



# Kirkebakken del 2

## 17356 Notat RIG03 Rev02

### Geotekniske vurderinger stabilitet

Prosjektnr: 17356	Dato: 17.03.2019	Saksbehandler: Kjetil E. Engdalen
Kundenr: 10638	Dato: 25.03.2019	Kvalitetssikrer: Kristofr Kabstøl

Fylke: Akershus	Kommune: Sørum	Sted: Frogner
Adresse:	Gnr: 73 m.fl.	Bnr: 224 / 54 / 225 / 1 m.fl.

Oppdragsgiver: Boligutvikling Frogner AS v/Tom Linder  
Rapport: 17356 Notat RIG03 Rev02  
Rapporttype: Geoteknisk notat  
Stikkord: Områdestabilitet  
UTM: Sone 32V – Ø0617400 N6655800



Figur 0.1 Illustrasjonsbilde

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Original	07.02.2018
01	Tilbakemelding UK	05.10.2018
02	Avlasting gnr/bnr 73/24 utgår	22.03.2019

## TEGNINGER

### Situasjonsplaner

N03A01

Situasjonsplan oversikt 1:3000

N03A02

Situasjonsplan sone Frogner Nord og Vest 1:2000

N03A03

Situasjonsplan med tiltak

### Terrengprofil

N03D01

Profil A-1

### Beregningsprofil

N03E01

Stabilitetsanalyser profil A-12

N03E02 – N03E03

Stabilitetsanalyser profil A-7

N03E04 – N03E05

Stabilitetsanalyser profil A-3

N03E06 – N03E07

Stabilitetsanalyser profil A-8

N03E08 – N03E09

Stabilitetsanalyser profil A-5

N03E10

Stabilitetsanalyser profil G

N03E11 - N03E12

Stabilitetsanalyser profil I

N03E13

Stabilitetsanalyser profil N

N03E14

Stabilitetsanalyser M

N03E15

Stabilitetsanalyser B-2

N03E16

Stabilitetsanalyser B-1

N03E17

Stabilitetsanalyser profil A-9

N03E18

Profil A-5 Vurdering iht. NIFS 14/2016

### Beregningsgrunnlag

N03E17 – N03E20

Tolkning av skjærstyrkeprofil

## BILAG

N03BER01 – N03BER02

Klassifisering av faresoner, kvikkleire

N03BER03

Tolkning av CPTU punkt 1 (2017) med Conrad

N03BER04

Skjærstyrke v/Shansep, profil I

N03BER05

Vurdering av løsneområde iht. NIFS-rapport 14/2016

## VEDLEGG

1

Utomhusplan hele feltet, A-01-003 Dark Arkitekter AS, 10.01.2018

2

Felt B10 og B20 Terrengsnitt, A-21-001 Dark Arkitekter AS, 10.01.2018

## Sammendrag

Boligutvikling Frogner AS ønsker å etablere småhusbebyggelse sør for leilighetskompleks på dagens tomter 73/224, 73/54 og 73/225 i Sørums kommun.

Foreliggende notat presenterer geotekniske vurderinger av stabilitetssituasjonen for tiltaket.

Endringer i rev02: Avlastingen på gnr/bnr 73/24 lagt til grunn for vurderingene i rev01 utgår. Dette påvirker kun vurderingene for profil A-5 som presentert i kapittel 8.5 i foreliggende notat samt tegning N03E09 og N03E17. Øvrige vurderinger er ikke endret fra rev01. Endringen får ingen praktisk betydning for det planlagte tiltaket annet enn at avlastingen utgår.

Tiltaket medfører større tilflytting/personopphold og havner derfor i tiltakskategori K4 jfr. tabell 5.1 ref. [18]. Det aktuelle området ligger innenfor en allerede kartlagt faresone for kvikkleireskred; Sone 63 Frogner.

I tilknytning til arbeidet med soneutredningen er den eksisterende faresonen; Sone 63 Frogner, gjennomgått på nytt. Dette inkluderer avgrensninger av sonen, faregradsklassifisering og avgrensning av utløpsområder.

På grunnlag av beregnede løseområder, topografiske forhold og beregningsprofiler, foreslås Sone 63 Frogner delt inn i 3 nye soner; sone Frogner Vest, sone Frogner Nord og sone Frogner Sør.

Den geotekniske stabiliteten er vurdert for totalt 11 profiler, hvorav 4 av profilene er trukket gjennom det aktuelle tiltaksområdet. For profiler hvor beregningsmessig sikkerhetsfaktor  $F < 1,4$  legges det til grunn forbedring iht. NVE veileder 7/2014. For å oppnå tilfredsstillende stabilitet, må det etableres en støttefylling mellom skråningsfot og jernbanen ved profil A-7 og ved skråningsfot ved profil B-2. Deler av gnr/bnr 73/56 samt skråningen sør i profil N, må avlastes.

Anleggsarbeider skal utføres på en slik måte at dette ikke fører til forverring av stabilitetssituasjonen. Det skal utarbeides et eget notat med beskrivelser av utførelse og kontroll.

Ved endringer av tegningsgrunnlaget må geotekniker kontaktes for nye vurderinger av stabilitetssituasjonen. Videre prosjekterings- og anleggsarbeider skal følges opp av geotekniker.

Sandskråningen sør for tiltaksområdet skal sikres med jordnagler der lokalstabiliteten  $F < 1,25$ . Detaljprosjekteringen presenteres i eget notat.

## Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	3
1 Innledning .....	6
2 Grunnlag.....	6
2.1 Prosjekttegninger.....	6
2.2 Eksisterende, kartlagte kvikkleiresoner.....	7
2.3 Utførte grunnundersøkelser.....	7
2.4 Kartgrunnlag.....	10
2.5 Tidligere utførte stabilitetsvurderinger.....	11
2.6 Naturlige erosjonsdrivere .....	11
3 Topografi og grunnforhold.....	12
3.1 Topografi.....	12
3.2 Grunnforhold.....	12
3.3 Poretrykksforhold.....	12
3.3.1 Poretrykksforhold i tiltaksområdet.....	12
3.3.2 Poretrykksforhold utenfor tiltaksområdet .....	14
4 Soneavgrensning og klassifisering.....	15
4.1 Initialskred langs Leira – vurderinger av grunnlag .....	15
4.2 Initialskred langs Leira – avgrensning av sone .....	17
4.3 Initialskred i naturlige skråninger i sonen .....	19
4.4 Faregradsklassifisering.....	19
4.4.1 Frogner Vest.....	19
4.4.2 Frogner Nord.....	19
4.4.3 Frogner Sør .....	19
4.5 Tiltakskategori.....	19
5 Sikkerhetskrav.....	20
5.1 Sikkerhetskrav områdestabilitet .....	20
5.2 Sikkerhetskrav lokalstabilitet .....	20
5.3 Anleggsperiode.....	20
6 Grunnlag for stabilitetsvurderinger .....	21
6.1 Valgte snitt og tolkning av lagdeling .....	21
6.1.1 Profiler ned mot jernbanen (A-3, A-7, A-8 og A-5).....	21
6.1.2 Profiler i tiltaksområdet (G, I, N og M) .....	23
6.1.3 Profiler mot øst (B-1 og B-2).....	23
6.2 Kvalitet CPTU og prøver .....	24
7 Geotekniske dimensjoneringsparametere .....	25
7.1 Sand.....	25



7.2	Tørrskorpeleire .....	25
7.3	Kvalitetsfylling – sprengstein/pukk.....	25
7.4	Lette masser - glasopor.....	25
7.5	Støttefylling.....	25
7.6	Leire og kvikkleire .....	25
7.6.1	Tyngdetetthet .....	25
7.6.2	Effektivspenningsparametere.....	25
7.6.3	Totalspenningsparametere (udrenert skjærstyrke).....	26
7.6.4	Anisotropifaktorer .....	32
7.6.5	Poretrykksforhold.....	33
7.6.6	Terrenglaster .....	33
8	Stabilitetsvurderinger.....	34
8.1	Profil A-12.....	34
8.2	Profil A-7.....	34
8.3	Profil A-3.....	34
8.4	Profil A-8.....	34
8.5	Profil A-5 og A-9 .....	35
8.6	Profil G-G.....	35
8.7	Profil I-I.....	35
8.8	Profil N-N.....	36
8.9	Profil M-M .....	36
8.10	Profil B-2 .....	36
8.11	Profil B-1 .....	37
9	Avgrensning av utløpsområder .....	38
9.1	Tiltaksområdet.....	38
9.2	Utløpsområder fra faresoner.....	38
9.2.1	Frogner Nord.....	38
9.2.2	Frogner Vest.....	38
9.2.3	Frogner Sør .....	39
10	Videre geoteknisk bistand.....	39
11	Referanser .....	40

