



# ERTMS-programmet

## Hovedbanen Lodalen Km 1,304 vest Geoteknisk vurdering - Triangelet

- Akseptert.
- Akseptert med innarbeidede kommentarer.  
Oppdater og send inn på nytt.
- Ikke akseptert. Oppdater og send inn på nytt.
- Kun for informasjon.

Sign.:

01C	Revidert etter kommentarer fra Bane NOR	15.05.2024	LSTO	OBD	STNI
00C	For bygging	08.02.2024	LSTO	OBD	STNI
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: <b>ERTMS-programmet</b> Hovedbanen Lodalen Km 1,304 vest Geoteknisk vurdering - Triangelet		Sider: <b>21</b>			
		Produsert av:			
		Prod.dok.nr.:			Rev:
		Erstatter:			
		Erstattet av:			
Prosjekt: ERTMS-programmet Parsell: Forberedende arbeider	Dokumentnummer: <b>1000011744</b>		Revisjon: <b>01C</b>		
		Drift dokumentnummer: Klikk her for å skrive inn tekst.	Drift rev.: <b>000</b>		

# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>3</b>
1.1	PROSJEKTBEKRIVELSE.....	3
<b>2</b>	<b>GRUNNLAG.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>GRUNNFORHOLD OG TOPOGRAFI .....</b>	<b>4</b>
3.1	TOPOGRAFI.....	4
3.2	GRUNNFORHOLD .....	5
<b>4</b>	<b>PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER.....</b>	<b>8</b>
4.1	GEOTEKNISK KATEGORI .....	8
4.2	PÅLITELIGHETSKLASSE (CC/RC).....	8
4.3	PROSJEKTERINGS- OG UTFØRELSESKONTROLL .....	8
4.4	GRUNNTYPE OG SEISMISK KLASSE.....	9
<b>5</b>	<b>MATERIAL- OG LASTFORUTSETNINGER .....</b>	<b>9</b>
5.1	MATERIALPARAMETERE .....	9
5.2	MATERIALFAKTORER .....	13
5.3	LASTER OG LASTFAKTORER.....	13
<b>6</b>	<b>OMRÅDESTABILITET.....</b>	<b>14</b>
6.1	TILTAKSKATEGORI OG KRAV TIL SIKKERHET .....	14
6.2	GJENNOMGANG AV GRUNNLAG .....	15
6.3	TIDLIGERE SKREDAKTIVITET .....	15
6.4	BEFARING .....	16
6.5	GRUNNUNDERSØKELSER .....	16
6.6	SKREDMEKANISME OG AVGRENSNING AV FARESONE.....	16
6.7	KLASSIFISERING AV FARESONE.....	17
6.8	STABILITETSBEREGNINGER .....	18
<b>7</b>	<b>FUNDAMENTERING .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>GRAVEARBEIDER.....</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>KONTROLLPLAN FOR UTFØRELSE .....</b>	<b>20</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAPHY .....</b>	<b>20</b>
<b>11</b>	<b>DOKUMENTINFORMASJON .....</b>	<b>21</b>
11.1	ENDRINGSLOGG.....	21

# 1 INNLEDNING

Bane NOR skal etablere nytt signalanlegg, kalt ERTMS, på hovedbanen og Oslo S. Dagens signalanlegg er gammelt og har behov for utskifting. Med ERTMS vil signalanlegget bli fornyet og standardisert. I forbindelse med etablering av ERTMS må lokasjoner klargjøres. Dette innebærer bl.a. oppgradering av føringsveier og tilrettelegging for tekniske hus til signalanlegget (ERTMS), samt strømforsyning. Gjeldende fase er byggeplan.

Denne rapporten redegjør for geotekniske forhold i forbindelse med etablering av ERTMS-containere på lokasjon Triangelet, som er en av 5 lokasjoner i prosjektet.

## 1.1 Prosjektbeskrivelse

Prosjektet omfatter etablering av føringsveier og strømforsyning som forberedende arbeider for det nye signalanlegget, ERTMS, på Oslo S med tilhørende områder. Hensikten med dette er å klargjøre områdene, slik at de kan tas i bruk for det fremtidige ERTMS-anlegget.

ERTMS-anlegget etableres i containere. På lokasjon Triangelet skal det etableres to containere. Se plassering i utsnitt fra satellittbilde i figur 1.



Figur 1: Omtrentlig plassering av ERTMS-containere [1].

## 2 GRUNNLAG

Følgende grunnlag er benyttet i de geotekniske vurderingene, i tillegg til offentlige karttjenester:

- [2] NGI, «Oslo Hospital - skredvurderinger Områdestabilitetsvurdering,» 2021.
- [3] Rambøll Norge AS, 100011743, rev02C. Geoteknisk datarapport, Bakkesporet og Brynsbakken. Dater 15.01.2024.
- [4] Oslo kommune – Den geotekniske konsulent, «Grunnundersøkelser for belysning av årsaken til setningene ved Dyvekes bro» 1962.
- [5] Berdal Strømme AS, «Jernbanetunnel gjennom gamlebyen - Geoteknisk datarapport,» 1998.
- [6] NSB, «Tunell under St. Halvards plass» 1949.
- [7] NSB, «GK 669, Lodalen» 1948.
- [8] Øvre Romerike Prosjektering AS, «Geotekniske undersøkelser og vurderinger, Kværnerveien 1, 233/197 Oslo,» Oslo Eiendomssenter AS, 2016.
- [9] Oslo kommune - Geoteknisk kontor, «Klosterengakvartalene, R-2294-01 (2492),» 1987.

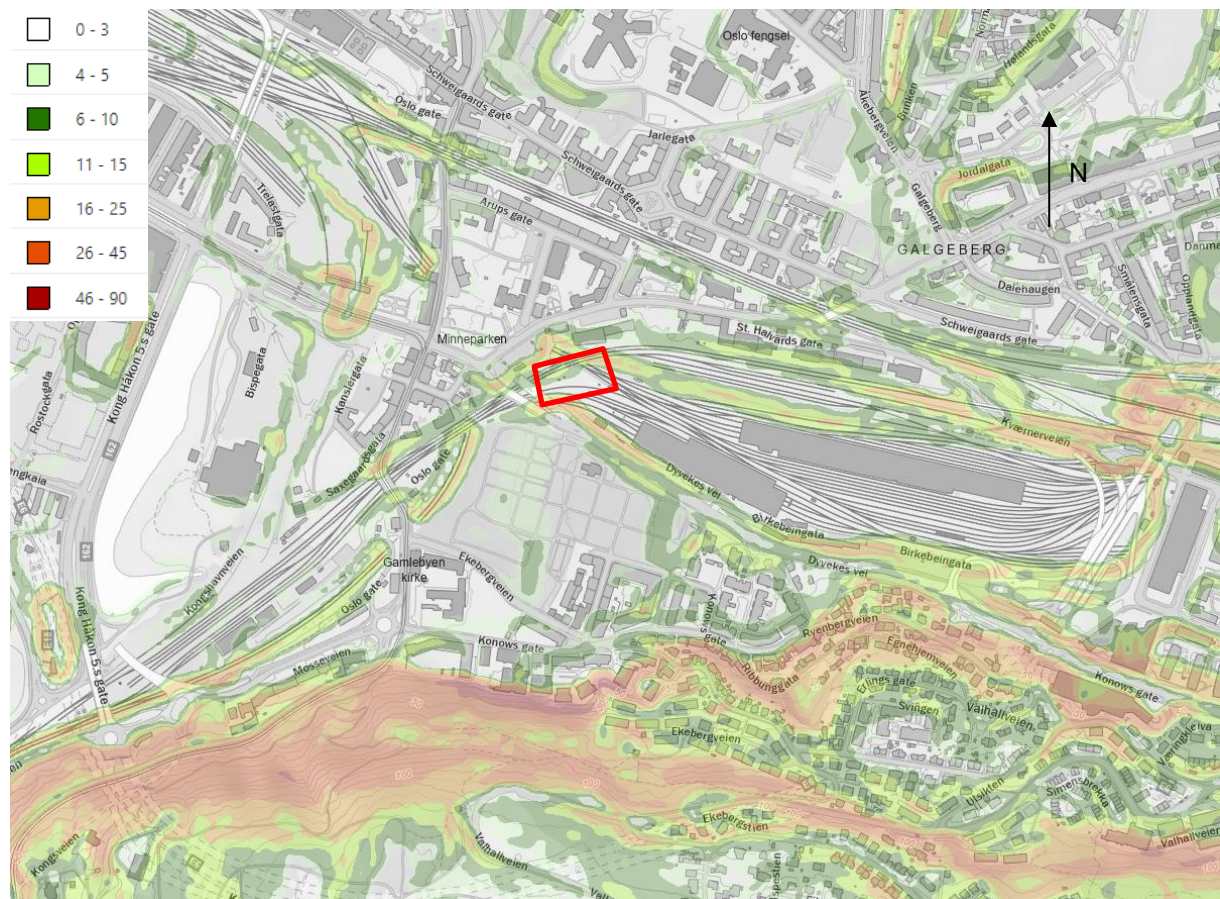
- [10] Ingeniørfirmaet Bj. Haukelis, «St. Halvards gate 26 (52),» 1957.
- [11] Ingeniør Oscar Large, «Schweigaards gate 98 (729),» 1929.
- [12] Oslo kommune - Vann- og avløpsverket, «Gamlebyen skole R-2925 (2416),» 1995.
- [13] Oslo kommune - Vann og Avløpsverket, «Kværnerveien - Utvidelse. Del 1: Ny bro for hovedbanen. R-3002-02. (2559),» 1997.
- [14] Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS, «MIP-00-A-04044 Hovedbanen. Retningsdrift i Brynsbakken. Datarapport geotekniske grunnundersøkelser.,» Bane NOR, 2020.

## 3 GRUNNFORHOLD OG TOPOGRAFI

### 3.1 Topografi

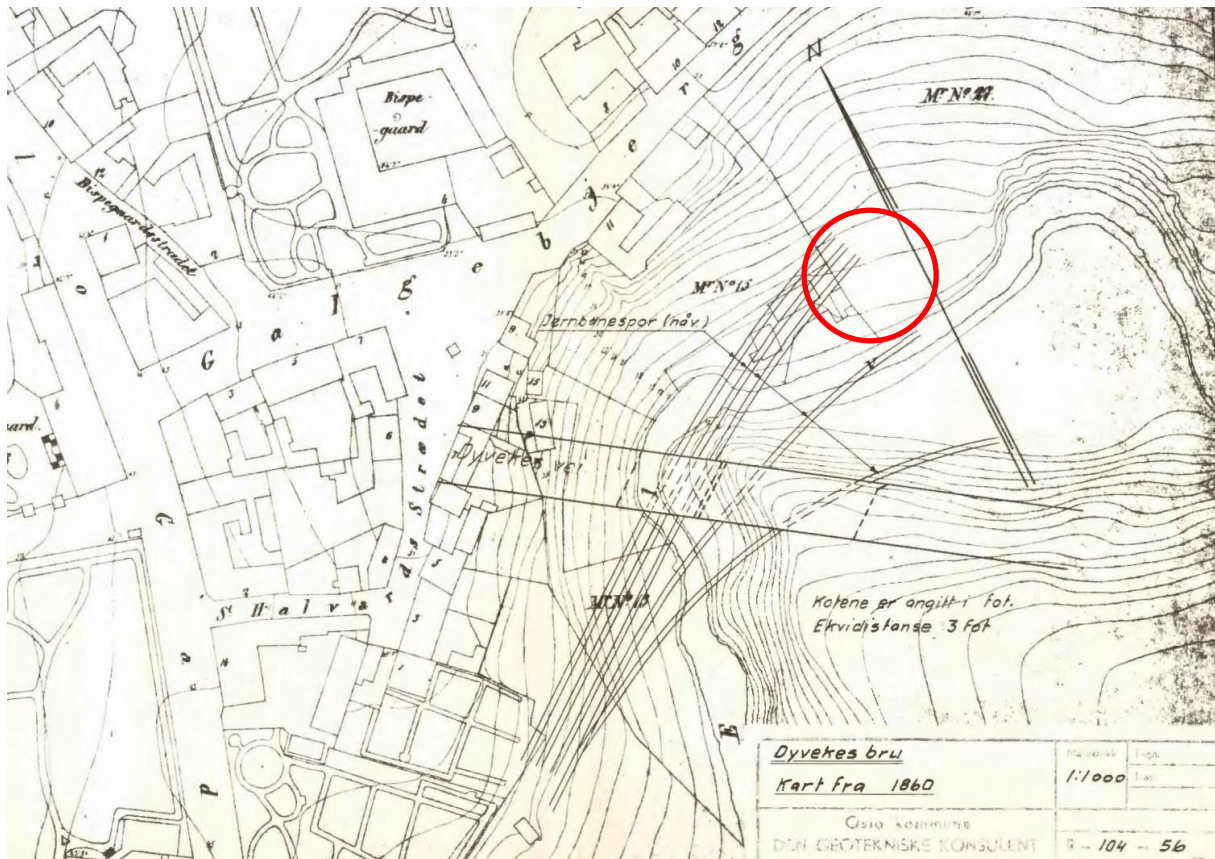
ERTMS-container på lokasjon Triangelet er planlagt å ligge innenfor Bane NORs område i Lodalen. Lokasjon Triangelet ligger på en flate, med jernbanespor på alle kanter av lokasjonen. Det er en jernbanebro like nord for tiltaket, og to vegbroer like vest for tiltaket, hvor kun den ene er i bruk. Se figur 1. To jernbanekulverter krysser under terrenget nord og vest for Triangelet.

Triangelet ligger på ca. kote +9,5 (NN2000). Figur 2 nedenfor viser en oversikt over terrenghelning fra NVEs helningskart [15]. Det er sammenhengende skråninger både langs nord-nordvestsiden og sørsiden av tiltaksområdet.



