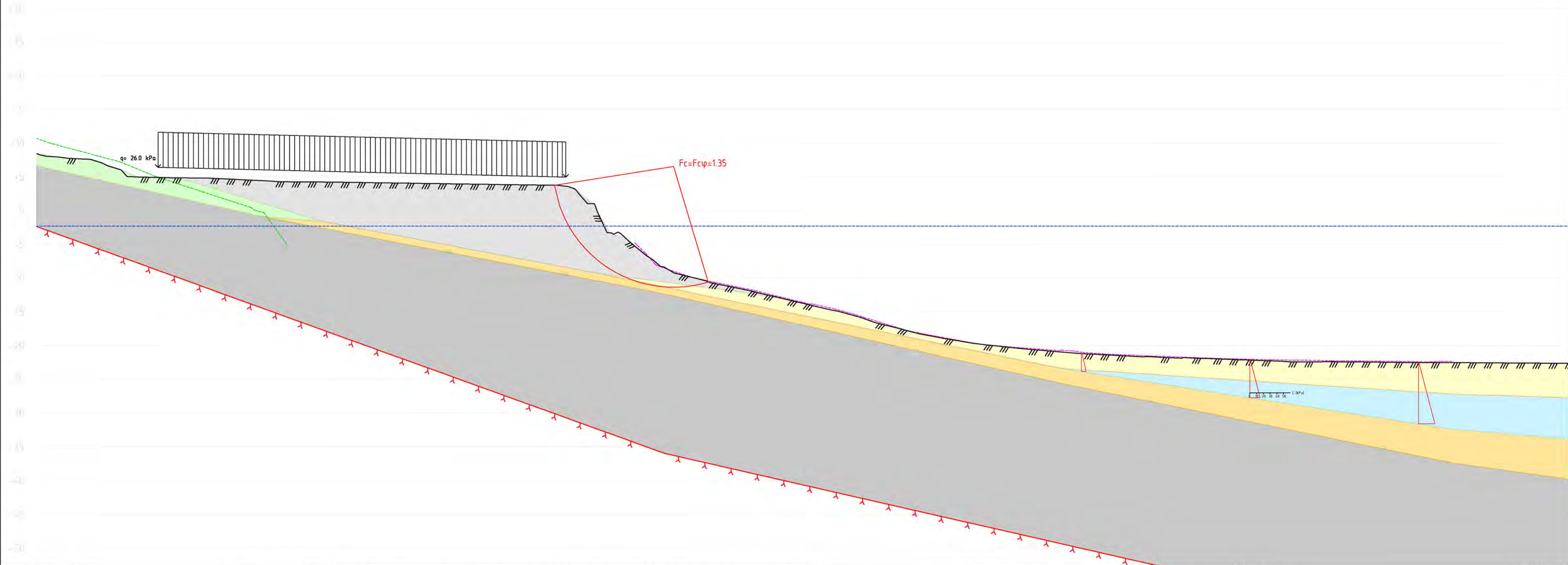
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1018

[illegible]

01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.

STATUS

PROFIL A - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

	Dagens terreng
	Batymetri 2003
	Historisk terreng (1897)
	Vannstand
	Tolket berg

Fylling: Ny
 Fylling: Gammel
 Topplag (fjellside)
 Topplag (sjøside)
 Kvikkleire
 Leire
 Sand/silt
 Morene

OPPDRA

Narvikterminalen

KUNDE
Rambøll Norge AS

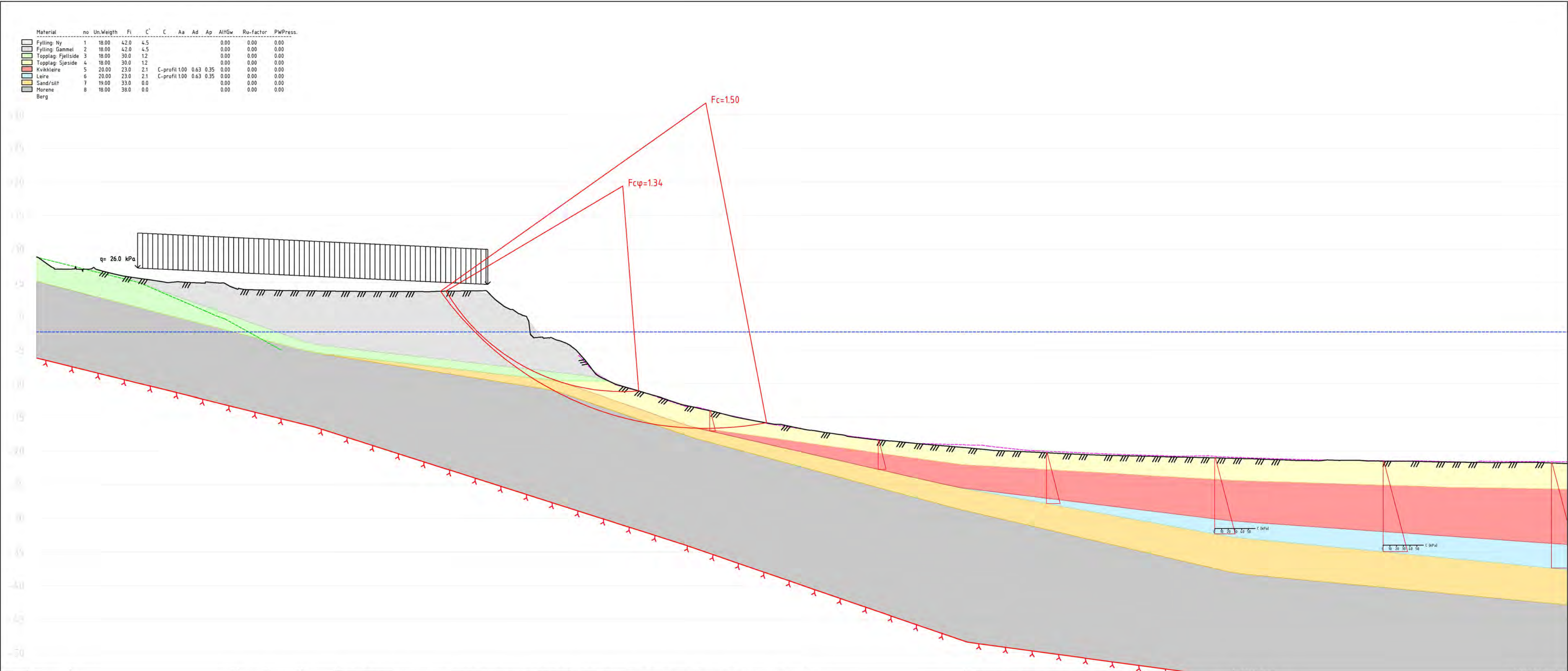
**OPPDAGNR.**

13283

100

EGNINGSNR.

1020



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL B - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøside)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

OPPDRAGNR. 13283

KUNDE

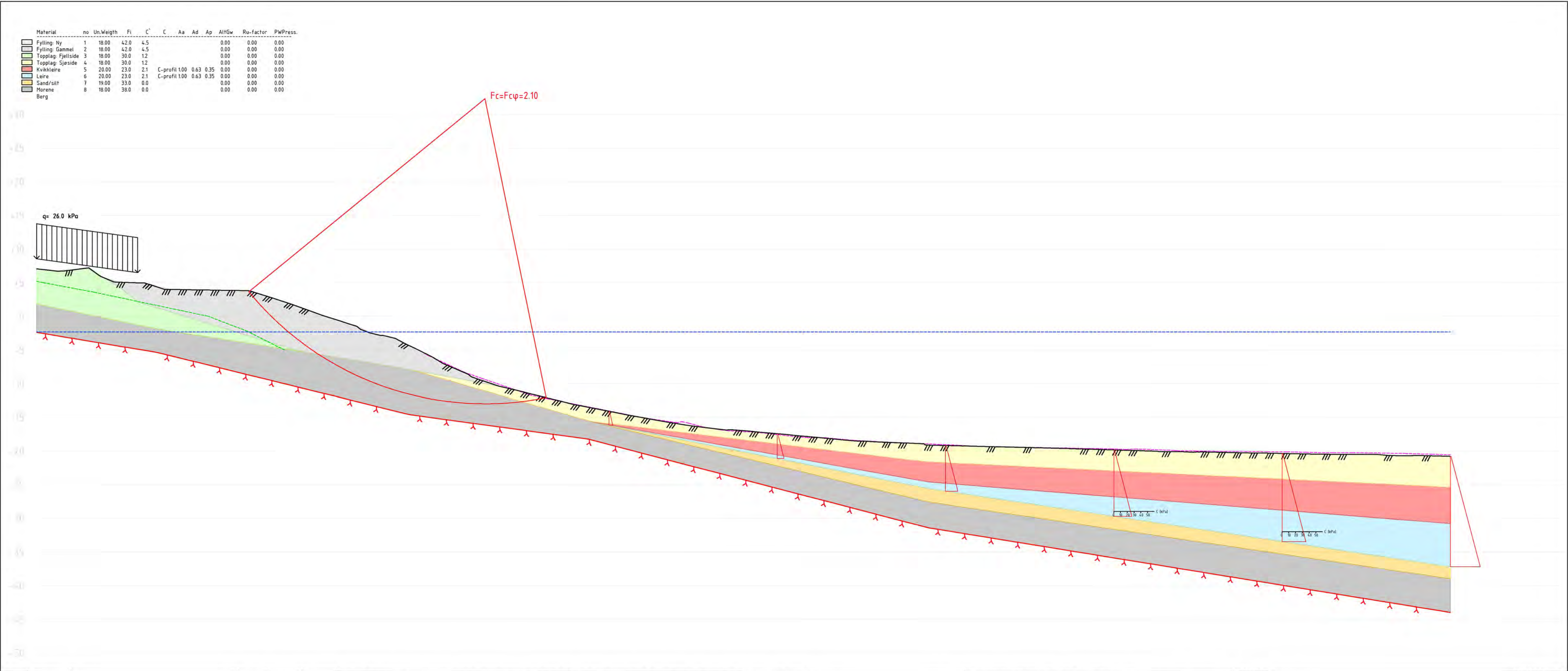
Rambøll Norge AS

TEGNINGSNR. 1021

DR TECH

OLAV OLSEN

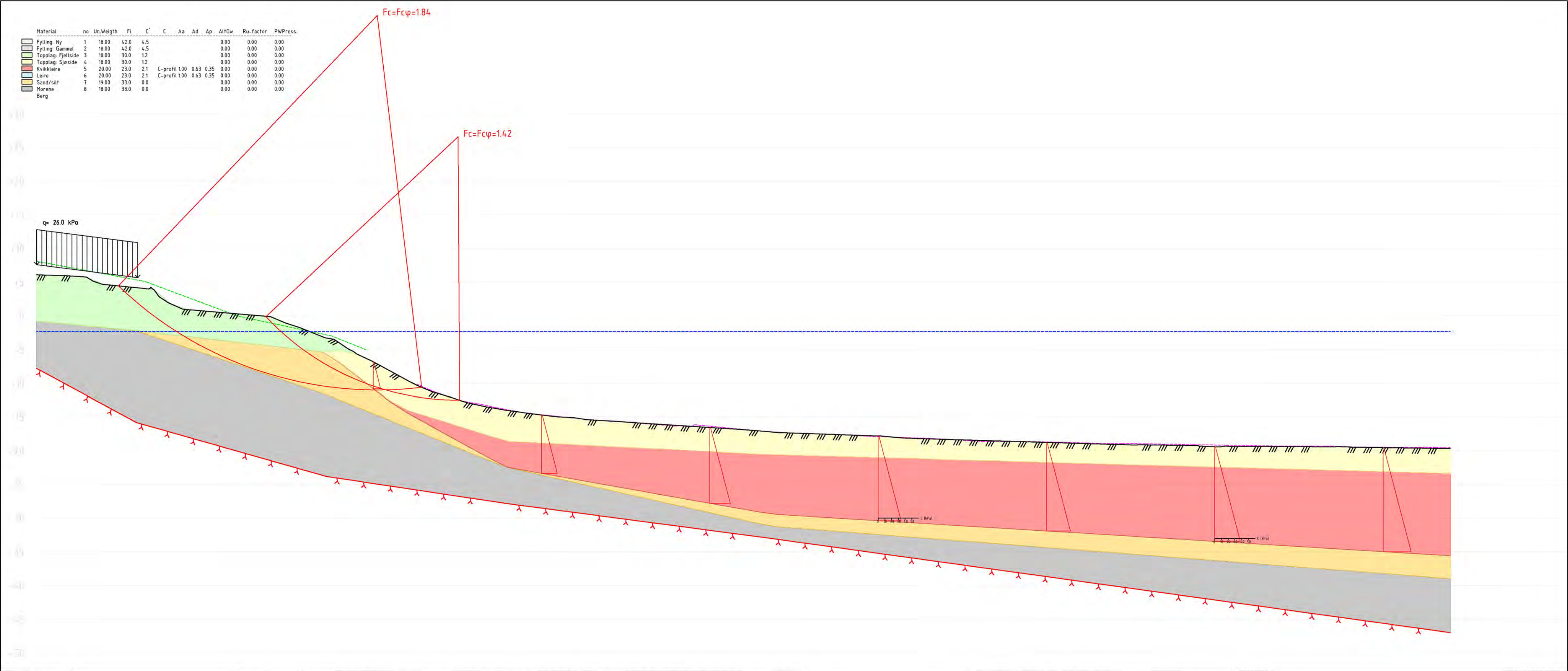
ARTELIA GROUP



<table><tr><td>01</td><td>06.10.22</td><td>Reviderte beregninger inkl. konsolidering</td><td>HBH</td><td>MGB</td><td>MGB</td></tr><tr><td>00</td><td>17.06.22</td><td>-</td><td>HBH</td><td>MGB</td><td>MGB</td></tr><tr><td>REV.</td><td>DATO</td><td>TEKST</td><td>TEGN.</td><td>KONTR.</td><td>GODKJ.</td></tr></table>			01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB	00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB	REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.	PROFIL C - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON		
01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB																		
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB																		
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.																		
STATUS			Skala (A3, lang) 1:400																				
-																							

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG	
	Dagens terreng
	Batymetri 2003
	Historisk terreng (1897)
	Vannstand
	Tolket berg
	Fylling: Ny
	Fylling: Gammel
	Topplag (fjellside)
	Topplag (sjøside)
	Kvikkleire
	Leire
	Sand/silt
	Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR.
	1022



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL D - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

Fylling: NyFylling: GammelTopplag (fjellside)Topplag (sjøside)KvikkleireLeireSand/siltMorene

OPPDRAG

Narvikterminalen

OPPDRAGNR.

13283

KUNDE

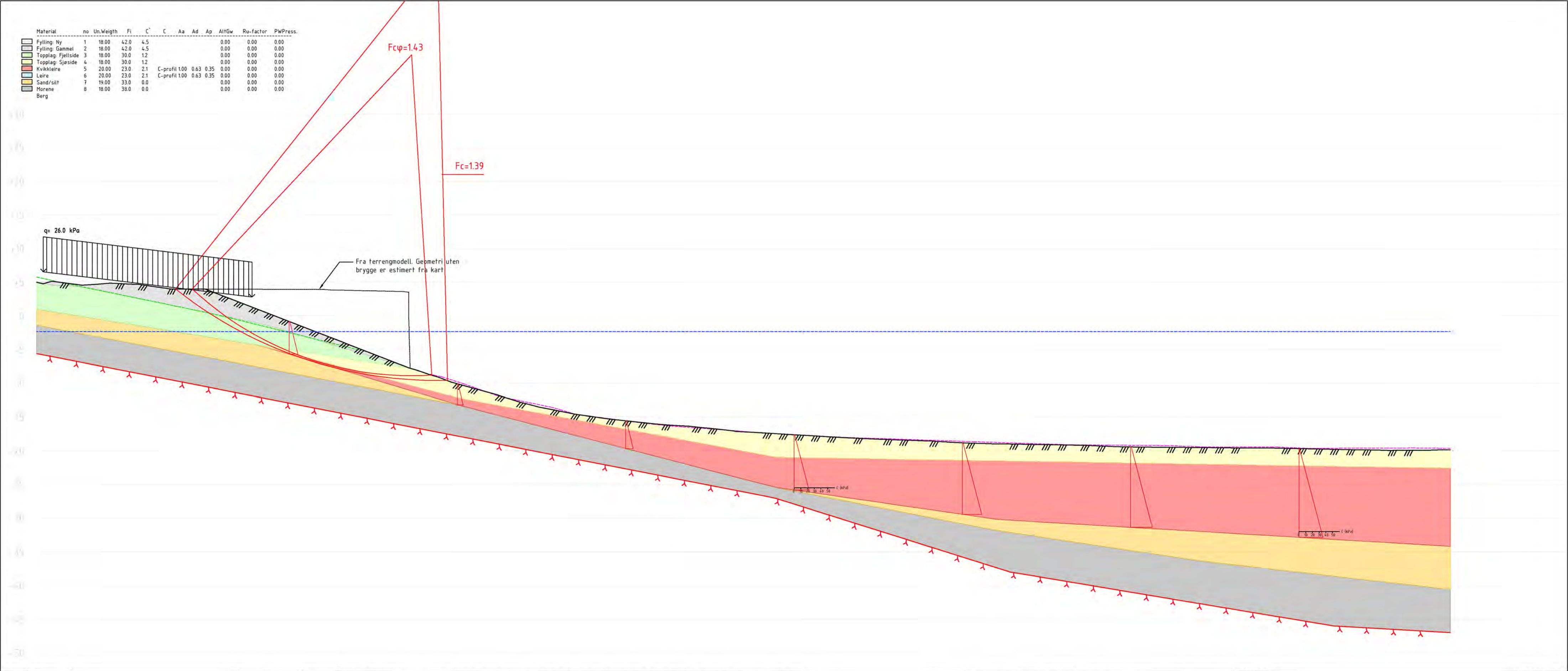
Rambøll Norge AS

TEGNINGSNR.