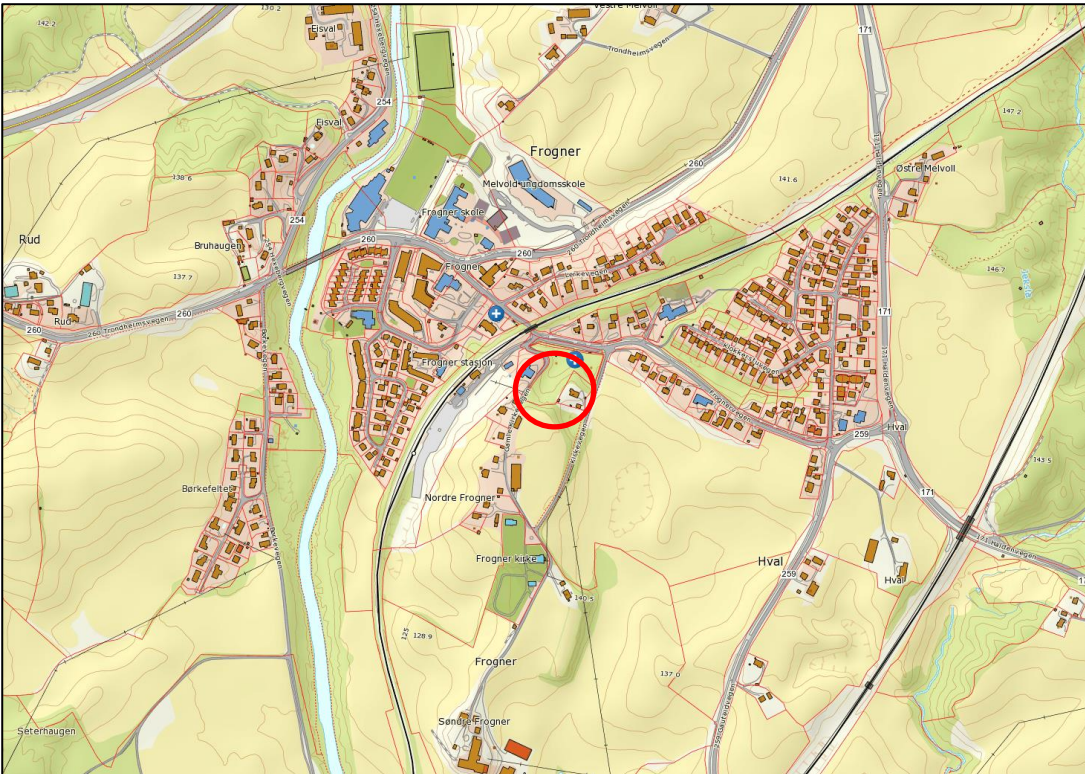
## 1 Innledning

Boligutvikling Frogner AS ønsker å etablere småhusbebyggelse sør for leilighetskompleks på dagens tomter 73/224, 73/54 og 73/225 i Sørum kommune, se plassering av prosjektet i figur 1.1. I alt ønskes det etablert 5 felt med rekkehus, felt B10-B50, hvor felt B10 og B20 ønskes etablert først, se vedlegg 1 for utomhusplan og tegning N03A03 for situasjonsplan.

Løvlien Georåd AS skal utføre geoteknisk prosjektering av fundamentering og stabilitet for tiltaket.

Foreliggende notat presenterer geotekniske vurderinger av stabilitetssituasjonen for tiltaket (alle 5 felt).

Endringer i rev02: Avlastingen på gnr/bnr 73/24 lagt til grunn for vurderingene i rev01 utgår. Dette påvirker kun vurderingene for profil A-5 som presentert i kapittel 8.5 i foreliggende notat samt tegning N03E09 og N03E17. Øvrige vurderinger er ikke endret fra rev01. Endringen får ingen praktisk betydning for det planlagte tiltaket annet enn at avlastingen utgår.



Figur 1.1 Oversiktskart. Tiltaksområdet markert med rød sirkel.

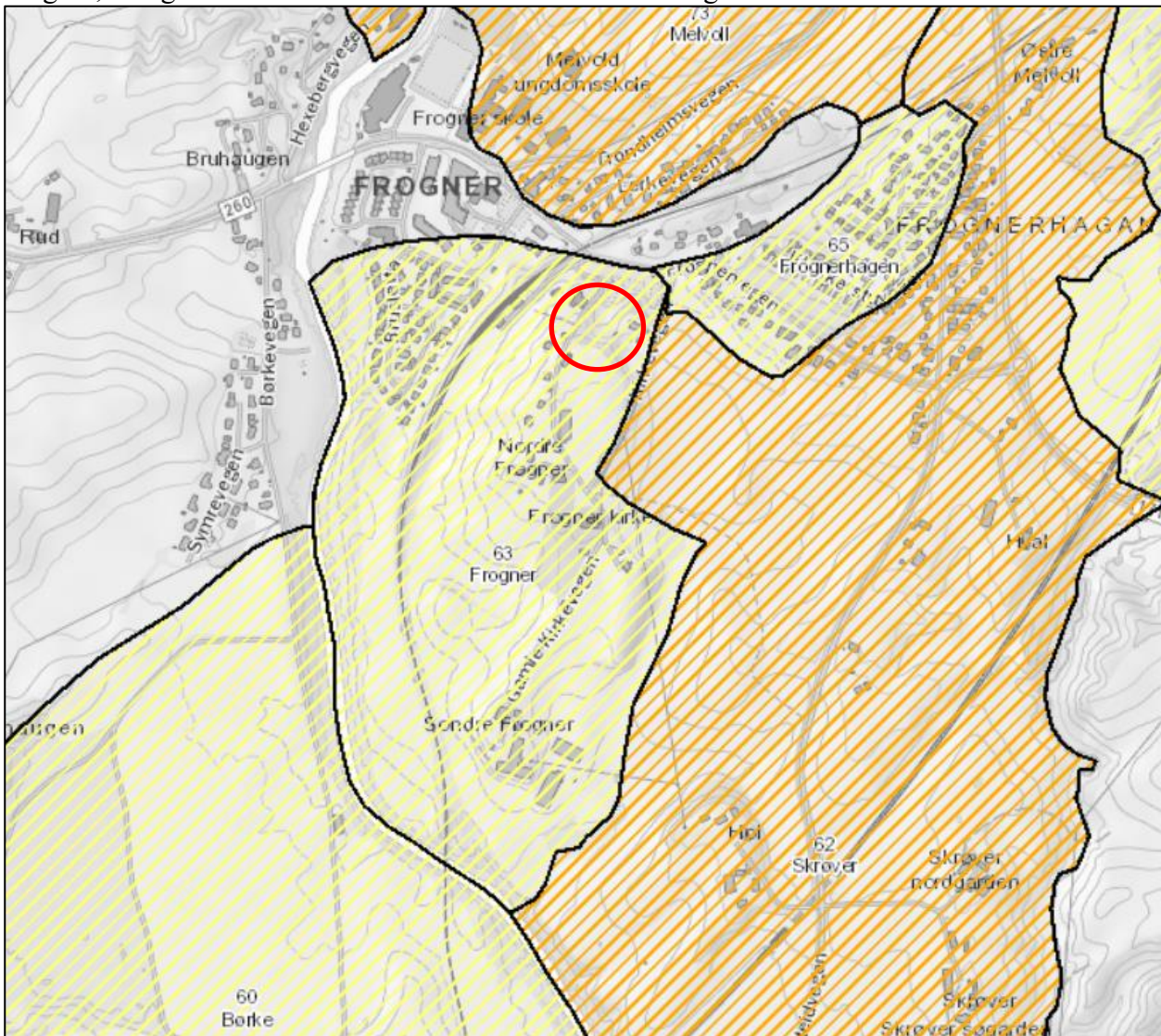
## 2 Grunnlag

### 2.1 Prosjekttegninger

Stabilitetsvurderingene i foreliggende notat er gjort på grunnlag av utomhusplan med tegningsnr. A-01-002 og A-01-003 fra Dark Arkitekter AS datert 10.01.2018, se vedlegg 1 for utomhusplan for hele feltet og vedlegg 2 for terrengsnitt.

## 2.2 Eksisterende, kartlagte kvikkleiresoner

Det aktuelle området ligger innenfor en allerede kartlagt faresone for kvikkleireskred; Sone 63 Frogner, se figur 2.1. Faresonen er klassifisert med lav faregrad.



Figur 2.1 Kartutsnitt fra atlas.nve.no - Naturfare - Kvikkleire [1].