Figur 2: Helningskart, helning oppgitt i grader [15].

Historiske kart viser at Loelvas løp tidligere gikk like sør for lokasjonen. Utsnitt fra historisk kart fra 1860 er vist i figur 3. Profiler i rapport [4] viser at elvas løp ble flyttet mellom 1860 og 1918 for å etablere jernbanespor. Dette indikerer at det er gjort betydelige endringer i terrenget gjennom flere perioder. Loelva ligger i dag i rør under terreng.



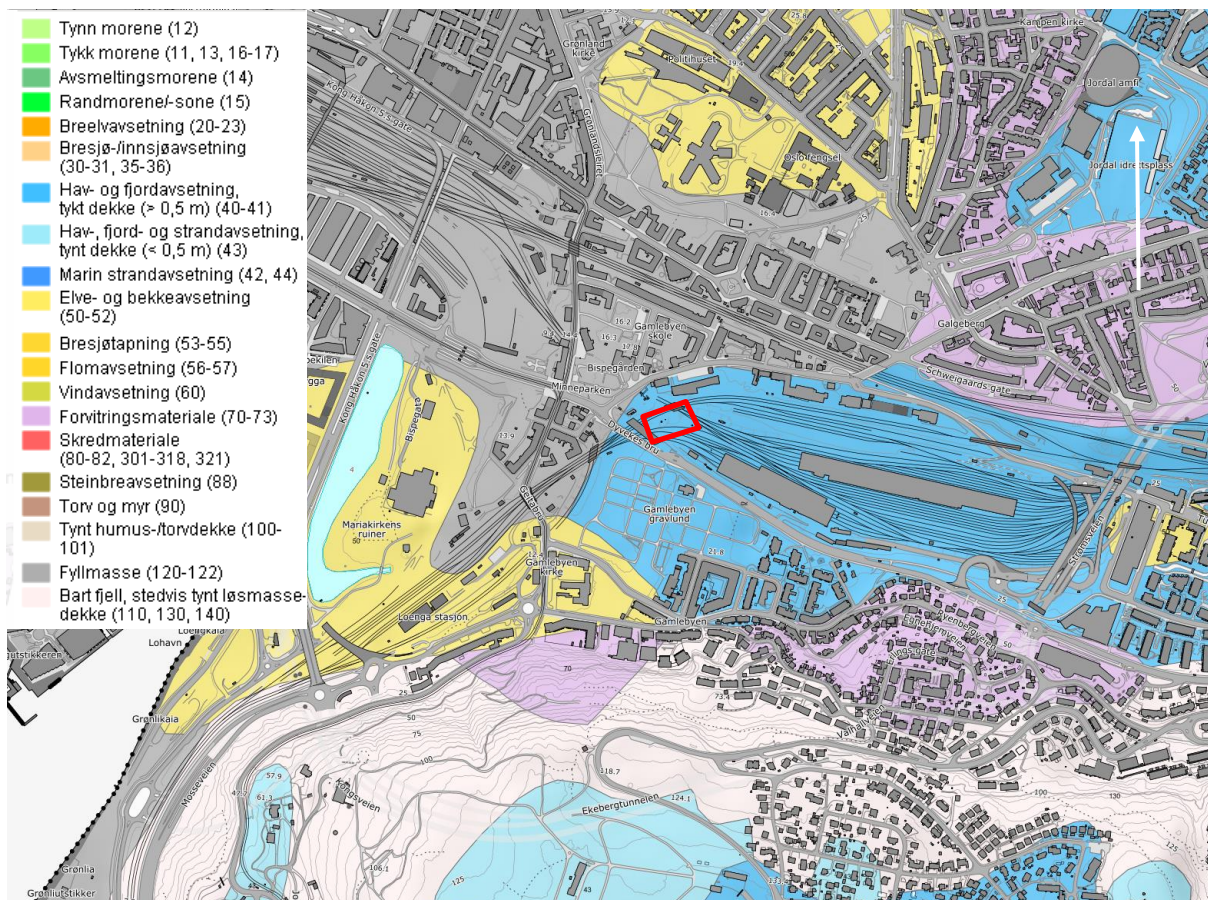
Figur 3: Utsnitt fra historisk kart som viser terrenget i 1860 [4]. Omtrentlig plassering av tiltaksområdet er markert med rød sirkel.

### 3.2 Grunnforhold

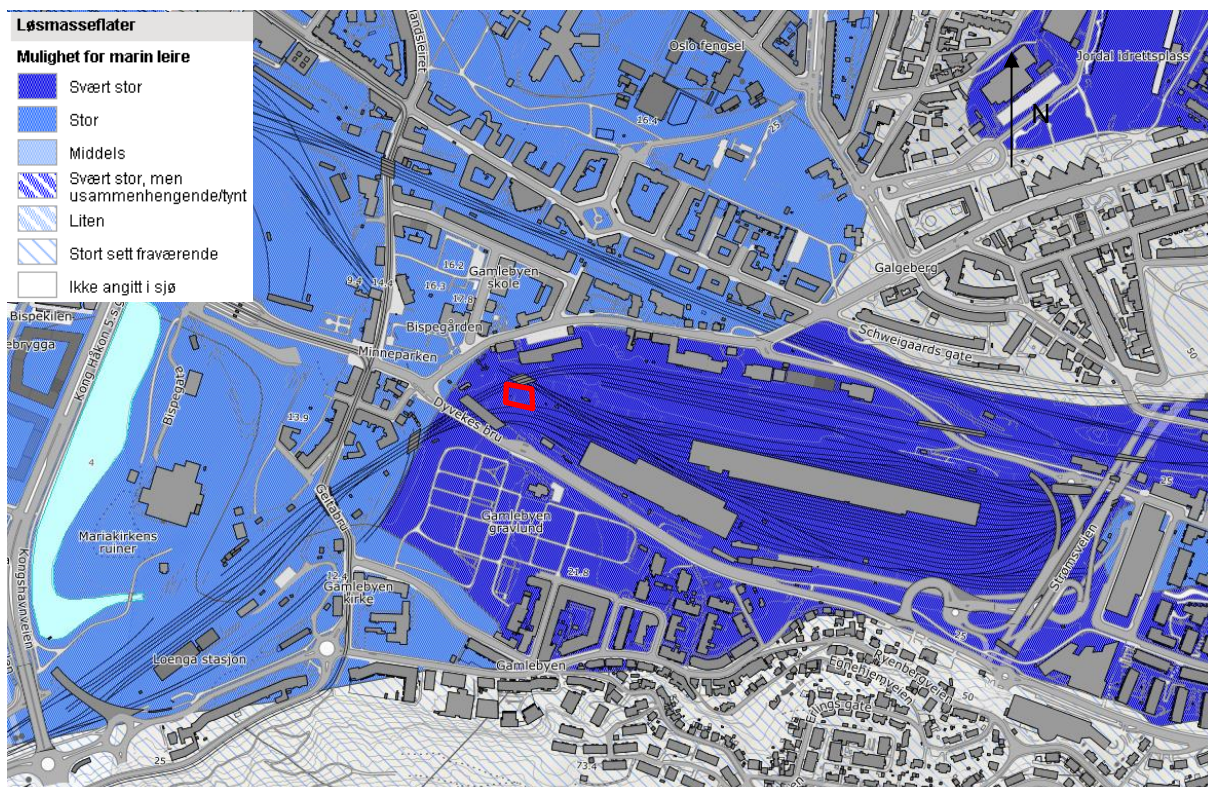
Nasjonal løsmassedatabase indikerer at løsmassene i området hovedsakelig består av hav- og fjordavsetninger tykt dekke [16], med noe fyllmasser nord og vest for tiltaket, samt forvittringsmateriale i nordøst og sør. Databasen viser også noe elve- og bekkeavsetninger i nærheten av tiltaksområdet. Databasen viser en grov oversikt over avsetninger i øvre lag.

Området ligger under marin grense og innenfor et område med svært stor mulighet for marin leire [16], se figur 5.

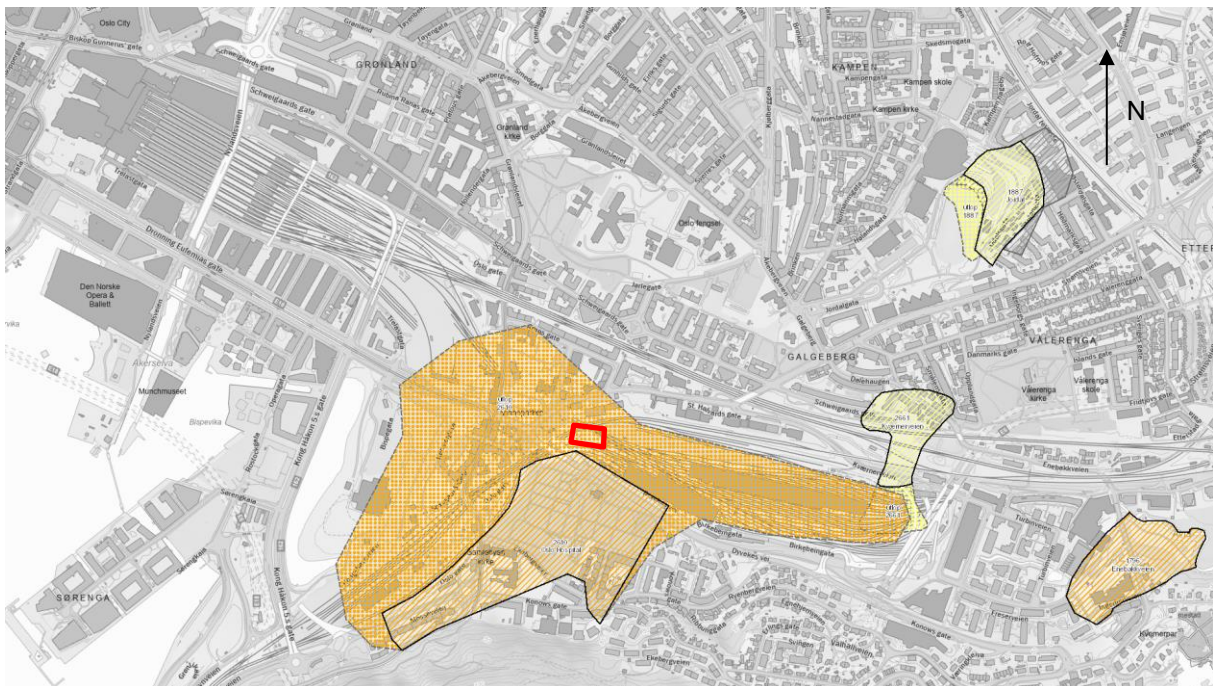
Triangelet ligger i utløpsområdet til den kartlagte faresonen «Oslo Hospital». Se figur 6. Faresonen er utredet av NGI i 2021, i forbindelse med etablering av ny bebyggelse på tomten til Oslo Hospital. Utredningen er dokumentert i rapport [2].



Figur 4: Utsnitt fra nasjonal løsmassedatabase [2].



Figur 5: Utsnitt fra kart over mulig marin leire [16].



Figur 6: Utsnitt fra NVE Atlas - Kartlagte kvikkleiresoner i området [15].

Det er tidligere gjennomført grunnundersøkelser for gamle Dyvekes bro like sør for tiltaket og for tunnel under St. Halvards plass like nord for tiltaket. Resultatene er dokumentert i rapport [4] og [6], og indikerer at løsmassene på tomte hovedsakelig består av fyllmasser, sand eller silt over leire. Dybde til berg er ca. 7-10 m.

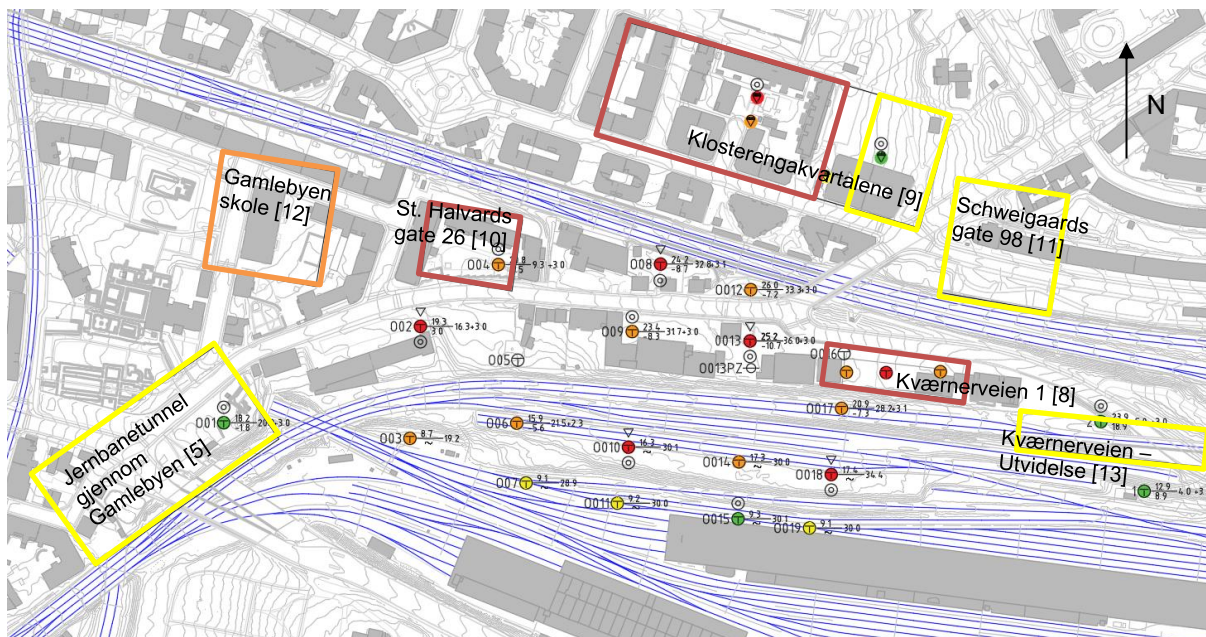
I figur 7 er det vist en oversikt over relevante grunnundersøkelser for tiltaket. Grunnundersøkelser hvor det er tolket eller påvist forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale er markert med henholdsvis oransje og rødt. Undersøkelser hvor det er dokumentert at det ikke er forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale er markert med grønt, og undersøkelser der løsmassene er tolket til å ikke bestå av kvikkleire/sprøbruddmateriale er markert med gult.