1023

OLAV OLSEN

ARTELIA GROUP



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL E - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøsider)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

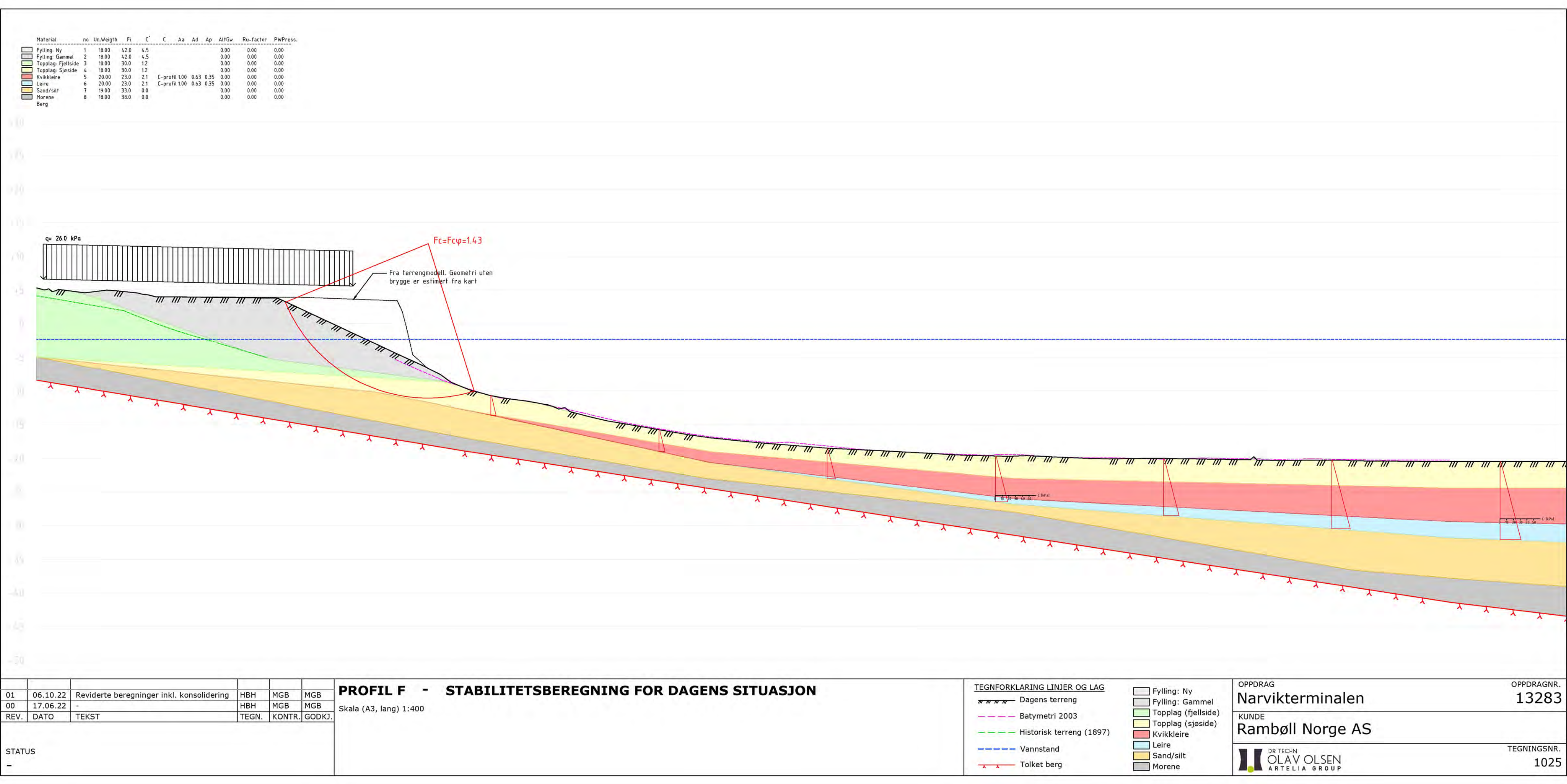


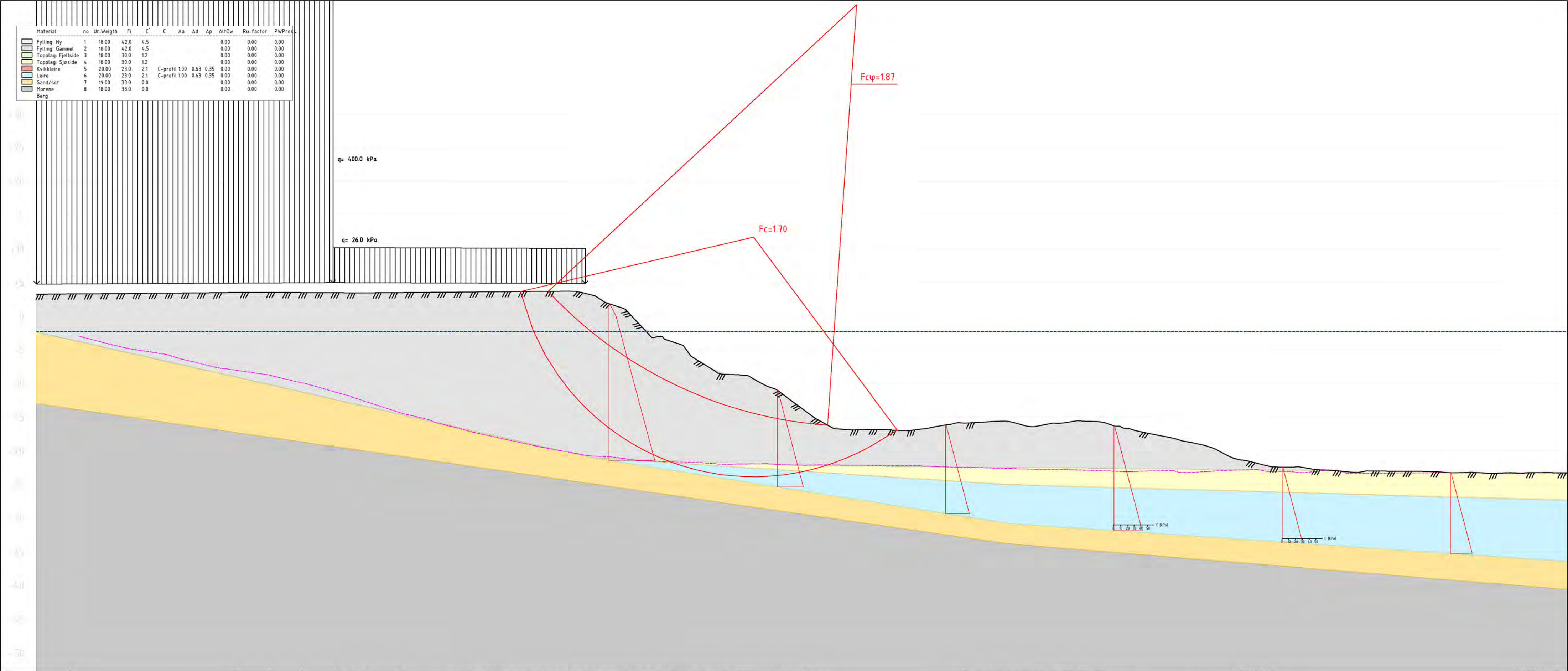
OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1024





01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL G - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøside)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

OPPDRAGNR.

13283

KUNDE

Rambøll Norge AS

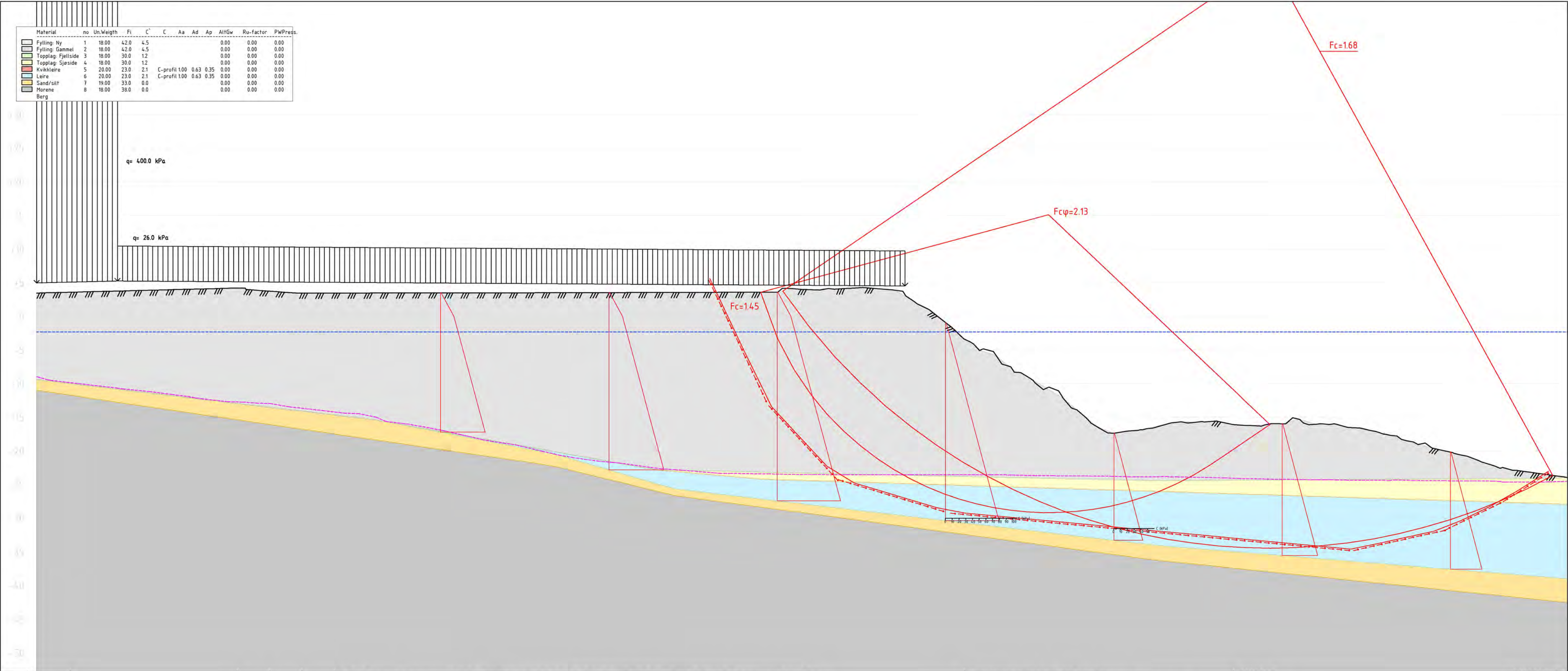
DR TECH

OLAV OLSEN

ARTELIA GROUP

TEGNINGSNR.

1026



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.

STATUS
-

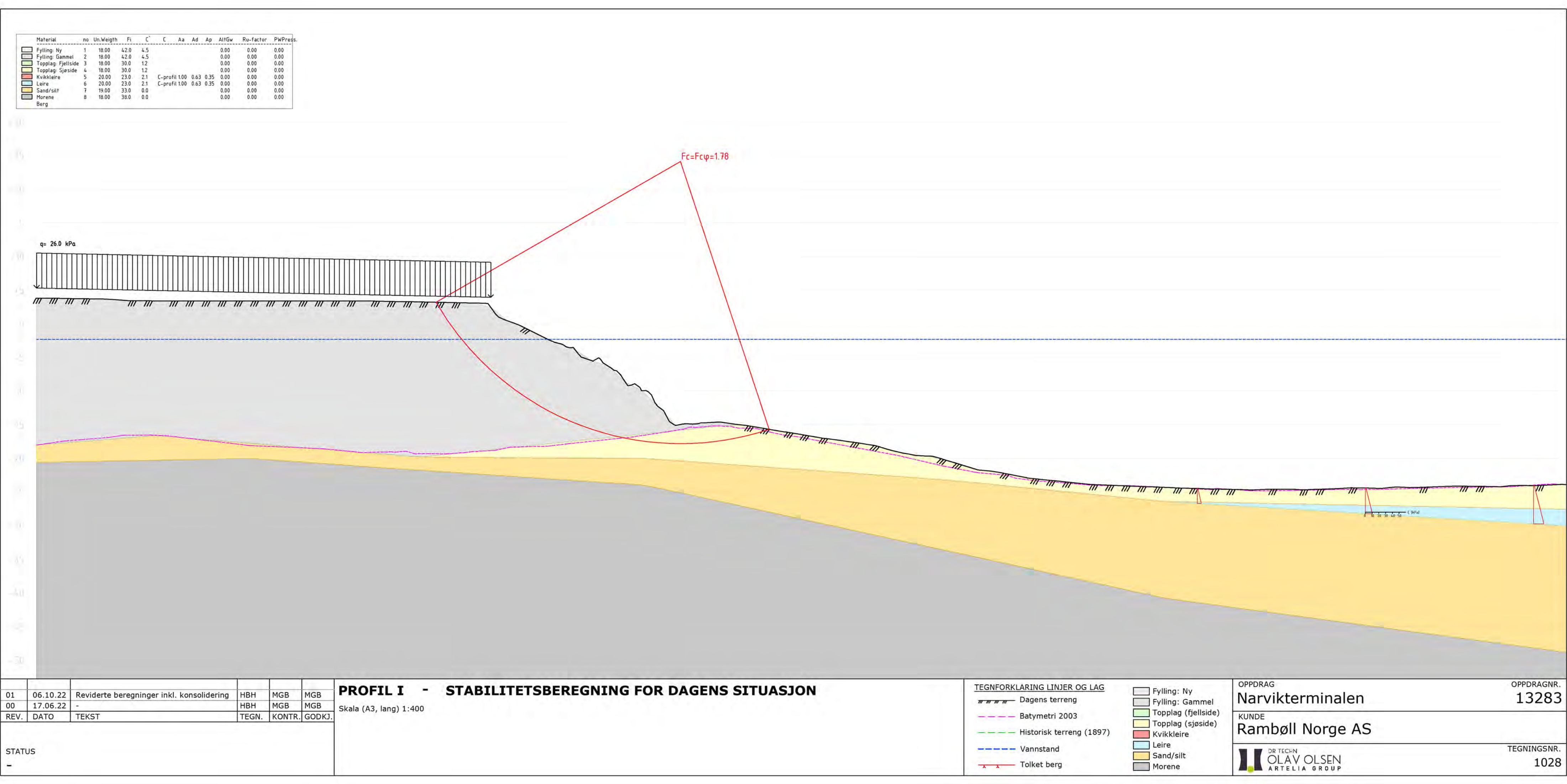
PROFIL H - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

	Dagens terreng		Fylling: Ny
	Batymetri 2003		Fylling: Gammel
	Historisk terreng (1897)		Topplag (fjellside)
	Vannstand		Topplag (sjøside)
	Tolket berg		Kvikkleire
			Leire
			Sand/silt
			Morene

OPPDRAG	OPPDRAGNR.
Narvikterminalen	13283
KUNDE	
Rambøll Norge AS	
DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	TEGNINGSNR. 1027



Material	no	Un	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPres.
Fylling: Ny	1	18.00	42.0	4.5						0.00	0.00	0.00
Fylling: Gammel	2	18.00	42.0	4.5						0.00	0.00	0.00
Topplag: Fjellside	3	18.00	30.0	12						0.00	0.00	0.00
Topplag: Sjøside	4	18.00	30.0	12						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	5	20.00	23.0	2.1	C-profil	1.00	0.63	0.35		0.00	0.00	0.00
Leire	6	20.00	23.0	2.1	C-profil	1.00	0.63	0.35		0.00	0.00	0.00
Sand/silt	7	19.00	33.0	0.0						0.00	0.00	0.00
Morene	8	18.00	38.0	0.0						0.00	0.00	0.00
Berg												

01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL I - STABILITETSBEREGNING FOR DAGENS SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

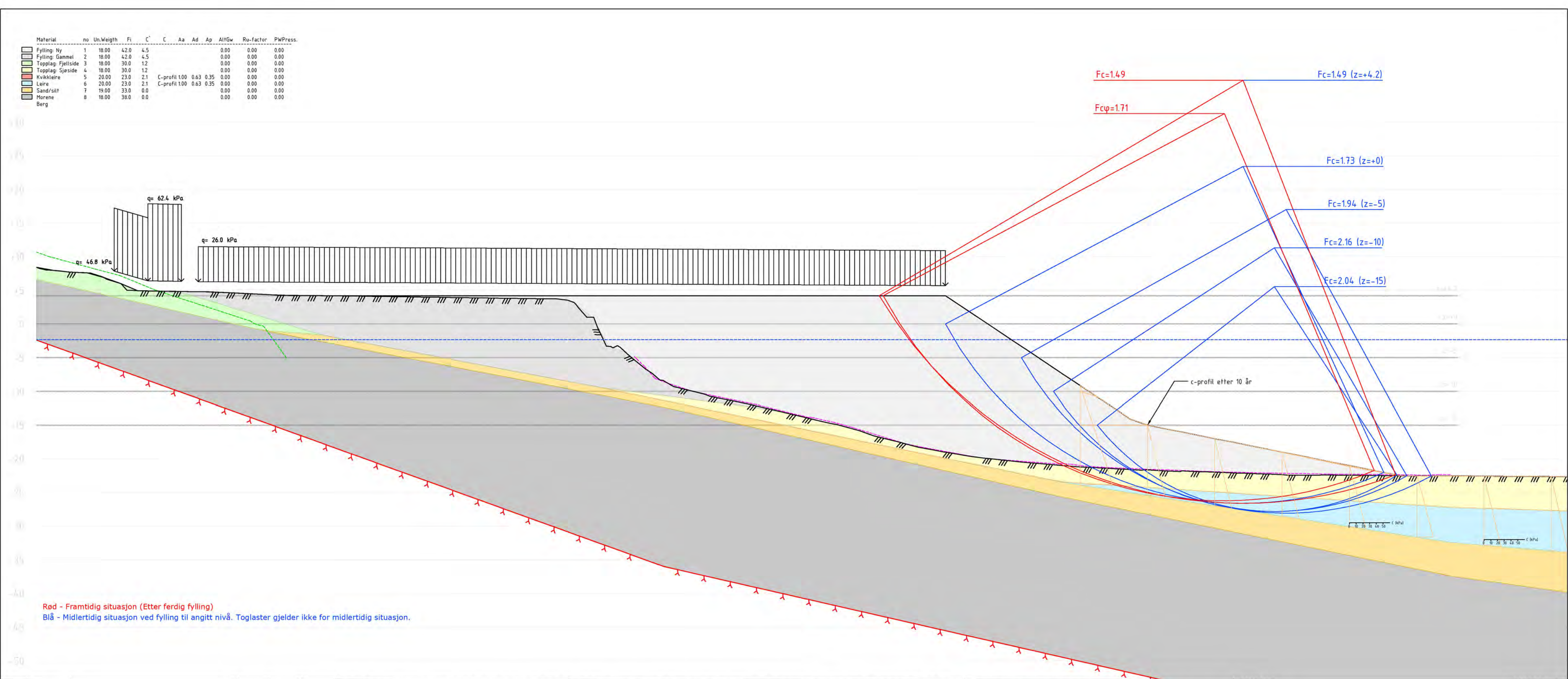
DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