## 2.3 Utførte grunnundersøkelser

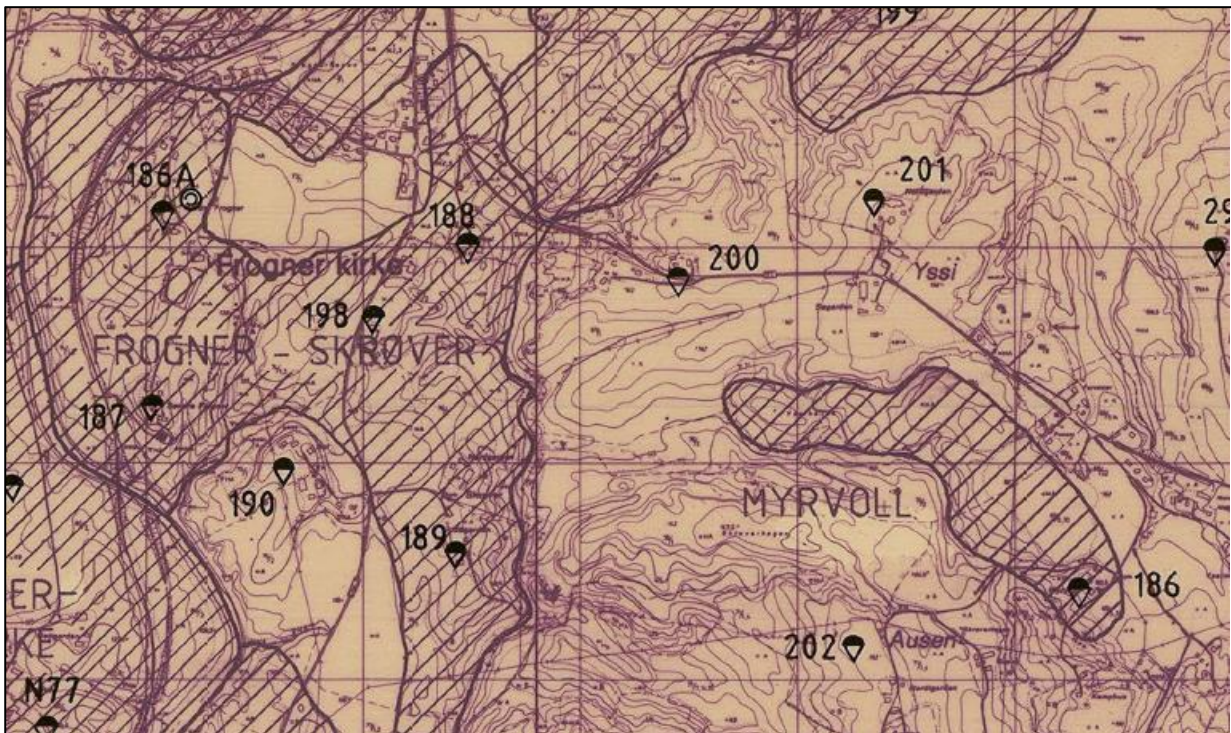
Følgende grunnundersøkelser er utført på de aktuelle tomtene:

1. Grunnundersøkelser utført i 2007 av Løvlien Georåd, presentert i rapport 07-134 nr. 1, ref. [2]. Fra tomt 73/220 (tidligere 73/1)
2. Grunnundersøkelser utført i 2016 av Løvlien Georåd, presentert i 15233 rapport nr. 1, ref. [3]. Fra tomt 73/220, 73/1 og 73/54
3. Grunnundersøkelser utført i 2017 av Løvlien Georåd, presentert i 17356 rapport nr. 1, ref. [4]. Fra tomt 73/1
4. Grunnundersøkelser utført i september 2018 av Løvlien Georåd, ref. [5]. Datarapport med resultater fra laboratorieundersøkelser foreligger ikke ved utarbeidelse av foreliggende notat, men data fra sonderinger og CPTU er lagt til grunn for vurderinger

I tillegg er resultater fra følgende tidligere utførte grunnundersøkelser i faresonen hentet inn:

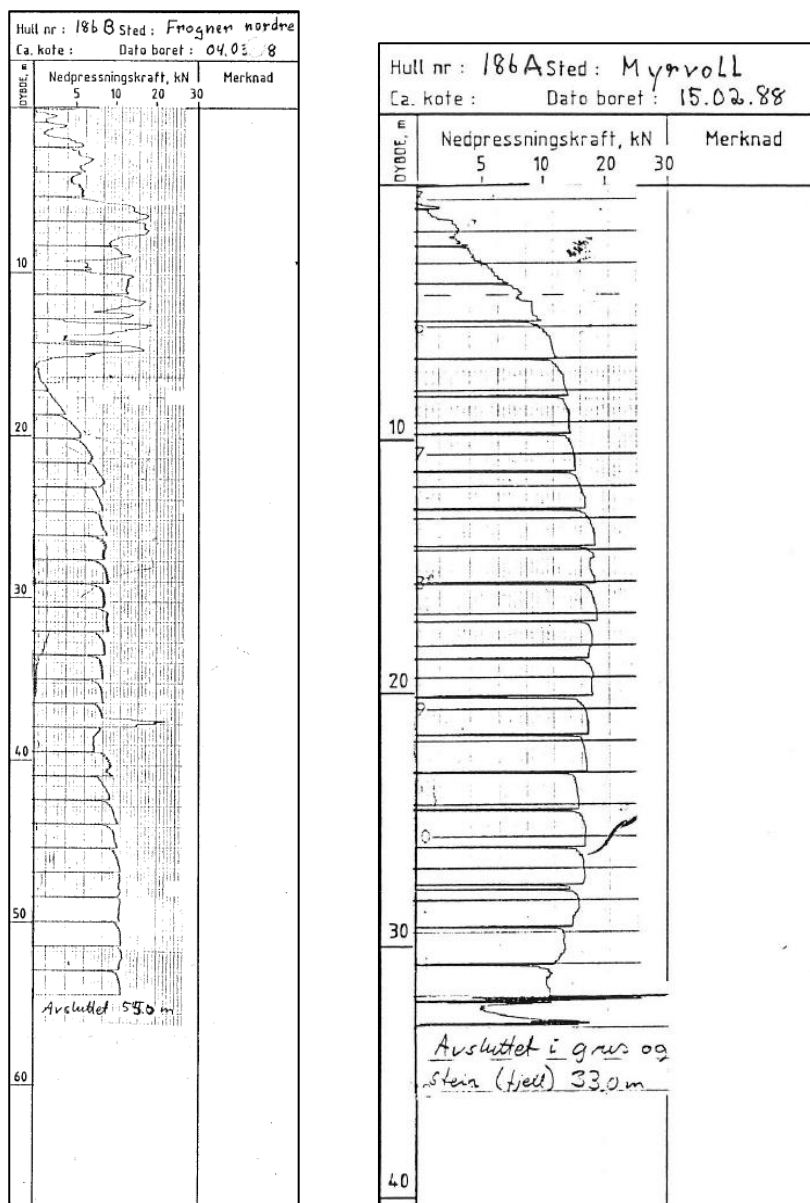
1. Grunnundersøkelser utført i 2006 av Løvlien Georåd AS ifm. kartlegging av kvikkleiresoner i Sørums kommun, presentert i 06-139 rapport nr. 1, ref. [6]. Her er sondering 17, 19 og 20 med tilhørende prøveserier og installerte poretrykksmålere benyttet
2. Grunnundersøkelser utført i regi av Statens Vegvesen ved Frogner stasjon i 2010, presentert i geoteknisk rapport nr. 2010047754-001, ref. [7].
3. Grunnundersøkelser utført av Ingeniørfirmaet Haukelid A/S i 1991 ifm. utvidelse av Frogner senter, presentert i rapport 5/91 0226-1, ref. [8].
4. Grunnundersøkelser utført av Siv. Ing. Per Øyvind Fredheim – MRIF i 1997 ifm. supplerende grunnundersøkelser på Frognersletta, presentert i rapport nr. 97005, ref. [9].
5. Grunnundersøkelser utført av Løvlien Georåd AS for Atkins i 2011 ifm. supplerende grunnundersøkelser for Frogner kryssingsspor, ref. [10].
6. Grunnundersøkelser utført av NGI i 1988 ifm. kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred, ref. [11]. Her er boring 186B benyttet\*

*\*Det er noe uklart hvilken sondering som er boret på Frogner Nord (merket 186A på borplanen fra ref. [11], se figur 2.2). Boring 186A er vanskelig å tolke, men indikerer kvikkleire fra 17 m dybde og faste masser fra 33 m dybde. Dette samsvarer dårlig med teksten i datarapporten som sier at boring 186A viser sensitive eller kvikke masser mellom ca. 25 og 40 m dybde [11]. Det er nærliggende å tro at boringen det vises til er 186B, se figur 2.3. Denne samsvarer godt med beskrivelsen i NGIs rapport, samt at den samsvarer godt med både boring 10 fra ref. [5] og boring 17 fra ref. [6], med plassering hhv. ca. 60 og 40 m unna. Sonderingen indikerer også at 186A er tatt på Myrvoll, mens 186B er tatt på Frogner nordre, se figur 2.3. Vurderinger i foreliggende notat tar derfor utgangspunkt i sondering 186B for tolkninger av lagdeling for det aktuelle området.*



Figur 2.2 Utklipp av borplan fra ref. [11].