Utførte grunnundersøkelser for prosjektet viser at løsmassene i skråningen nord for Bane NORs område i Lodalen generelt består av ett lag fyllmasser over leire. Det er påvist store mektigheter av kvikkleire i enkelte profiler i denne skråningen [3]. Løsmassemektingen er mindre i østre del av skråningen, og grunnundersøkelser viser at det ikke er forekomster av kvikkleire i borpunkt 1 og 2 øst for Kværnerveien 5. Grunnundersøkelser utført for utvidelse av Kværnerveien og ny jernbanebro [13] viser tilsvarende grunnforhold i det samme området.

Grunnundersøkelser fra skråningen vest for Triangelet, mellom Dyvekes bro og jernbanetunnel, indikerer at løsmassene består av oppfylte masser ned til 10-13 m dybde [5]. Det er tatt opp prøver av den stedlige leira under dette. Laboratorieforsøk viser middels fast leire uten sprøbruddegenskaper [3]. Totalsonderinger sør for Dyvekes bro indikerer friksjonsmateriale [5].

Grunnundersøkelser utført i forbindelse med både Gamlebyen skole [12], St. Halvards gate 26 [10], Klosterengakvartalene [9] og Kværnerveien 1 [8] viser forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Grunnundersøkelsene for østre del av Klosterengakvartalene [9] og Schweigaards gate 98 [11] viser liten dybde til berg. Det er også registrert berg i dagen i dette området.

Det er installert poretryksmålere i to dybder ved borpunkt O013, 8 og 12,1 m under terreng. Avlesning av disse viser en grunnvannstand ca. 2,3 m under terreng, med noe poreundertrykk [3]. Lengere øst i denne skråningen er det også registrert et poreundertrykk i flere nivå i skråningen [17].



Figur 7: Oversikt over relevante grunnundersøkelser for tiltaksområdet.

## 4 PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER

Tiltaket prosjekteres i henhold til teknisk regelverk, byggesaksforskriften og gjeldende eurokoder. Følgende regelverk er lagt til grunn:

- [18] Teknisk regelverk, Bane NOR
- [19] Norges Vassdrags- og energidirektorat, Veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred.
- [20] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016
- [21] NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020
- [22] NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021

Prosjektets kontraktsdokument D1 Oppdragsbeskrivelse (kapittel 2.4) er lagt til grunn for forventede laster og krav til materialer for etablering av tomt for ERTMS-kiosker.

Statens vegvesens håndbøker er i tillegg lagt til grunn for vurdering av laster og materialparametere:

- [23] Vegnormal N200, Statens vegvesen
- [24] Håndbok V220, Statens vegvesen

### 4.1 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut fra tre geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra teknisk regelverk TRV:08148. De planlagte arbeidene vurderes å falle inn under **geoteknisk kategori 3** fordi det er registrert kvikkleire i flere borpunkter i området.

### 4.2 Pålitelighetsklasse (CC/RC)

Teknisk regelverk gir retningslinjer for valg av konsekvensklasse. Konsekvensen av en skade i permanenttilstanden vil påvirke spor i drift, og konsekvensen kan derfor vurderes å være stor. I henhold til TRV:08151 plasseres tiltaket i konsekvensklasse CC3.

Pålitelighetsklasse følger konsekvensklasse. Pålitelighetsklasse settes derfor til RC3 i henhold til TRV:08152.

### 4.3 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Teknisk regelverk henviser til Eurokode 0 for valg av prosjekterings- og utførelseskontrollklasse. Eurokode 0 stiller krav til graden av prosjekterings- og utførelseskontroll (kontrollklasse) hver for seg,



<b>ERTMS-programmet</b>	Hovedbanen	Side:	9 av 22
	Lodalen	Dok.nr:	1000011744
	Km 1,304 vest	Rev:	01C
	Geoteknisk vurdering - Triangelet	Dato:	15.05.2024

avhengig av pålitelighetsklasse.

Iht. tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 settes prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til kontrollklasse **PKK3/UKK3**. Det er dermed krav om uavhengig kontroll fra et uavhengig foretak, både for prosjektering og utførelse.

Byggherre er ansvarlig for å engasjere uavhengig kontrollør.

#### 4.4 Grunntype og seismisk klasse

Konstruksjoner 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. Teknisk regelverk henviser til eurokodene for seismisk vurdering, etter TRV:08122. De seismiske klassene bestemmes iht. Eurokode 8, del 1, pkt. 4.2.5 og tabell NA.4(902) i Nasjonalt tillegg NA.

De planlagte containerne anbefales å plasseres i kategorien «*Småhus, rekkehus, mindre lagerhus*». Dette begrunnes med størrelsen på containerne, og at det er svært begrenset med personopphold i disse sammenlignet med øvrige konstruksjoner i nevnte tabell som plasseres i høyere seismiske klasser.

ERTMS-containerne settes derfor i **seismisk klasse I**, i henhold til Tabell NA.4(902) i Eurokode 8 [22]. For konstruksjoner i seismisk klasse I kan påvisning av motstand mot seismisk påvirkning etter NS-EN1998 utelates.

## 5 MATERIAL- OG LASTFORUTSETNINGER

### 5.1 Materialparametere

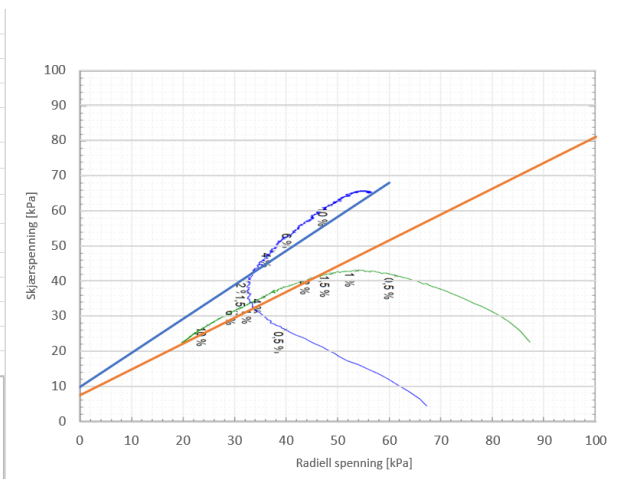
For tolkning av materialparametere er det tatt utgangspunkt i utførte grunnundersøkelser for prosjektet, der grunnlaget har vært mangelfullt er det sett til tidligere utførte grunnundersøkelser i området. For friksjonsmaterialer er det tatt utgangspunkt i erfaringsverdier. Friksjonsvinkel og kohesjon i leirematerialene er tolket fra utførte treaksialforsøk. Tolkningen er vist i figur 8.

Materialparametere gitt i tabell 1 er benyttet i den geotekniske prosjekteringen. Skjærfasthetsprofiler fra tolkede CPTU er lagt til grunn i udrenerte analyser. Se figur 9 til figur 11.

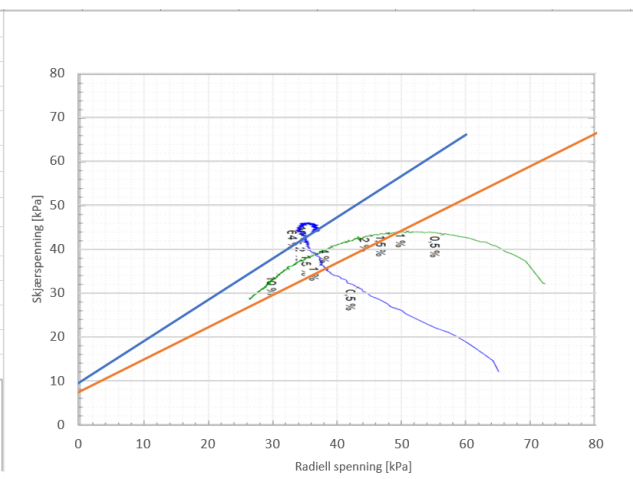
**Tabell 1: Materialparametere**

Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjonsvinkel [°]	Kohesjon [kPa]
Fyllmasser	19	38	5,0
Leire	19	29	5,5
Sprøbrudd/kvikkleire	19	25	4,7
Grus/sand/morene	19	38	7,8

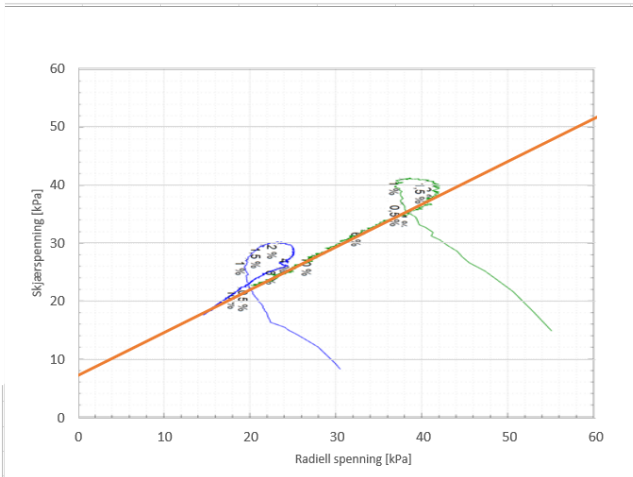
NTNU plott					
Borpunkt	O02				
Z=	5,4 og 11,6		m		
gamma=	20,9		kN/m <sup>3</sup>		
Kvikkleire			Leire		
	( $\sigma_a - \sigma_r$ )/2	$\sigma_r$		( $\sigma_a - \sigma_r$ )/2	$\sigma_r$
	kPa	kPa		kPa	kPa
$\epsilon_{z\%1}$	0	-10	$\epsilon_{z\%1}$	0	-10
$\epsilon_{z\%2}$	81	100	$\epsilon_{z\%2}$	68	60
Sf	0,736		Sf	0,97143	
a	10 kPa		a	10 kPa	
$\phi'$	25,1 grader		$\phi'$	29,5 grader	
c	4,7 kPa		c	5,7 kPa	



NTNU plott					
Borpunkt	O013				
Z=	7,5-12,6		m		
gamma=	20,9		kN/m <sup>3</sup>		
Kvikkleire			Leire		
	( $\sigma_a - \sigma_r$ )/2	$\sigma_r$		( $\sigma_a - \sigma_r$ )/2	$\sigma_r$
	kPa	kPa		kPa	kPa
$\epsilon_{z\%1}$	0	-10	$\epsilon_{z\%1}$	0	-10
$\epsilon_{z\%2}$	81	100	$\epsilon_{z\%2}$	66	60
Sf	0,736		Sf	0,94286	
a	10 kPa		a	10 kPa	
$\phi'$	25,1 grader		$\phi'$	29,0 grader	
c	4,7 kPa		c	5,6 kPa	



NTNU plott		
Borpunkt	O018	
Z=	4,1 og 8,3	
gamma=	20,9	
Kvikkleire		
	( $\sigma_a - \sigma_r$ )/2	$\sigma_r$
	kPa	kPa
$\epsilon_{z\%1}$	0	-10
$\epsilon_{z\%2}$	81	100
Sf	0,736	
a	10 kPa	
$\phi'$	25,1 grader	
c	4,7 kPa	



Figur 8: Tolkning av treaksialforsøk. Kvalitet på treaksialforsøk er oppsummert i tabell 2.

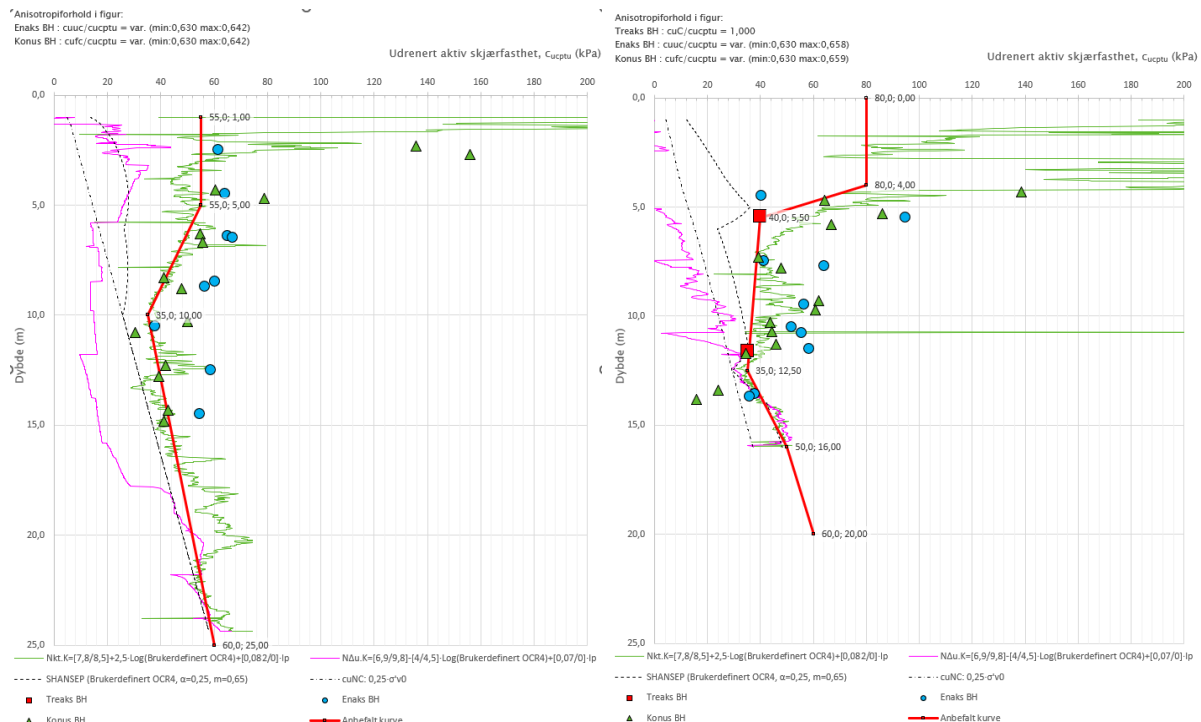
Tabell 2: Klassifisering av prøve kvalitet basert på endring i poretrykk i konsolideringsfasen.