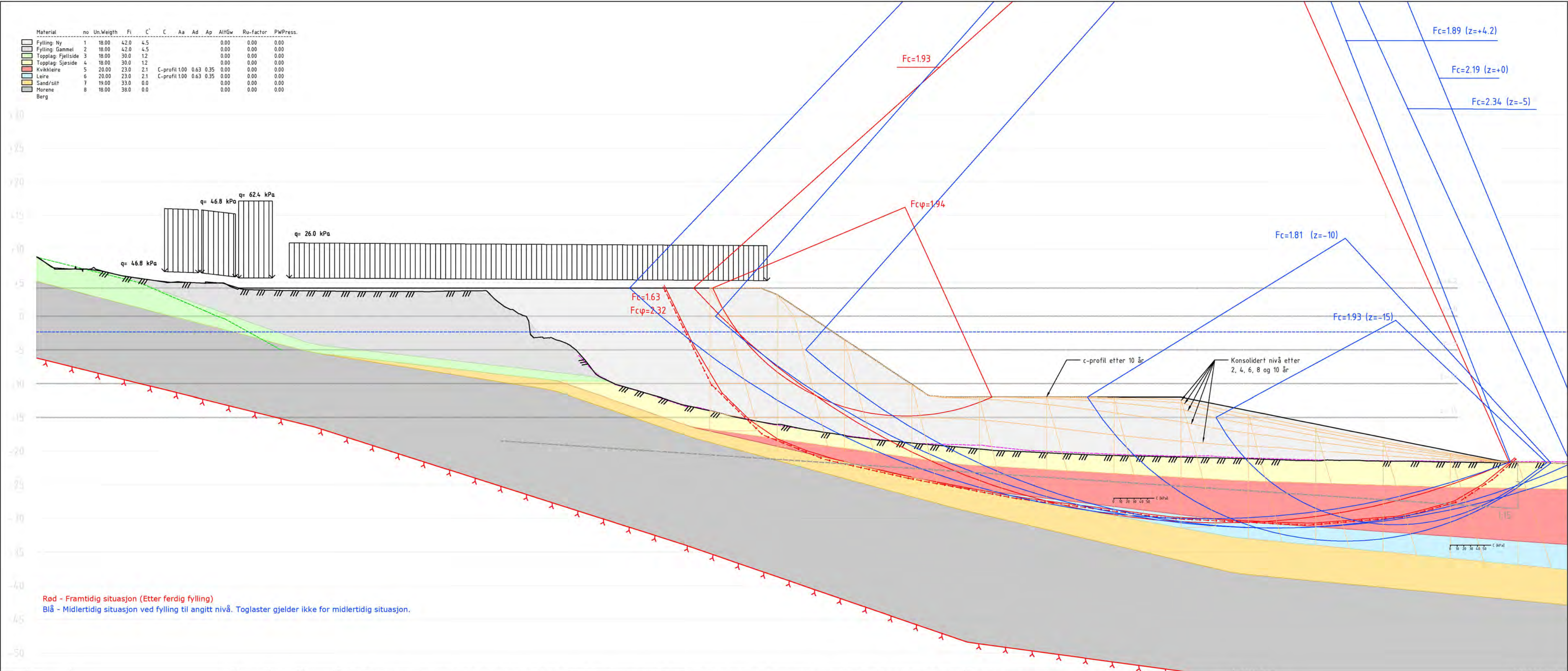
OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1028





Rød - Framtidig situasjon (Etter ferdig fylling)
Blå - Midlertidig situasjon ved fylling til angitt nivå. Toglaster gjelder ikke for midlertidig situasjon.

01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.

STATUS

-

PROFIL B - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

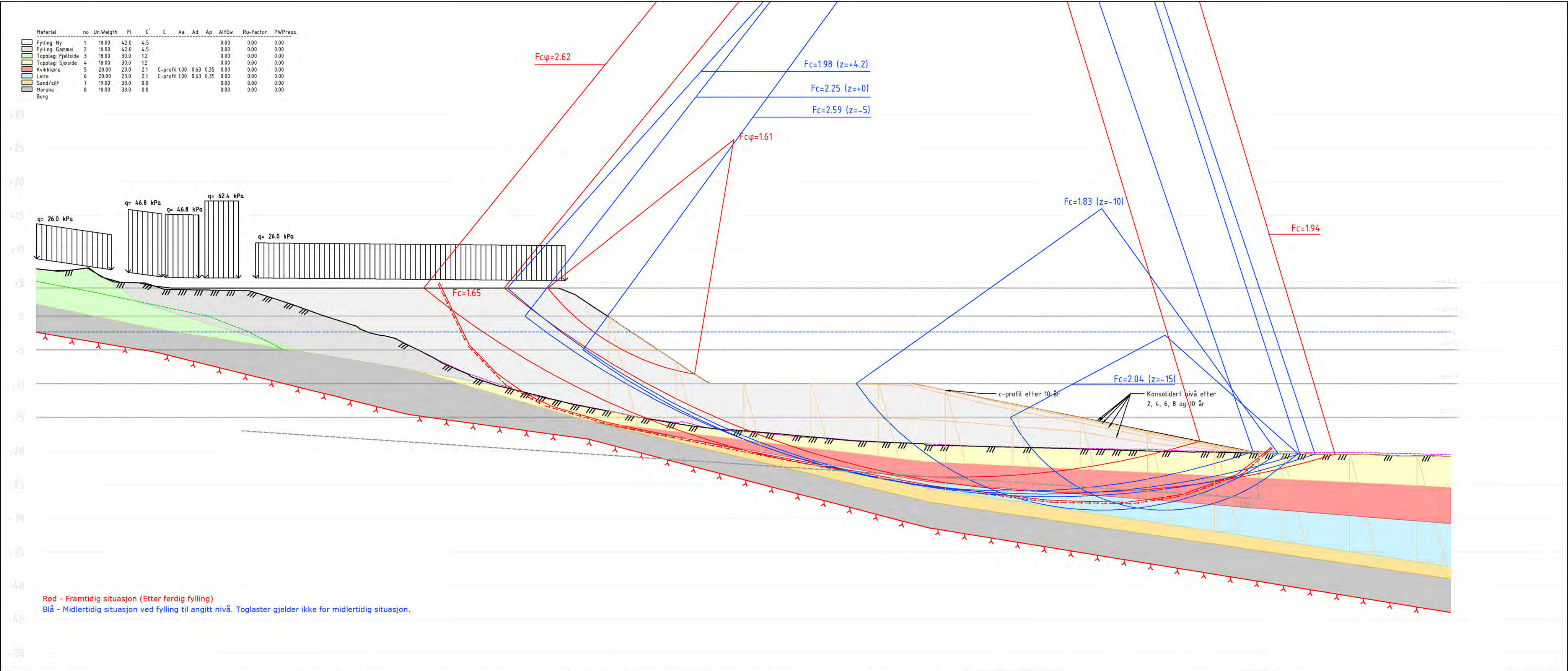
DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1031



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL C - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

Dagens terreng

Batymetri 2003

Historisk terreng (1897)

Vannstand

Tolket berg

Fylling: Ny

Fylling: Gammel

Topplag (fjellside)

Topplag (sjøside)

Kvikkleire

Leire

Sand/silt

Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

DR TECH

OLAV OLSEN

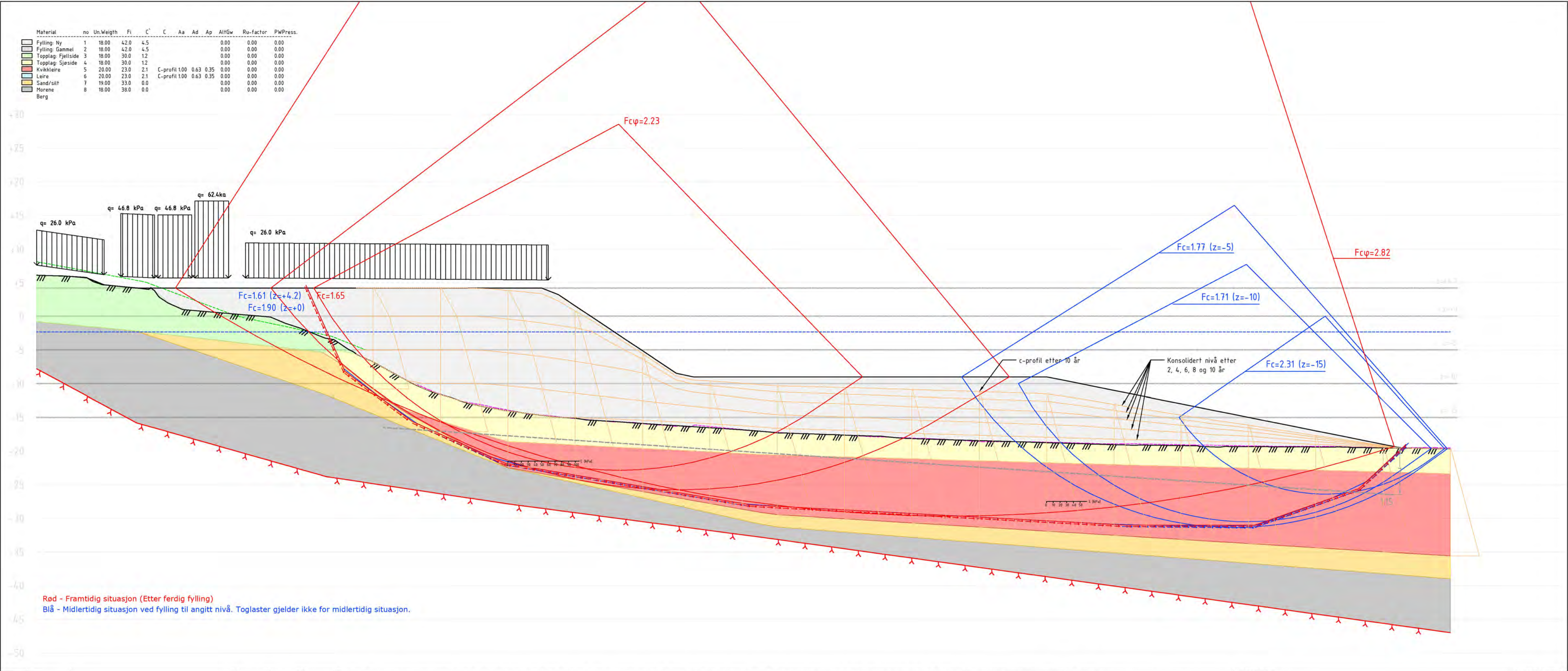
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1032



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL D - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

- Dagens terreng
- Batymetri 2003
- Historisk terreng (1897)
- Vannstand
- Tolket berg

- Fylling: Ny
- Fylling: Gammel
- Topplag (fjellside)
- Topplag (sjøside)
- Kvikkleire
- Leire
- Sand/silt
- Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

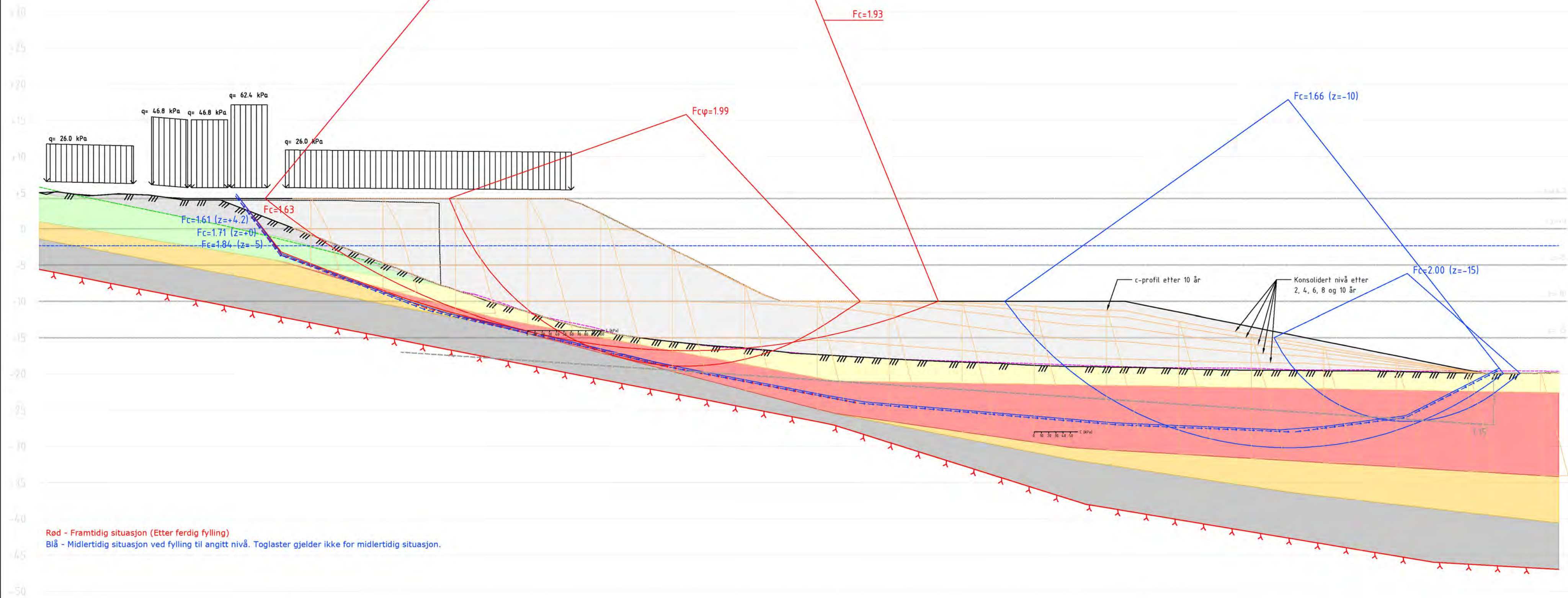
DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1033

[illegible]

01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.

STATUS

PROFIL E - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG

-  Dagens terreng
-  Batymetri 2003
-  Historisk terreng (1897)
-  Vannstand
-  Tolket berg

-  Fylling: Ny
 Fylling: Gammel
 Topplag (fjellside)
 Topplag (sjøside)
 Kvikkleire
 Leire
 Sand/silt
 Morene

OPPDAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

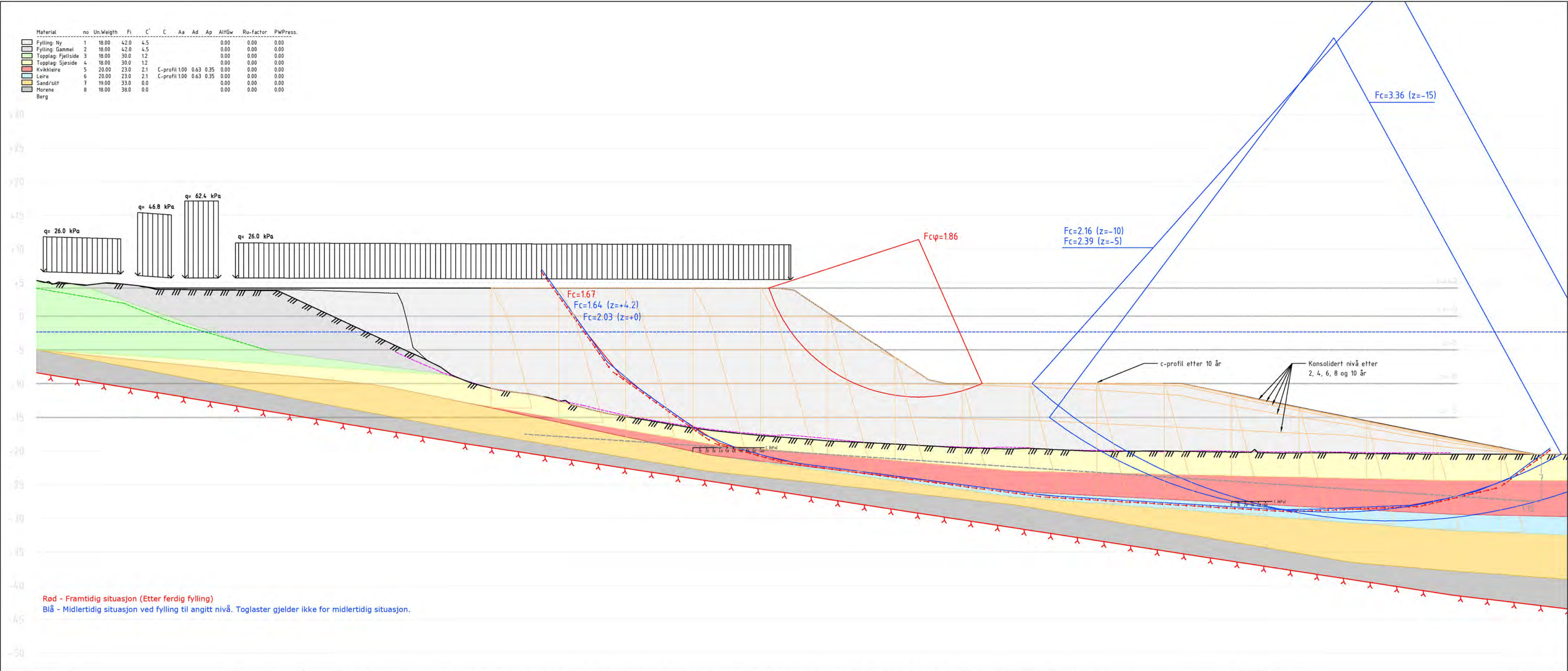


OPPDAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1034



<table><tr><td>01</td><td>06.10.22</td><td>Reviderte beregninger inkl. konsolidering</td><td>HBH</td><td>MGB</td><td>MGB</td></tr><tr><td>00</td><td>17.06.22</td><td>-</td><td>HBH</td><td>MGB</td><td>MGB</td></tr><tr><td>REV.</td><td>DATO</td><td>TEKST</td><td>TEGN.</td><td>KONTR.</td><td>GODKJ.</td></tr></table>			01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB	00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB	REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.	PROFIL F - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON		
01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB																		
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB																		
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.																		
STATUS			Skala (A3, lang) 1:400																				
-			TEGNFORKLARING LINJER OG LAG ----- Dagens terreng ----- Batymetri 2003 ----- Historisk terreng (1897) ----- Vannstand ----- Tolket berg Fylling: Ny Fylling: Gammel Topplag (fjellside) Topplag (sjøside) Kvikkleire Leire Sand/silt Morene																				
			OPPDRAG Narvikterminalen KUNDE Rambøll Norge AS DR TECH OLAV OLSEN ARTELIA GROUP																				
			OPPDRAGNR. 13283 TEGNINGSNR. 1035																				

q= 400.0 kPa

q= 26.0 kPa

Red - Framtidig situasjon (Etter ferdig fylling)

Blå - Midlertidig situasjon ved fylling til angitt nivå. Toglaster gjelder ikke for midlertidig situasjon.