Figur 2.3 Sondering 186A og 186B fra ref. [11]. 186B er benyttet for vurderinger i foreliggende notat.

7. Grunnundersøkelser utført av NVK Terraplan AS for SCC Bruer AS ifm. utbygging av Frogner stasjon, utført i 1996 og presentert i rapport nr. 96009.01, ref. [12].
8. Grunnundersøkelser utført av Multiconsult AS for Atkins Danmark AS og Jernbaneverket i 2011 ifm. utbygging/flytting av Frogner stasjonsområdet, ref. [13]. Her er sondering 12 og 13 ved jernbaneundergangen benyttet.
9. Grunnundersøkelser utført av GeoStrøm A/S for Golder Associates ifm. stabilitetsvurderinger ved Frogner kirkegård, ref. [14].
10. Grunnundersøkelser utført i 2000 av NGI ifm. et ras på gården Nordre Frogner, presentert i rapport nr. 20001518-1, ref. [15]

Fra faresonen 62 Skrøver mot øst, er resultater fra følgende grunnundersøkelser benyttet:

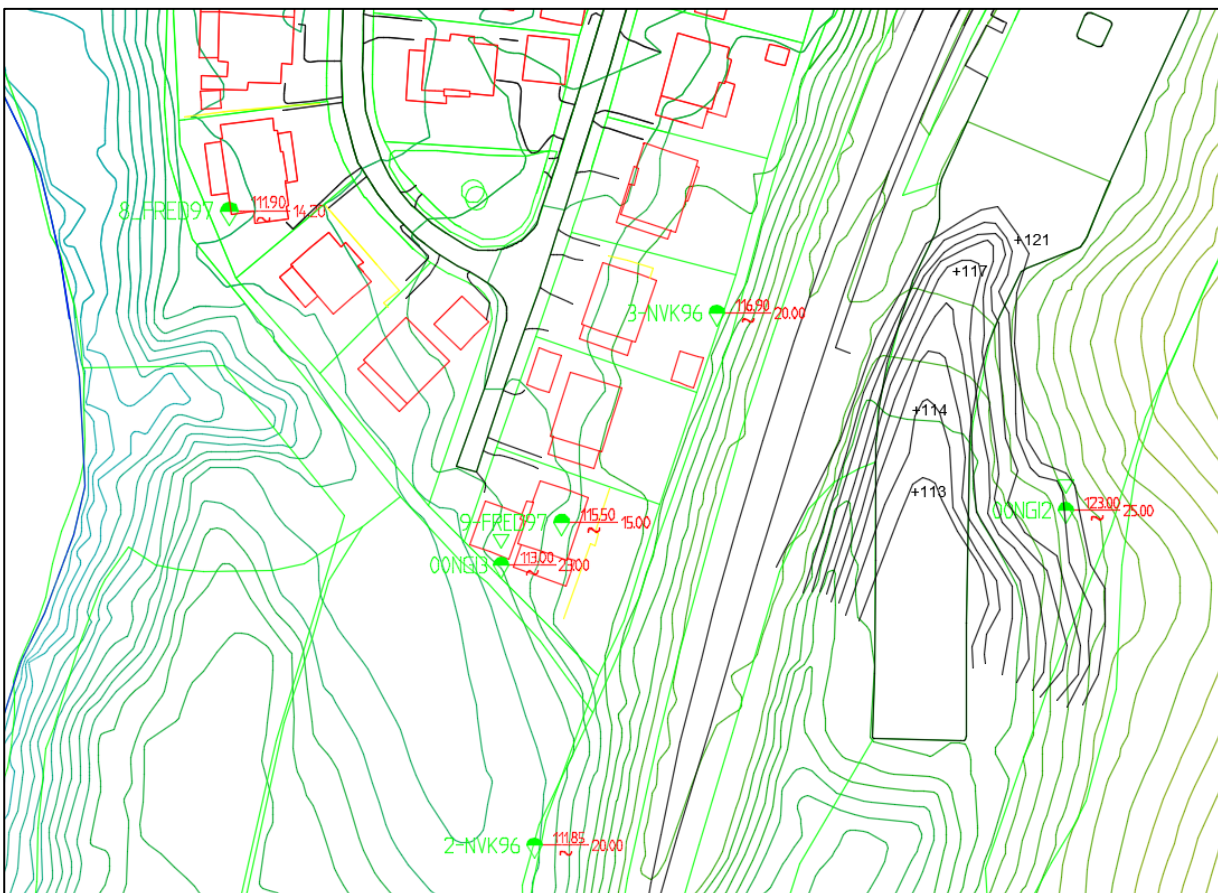
1. Grunnundersøkelser utført i 2018 av Løvlien Georåd AS ifm. oppfyllingen av et jordbruksområde, presentert i 17044 Rapport nr. 1, ref. [16]

Situasjonsplaner med oversikt over de utførte grunnundersøkelser er vist på tegning N03A01-N03A03.

## 2.4 Kartgrunnlag

Vurderinger i foreliggende notat baserer seg på kartgrunnlag fra 1996, 2007 og 2017/2018, med følgende kommentarer:

Kartgrunnlag 1996: For stabilitetsvurderinger ned mot jernbanen er det delvis benyttet kartgrunnlag fra 1996, basert på borplaner i ref. [12]. Isolinjene her viser terrenget sør på parkeringsområdet for Frogner stasjon før parkeringsområdet ble utvidet mot sør i 2007, se figur 2.4. Høydesystemet mellom isolinjer i kartgrunnlaget fra 1996 og 2017 er høyst sannsynlig ikke det samme, men dette er vurdert å ha liten betydning da isolinjene i grove trekk ser ut til å samsvare godt.



Figur 2.4 Utklipp av situasjonsplan ved parkeringsområdet for Frogner stasjon og ned til Leira i vest. Koter basert på kartgrunnlag fra 1996, ref. [12], er vist med sorte isolinjer. Disse viser terrenget før oppfyllingen for parkeringen ble utført (koter for dagens terreng er vist med fargede isolinjer).

Kartgrunnlag 2007: For stabilitetsvurderinger av opprinnelig situasjon i tiltaksområdet, er det benyttet kartgrunnlag fra 2007. Høydesystemet benyttet for kartgrunnlag og innmålinger av borpunkter fra 2007 er ikke identisk med det benyttet i 2017 og for innmålinger av borpunkter i 2016. Det skiller ca. 15 cm mellom de to høydesystemene, noe som er vurdert til ikke å ha noen praktisk betydning for vurderingene i foreliggende notat.

Kartgrunnlag 2017/2018: For deler av det aktuelle området gir ikke kartgrunnlaget for 2017 og 2018 et korrekt bilde av eksisterende terrengkoter. Langs Frognervegen ble det i 2017 etablert 3

boligblokker (prosjekt *Kirkebakken*), noe som medførte betydelig oppfylling av kvalitetsmasser på tomt 73/220, samt avgraving og bortkjøring av en betydelig andel sand- og leiremasser fra tomt 73/54. For stabilitetsvurderinger av ferdig situasjon i foreliggende notat (etter etablert leilighets- og rekkehusprosjekt), er allerede utførte og planlagt utførte terrenginngrep på området tatt med.

### 2.5 Tidligere utførte stabilitetsvurderinger

Stabilitetsvurderinger for leilighetsprosjektet «*Kirkebakken*», er presentert i notat 15233 RIG02 rev. 02, ref. [17].

### 2.6 Naturlige erosjonsdrivere

Elven Leira ligger ca. 360 m vest/sørvest for tiltaksområdet. Andre vassdrag i nærheten er lagt i rør.



### **3 Topografi og grunnforhold**

#### **3.1 Topografi**

Like nord for planlagt rekkehusbebyggelse er leilighetsprosjektet Kirkebakken etablert. Langs tomtegrensen i sør skråner terrenget bratt opp mot et jordbruksområde. Høydeforskjellen mellom topp og tå skråning er ca. 10 m. Total høydeforskjell fra jordbruksområdet i sør og fremtidig opparbeidet område rundt leilighetskompleks i nord, er ca. 19 m (kote +145 i sør til +126 i nord).