Borpunkt	Dybde	Kvalitet
O02	5,4	God til brukbar
O02	11,6	God til brukbar
O013	7,5	Veldig god til utmerket
O013	12,6	God til brukbar
O018	4,1	Veldig god til utmerket
O018	8,3	God til brukbar

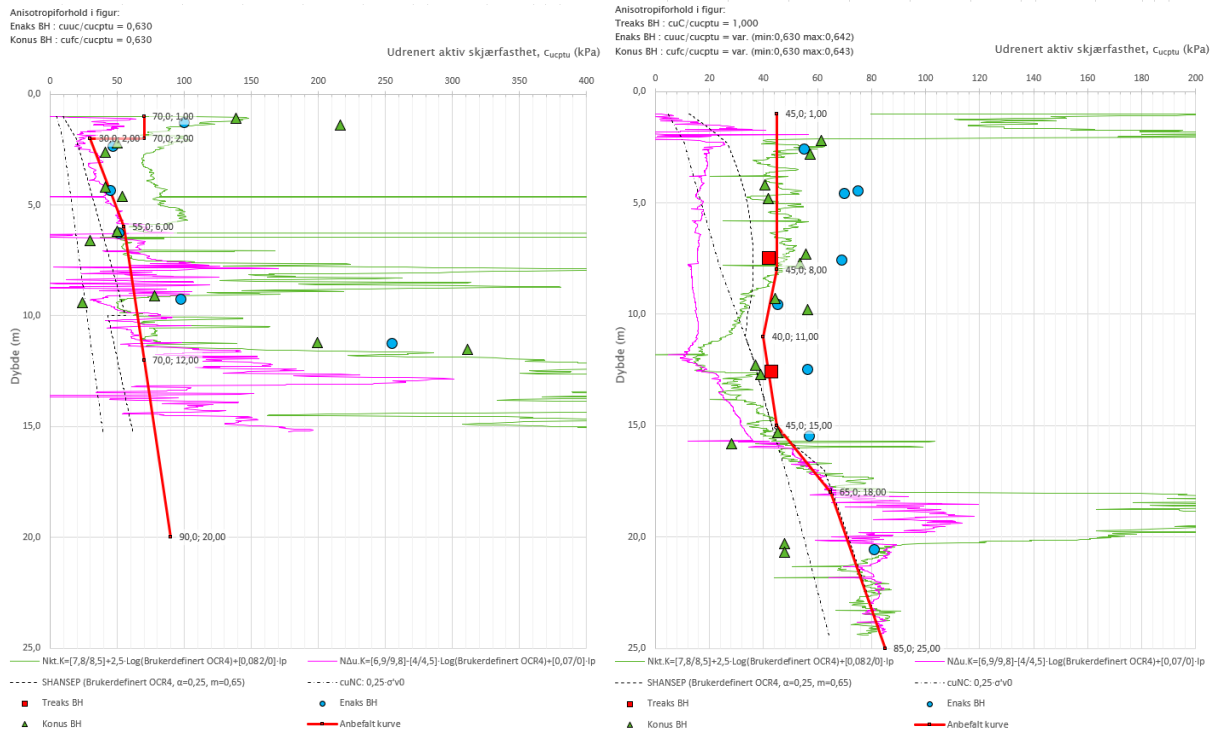
I tolkning av skjærfasthetsprofiler er resultater fra følgende forsøk vektlagt, etter følgende prioritet, i henhold til NIFS rapport nr. 77/2014:

1. Treksialforsøk (av god kvalitet)
2. CPTU (av god kvalitet)
3. Erfaringsverdier ( $c_{uA}/P_0'$  og SHANSEP)
4. Rutineundersøkelser (konus og enaksialt trykkforsøk)

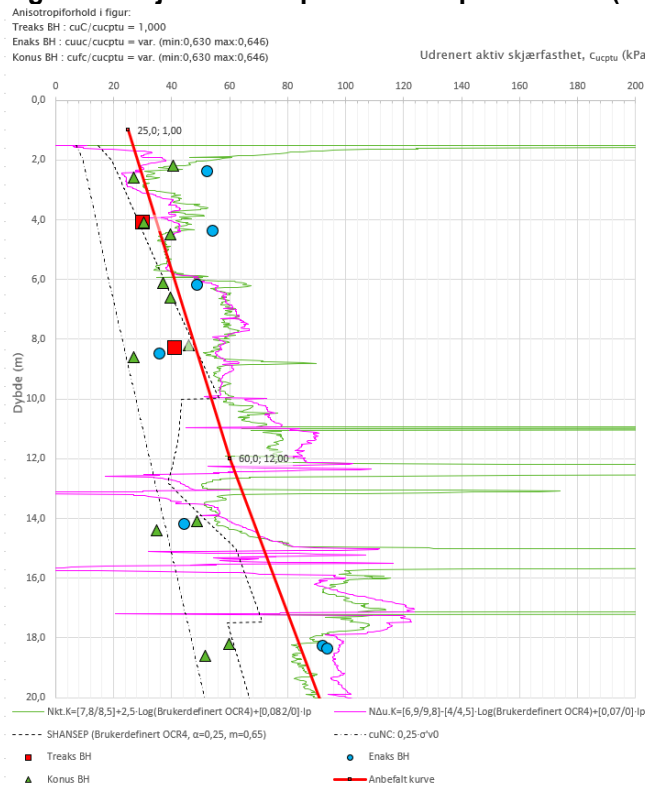
Ved tolkning av CPTU er korrelasjoner mot  $B_q$  vektlagt for lag med god poretrykksrespons. Der poretrykksresponsen er lav, er korrelasjoner med spissmotstand vektlagt. Anvendelsesklasse for alle CPTU'ene er 1.



Figur 9: Skjærfasthetsprofil fra borpunkt O02 (venstre) og borpunkt O08 (høyre).



Figur 10: Skjærfasthetsprofil fra borpunkt O010 (venstre) og O013 (høyre).



Figur 11: Skjærfasthetsprofil borpunkt O018.

<b>ERTMS-programmet</b>	Hovedbanen	Side:	13 av 22
	Lodalen	Dok.nr:	1000011744
	Km 1,304 vest	Rev:	01C
	Geoteknisk vurdering - Triangelet	Dato:	15.05.2024

ADP-faktorer er tolket basert på omforent anbefaling basert på plastisitetsindeks, gitt i NIFS-rapport 14/2014 [25]. Gjennomsnittlig plastisitetsindeks er 7,4 % i kvikkleira og 12,5 % i leire uten sprøbruddegenskaper.

**Tabell 3: Anisotropiforhold**

	$S_{UA}/S_{UD}$	$S_{UA}/S_{UP}$
Leire	0,64	0,36
Sprøbrudd/kvikkleire	0,63	0,35

## 5.2 Materialfaktorer

Krav til partialfaktor ved stabilitets- og bæreevneberegninger er gitt i tabell 4, i henhold til teknisk regelverk kapittel 2.1 TRV:01975 [18]. Brudd som berører det sensitive leirelaget forventes å ha en sprø bruddmekanisme, mens brudd som ikke berører det sensitive leirelaget vurderes til å ha en nøytral bruddmekanisme.

**Tabell 4: Krav til partialfaktor ved stabilitets- og bæreevneberegninger med ved total- og effektivspenningsanalyse:**

Brudmekanisme	Seigt	Nøytralt	Sprøtt
CC3	1,4	1,5	1,6

## 5.3 Laster og lastfaktorer

I stabilitetsberegninger benyttes lastmodell LM71 fra kapittel 525.3 i teknisk regelverk [18]. LM71 representerer den statiske effekten av normal jernbanetrafikk, som følge av vertikal belastning på sporet. Karakteristisk vertikal linjelast er gitt i kapittel 520.4 i teknisk regelverk:

- 110 kN/m For første spor
- 90 kN/m For andre spor
- 0 kN/m For tredje, og øvrige spor.

Linjelasten fordeles over en bredde på 2,5 m.

Iht. 2.4.7.3.4.4 i Eurokode 7 [21] skal det ved analyse av skråninger og områdestabilitet benyttes lastfaktorer etter NA.A2.4(C) i Eurokode 0 [20] for påvirkninger på grunnen. Dette medfører følgende lastfaktor for laster på terrenget:

- 1,3 For laster som virker ugunstig
- 0 For laster som virker gunstig

I tillegg skal det benyttes en alfafaktor på 1,33 på følgende jernbanelinjer, i henhold til trv:04917:

- Østfoldbanen, vestre linje
- Godstogspor
- Hovedspor til Alna

Dimensjonerende grunntrykk for de ulike jernbanelinjene og vegene for stabilitetsanalyser er gitt i tabell 5.

Hver ERTMS-container veier 15 tonn, fordelt på 2,48 x 9 m<sup>2</sup>. Dette gir et karakteristisk grunntrykk på 6,6 kPa pr. container.

**Tabell 5: Dimensjonerende trafikklaster**

Godstogsporet (Ett spor)	76 kPa
Hovedbanen (To spor)	76 kPa/62 kPa
Gardermobanen (To spor)	57,2 kPa/46,8 kPa
Uttrekkspor (Ett spor)	57,2 kPa

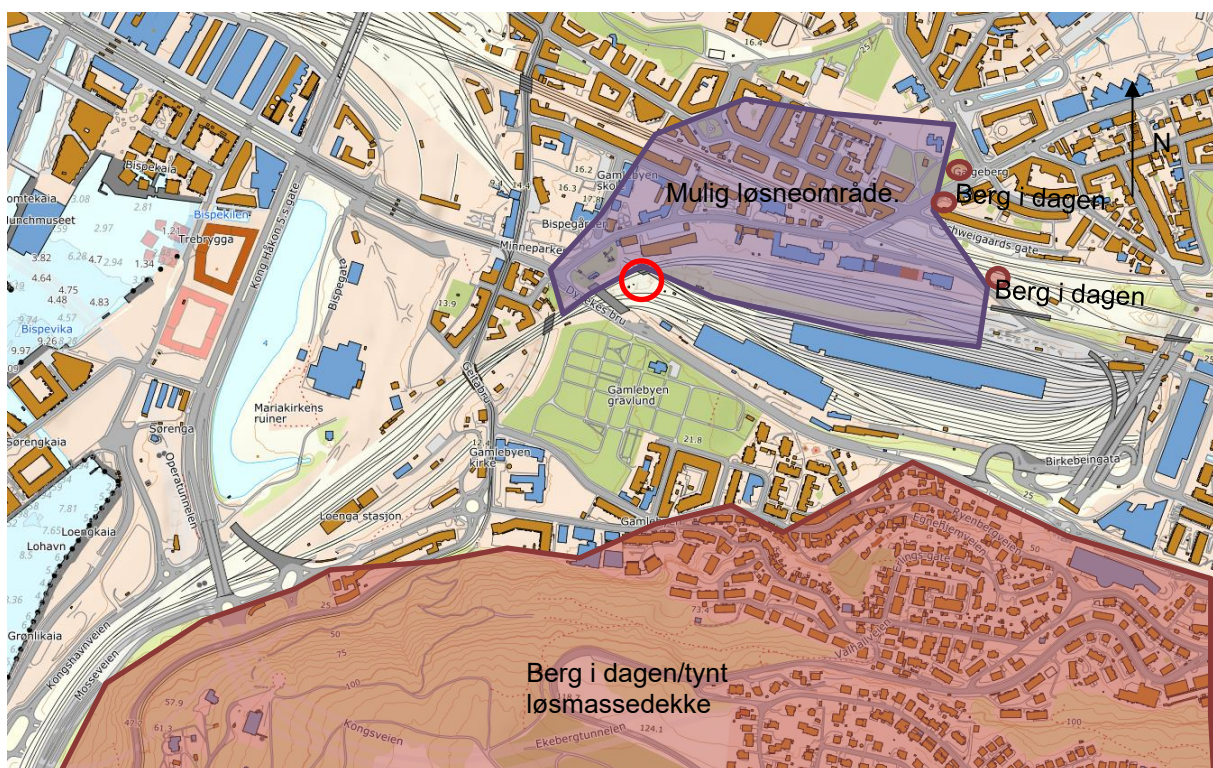
<b>ERTMS-programmet</b>	Hovedbanen	Side:	14 av 22
	Lodalen	Dok.nr:	1000011744
	Km 1,304 vest	Rev:	01C
	Geoteknisk vurdering - Triangelet	Dato:	15.05.2024

Bakkesporet og øvrige spor i Lodalen	57,2 kPa/46,8 kPa/0 kPa
Vegtrafikk (for stabilitetsanalyser) [23]	19,5 kPa
Gang- og sykkelveg [23]	13 kPa

## 6 OMRÅDESTABILITET

I henhold til teknisk regelverk (TRV:08107) skal områdestabiliteten utredes etter retningslinjer gitt i NVEs veileder 1/2019 ved jernbanetiltak i områder med kvikkleire **[18]**. I kapittel 3 er det avklart at tiltaket ligger innenfor utløpsområde til faresone 2610 Oslo Hospital, og at det er registrert kvikkleireforekomster ved skråningen langs nordsiden Bane NORs område i Lodalen.