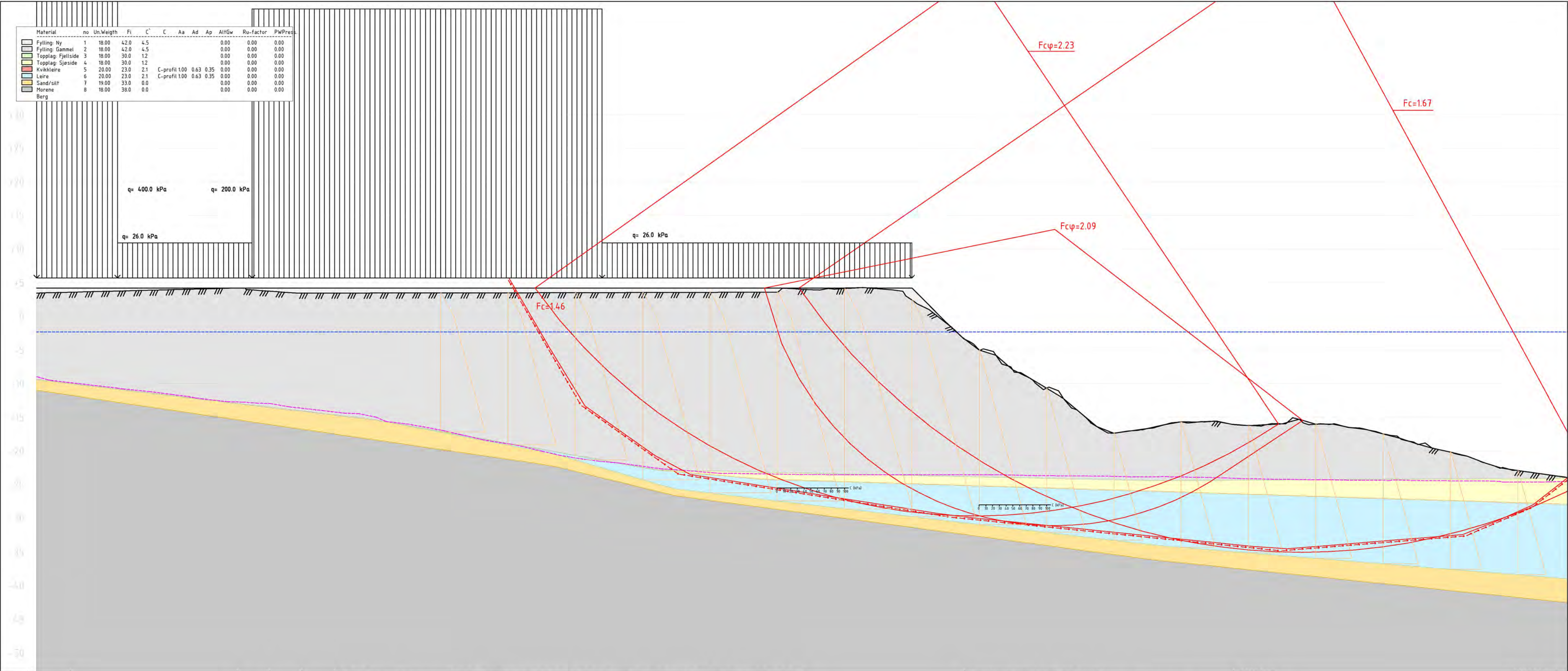
Blå - Midlertidig situasjon ved fylling til angitt nivå. Toglaster gjelder ikke for midlertidig situasjon.

PROFIL G - STABILITETSBEREGNING UNDER FYLLING OG FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

 Fylling: Ny
 Fylling: Gammel
 Topplag (fjellside)
 Topplag (sjøside)
 Kvikkleire
 Leire
 Sand/silt
 Morene

TEGNINGSNR.
1036



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS					
-					

PROFIL H - STABILITETSBEREGNING FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG	
	Dagens terreng
	Batymetri 2003
	Historisk terreng (1897)
	Vannstand
	Tolket berg
	Fylling: Ny
	Fylling: Gammel
	Topplag (fjellside)
	Topplag (sjøside)
	Kvikkleire
	Leire
	Sand/silt
	Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

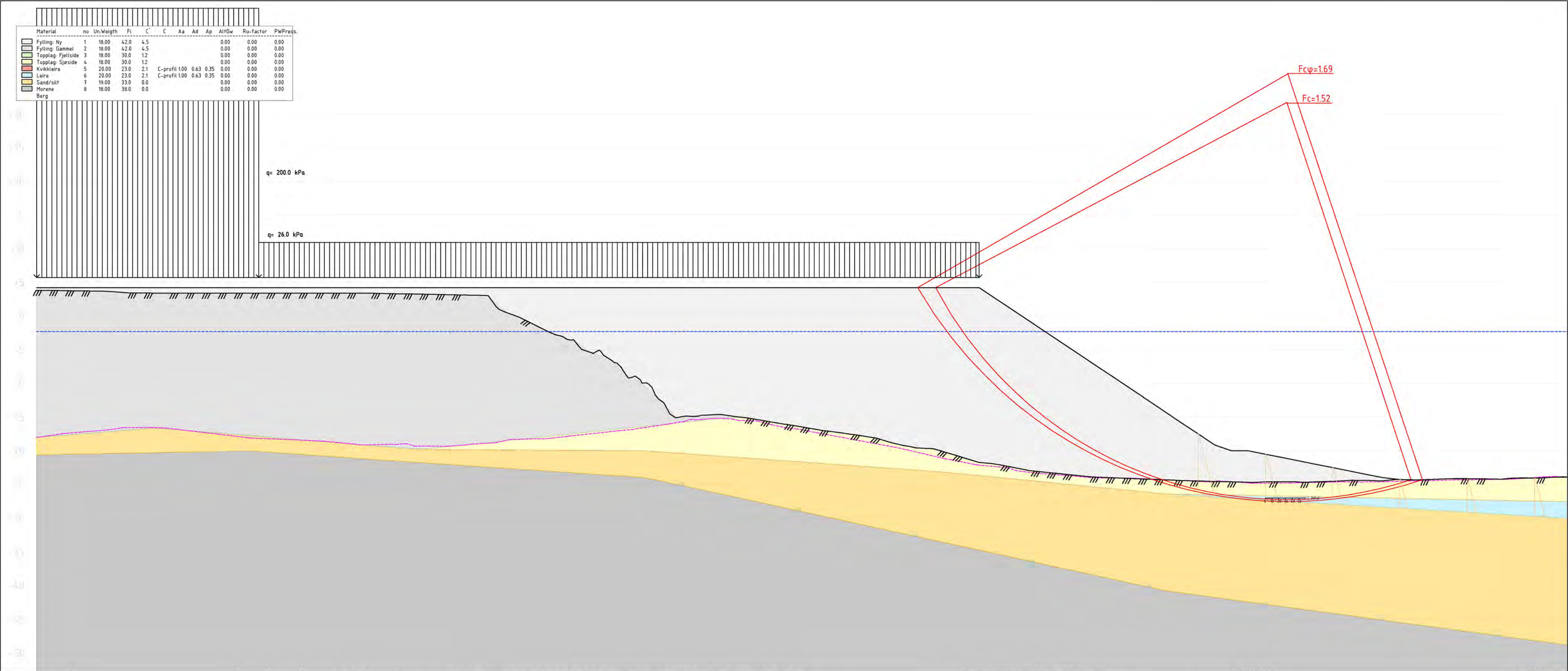
Rambøll Norge AS

DR TECH
OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

TEGNINGSNR.
1037

OPPDRAGNR.

13283



01	06.10.22	Reviderte beregninger inkl. konsolidering	HBH	MGB	MGB
00	17.06.22	-	HBH	MGB	MGB
REV.	DATO	TEKST	TEGN.	KONTR.	GODKJ.
STATUS			-		

PROFIL I - STABILITETSBEREGNING FRAMTIDIG SITUASJON

Skala (A3, lang) 1:400

TEGNFORKLARING LINJER OG LAG	
	Dagens terreng
	Batymetri 2003
	Historisk terreng (1897)
	Vannstand
	Tolket berg
	Fylling: Ny
	Fylling: Gammel
	Topplag (fjellside)
	Topplag (sjøside)
	Kvikkleire
	Leire
	Sand/silt
	Morene

OPPDRAG

Narvikterminalen

KUNDE

Rambøll Norge AS

OPPDRAGNR.

13283

TEGNINGSNR.

1038

OLAV OLSEN
ARTELIA GROUP

Vedlegg A: Designprofil for udrenert skjærfasthet

A.1 Innledning

De fem CPTUene utført i de nye grunnundersøkelsene [1] benyttes for tolkning av designprofil for udrenert skjærfasthet. En oversikt over disse er presentert i tabell under og plassering av CPTU-sonderingene er vist i tegning 1002-1004.

Borpunkt	Dybde [m]	Anvendelsesklasse
A1	11,2	1
B1	7,5	1
B8	17,3	1
C3	14,9	1
D3	8,9	1

Det er vist plott for tolket aktiv skjærfasthet s_{uA} og tolket prekonsolideringsforhold OCR. Udrenert skjærfasthet er tolket fra CPTU-tolkninger korrelert med resultater fra laboratorieforsøk, og de framlagte plottene viser grunnlaget for tolkning sammen med tolkningen. Beskrivelse av korrelasjoner og metodikk er først beskrevet, deretter følger opptegning med resultater og tolkning.

A.2 CPTU-korrelasjoner for aktiv skjærfasthet

Målinger av spissmotstand (q_t) og poretrykk (u_2) er egnet for tolkning av udrenert skjærfasthet i leire. Sammenhengen mellom den aktive udrenerte skjærfastheten (s_{uA}) og disse målingene kan uttrykkes gjennom:

$$s_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_{net}}{N_{kt}}$$

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

der N_{kt} og $N_{\Delta u}$ er bæreevnefaktorer. Verdiene av bæreevnefaktorene estimeres gjennom empiriske korrelasjoner.

A.2.1 Korrelasjoner for bæreevnefaktorer

Korrelasjonene definert av Karlsrud m.fl. [2] for leire med lav sensitivitet ($S_t < 15$) og for leire med høy sensitivitet ($S_t > 15$) samt Lunne m.fl. [3] er lagt til grunn. Disse er presentert i Tabell A-1.

> Tabell A-1. Korrelasjoner for bæreevnefaktorer

Referanse	Bæreevnefaktor for spissmotstand (q_{net}) N_{kt}	Bæreevnefaktor for poreovertrykk (Δu_2) $N_{\Delta u}$
Karlsrud m.fl. [2]	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log(OCR) + 0,082 \cdot I_p$ for $S_t < 15$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4 \cdot \log(OCR) + 0,07 \cdot I_p$ for $S_t < 15$
	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log(OCR)$ for $S_t > 15$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log(OCR)$ for $S_t > 15$
Lunne m.fl. [3]	$N_{kt} = 19 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 1 + 9 \cdot B_q$

Hvor B_q er angitt som forholdet $\frac{\Delta u_2}{q_{net}}$, OCR er overkonsolideringsgraden og I_p er plastisitetsindeksen for leira.

A.2.2 SHANSEP

Den udrenerte skjærfastheten til leira kan estimeres basert på belastningshistorikken gjennom SHANSEP-formelen. Forholdet mellom s_{uA} og overkonsolideringsgraden er gitt ved:

$$s_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$$

hvor α er forholdet mellom normalkonsolidert udrenert skjærfasthet og vertikal effektivspenning ($s_{uA;NC}/\sigma'_{v0}$). Denne er antatt å være 0,3 slik den erfaringsmessig ofte er, mens overkonsolideringsekspONENTEN m er antatt å være 0,8.

A.3 CPTU-korrelasjoner for OCR/prekonsolideringsspenning

CPTU-resultater kan benyttes til å vurdere graden av overkonsolidering, for eksempel gjennom den normaliserte spissmotstanden (Q):

$$Q = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} = \frac{q_{net}}{\sigma'_{v0}}$$

Karlsrud m.fl. [2] angir korrelasjoner for OCR avhengig av om sensitiviteten er over eller under 15:

$$\text{For } S_t < 15 \quad OCR = \left(\frac{Q}{3}\right)^{1,2}$$

$$\text{For } S_t > 15 \quad OCR = \left(\frac{Q}{2}\right)^{1,11}$$

Denne korrelasjonen kan utledes med SHANSEP-formlene som tidligere er vist:

$$OCR^m = \frac{s_u/\sigma'_{v0}}{\alpha} = \frac{\left(\frac{q_{net}}{N_{kt} \cdot \sigma'_{v0}}\right)}{\alpha} = \frac{Q}{\alpha \cdot N_{kt}} \leftrightarrow OCR = \left(\frac{Q}{\alpha \cdot N_{kt}}\right)^{\frac{1}{m}}$$

hvor korrelasjon for $S_t < 15$ er gitt for parametere $m = 0,83$ og $\alpha \cdot N_{kt} = 3$ og korrelasjonen for $S_t > 15$ er gitt for parametere $m = 0,9$ og $\alpha \cdot N_{kt} = 2$.

A.4 Designprofil for udrenert skjærfasthet

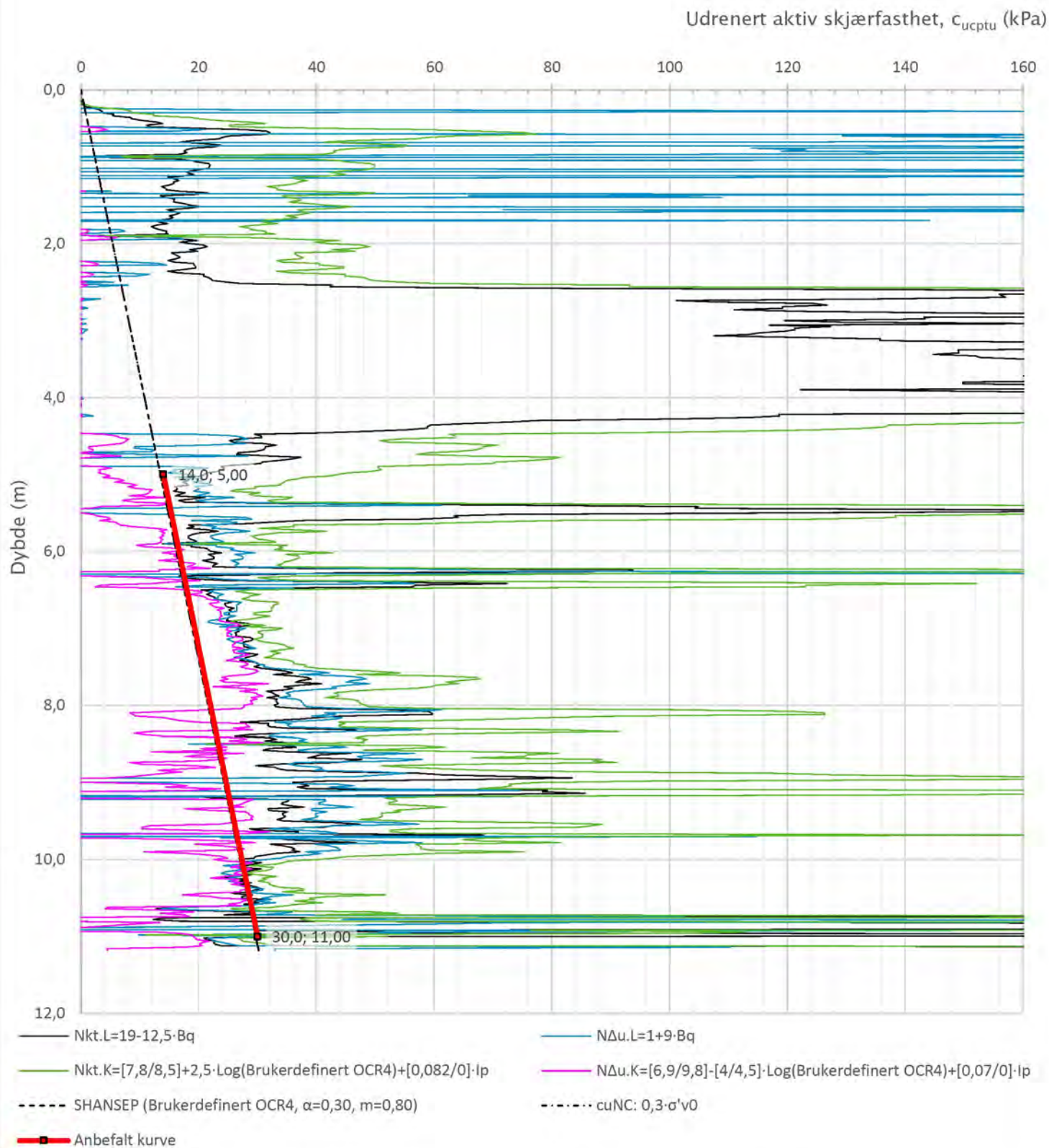
Tolkning av designprofil er presentert i tegning A.01 – A.05. Korrelasjoner for CPTUene i borhull A1, B1, B8 og C3 viser udrenert skjærfasthet kun noe over normalkonsolidert leire. Korrelasjoner for borhull D3 viser en høyere udrenert skjærfasthet, men det er her valg å ikke benytte det som grunnlag for at leira er overkonsolidert. På grunnlag av dette er designprofil for udrenert skjærfasthet valgt til å være definert for normalkonsolidert leire:

$$s_{uA} = 0,3 \cdot \sigma'_{v0}$$

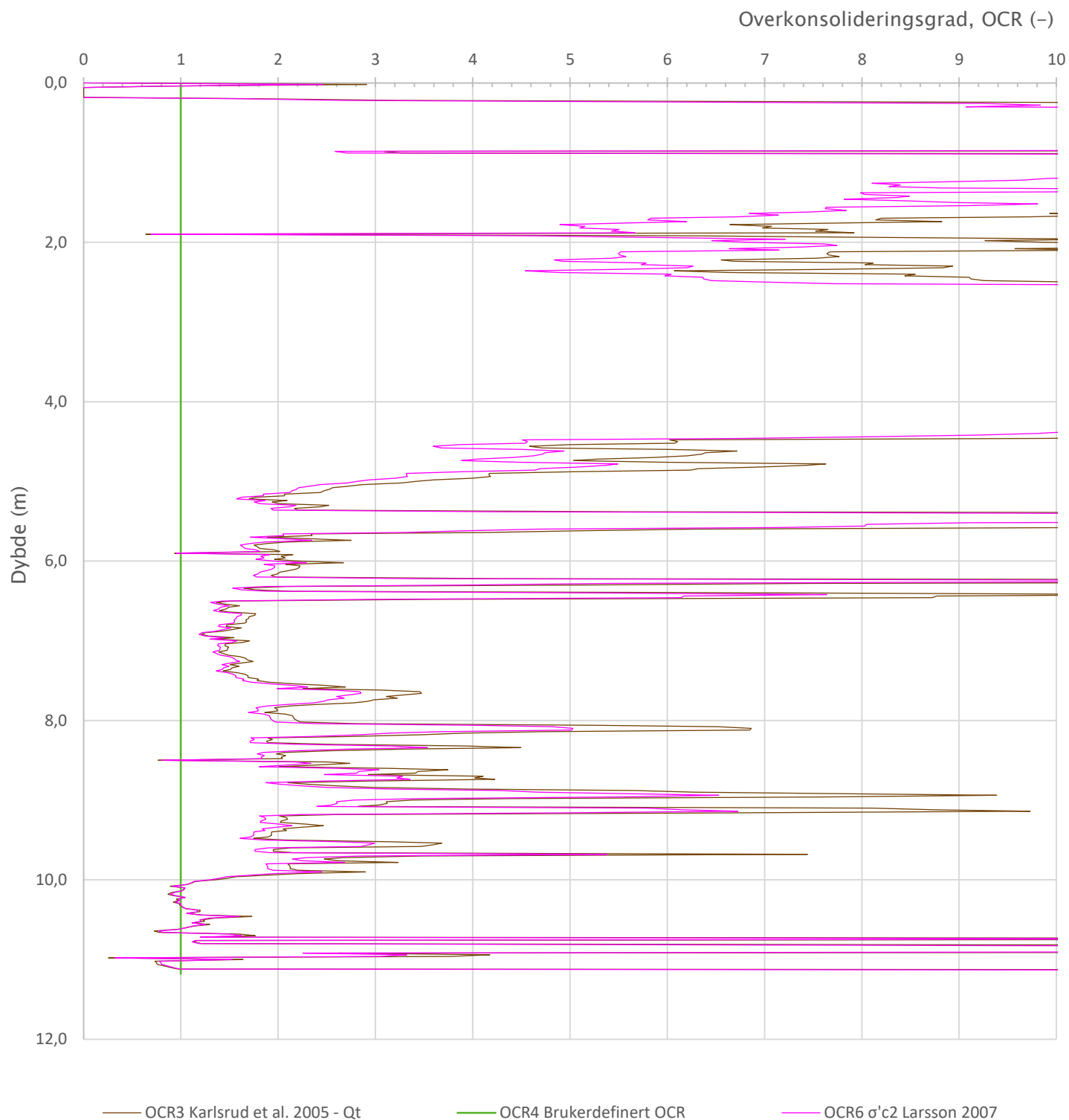
Dette er en noe konservativ tolkning og gjøres i mangel på treaksforsøk som viser høyere skjærfasthet. Merk at det i borhull B8 er en markant reduksjon i spissmotstand og poretrykk målt ved 8 – 10 m dybde, men dette vurderes som et resultat av at CPTU krysser en tidligere sondering.

A.5 Referanser

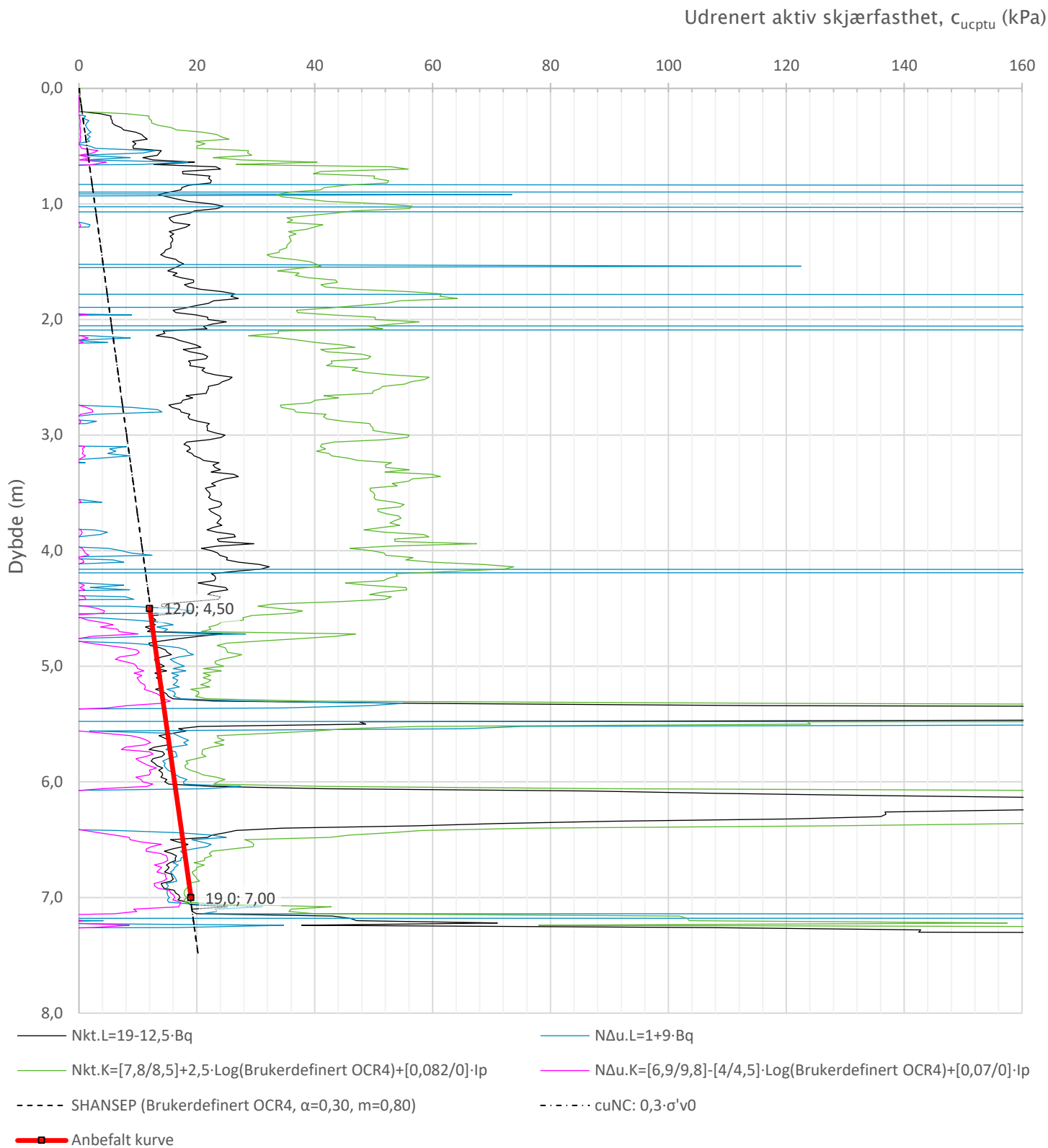
- [1] Multiconsult AS, 10243108-RIG-RAP-001 Narvikterminalen - Datarapport – Geotekniske grunnundersøkelser, 04.04.2022.
- [2] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort and S. Strandvik, "CPTU correlations for clays," 2005.
- [3] T. Lunne, J. J. Powell and P. Robertson, Cone penetration testing in geotechnical, 1997, p. 66.



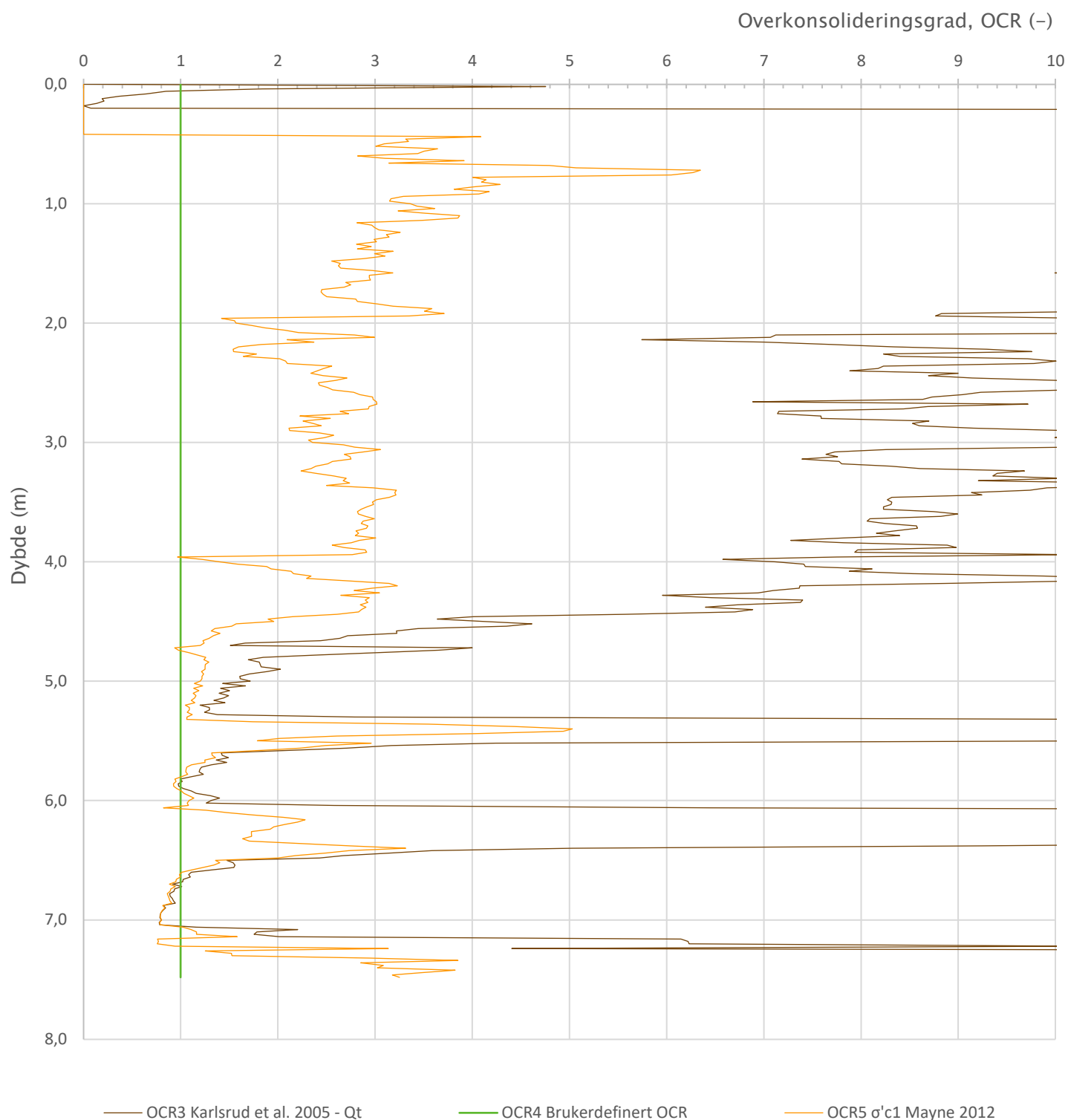
Prosjekt		Prosjektnummer: 13283 Rapportnummer: RAP-001		Borhull
Narvikterminalen				A1
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4443
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HBH	MGB	MGB	
Kunde Rambøll Norge AS	Dato sondering		Revisjon	Figur
	22.02.2022		0	
		Rev. dato 17.06.2022		A.01-1



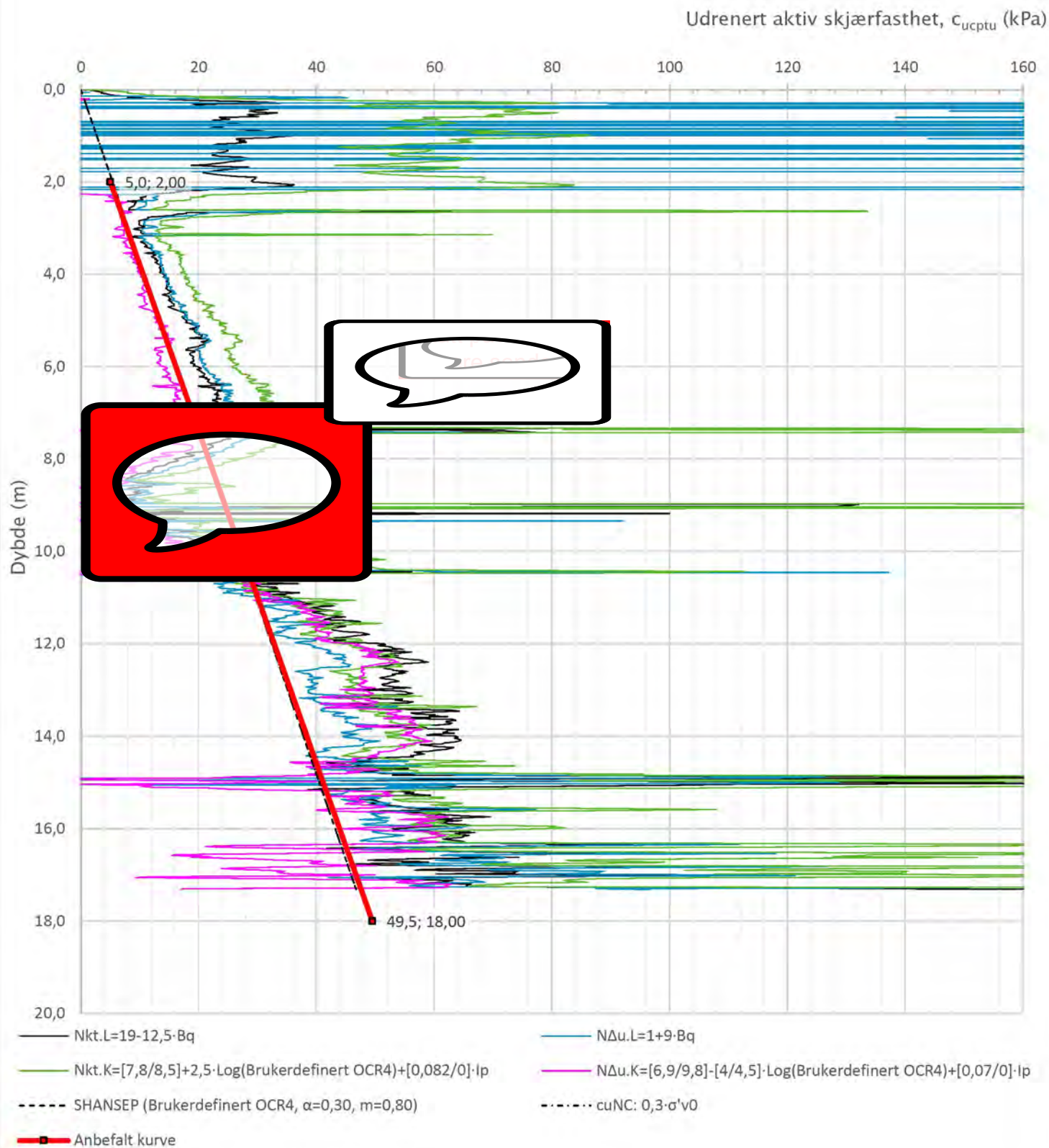
Prosjekt			Prosjektnummer: 13283 Rapportnummer: RAP-001		Borhull
Narvikterminalen					A1
Innhold					Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR					4443
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	HBH	MGB	MGB		
	Kunde	Dato sondering	Revisjon	0	Figur
			Rev. dato	17.06.2022	
	Rambøll Norge AS	22.02.2022		A.01-2	



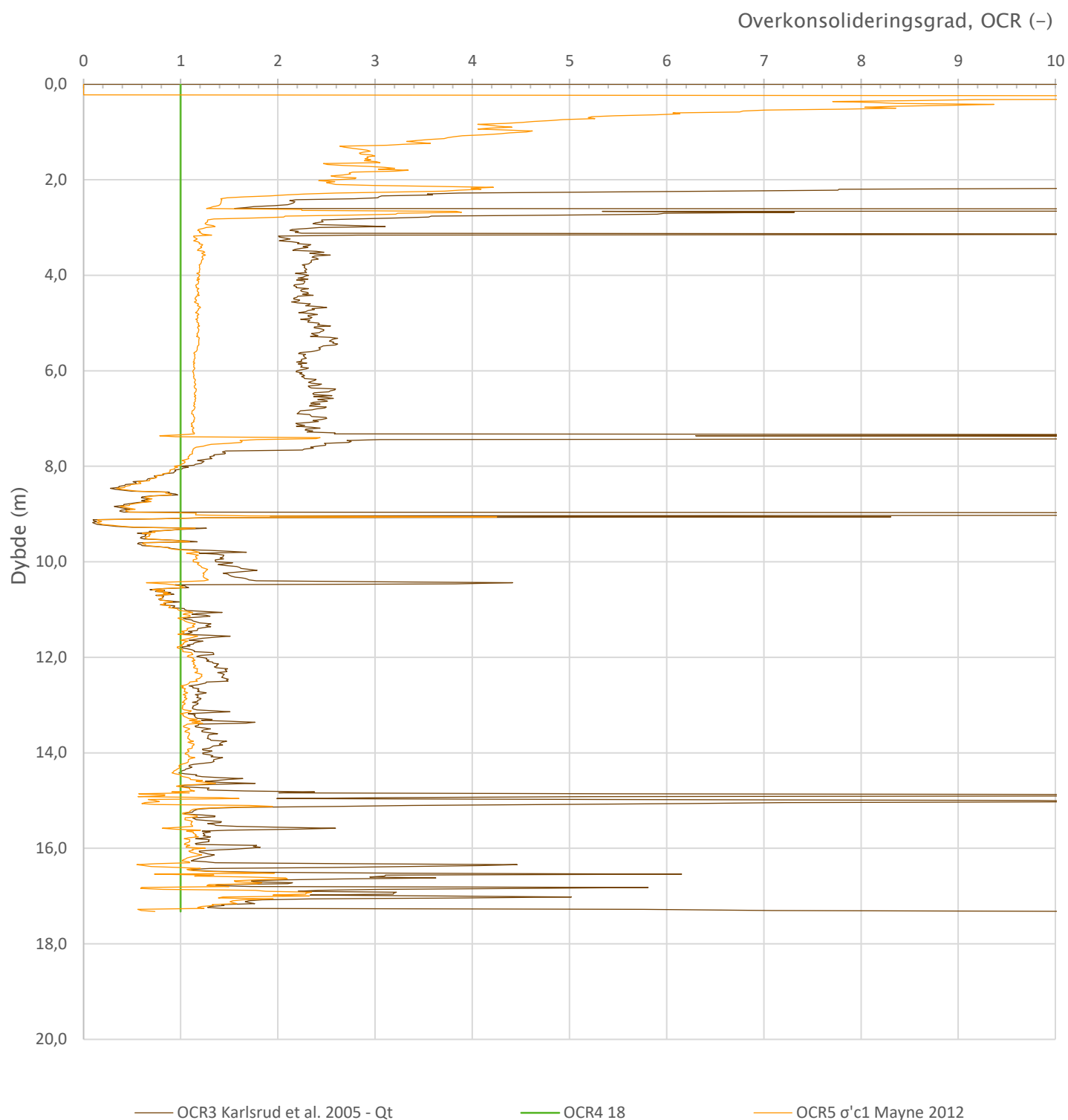
Prosjekt			Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen					B1
Innhold					Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet					4443
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	HBH	MGB	MGB		
	Kunde	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Rambøll Norge AS	25.02.2022	0	A.02-1		
		Rev. dato	17.06.2022		