#### **3.2 Grunnforhold**

Generelt består løsmassene på tiltaksområdet nedenfor høydedraget i sør av fyllmasser eller tørrskorpeleire eller sand over middels fast til fast leire over kvikkleire, og videre over et lag med fast morene eller sand/grus. Laboratorieanalyser på leirprøvene fra punkt 10 og 12 fra 2016, viser at det er kvikkleire fra ca. 10 m dybde [3].

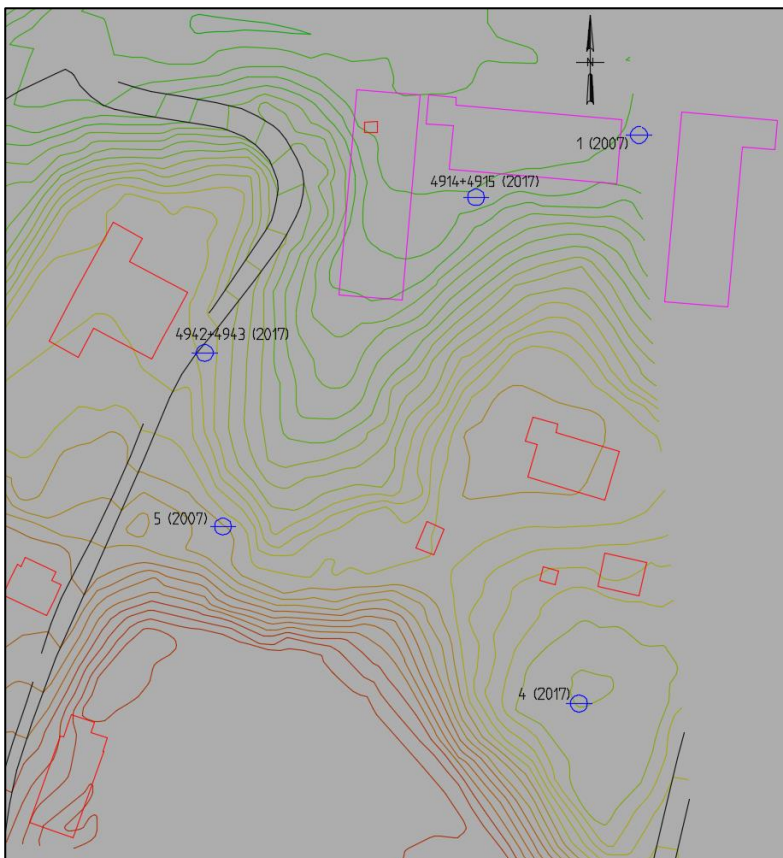
Løsmassene på høydedraget i sør består av sand med mektighet 10 - 18 m, over leire.

#### **3.3 Poretrykksforhold**

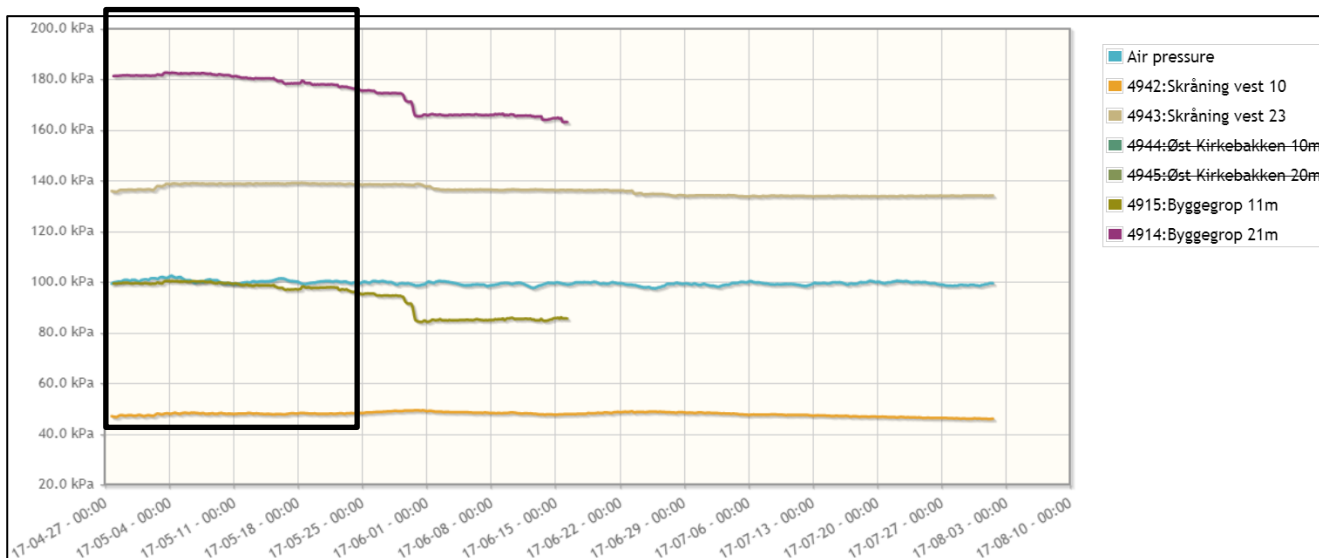
##### *3.3.1 Poretrykksforhold i tiltaksområdet*

Poretrykksmålinger fra 2007 angir grunnvannstand 2,9 m under terreng (kote +118,8) i punkt 1 og 7,1 m under terreng (kote +128,9) i punkt 5, ref. [2] forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss, se figur 3.1 for plassering. Ved ny måling i punkt 5 i oktober 2016, ble grunnvannstand tolket å være 7,2 m under terreng [3]. Dette samsvarer godt med tolket skille mellom topplag av tørrskorpe/fyllmasser og underliggende leirelag. Ved måling i desember 2017 ble poretrykket i punkt 4 målt til 43 kPa, noe som gir grunnvannstand 0,7 m under terreng forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss.

I forbindelse med etableringen av leilighetsprosjektet «*Kirkebakken*», ble det installert totalt 6 elektriske poretrykksmålere for overvåkning av poretrykket under anleggsfasen våren 2017. Figur 3.1 angir plasseringen til 4 av disse, med tilhørende registrerte målinger vist på figur 3.2.



Figur 3.1 Plassering av poretrykksmålere i det aktuelle området.



Figur 3.2 Poretrykksmålinger ifm. etableringen av leilighetsprosjektet Kirkebakken våren 2017.

I perioden 27.04.17 – 25.05.17 markert på figur 3.2, ble følgende gjennomsnittsverdier målt:

*Punkt 4914 og 4915 med spiss på hhv. 21 og 11 m under terreng: Poretrykksøkning 8,2 kPa/m fra 11 til 21 m dybde med grunnvannstand tolket til å være ca. 1 m under terreng forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss på 11 m dybde.*

Punkt 4942 og 4943 med spiss på hhv. 10 og 23 m under terreng: Poretrykksøkning 7 kPa/m fra 10 til 23 m dybde og grunnvannstand tolket til å være ca. 5 m under terreng forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss på 10 m dybde.

### 3.3.2 Poretrykksforhold utenfor tiltaksområdet

- Ifm. Statens Vegvesens grunnundersøkelser ca. 70 m sørvest for tiltaksområdet i 2010, ble det satt ned poretrykksmålere i punkt 5 og punkt 6. Poretrykksmåleren til 5 m dybde i punkt 5 viste et poretrykk på i overkant av 40 kPa og poretrykksmåleren til 10 m dybde i punkt 6 viste et poretrykk på i underkant av 30 kPa, noe som indikerer grunnvannstand på hhv. ca. 1 m og 7 m under terreng [7].
- På høydedraget ca. 200 m sør for tiltaksområdet ble det installert en poretrykksmåler med spiss på 16 m dybde i 2006, se ref. [6] og punkt 17 på tegning N03A01. Målinger her viste en stighøyde på 3 m, tilsvarende grunnvannstand 13 m under terreng, noe som indikerer god drenering i overliggende masser.
- I 2000 installerte NGI en poretrykksmåler til 10 m dybde i punkt 2 (00NGI2 på tegning N03A01). Poretrykksmålinger viste poretrykk tilsvarende grunnvannstand 3 meter under terreng, forutsatt hydrostatisk trykk, ref. [15].
- I september 2018 ble det installert 2 poretrykksmålere i borpunkt 7-LG18 og 1 poretrykksmåler i borpunkt 3-LG18 like vest for tiltaksområdet. Målinger utført 3. oktober ga følgende resultater:

Punkt	Målt poretrykk ved spiss (kPa)	Tilsvarende kotenivå grunnvann (forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss)	Målt ift. Terreng (forutsatt hydrostatisk poretrykk over spiss)
3 (spiss kote +126,9)	36	+130,5	3,4 m under
7 (spiss kote +137,2)	-	-	tørr
7 (spiss kote +133,2)	18	+135	6,2 m under

Poretrykksmålingene indikerer generelt noe poreundertrykk og grunnvannstand i overgangen sand/tørreskorpe og leirelag.