Mulig løснеområde for områdeskred basert på terrengkriterier gitt i NVEs veileder 1/2019 **[19]** er markert i figur 12.



**Figur 12: Markering av mulig løснеområde basert på terrengkriterier og kart over mulig marin leire. Tiltaksområdet er markert med rød sirkel.**

### 6.1 Tiltakskategori og krav til sikkerhet

ERTMS-containerne er vurdert å tilhøre tiltakskategori K3 på grunn av konsekvenser for togdriften dersom de rammes av et områdeskred.

For tiltak i tiltakskategori K3 må faresoner som kan berøre tiltaket avgrenses og utredes for områdeskredfare. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges. Krav til sikkerhet avhenger av faresonens faregrad, hvorvidt tiltaket forverrer stabiliteten eller ikke, samt hvor i faresonen tiltaket ligger.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er krav til sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c-\varphi} \geq 1,25$ , men ikke forverring kan aksepteres dersom faregraden i aktuell faresone er lav. For skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket gjelder krav til sikkerhet  $F_{c-\varphi} \geq 1,25$  og krav til robusthet  $F_{cu} \geq 1,20$ .

## 6.2 Gjennomgang av grunnlag

Tidligere utførte grunnundersøkelser er gjennomgått. Disse er listet opp i kapittel 2, og grunnforholdene er oppsummert i kapittel 3.2. Det er påvist kvikkleire i store deler av mulig løснеområde markert i figur 12.

Faresonen Oslo Hospital er utredet av NGI i 2021, se faresonens lokasjon i figur 6. Utredningen er dokumentert i rapport [2]. Det er gjennomført stabilitetsberegninger i kritiske snitt i faresonen. Resultatene er oppsummert i tabell 6, sammen med krav til sikkerhet i henhold til NVEs veileder. Kritiske skråninger i faresonen ligger utenfor influensområdet til tiltaket fordi tiltaket ligger i utløpsområdet. Krav til robusthet for udrenerte analyser kan derfor legges til grunn.

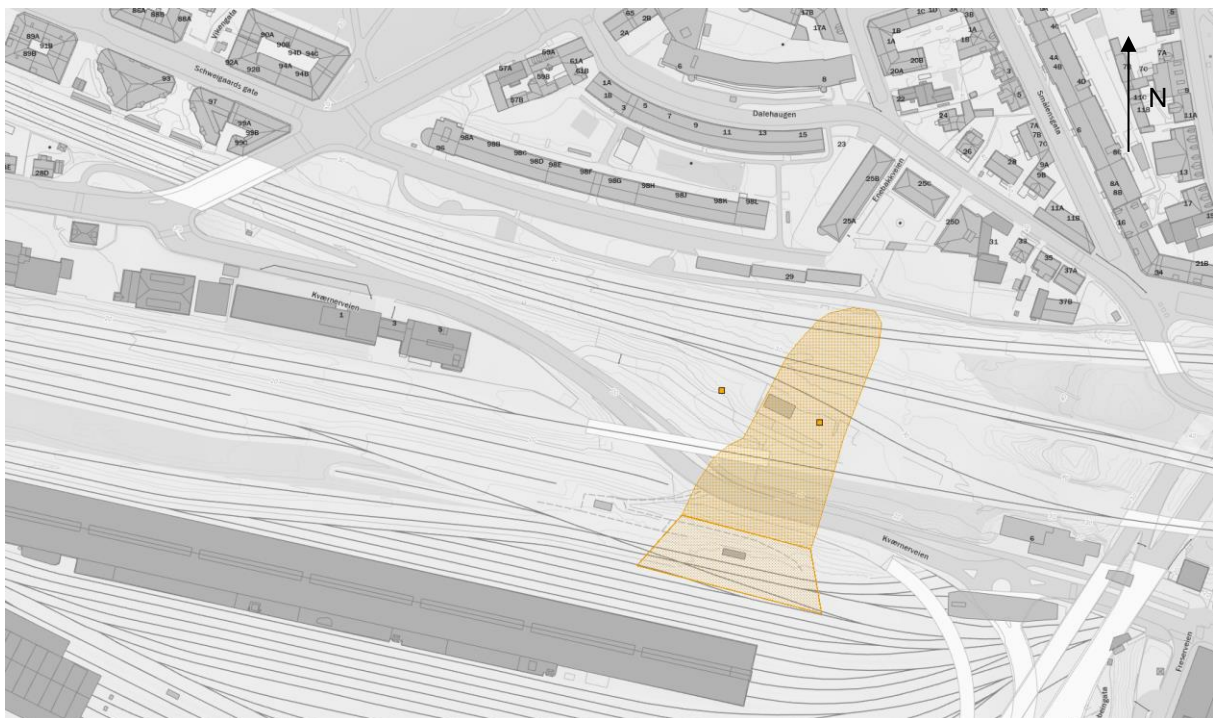
Beregnet sikkerhetsfaktor er høyere enn kravene i NVEs veileder, og sikkerheten i faresonen er dermed tilfredsstillende for dette tiltaket.

**Tabell 6: Beregnet sikkerhetsfaktor og krav til sikkerhet for faresone Oslo Hospital og tiltaket.**

	Beregnet sikkerhetsfaktor	Krav i NVEs veileder
Drenert	1,69	1,25
Udrenert	1,21	1,2

## 6.3 Tidligere skredaktivitet

Det er registrert to skredhendelser i skråningen nord for Bane NORs anlegg i Lodalen, med ca. 2 ukers mellomrom. Det siste, og største skredet, var ca. 70 fot dypt og 200 fot bredt. Etterskred tok også med seg en del av jernbanelinjen [15]. Se utsnitt av skredets omfang i utsnitt figur 13.



**Figur 13: Utsnitt av kart som viser tidligere skredhendelse.**

<b>ERTMS-programmet</b>	Hovedbanen	Side:	16 av 22
	Lodalen	Dok.nr:	1000011744
	Km 1,304 vest	Rev:	01C
	Geoteknisk vurdering - Triangelet	Dato:	15.05.2024

## 6.4 Befaring

Det er gjennomført en befaring 28.09.2023. Følgende funn ble registrert:

- Ingen åpne bekker eller elver som kan utløse skred.
- Det er registrert berg i dagen i østre del av mulig løснеområde. Plassering er vist i figur 12.

## 6.5 Grunnundersøkelser

Det er gjennomført grunnundersøkelser for å oppnå tilstrekkelig kunnskap om løśnieområdet, og for avgrensning av faresonen. Se kapittel 3.2.

## 6.6 Skredmekanisme og avgrensning av faresone

Det er registrert kvikkleire med omrørt skjærfasthet ned til 0,14 kPa. Det er stedvis påvist stor mektighet på kvikkleirelaget. Andel sprøbruddmateriale over mest kritiske glideflate er høyere enn 40 %. I henhold til figur 4.3 i NVEs veileder 1/2019, vurderes aktuell skredmekanisme derfor å være retrogressivt skred.

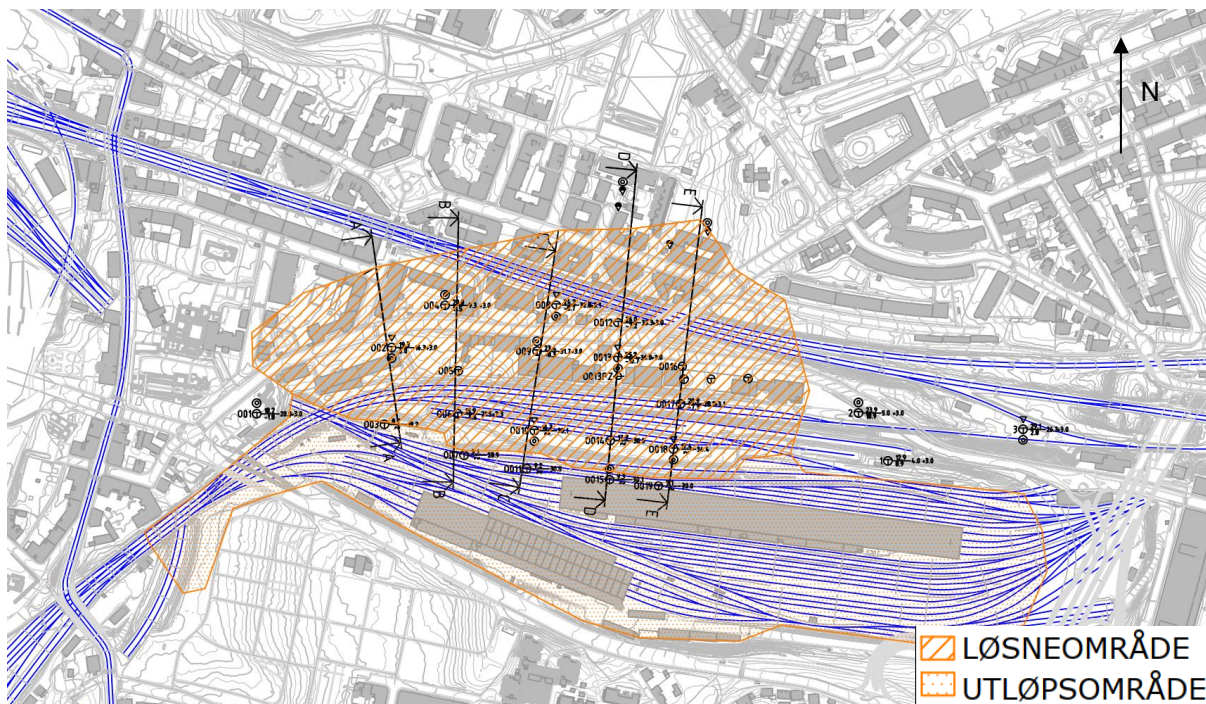
Løśnieområdet er avgrenset i henhold til NIFS-metoden, som er beskrevet i NVEs veileder 1/2019 [19] og NIFS-rapport 14/2016 [26]. Lengde/høydeforholdet for løøgneområdet er vurdert til å være stor basert på kriteriene i analysen, se vurdering i tabell 7. Løøgneområdet er derfor vurdert til å ha et forhold mellom lengde og høyde på inntil 15. Opptegnet løøgneområde basert på dette er vist i figur 14.

**Tabell 7: Avgrensning av løøgneområde i henhold til NIFS-metoden, tabell 1 i [26]**

Indikator	Vekttall	Stor L/H	Middels L/H	Lav L/H	Null
		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
b/D ved L1	1	> 0,5	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
b/D ved 3L1	2	> 0,5	0,25-0,5	Opptil 0,25	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelomma	1	$x_1 < L_1$	$x_1 \sim L_1$	$x_1 > L_1$	—
Forhold ved skredporten	2	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	—
Tidligere skredhendelser	1	$L/H > 10$	$5 < L/H < 10$	$L/H \leq 5$	—
$s_u/\gamma \cdot D$	1	$s_u/\gamma \cdot D < 0.1$	$0.1 \leq s_u/\gamma \cdot D \leq 0.25$	$s_u/\gamma \cdot D > 0.25$	—
<b>SUM</b>	—	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>5</b>

Lengden på utløpsområdet avhenger av skredmekanisme, terreng og størrelsen på løøgneområdet. I dette tilfellet er retrogressiv skredmekanisme aktuelt. Utløpsområdet er en dalbunn, hvor bredden er omtrent like stor som lengden til løøgneområdet. Terrenget vurderes å være relativt åpent, og lengden på utløpsområdet vurderes å være 1,5 ganger lengden til løøgneområdet i henhold til NIFS-rapport 14/2016 [26]. Løøgne- og utløpsområdet er vist i figur 14.





Figur 14: Avgrenset faresone. Se tegning 103.

## 6.7 Klassifisering av faresone

En oppsummering av evaluering av konsekvensklasse er gitt i tabell 8. Konsekvensklassen er vurdert til å være meget alvorlig.

**Tabell 8: Vurdering av konsekvensklasse.**

Skadekonsekvens				
Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Kommentar
Boligheter	4	3	12	Tett bebyggelse i området
Næringsbygg, personer	3	3	9	Flere lokaler med næringsbygg og en skole, antar >50 personer
Annen Bebyggelse, verdi	1	3	3	Kulturminneområde
Vei	2	3	6	Kværnerveien har ÅDT 7724, Bro over jernbanen, St. Halvards gate har ÅDT 11 000, iht. Statens vegvesens vegkart.
Toglinje	2	3	6	Dekker Gardermobanen, Gjøvikbanen, Hovedbanen, Godstogsporet, samt hensettingsanlegg i Lodalen.
Kraftnett	1	0	0	Ingen sentral, regional eller distribusjon iht. NVEs temakart.
Oppdemming/flodbølge	2	0	0	Ingen åpne bekker/elver i området, som kan demmes opp, eller sjø som kan føre til flodbølge
Sum poeng (score x vekttall):			36	
Prosent av maks:		80 %		
<b>Skadekonsekvensklasse:</b>		<b>Meget Alvorlig</b>		

Faregrad er vurdert for de to mest kritiske snittene i løsneområdet, snitt D og E. Se plassering av snittene i figur 14, og vurdering i tabell 9. Faregraden er vurdert til å være lav.

Tabell 9: Vurdering av faregrad.