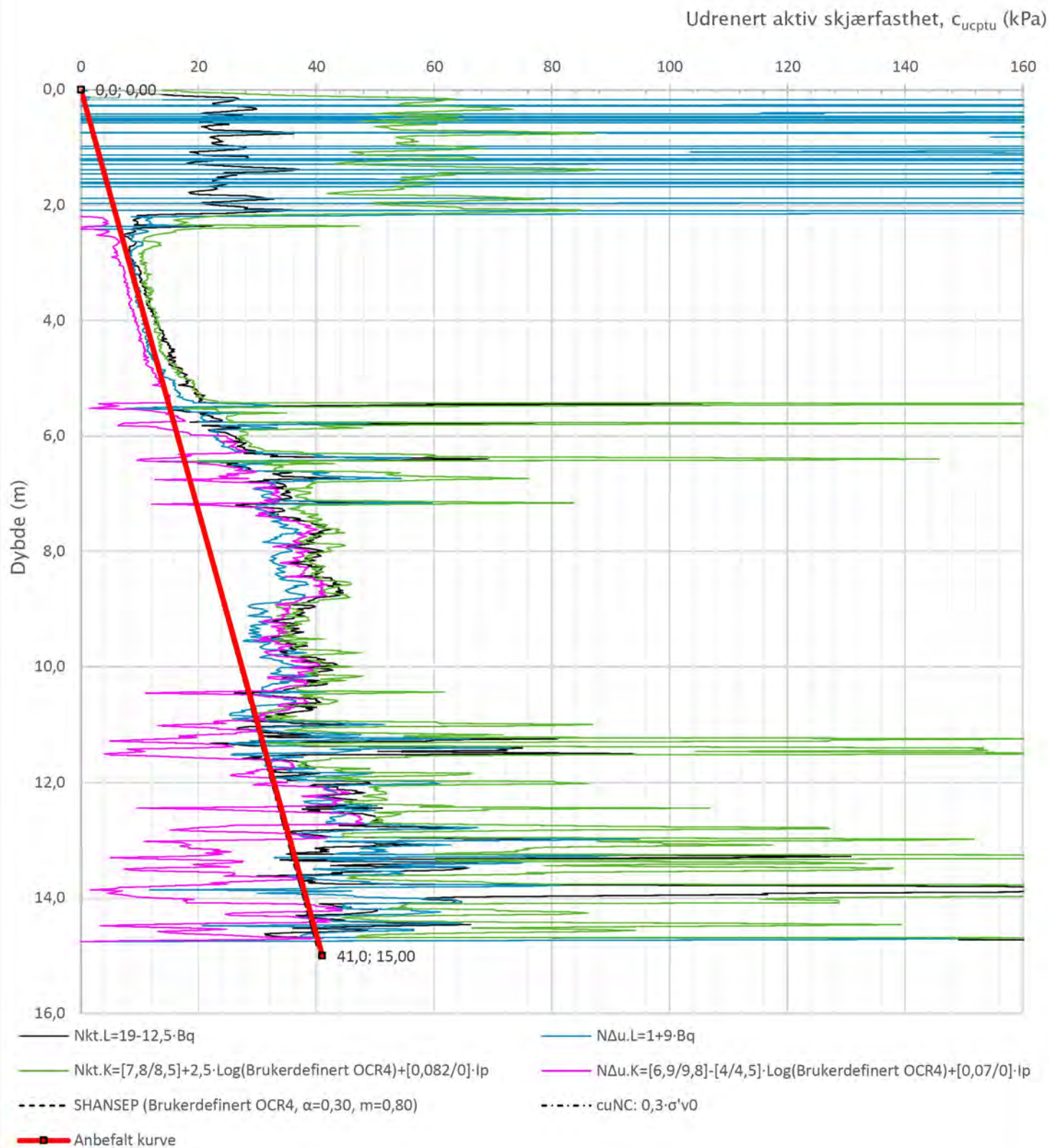
Prosjekt			Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen					B1
Innhold					Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR					4443
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	HBH	MGB	MGB		
	Kunde	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Rambøll Norge AS	25.02.2022	0		
			Rev. dato	A.02-2	
			17.06.2022		



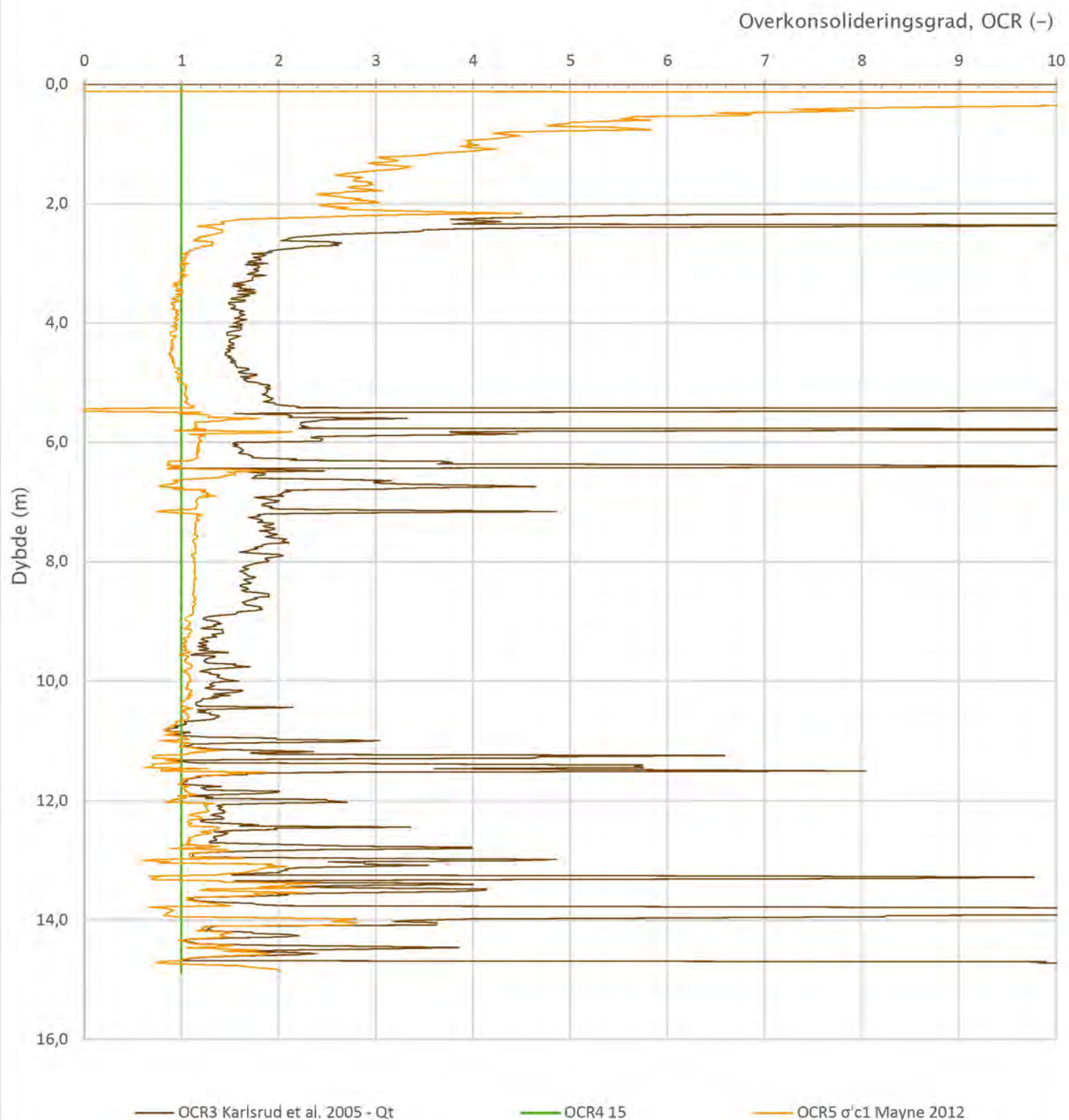
Prosjekt		Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen				B8
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4443
Utført HBH Kunde Rambøll Norge AS	Kontrollert MGB Dato sondering 22.02.2022	Godkjent MGB Revisjon 0 Rev. dato 17.06.2022		Anvend.klasse
				Figur A.03-1



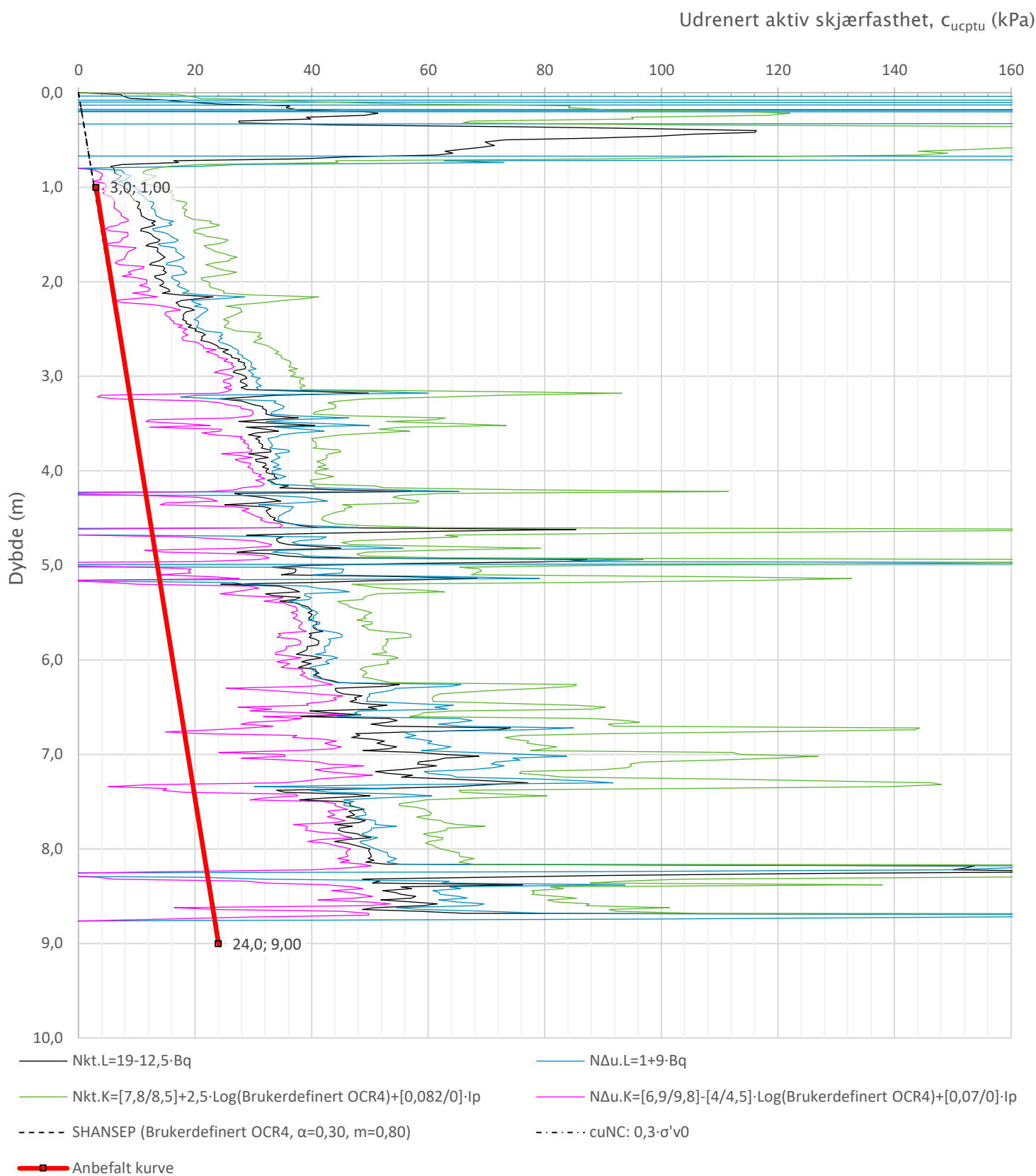
Prosjekt			Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen					B8
Innhold			Sondennummer		
Overkonsolideringsgrad, OCR			4443		
 DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	HBH	MGB	MGB		
Kunde		Dato sondering	Revisjon	Figur	
Rambøll Norge AS		22.02.2022	0		
			Rev. dato	17.06.2022	
				A.03-2	



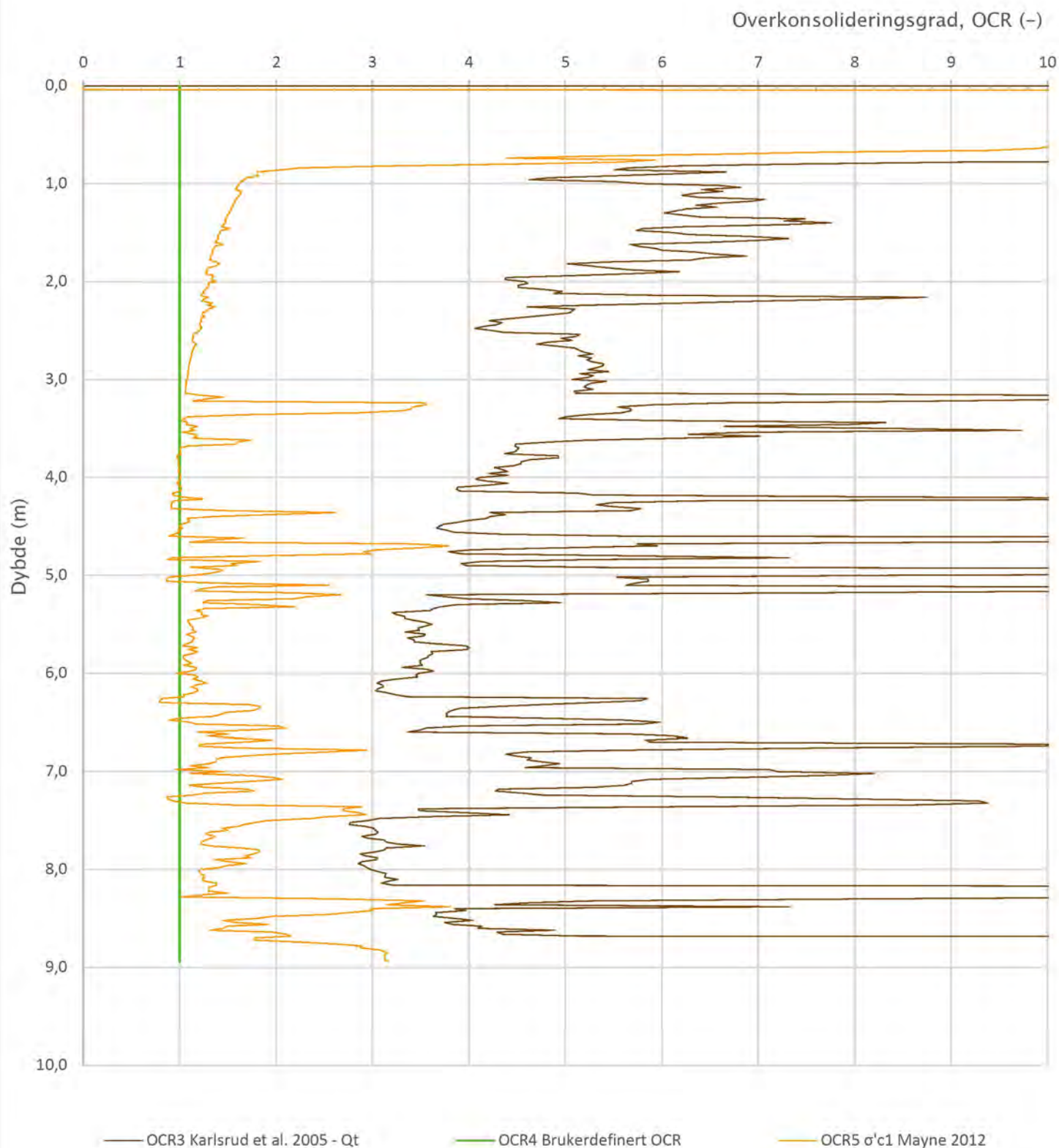
Prosjekt			Prosjektnummer: 13283		Borhull	
Narvikterminalen					C3	
Innhold					Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet					7398	
 DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	HBH	MGB	MGB			
	Kunde	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	Rambøll Norge AS	22.02.2022	0 Rev. dato 17.06.2022	A.04-1		



Prosjekt		Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen				C3
Innhold		Sondenummer		
Overkonsolideringsgrad, OCR		7398		
 DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HBH	MGB	MGB	
Kunde		Dato sondering	Revisjon	Figur
Rambøll Norge AS		22.02.2022	0 17.06.2022	
				A.04-2