## 4 Soneavgrensning og klassifisering

For utredning av faresonen er følgende to potensielle scenarier undersøkt:

1. Kan et initialskred langs Leira utvikle seg til et områdeskred som berører tiltaksområdet?  
Andre vassdrag er rørlagt og Leira er derfor eneste naturlige erosjonsdriver i nærheten
2. Kan et initialskred i naturlige skråninger i sonen utvikle seg til et områdeskred som berører tiltaksområdet?

Eventuelle utløpsområdet som kan berøre tiltaksområdet er også vurdert.

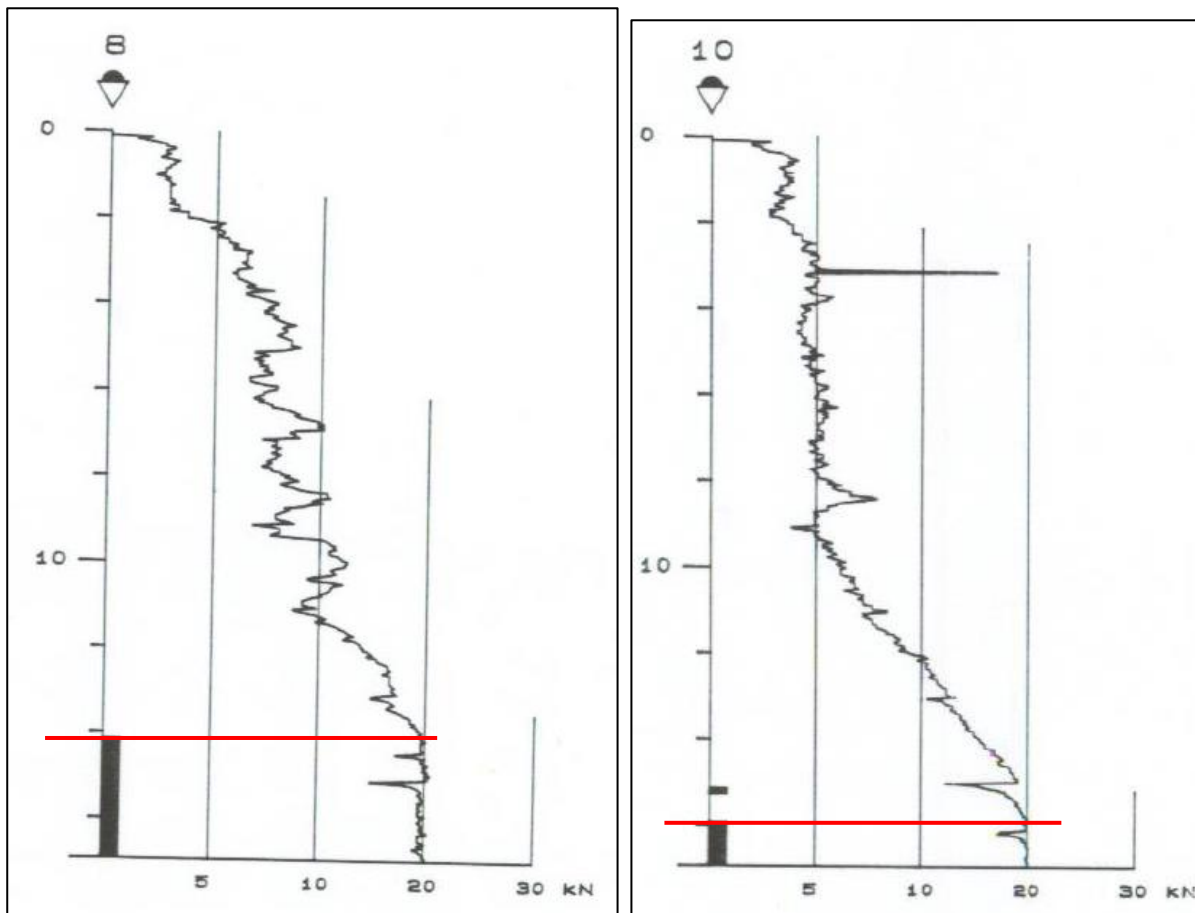
I tilknytning til arbeidet med soneutredningen er den eksisterende faresonen; Sone 63 Frogner, gjennomgått på nytt. Dette inkluderer avgrensninger av sonen, faregradsklassifisering og avgrensning av utløpsområder. Potensiell utbredelse av løснеområder er vurdert med helning 1:15 i kvikkleire eller sprøbruddmateriale og 1:3 i andre løsmasser. Løsnakeområdet er forsiktig antatt å starte ca.  $0,25H_1$  under skråningsfot, hvor  $H_1$  er høydeforskjellen mellom tå og topp av kritisk skjærflate.

### 4.1 Initialskred langs Leira – vurderinger av grunnlag

For vurderinger av utbredelsen av et potensielt områdeskred initiert av et lokalt skred ved elvebredden, er det tatt utgangspunkt i resultater fra eksisterende grunnundersøkelser i området, se tegning N03A01 – N03A03 for oversikt.

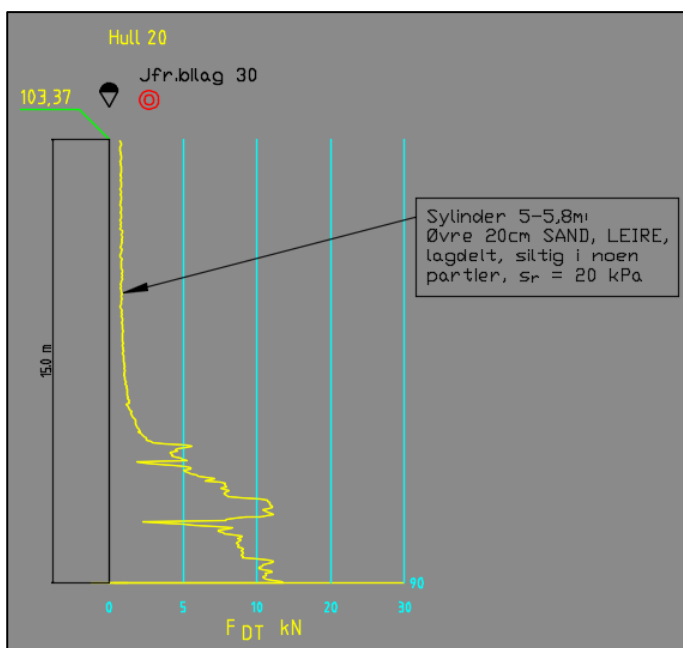
Resultatene fra de eksisterende grunnundersøkelsene, fra nord mot sør, er diskutert nærmere i det videre:

- Ingeniørfirmaet Haukelid utførte i 1991 grunnundersøkelser i form av 11 dreie/trykksonderinger på det relativt flate partiet mellom elva og jernbanen, se ref. [8]. Ifølge den tilhørende datarapporten ble samtlige sonderinger avsluttet i faste masser. Valgt sonderingsutstyr kan dog kun registrere motstand opp til ca. 20 kN, noe som gjør det vanskelig å tolke om det kan være sprøbruddmateriale i dypere lag. Vurderingene i foreliggende notat er derfor basert på konservative antakelser av dybden til potensielt sprøbruddmateriale, se figur 4.1 for eksempel og tegning N03A03 for situasjonsplan med plassering av borpunkter.



Figur 4.1 Sondring nr. 8 og 10 fra ref. [8] med konservativt tolket dybde til potensielt sprøbruddmateriale, vist med rød strek.

- I 2006 utførte Løvlien Georåd 2 dreietrykksonderinger til 15 m dybde ved elvebredden vest for Haukelids sonderinger, se tegning N03A03 for plasseringen av disse og utklipp av sondering nr. 20 i figur 4.2.