Faregrad				
Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	3	3	Registrert to hendelser like øst for faresonen.
Skråningshøyde	2	1	2	Inntil 20 m, og platåterreng med slak helning.
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	3	6	Ødometer fra Kvernerveien 1 viser OCR ned mot 1
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	
Poretrykk, undertrykk	-3	1	-3	Svakt poreundertrykk fra 2,3 m under terreng
Kvikkleiremektighet	2	3	6	>H/2
Sensitivitet	1	3	3	>100
Erosjon	3	0	0	Elver/bekker i området er lagt i rør.
Inngrep, forverring	3	0	0	Ingen påvirkning
Inngrep, forbedring	-3	0	0	Ingen påvirkning
Sum poeng (score x vekttall):			17	
Prosent av maks:		33 %		
<b>Faregradsklasse:</b>		<b>Lav</b>		

Risikoklasse for faresonen er basert på faregrad og konsekvensklasse. Faresonen er beregnet til å være i risikoklasse 4.

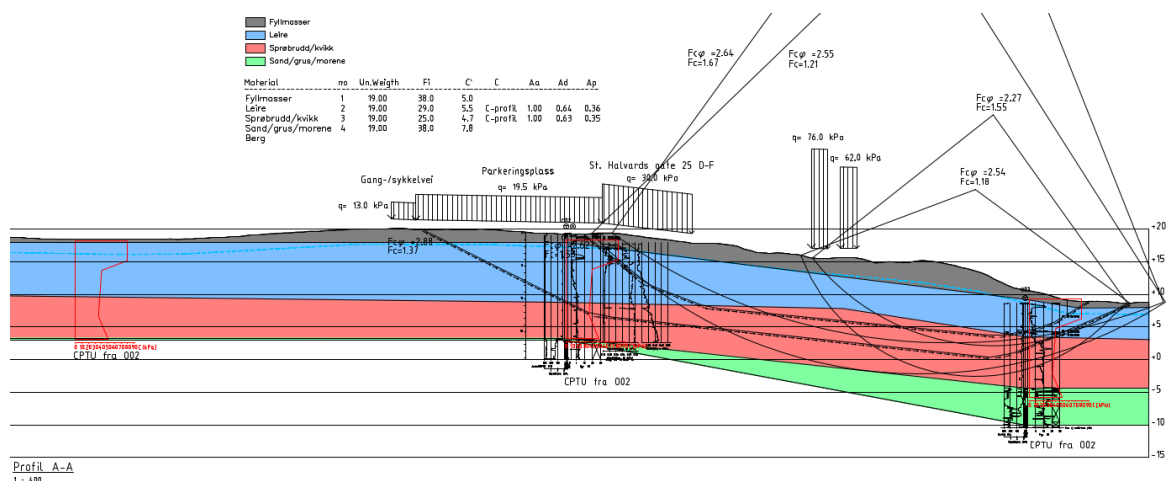
## 6.8 Stabilitetsberegninger

Forholdene er vurdert i fem profiler, se figur 15 til figur 19 og i vedlagte tegninger. Basert på topografi og registrerte grunnforhold er profil D og E vurdert til å være kritiske profiler. Det er gjennomført stabilitetsberegninger i disse profilene, samt i profil A som ligger nærmest tiltaksområdet. Resultatene er vist i figur 15, figur 18 og figur 19. Sikkerhetsfaktor for kritiske glideflater er presentert i tabell 10.

Laster som virker stabiliserende er vurdert for hver glideflate, og alle laster er derfor ikke vist i utsnittene ovenfor.

Lokasjon Triangelet ligger i utløpsområdet til den aktuelle kvikkleiresonen. Kritisk skråning ligger dermed ikke innenfor influensområdet til tiltaket, og tiltaket påvirker ikke stabiliteten i faresonen i noen grad. Ved tiltakskategori K3 og lav faregrad aksepteres tiltak som ikke fører til en forverring av stabiliteten. Tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred oppnås i henhold til NVEs veileder 1/2019.

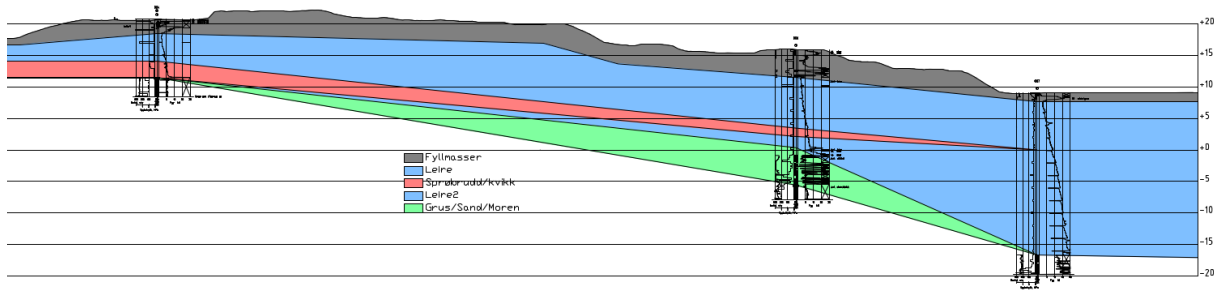
I profil A ligger sprøbruddmaterialet dypere enn skråningsfoten. Det er begrenset med prøvetaking i bunnen av skråningen på grunn av at prøvetaking er tidkrevende og borpunktene er plassert i jernbanespor, som medfører begrenset tid til prøvetaking. Lagdeling er tolket fra totalsondering, og materialparametere er konservativt tolket fra prøveserie og CPTU i O02. Kritiske glideflater i profil A ligger dypere enn 1:15-linja, målt fra 0,25 x skråningshøyden under skråningsfoten. De er dermed mindre aktuelle som initialskred i henhold til kapittel 4.5 i NVEs veileder 1/2019. Det samme gjelder enkelte glideflater med lav sikkerhet i profil D og E også.



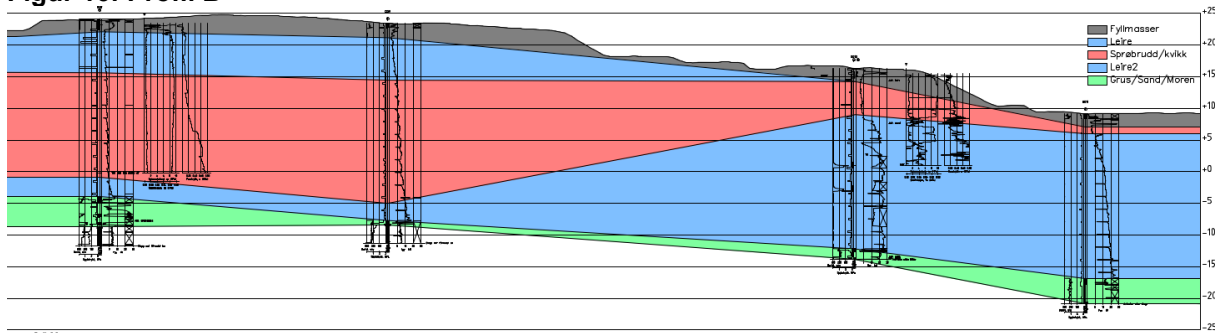
Profil A-A

1 : 400

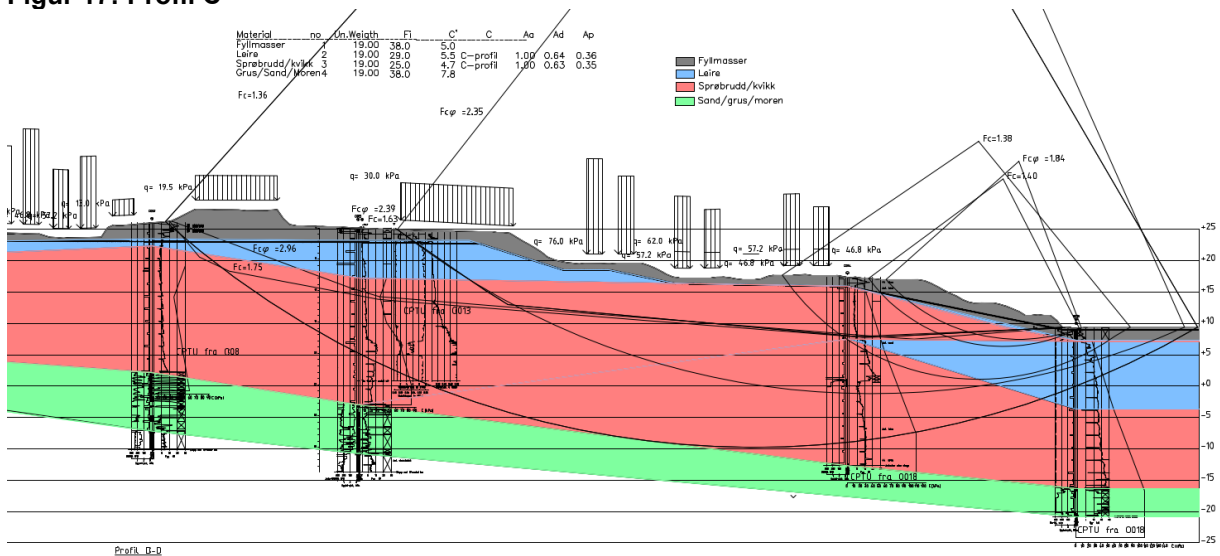
Figur 15: Profil A - Stabilitetsberegning



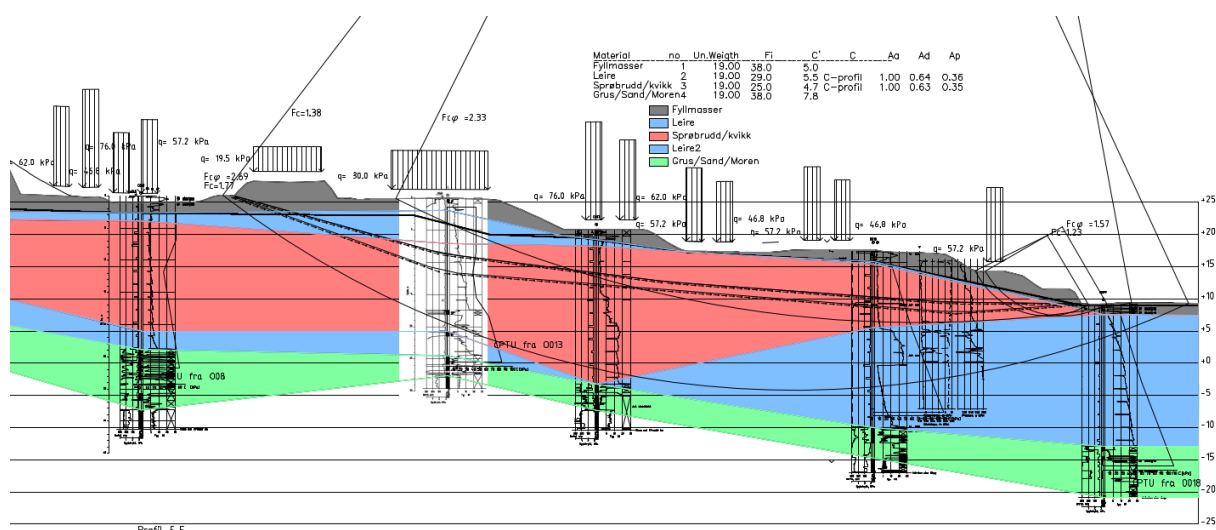
Figur 16: Profil B



Figur 17: Profil C



Figur 18: Profil D - Stabilitetsberegning



Figur 19: Profil E – Stabilitetsberegning

Tabell 10: Resultater fra stabilitetsanalyse

	Beregnet sikkerhet	
	Effektivspenningsanalyse	Totalspenningsanalyse
Profil A	2,27	1,18
Profil D	1,84	1,36
Profil E	1,57	1,23

## 7 FUNDAMENTERING

Det skal etableres et bærelag under ERTMS-containerene. Bærelaget er 0,6 m tykt. Det henvises til tegning 1000011738 for oppbygning av bærelag. Basert på containerens egenvekt og stedlige grunnforhold, vurderes dette å være tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende bæreevne.

## 8 GRAVEARBEIDER

For å etablere bærelag for containeren er det behov for en utgraving på ca. 0,6 m. For å oppnå tilfredsstillende stabilitet bør graveskrånninger etableres med skråningshelning 1:1,5 (v:h) eller slakere. Utgravingen forventes ikke å påvirke eksisterende jernbanespor, eller andre konstruksjoner i nærheten.

## 9 KONTROLLPLAN FOR UTFØRELSE

Følgende forhold på kontrolleres under utførelsen:

- Grunnforhold som forutsatt. Geotekniker kontaktes dersom grunnforholdene avviker fra forutsetningene i dette notatet. Dvs. dersom løsmassene består av noe annet enn fyllmasser i toppen, og leire eller silt videre i dybden.
- Graveskrånninger med helning 1:1,5, eller slakere.
- Graveskrånninger undergraver ikke jernbanefyllinger.

## 10 BIBLIOGRAPHY

- [1] Google, «Google maps,» 17 10 2023. [Internett]. Available: <https://www.google.com/maps>. [Funnet 17 10 2023].
- [2] NGI, «Oslo Hospital - skredvurderinger Områdestabilitetsvurdering,» 2021.