Prosjekt		Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen				D3
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4443
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HBH	MGB	MGB	
Kunde	Dato sondering		Revisjon	Figur
	Rambøll Norge AS		0	
	22.02.2022		Rev. dato 17.06.2022	A.05-1



Prosjekt			Prosjektnummer: 13283		Borhull
Narvikterminalen					D3
Innhold			Sondennummer		
Overkonsolideringsgrad, OCR			4443		
 DR. TECHN. OLAV OLSEN ARTELIA GROUP	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	HBH	MGB	MGB		
	Kunde	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Rambøll Norge AS	22.02.2022	0	17.06.2022	A.05-2	

Vedlegg B: Tolkning av treaksialforsøk

B.1 Innledning

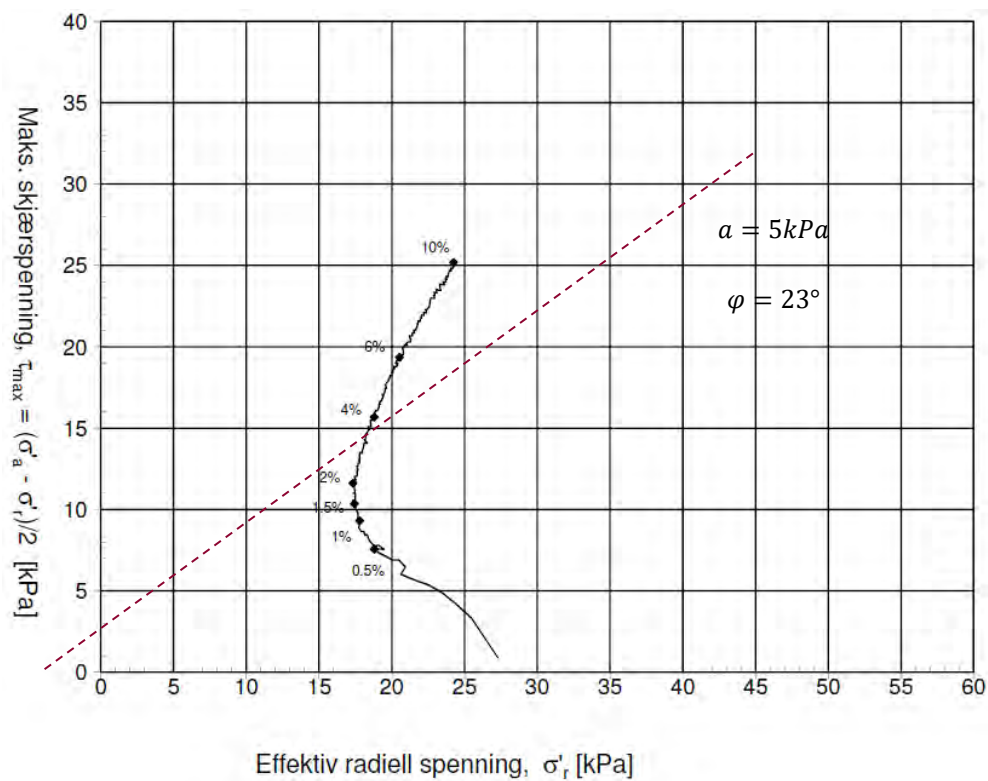
Bestemmelse av attraksjon og friksjonsvinkel i leire gjøres fra treaksialforsøk. Treaksialforsøk lot seg ikke gjøre på de nylig opptatte prøvene (Multiconsult datarapport 10243108-RIG-RAP-001, fra 04.04.2022) . Dermed er det kun tidligere utførte treakser som legges til grunn for tolkning. I de aktuelle området er det tidligere utført to treakser, begge i borhull 16 fra Multiconsult datarapport 711822, fra 27.08.2013), her kalt M13-16.

Tabell 1 gir en oversikt over resultatene fra de to treaksene. Under tabellen følger utklipp fra treaksialforsøkene der bruddlinje er tegnet inn. Basert på sammenstilte resultater fra treaksialforsøkene er friksjonsvinkel for leire og kvikkleire satt lik 23 grader, som er et konservativt valg.

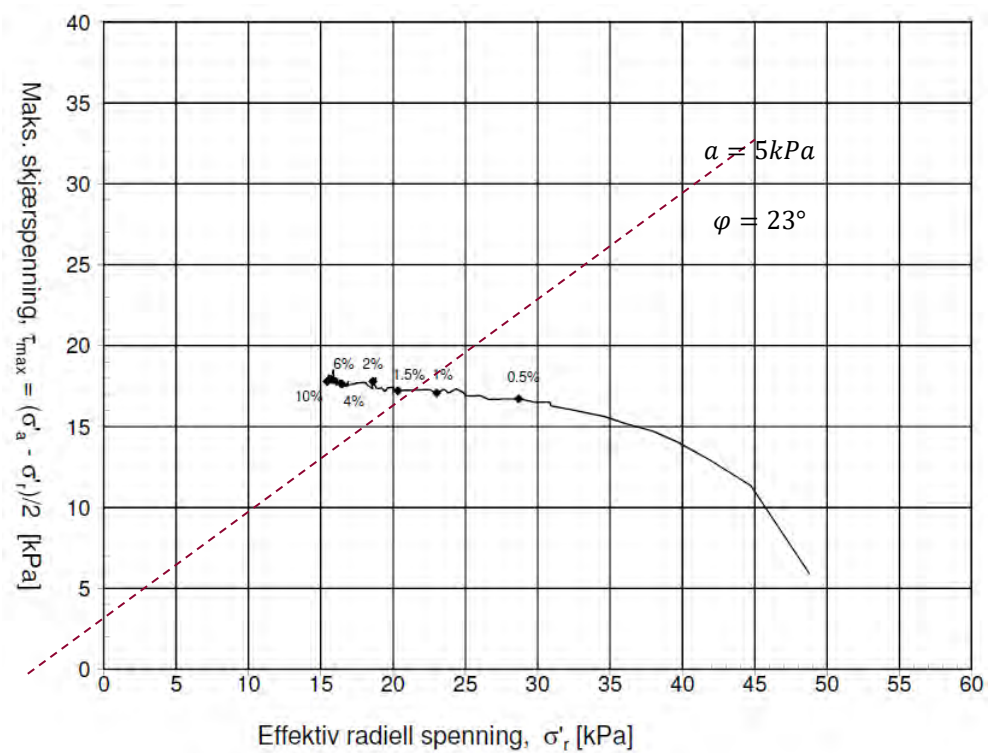
> *Tabell 1 Borpunkter med tolkning av treaksialforsøk.*

Borhull	Dybde [m]	S _u [kPa]	a [kPa]	φ [°]	Kvalitet *
M13-16	2,4	12	5	23	$\frac{\Delta V}{V_0} = 5,3 \%$
M13-16	7,5	17	5	23	$\frac{\Delta V}{V_0} = 7,0 \%$

B.2 Plot fra treaksialforsøk



> Figur B-1: M13-16, 2,4m dybde



> Figur B-2: M13-16, 7,5m dybde

Vedlegg C: Konsolidering av leire under fylling

C.1 Innledning

Utfyllingen av Narvikterminalen er forventet å foregå over lang tid. Det er dermed naturlig å inkludere effekt av konsolidering av leirelag i stabilitetsberegninger.

Som vist i tegning 1010 – 1018 er det tolket to leirelag hvor ett er kvikt. Disse lagene ligger mellom lag av sand/silt som er vurdert å være permeable. Konsolideringseffekter vurderes for den kombinerte mektigheten av leire og kvikkleire. Leira er normalkonsolidert og ved belastning vil udrenert skjærfasthet gradvis øke.

C.2 Teori

Anslag av tid for primærkonsolideringstid gjøres etter Janbu [1] med formel:

$$t_p = \frac{H^2}{c_v}$$

hvor H er drenasjeveg og c_v er konsolideringskoeffisienten. Tiden (t) normalisert på primærkonsolideringstiden gir primær tidsfaktor (T_p):

$$T_p = \frac{t}{t_p} = \frac{t \cdot c_v}{H^2}$$

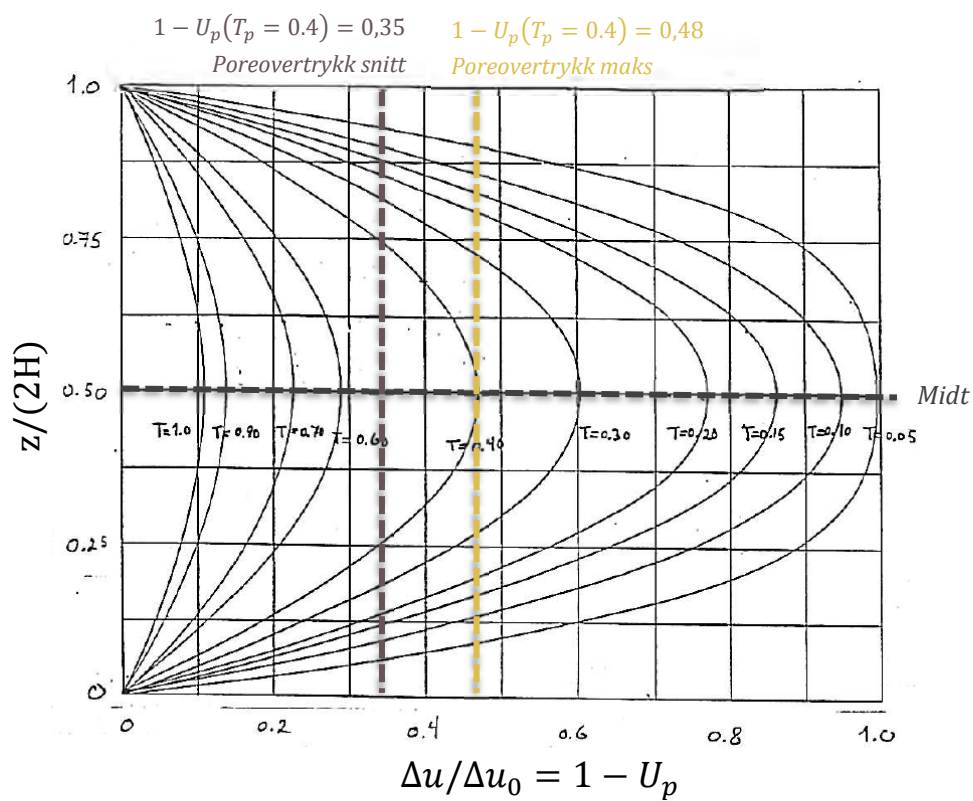
Utgangspunkt for konsolidering kan gjøres etter klassisk konsolideringsteori (Figur C-1) eller resttøyingsteori (Figur C-2) som beskrevet av Janbu [1]. Figur C-1 viser hvordan poreovertrykk i et materiale med toveis drenasje endres over tid, Figur C-2 viser i hovedsak akkumulert andel av primærsetning som funksjon av primær tidsfaktor.

Det er her av interesse å avgjøre endring i poreovertrykk og dermed økning av effektivspenning. Det legges dermed hovedvekt på klassisk konsolideringsteori. En primær konsolideringsfaktor (U_p) benyttes slik at effektivspenning og poreovertrykk bestemmes med formlene:

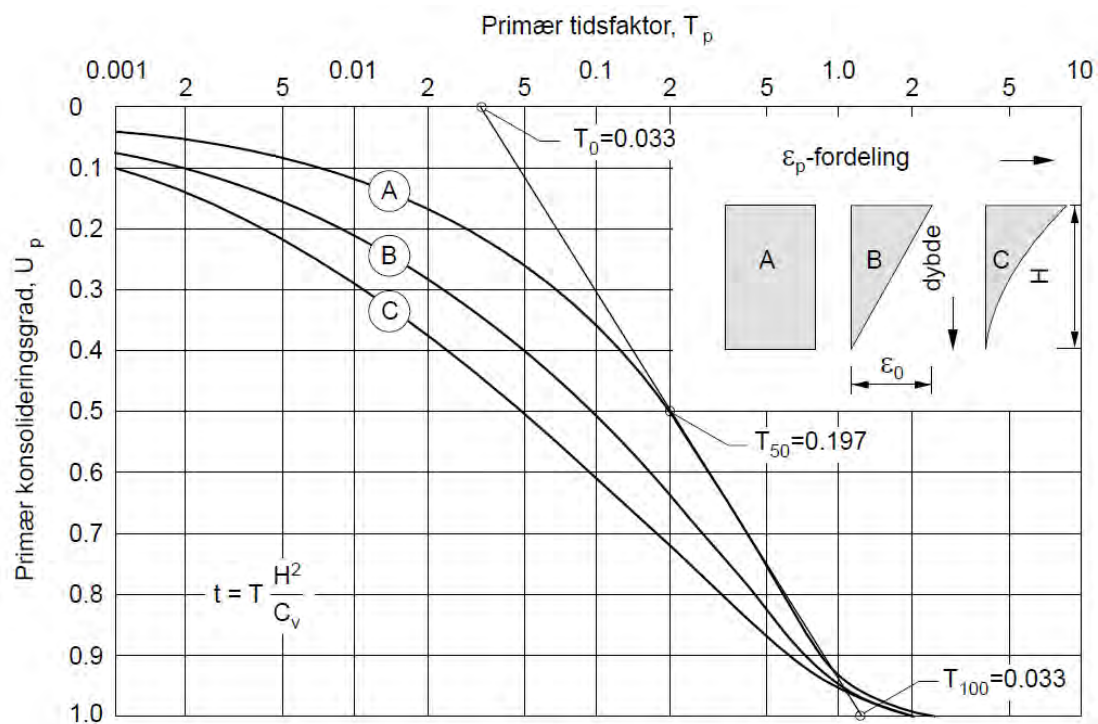
$$\Delta\sigma'(t) = U_p(t) \cdot \Delta\sigma'_c$$

$$\Delta u(t) = (1 - U_p(t)) \cdot \Delta u_0$$

Her er $\Delta\sigma'_c$ tillegg i effektivspenning fra påsatt last etter konsolidering og Δu_0 er umiddelbart poreovertrykk etter påsatt last. Disse settes til å være like, altså $\Delta\sigma'_c = \Delta u_0$.



> Figur C-1: Endring i poreovertrykk etter klassisk konsolideringsteori for toveis drenasje [2].



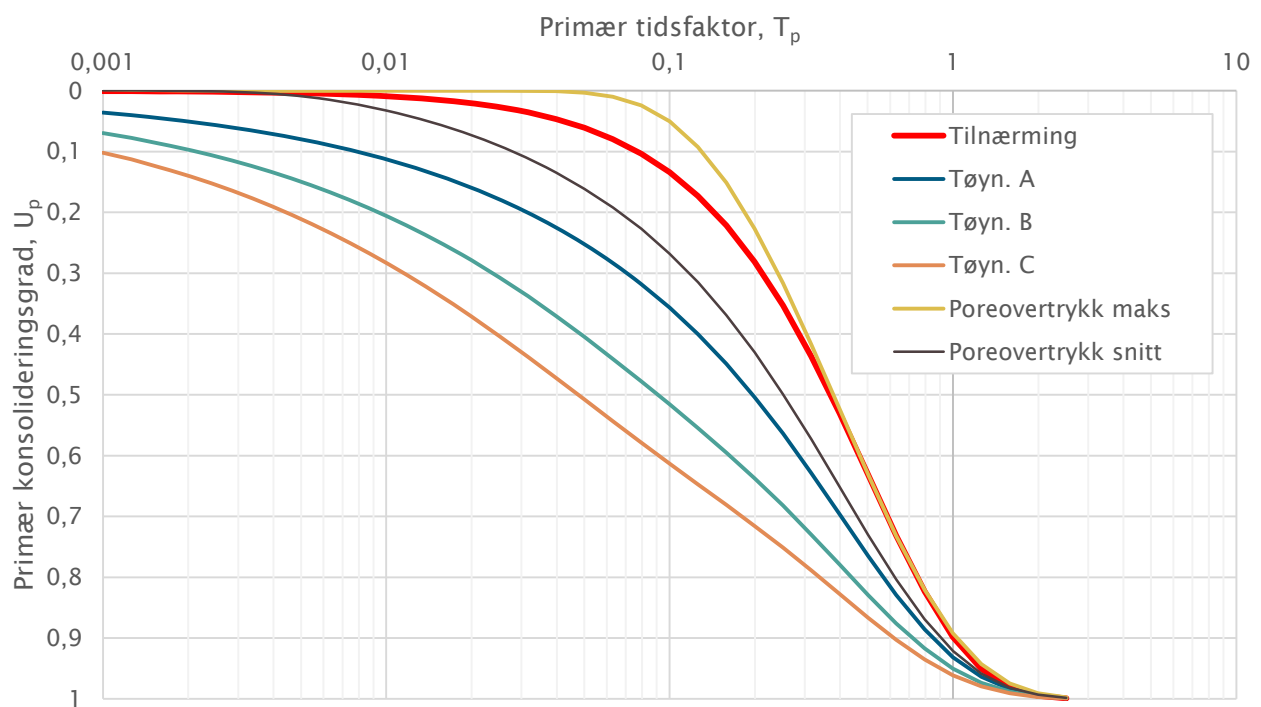
> Figur C-2: Sammenheng mellom tidsfaktor (T_p) og konsolideringsfaktor (U_p) etter Janbu [1]

Konsolideringen vil ta lengst tid i midten av et impermeabelt lag som resulterer i senest økning av effektivspenning. For stabilitetsberegninger er det viktig å ta høyde for dette, slik at skjærfastheten ikke overvurderes.

Formler for primær konsolideringsgrad etter klassisk konsolideringsteori sammenlignes med formler for resttøyningsteori (Janbu) i Figur C-3. For klassisk konsolideringsteori vurderes konsolideringsgrad for poreovertrykk midt i leirelag og gjennomsnittlig konsolideringsgrad for poreovertrykk gjennom leirelaget. Eksempler på evaluering av poreovertrykk maks og poreovertrykk snitt er vist i Figur C-1. Basert på dette etableres en tilnærming for konsolideringsgraden. Tilnærming er her definert med formelen:

$$U_p(t) = 1 - 2^{-\left(\frac{T_p}{0,37}\right)^{1,2}}$$

Som det kommer fram i Figur C-3 reflekterer tilnærmingen hovedsakelig konsolideringstiden for poretrykk maks i leirelaget.