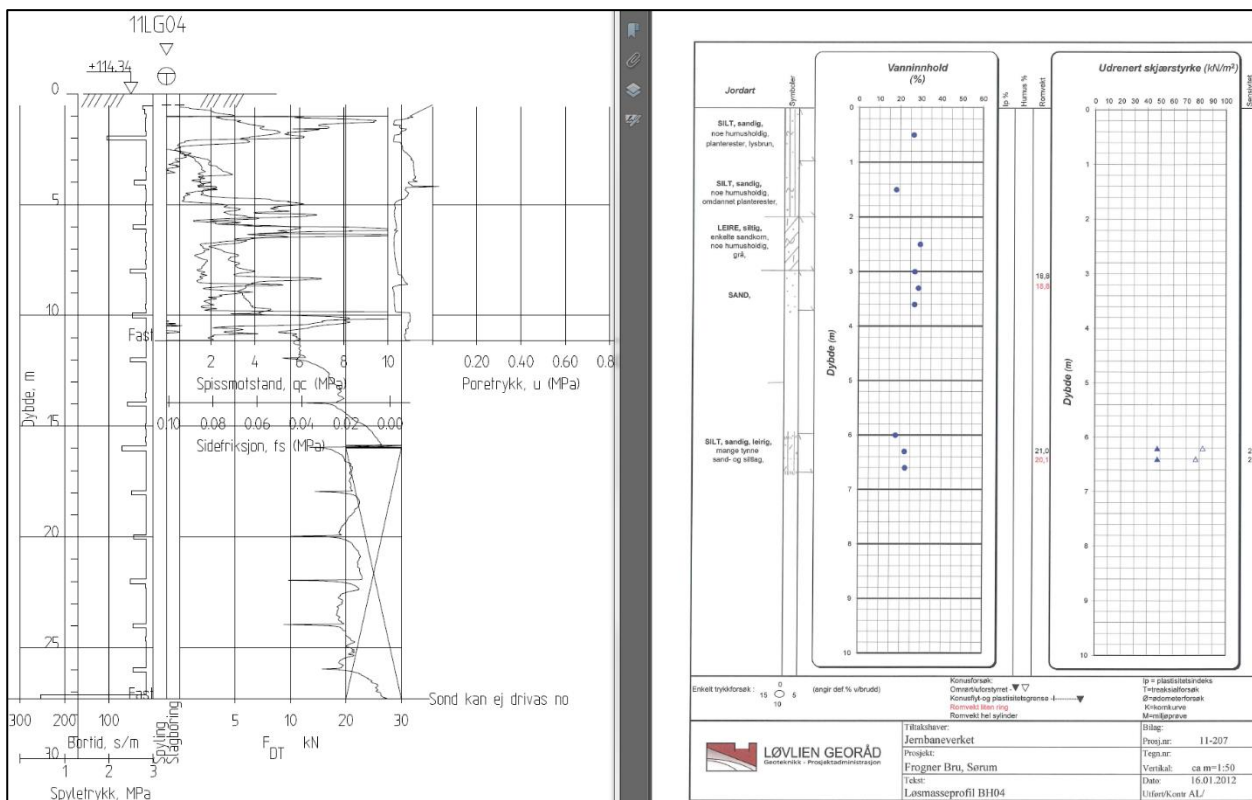


Figur 4.2 Sondring nr. 20 med utdrag fra tilhørende prøveserie fra ref. [6]



Sonderingene viser lav bormotstand ned til ca. 10 m dybde og opptatte prøver viser at løsmassene på 5 - 6 m dybde består av sand, leire, lagdelt siltig i noen partier. Målinger av skjærstyrke på opptatte prøve ga udrenert skjærstyrke  $s_r \geq 20$  kPa. Det er nærliggende å tro at det er tilsvarende masser også i de dypere lag ned til fastere masser på ca. 10 m dybde, men konservativt er det antatt at det ligger sprøbruddmateriale mellom 6 og 10 m dybde for vurderingene i foreliggende notat.

- Ca. 100 og 200 m sørøst for de to dreietrykkssonderingene fra Løvlien Georåd, utførte Siv.Ing. Per Øyvind Fredheim i 1997 to dreietrykkssonderinger; hhv. 8\_FRED97 og 9\_FRED97 på tegning N03A03. Tilhørende datarapport antyder siltig/finsandig tørrskorpeleire i toppsonen, og fast, siltig leire og sand på større dybder [9]. Sondering 8 og 9 er avsluttet på hhv. 14,2 og 15 m dybde i løsmasser og for vurderingene i foreliggende notat er det konservativt antatt at det ligger sprøbruddmateriale videre i dybden.
- Ca. 150 m sørvest for sondering 9\_FRED97 utførte Løvlien Georåd i 2011 en totalsondering til 27,3 m dybde og en CPTU til 11 m dybde (4-LG11 på tegning N03A02). Totalsonderingen og tilhørende prøveserie indikerer lagdelt sand, silt og leire ned til ca. 11 m dybde, videre indikerer totalsonderingen leire med økende sonderingsmotstand ned til 16 m dybde. Fra 16 m dybde er det benyttet økt rotasjon, noe som gjør sonderingen vanskelig å tolke. Det er her konservativt antatt at det fra 16 m og videre i dybden ligger sprøbruddmateriale.



Figur 4.3 Totalsondering og CPTU nr. 4 fra ref. [10] med tilhørende prøveserie.

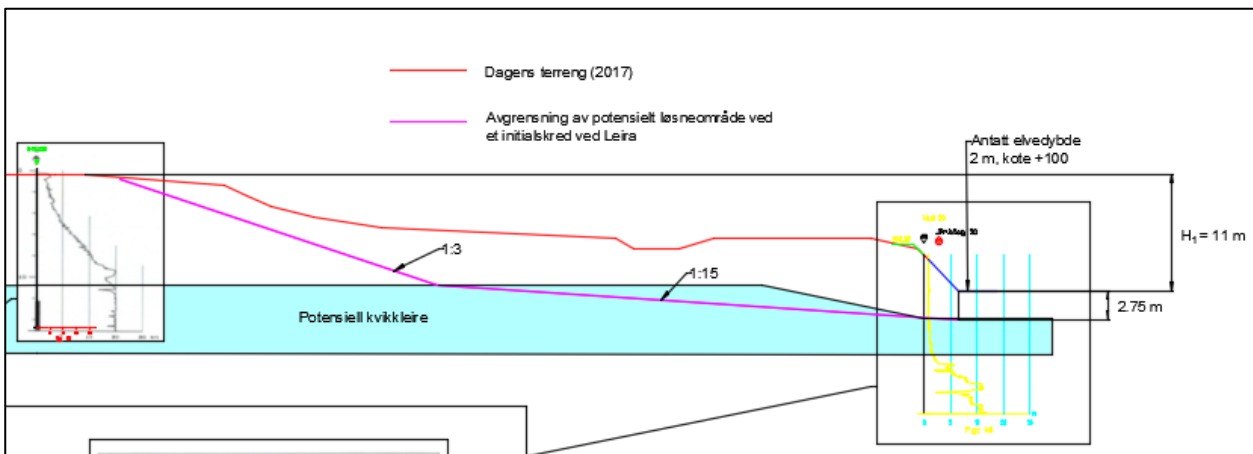
## 4.2 Initialskred langs Leira – avgrensning av sone

Basert på konservativt tolket dybde til kvikkleire eller materiale med sprøbruddegenskaper som beskrevet i foreliggende avsnitt, er det gjort følgende avgrensninger av eksisterende sone 63 Frogner:

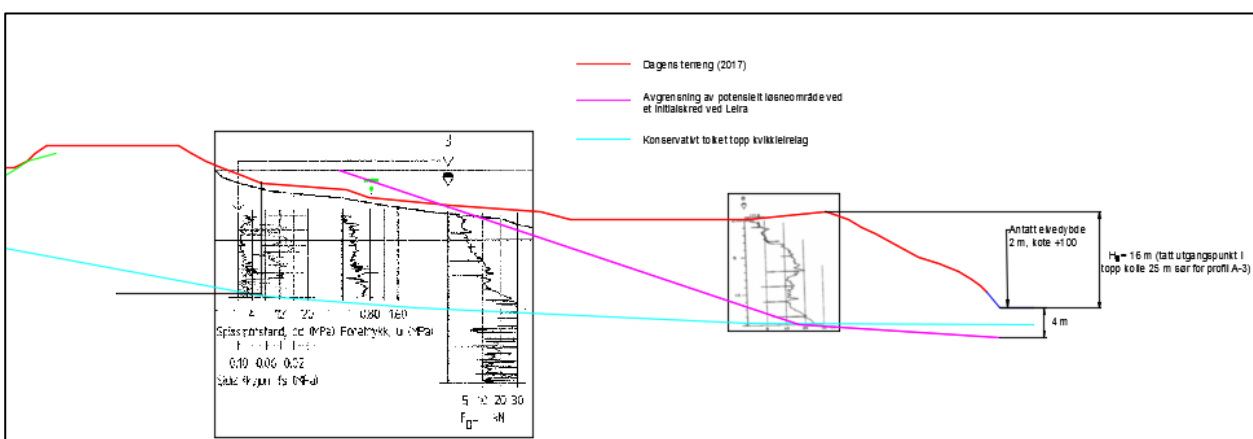
Tabell 4.1 Oversikt avgrensninger av faresone 63 Frogner ved initialscred langs Leira.