<b>ERTMS-programmet</b>	Hovedbanen	Side:	21 av 22
	Lodalen	Dok.nr:	1000011744
	Km 1,304 vest	Rev:	01C
	Geoteknisk vurdering - Triangelet	Dato:	15.05.2024

- [3] Rambøll Norge AS, «1000011743 Geoteknisk datarapport, Bakkesporet og Brynsbakken, rev.02C,» 2024.
- [4] Oslo kommune - Den geotekniske konsulent, «Grunnundersøkelser for belysning av årsaken til setningene ved Dyvekes bro. 1. del (2412),» 1962.
- [5] Berdal Strømme AS, «Jernbanetunnel gjennom Gamlebyen - Geoteknisk datarapport,» 1998.
- [6] NSB, «GK778 Tunell under St. Halvards plass (2422),» 1949.
- [7] NSB, «GK 669 Lodalen,» 1948.
- [8] Øvre Romerike Prosjektering AS, «Geotekniske undersøkelser og vurderinger, Kværnerveien 1, 233/197 Oslo,» Oslo Eiendomssenter AS, 2016.
- [9] Oslo kommune - Geoteknisk kontor, «Klosterengakvartalene, R-2294-01 (2492),» 1987.
- [10] Ingeniørfirmaet Bj. Haukelis, «St. Halvards gate 26 (52),» 1957.
- [11] Ingeniør Oscar Large, «Schweigaards gate 98 (729),» 1929.
- [12] Oslo kommune - Vann- og avløpsverket, «Gamlebyen skole R-2925 (2416),» 1995.
- [13] Oslo kommune - Vann og Avløpsverket, «Kværnerveien - Utvidelse. Del 1: Ny bro for hovedbanen. R-3002-02. (2559),» 1997.
- [14] Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS, «MIP-00-A-04044 Hovedbanen. Retningsdrift i Brynsbakken. Datarapport geotekniske grunnundersøkelser.,» Bane NOR, 2020.
- [15] NVE, «NVE Atlas,» NVE, 21 06 2023. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 21 06 2023].
- [16] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» NGU, 19 06 2022. [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 19 06 2023].
- [17] Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS, «Hovedbanen (Oslo S) - Aker. Retningsdrift Brynsbakken. Utredning områdestabilitet.,» Bane NOR, 2021.
- [18] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» Bane NOR, [Internett]. Available: <https://trv.banenor.no/wiki/Underbygning>. [Funnet 21 06 2023].
- [19] Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE), «Veileder 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, 2020.
- [20] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016,» Standard Norge, 2016.
- [21] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020,» Standard Norge, 2020.
- [22] Standard Norge, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021,» Standard Norge, 2021.
- [23] Statens vegvesen, «Vegnormal N200 Vegbygging,» Vegdirektoratet, 2022.
- [24] Statens vegvesen, «Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging,» Vegdirektoratet, 2022.
- [25] NVE, Statens vegvesen og Jernbaneverket, «Rapport nr. 14/2014 En omrorent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NVE, Statens vegvesen og Jernbaneverket, 2014.
- [26] NIFS, «Rapport 14-2016 - Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred,» Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, 2016.
- [27] Oslo kommune, Geoteknisk kontor, «Rapport over Oslo gate 6 - Orienterende grunnundersøkelser,» Oslo kommune, 1988.

## 11 DOKUMENTINFORMASJON

### 11.1 Endringslogg

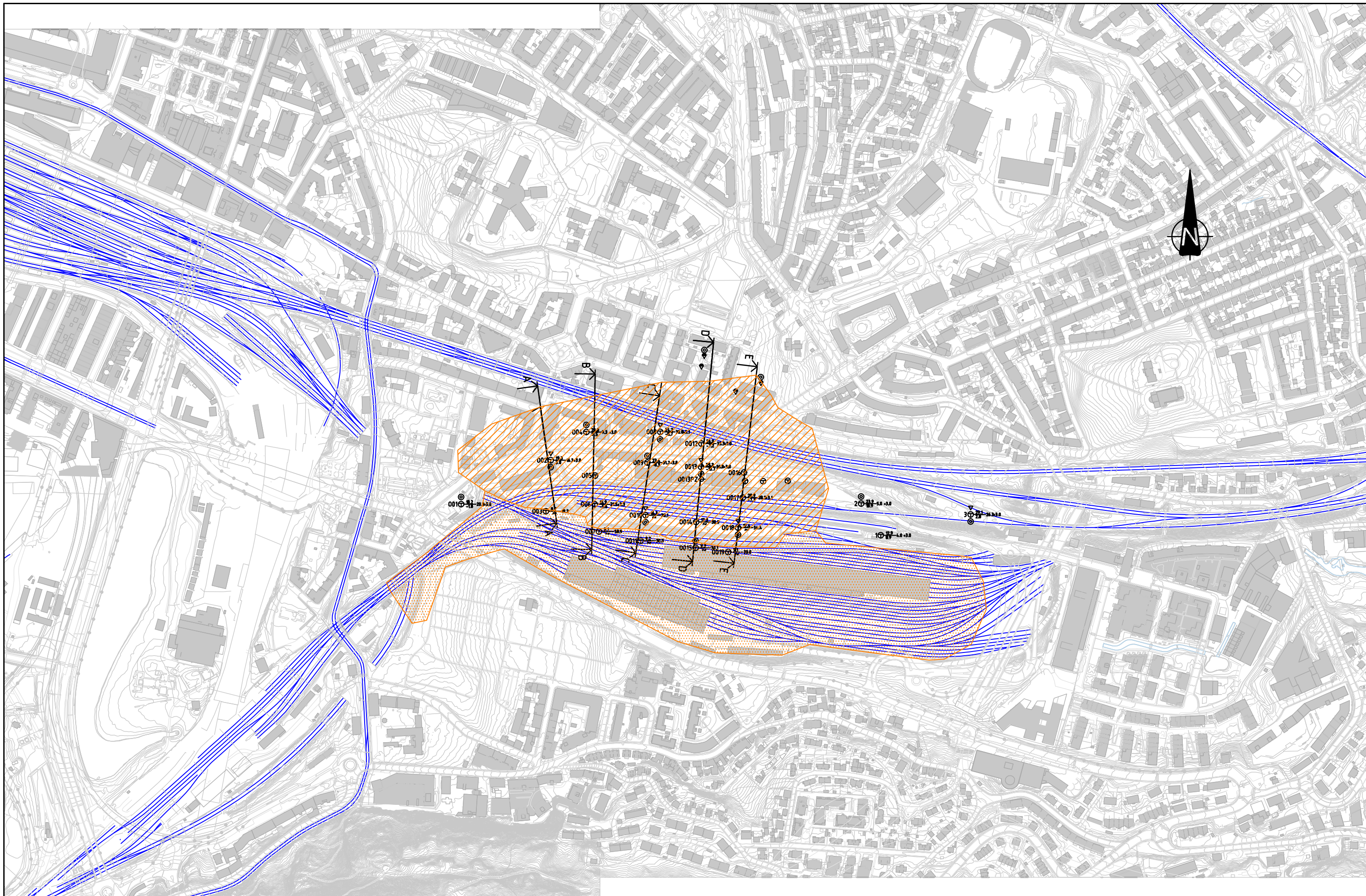
Rev.	Beskrivelse av endring	Dato	Utført av
00C	For bygging	08.02.2024	LSTO
01C	Revidert etter kommentarer fra Bane NOR. Inkluderer bl.a.	16.05.2024	LSTO

**ERTMS-programmet**

Hovedbanen  
Lodalen  
Km 1,304 vest  
Geoteknisk vurdering - Triangelet

Side: 22 av 22  
Dok.nr: 1000011744  
Rev: 01C  
Dato: 15.05.2024

	også stabilitetsberegninger i profil A.		



00	30.01.2024		LSTO	OBD	STNI
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS			SONEUTREDNING		

**RAMBOLL**  
 Rambøll Norge AS  
 P.b. 9420 Torgarden  
 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
**ERTMS OSLO S**

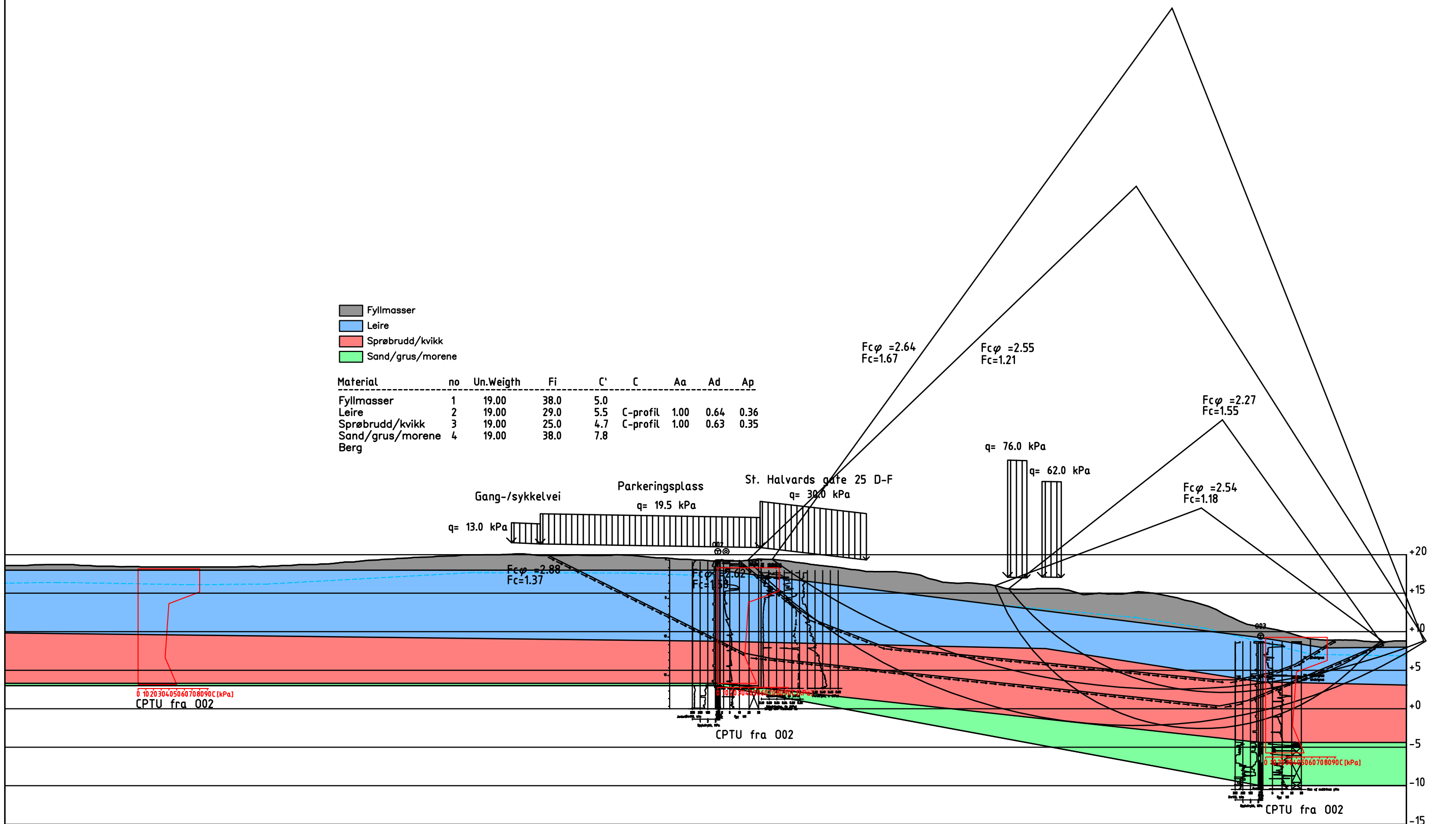
OPPDRAGSGIVER  
**INFRANORD**

INNHOLD  
**FARESONE**  
 LØSNEOMRÅDE  
 UTLØPSOMRÅDE

OPPDRAG NR. 1350049978	MÅLESTOKK 1:5000	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 101	REV. 0

- Fyllmasser
- Leire
- Sprøbrudd/kvikk
- Sand/grus/morene

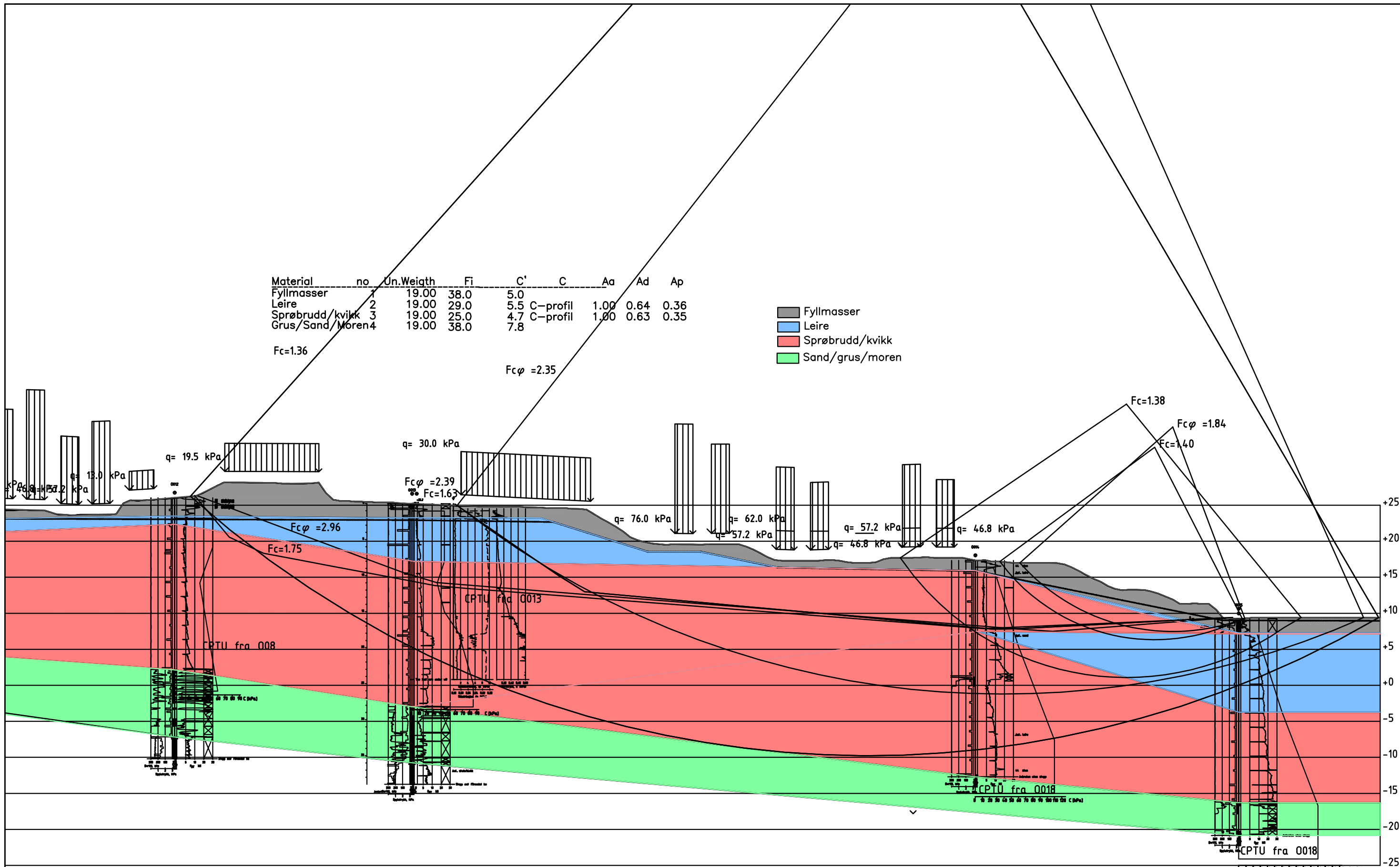
Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	1	19.00	38.0	5.0				
Leire	2	19.00	29.0	5.5	C-profil	1.00	0.64	0.36
Sprøbrudd/kvikk	3	19.00	25.0	4.7	C-profil	1.00	0.63	0.35
Sand/grus/morene	4	19.00	38.0	7.8				
Berg								