> *Figur C-3: Sammenstilling av primær konsolideringsfaktor for resttøyningsteori (tøyn. A, B og C) og klassisk konsolideringsteori (poreovertrykk)*

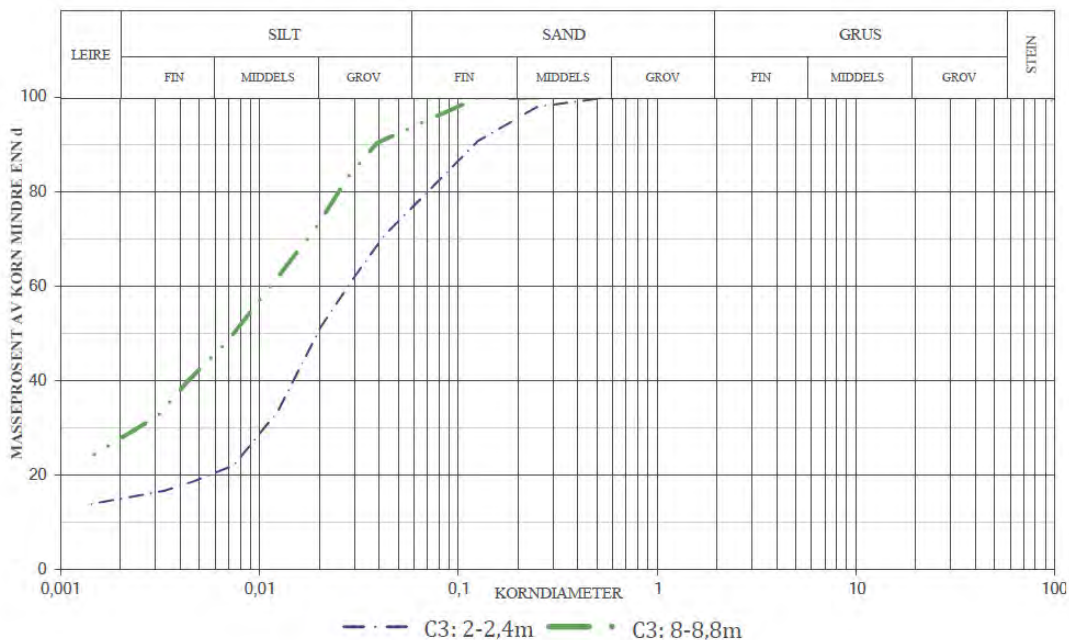
C.3 Konsolideringsparametere

Mektigheten av leire i de evaluerte profilene er opp til om lag 16 m. De omkringende lagene av sand/silt er vurdert å være permeable som dermed gir toveis drenering. Leirelagenes mektighet angir dermed to ganger drenasjeveg ($2H$).

Det er ikke utført ødometerforsøk i den aktuelle leira som angir konsolideringskoeffisient. Det legges derfor faglig skjønn og erfaringsverdier til grunn. Figur C-4 viser erfaringsverdier fra SVV HB V220 [3].

Leirtype	c_u (kN/m ²)	C_v (m ² /år)
Fast	> 50	20 - 50
Middels	25 - 50	10 - 30
Bløt	0 - 25	0,5 - 15

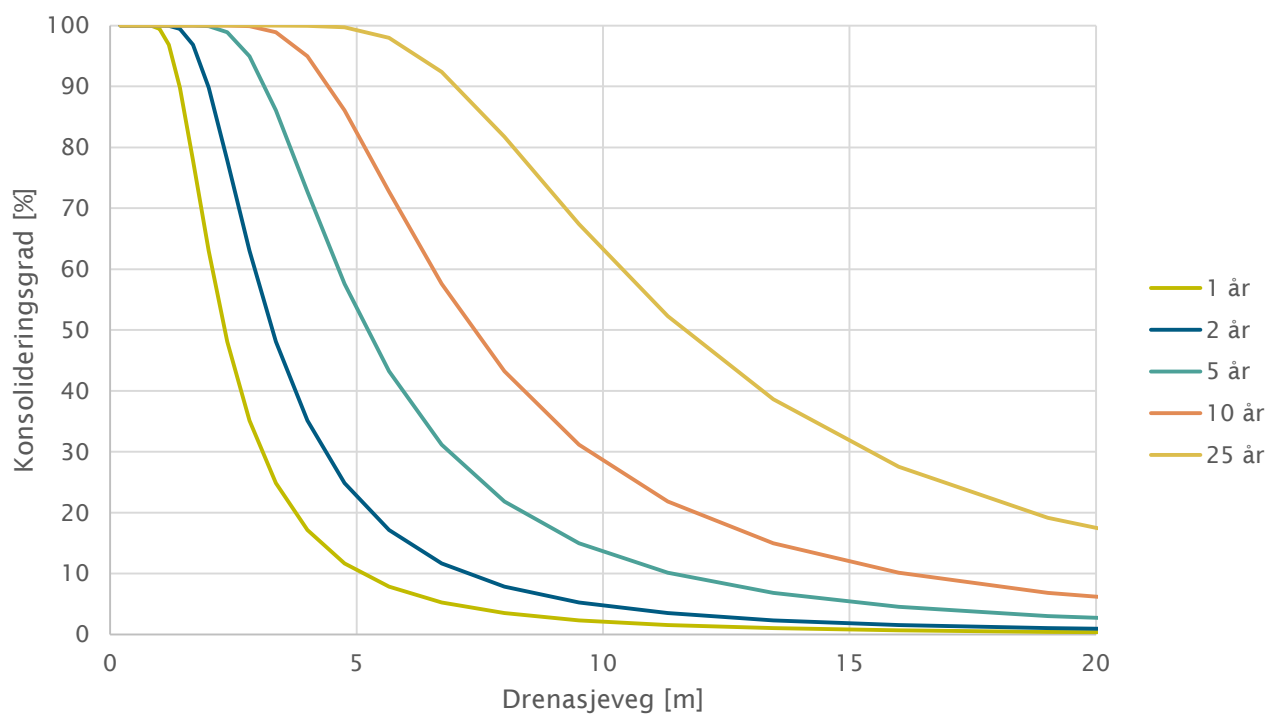
> Figur C-4: Erfaringsverdier av konsolideringskoeffisienter for leire [3]



> Figur C-5: Korngradering av to kvikkleireprøver i borpunkt C3

Leira er bløt, men korngraderingskurven i Figur C-5 viser at leira er siltig. Sonderinger i leirelagene viser tegn til enkelte tynne permeable sjikt. Konsolideringskoeffisienten for leira er valgt å være $2 \text{ m}^2/\text{år}$, som kan ansees som en konservativ verdi for en noe grov leire.

Sammenhengen mellom drenasjeveg (H) og konsolideringsgraden (U_p) ved ulike tidspunkt for disse parameterne er vist i Figur C-6.



> Figur C-6: Sammenheng mellom drenasjeveg (H) og konsolideringsgrad for ulike tidspunkt

C.4 Konsolidering under fylling

Konsolidering er antatt forenklet til å foregå uavhengig av påfølgende fyllinger. Altså blir konsolidert tillegg i effektivspenning etter n antall fyllingsinkrement gitt slik:

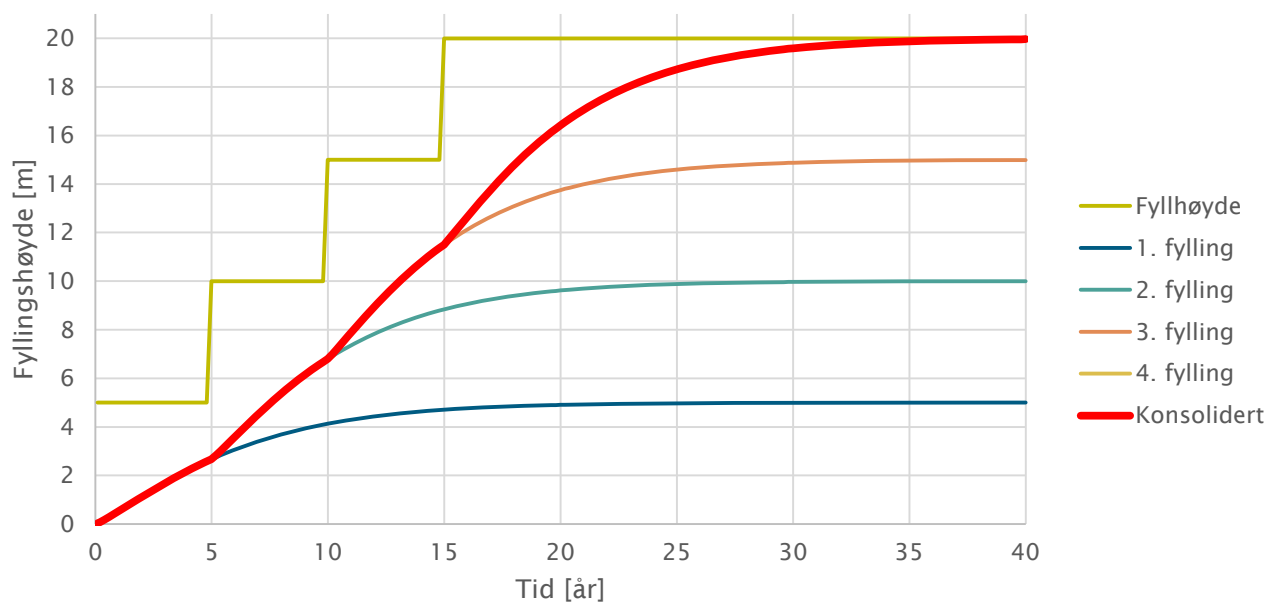
$$\Delta\sigma'(t) = \sum_{i=1}^n \Delta\sigma'_{c,i} \cdot U_p(t - t_{0,i})$$

hvor i er nummeret for hvert fyllingsinkrement som ble plassert ved tid $t_{0,i}$. I det videre beskrives den konsoliderte andelen av fyllingen som en høyde, H_{kons} . Dette beskriver konsolidert andel av fylling og har som antagelse at konsolidert tillegg i effektivspenning er konstant pr. fyllingsinkrement ($H_{f,i}$):

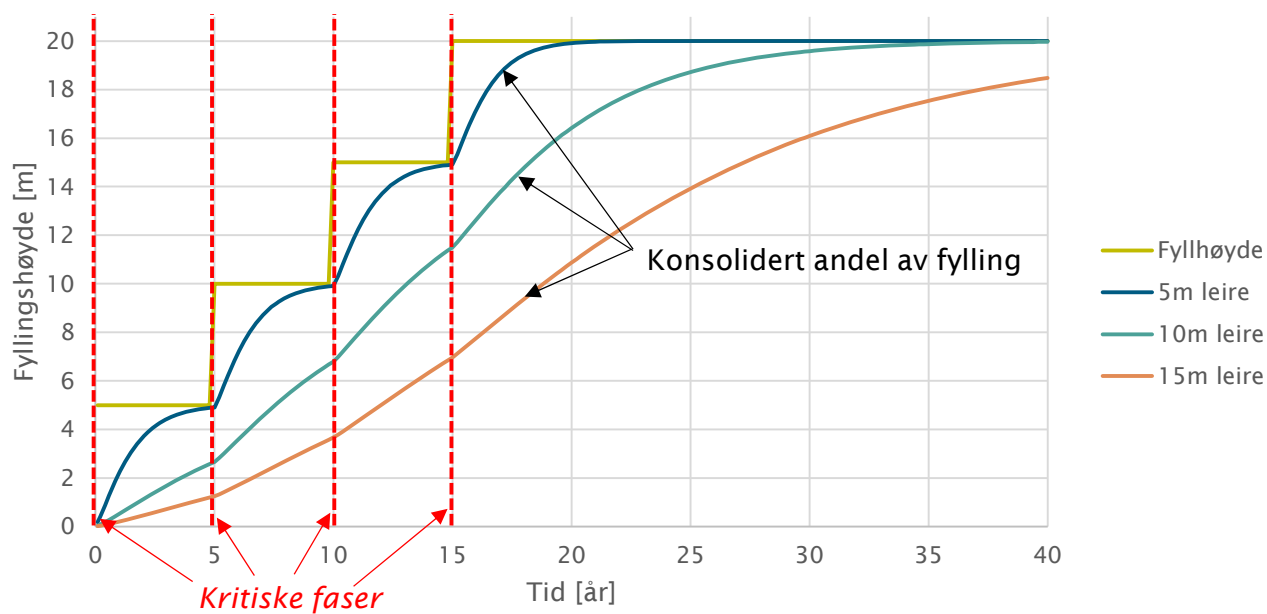
$$H_{kons}(t) = \sum_{i=1}^n H_{f,i} \cdot U_p(t - t_{0,i})$$

Figur C-7 til Figur C-9 viser konsoliderte høyder for et eksempelscenario med fire inkrementelle fyllinger ($H_{f,i}$) på 5 m høyde med 5 års mellomrom. Figur C-7 illustrerer antagelsen om superponering av konsolidering.

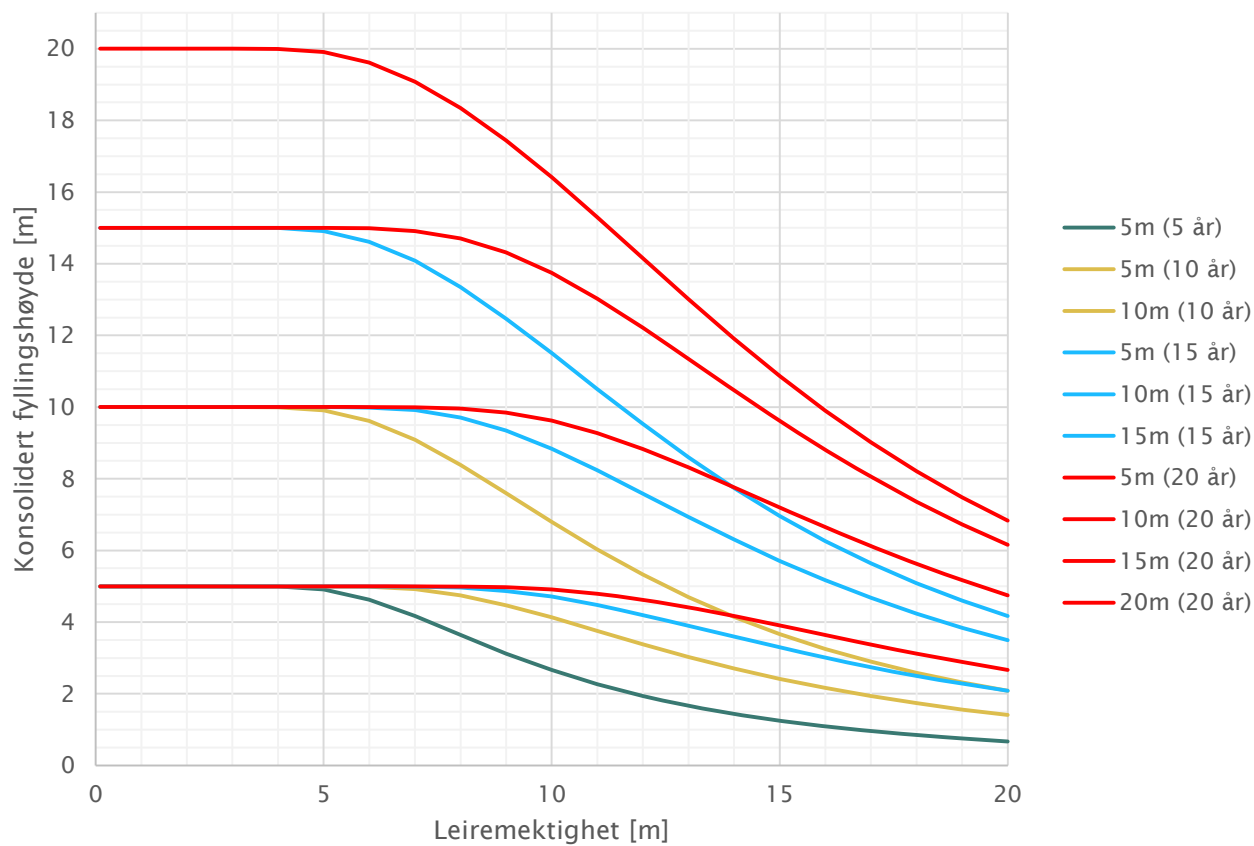
I beregningene blir det antatt at fyllinger etableres momentant pr. fyllingsinkrement. Lavest styrke i leira sammenlignet med belastning opptrer dermed momentant etter fylling og er kritiske faser. Stabilitetsberegninger utføres i disse kritiske fasene, som vist i Figur C-8. Figur C-9 viser konsolidert fyllingshøyde (H_{kons}) i kritiske faser.



> Figur C-7: Konsolidert høyde (H_{kons}) som følge av gradvis oppfylling for et 10m leirelag (5m drenasjeveg)



> Figur C-8: Konsolidert høyde for ulike leiremektighet



> Figur C-9: Konsolidert høyde

C.5 Udrenert skjærfasthet etter delvis konsolidering

Udrenert skjærfasthet som funksjon av tid ved konsolidering defineres som:

$$s_u(t) = s_{u,0} + \frac{\Delta s_u}{\Delta z} \cdot H_{kons}(t)$$

hvor $s_{u,0}$ er udrenert skjærfasthet før fylling. Verdien for $\frac{\Delta s_u}{\Delta z}$ er satt til $2,7kPa/m$ under vannstanden. Udrenert skjærfasthet før fylling er antatt å øke fra dagens terrengnivå. For områdene under vannstand blir utregningen av udrenert skjærfasthet gitt som:

$$s_u(z, t) = \frac{\Delta s_u}{\Delta z} \cdot (z_{terreng} + H_{kons}(t) - z)$$

hvor $z_{terreng}$ er kote for dagens terrengnivå og z er evaluert kote.

C.6 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegninger utføres med i kritiske faser med samlet belastning fra fylling og med delvis konsolidering av leira.

I beregningene presenteres en referanselinje for udrenert skjærfasthet i leira. Referanselinjen er gitt som kote:

$$z_{ref} = z_{terreng} + H_{kons}(t)$$

Referanselinjen reflekterer altså konsolidering av leire som funksjon av leiras mektighet, påført fylling og tid.

Referanser

- [1] N. Janbu, Grunnlag i geoteknikk, Tapir forlag, 1970.
- [2] H. Langø og H. P. Jostad, Konsolideringsteori kompendium, PhD kurs 1988.
- [3] Statens vegvesen, *Håndbok V220, "Geoteknikk i vegbygging"*, 2018.