Profil A-A  
1 : 400

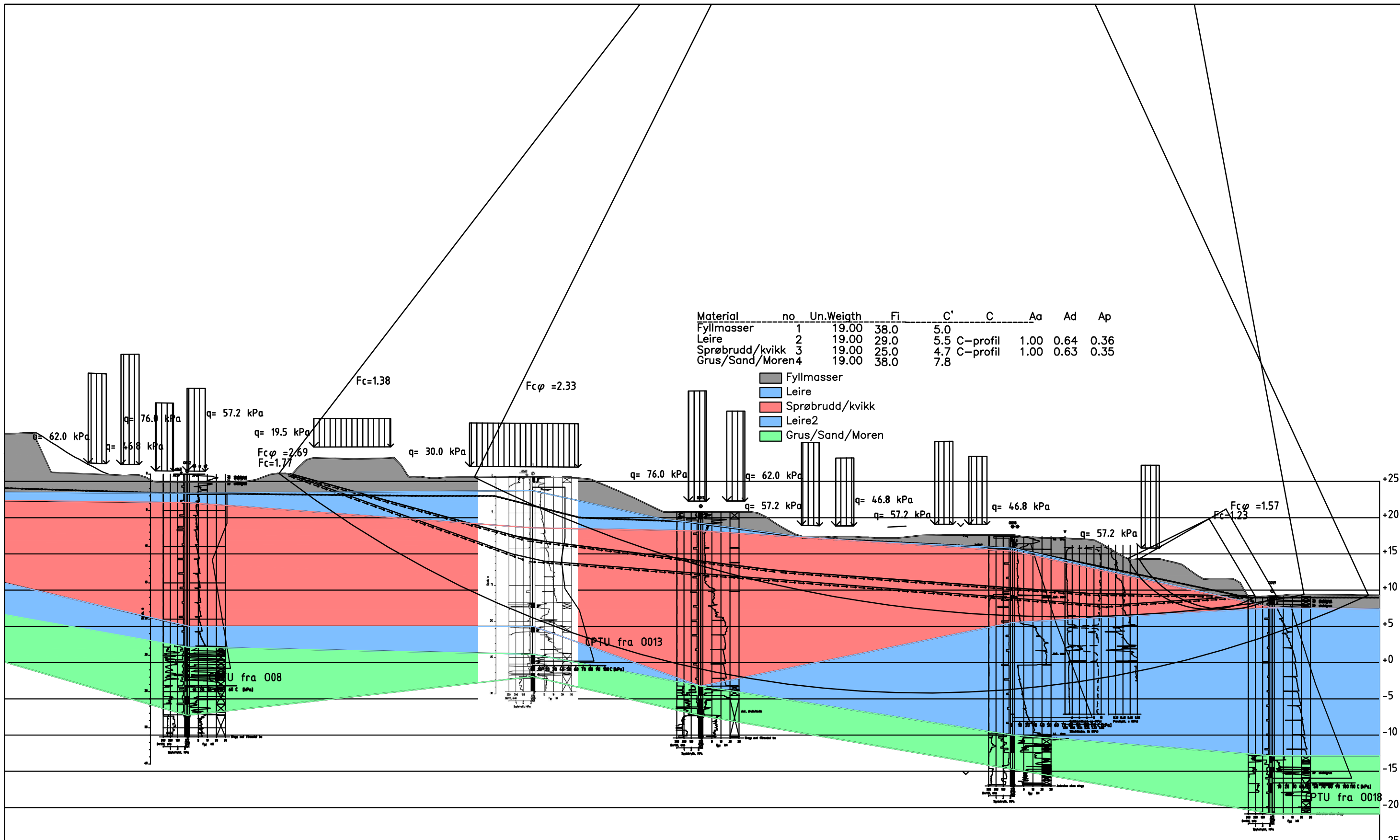
00 19.04.2024			HASK LSTO STNI			 Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no			OPPDRAG <b>ERTMS OSLO S</b> OPPDRAGSGIVER <b>INFRANORD</b>			INNHOLD <b>STABILITETSBEREGNING</b> PROFIL A			OPPDRAG NR. 1350049978		MÅLESTOKK 1:500		BLAD NR. 01		AV 01	
TEGNINGSSTATUS			BYGGEPLAN									TEGNING NR.		102		REV.		0				





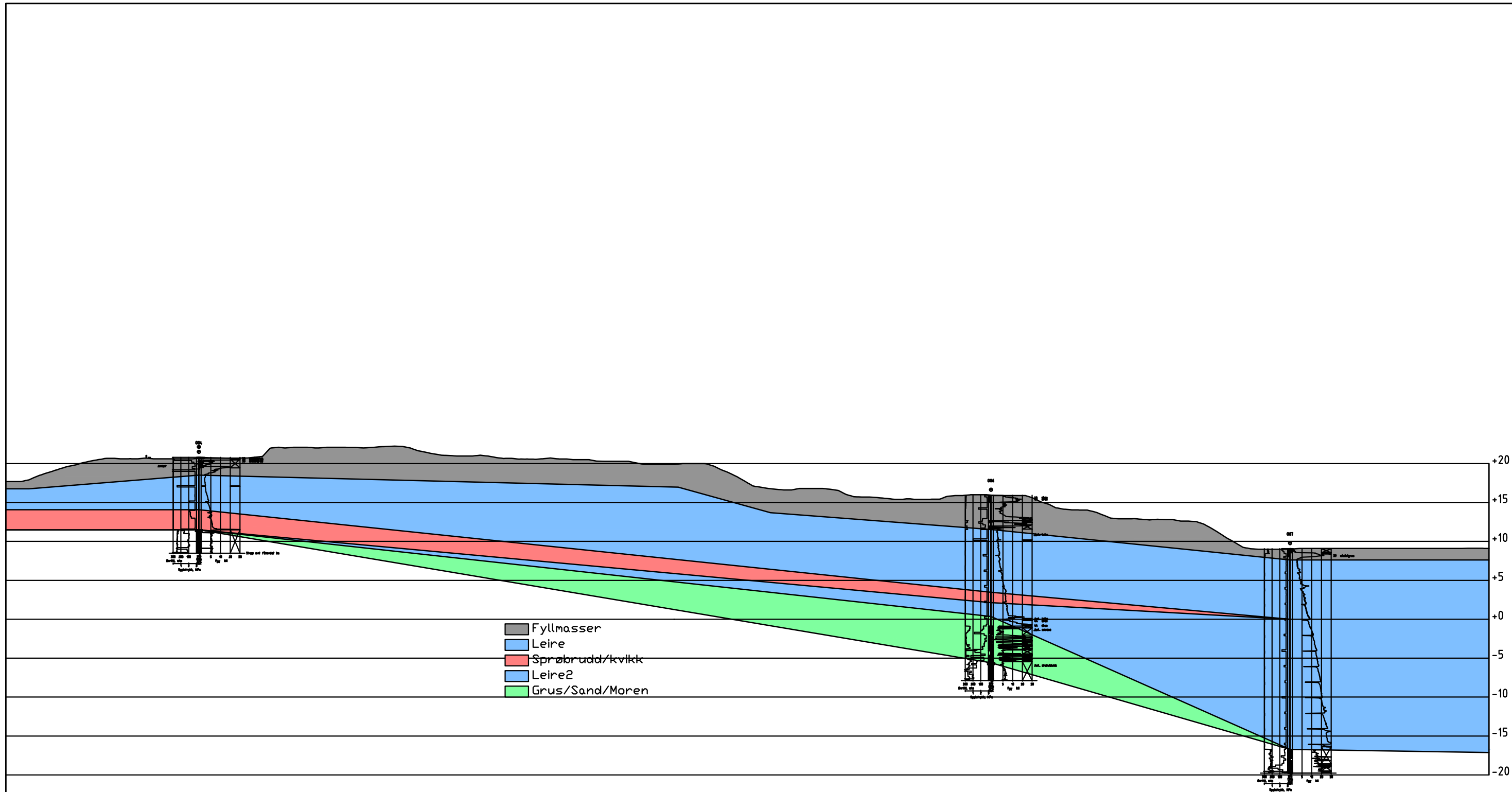
Profil D-D

01	15.05.2024	Revidert etter kommentar fra Bane NOR	LSTO	HASK	STNI	 Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no	OPPDRAG	ERTMS OSLO S	INNHOLD STABILITETSBEREGNING PROFIL D	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
00	30.01.2024		LSTO	OBD	STNI		OPPDRAGSGIVER	INFRANORD		1350049978	1:500	01	01
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ							TEGNING NR.	REV.
TEGNINGSSTATUS		BYGGEPLAN								103	01		



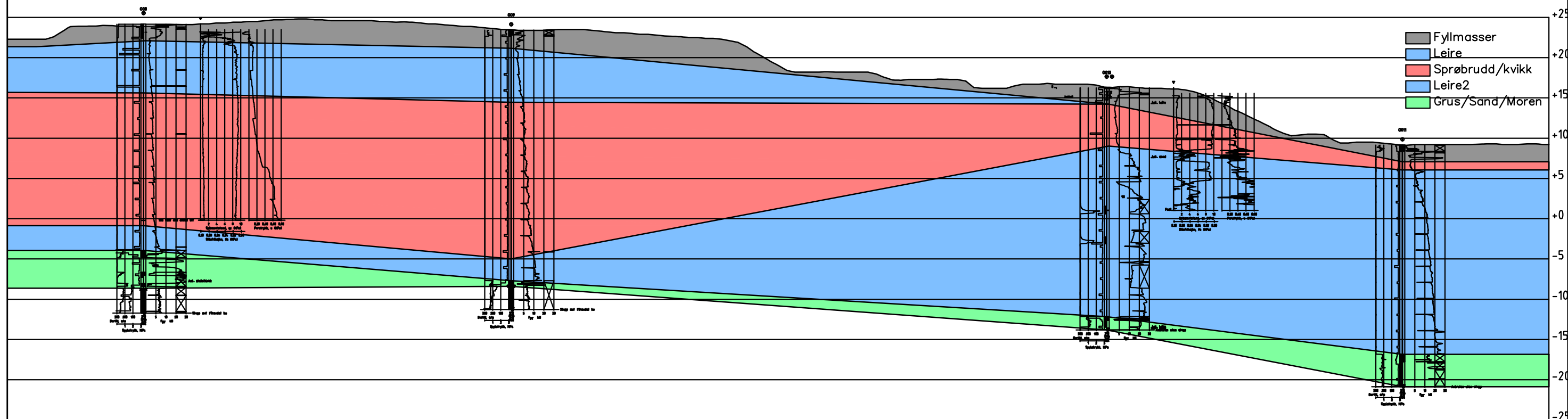
Profil E-E

01	15.05.2024	Revidert etter kommentar fra Bane NOR	LSTO	HASK	STNI	 Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no	OPPDRAG	ERTMS OSLO S	INNHOLD STABILITETSBEREGNING PROFIL E	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
00	30.01.2024		LSTO	OBD	STNI		1350049978	1:500		01	01		
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	INFRANORD		TEGNING NR.	REV.		
TEGNINGSSTATUS		BYGGEPLAN						104	01				



- Fyllmasser
- Leire
- Sprøbrudd/kvikk
- Leire2
- Grus/Sand/Moren

							OPPDRAG <b>ERTMS OSLO S</b>	INNHOLD <b>PROFIL B</b> Tolket lagdeling	OPPDRAG NR. 1350049978	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. 01	AV 01
00	15.05.2024		LSTO	HASK	STNI		Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no		OPPDRAGSGIVER <b>INFRANORD</b>	TEGNING NR. <b>105</b>		REV. <b>0</b>
TEGNINGSSTATUS		<b>BYGGEPLAN</b>										



Profil C-C

00	15.05.2024		LSTO	HASK	STNI
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS		BYGGEPLAN			



Rambøll Norge AS  
P.b. 9420 Torgarden  
7493 Trondheim  
TLF: 73 84 10 00  
www.ramboll.no

OPPDRAG	ERTMS OSLO S
INNHOOLD	PROFIL C Tolket lagdeling
OPPDRAGSGIVER	INFRANORD

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350049978	1:500	01	01
TEGNING NR.		REV.	
106		0	