Profil	Beregnet løsneområde*	Tegning/ figur	Kommentar
A-1	~ 80 m	N03D01/ figur 4.4	Gir grunnlag for å etablere en ny faresone langs elva ved profil A-1. Med supplerende grunnundersøkelser kan nye og mindre konservative tolkninger av dybde til kvikkleire gi grunnlag for ny revurdering av sonen
A-3	~ 75 m	N03E04/ figur 4.5	Gir grunnlag for å etablere en ny faresone langs elva ved profil A-3
A-7	~ 100 m	N03E02/ figur 4.6	Gir grunnlag for å etablere en ny faresone langs elva ved profil A-7

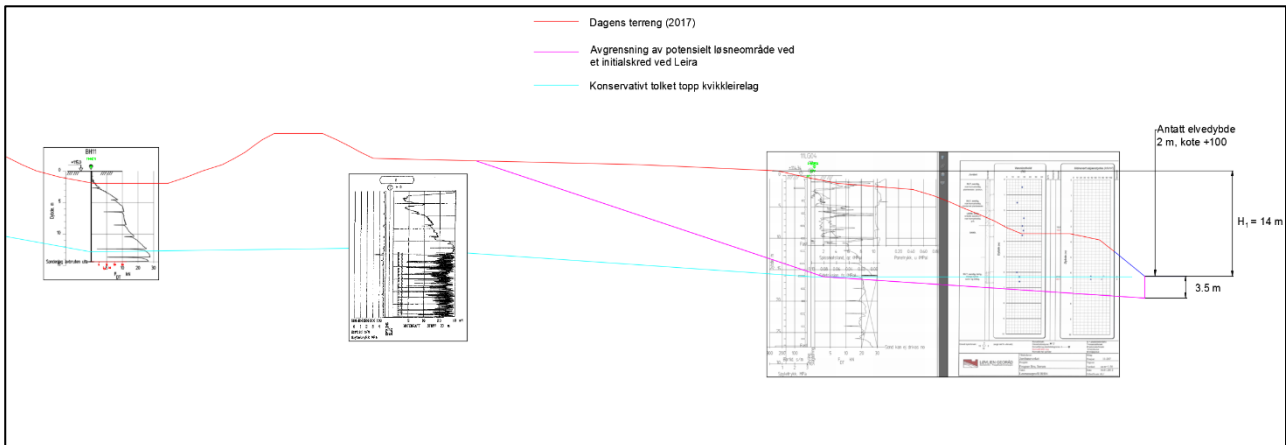
\* Potensiell utbredelse av løsneområde er vurdert med helning 1:15 i kvikkleire eller sprøbruddmateriale og 1:3 i andre løsmasser. Løsneområdet er forsiktig antatt å starte ca.  $0,25H_1$  under skråningsfot, hvor  $H_1$  er høydeforskjellen mellom tå og topp av kritisk skjærflate. Dybde til elvebunn er antatt å være 2 m fra elvekant, dvs. på ca. kote +100



Figur 4.4 Utklipp av profil A-1, tegning N03D01.



Figur 4.5 Utklipp av profil A-3, tegning N03E04.



Figur 4.6 Utklipp av profil A-7, tegning N03E02.

På grunnlag av beregnede løseområder presentert i tabell 4.1 foreslås det etablert en ny faresone langs elva; sone Frogner Vest, se tegning N03A01 og N03A02 for situasjonsplan med faresonen presentert med skravur.

#### 4.3 Initialskred i naturlige skråninger i sonen

Faresone 63 Frogner foreslås ytterligere delt inn i to faresoner med avgrensning ved Frogner kirke; hhv. Frogner Nord og Frogner Sør. Dette begrunnes med følgende:

- Eventuelle initialbrudd i naturlige skråninger i sone Frogner Sør vil ikke kunne føre til områdeskred som kan påvirke tiltaksområdet
- Stabilitetsanalyser av profil A-12 og B-1 sør i sone Frogner Nord, hhv. skråning mot sør og øst, viser tilfredsstillende stabilitet med  $S_f \geq 1,4$ , se avsnitt 1 for stabilitetsvurderinger. Topografisk er det naturlig med en deling av sone 63 Frogner ved Frogner kirke, se tegning N03A01 for situasjonsplan med foreslåtte nye soner presentert med skravur

#### 4.4 Faregradsklassifisering

##### 4.4.1 *Frogner Vest*

Det er utført en faregradsklassifisering iht. NVEs veileder for sone Frogner Vest basert på vurderinger av profil A-1 i nord og A-7 i sør, se bilag N03BER01 for beregningsmatriser av faregraden klassifisert som middels med konsekvensklasse meget alvorlig.

##### 4.4.2 *Frogner Nord*

Det er utført en faregradsklassifisering iht. NVEs veileder for sone Frogner Nord basert på vurderinger av profil A-7 i sør og A-6 i nord, se vedlegg BER01 for beregningsmatriser av faregraden klassifisert som lav med konsekvensklasse meget alvorlig.

##### 4.4.3 *Frogner Sør*

Ikke revurdert. Opprettholder faregrad lav og konsekvensklasse meget alvorlig.

#### 4.5 Tiltakskategori

Tiltaket medfører større tilflytting/personopphold og havner derfor i tiltakskategori K4 jf. tabell 5.1 ref. [18].

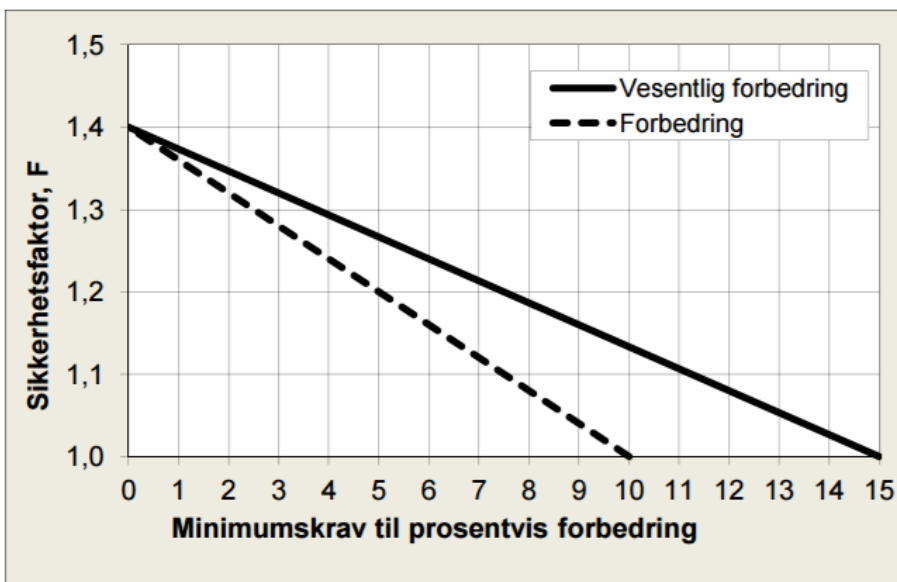
## 5 Sikkerhetskrav

### 5.1 Sikkerhetskrav områdestabilitet

Sikkerhet mot skred er definert i Teknisk forskrift (TEK 17) Kapittel 7. For områdestabilitet er det i TEK 17 definert at NVEs veileder 7/2014, ref. [18], er en preakseptert ytelse for sikkerhet mot skred.

Følgende krav til sikkerhet mot kvikkleirskred er gjeldende for tiltakskategori *K4* og faregrad *lav* i henhold til NVEs veiledning, se ref. [18];

1. Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet  $F \geq 1,4$  *eller*
2. Forbedring hvis  $F < 1,4$ , jf. figur 5.1
3. Aktiv erosjon som kan påvirke stabilitetsforholdene skal i tillegg stanses



Figur 5.1 – Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser [18].

### 5.2 Sikkerhetskrav lokalstabilitet

Lokalstabiliteten skal oppfylle stabilitetskrav i henhold til NS-EN-1997-1-1, tabell NA.A.4 (Sett M2), se ref. [19]:

- $F \geq 1,4$  for totalspenningsanalyser
- $F \geq 1,25$  for effektivspenningsanalyser

### 5.3 Anleggsperiode

Terrenginngrep i forbindelse med etableringen av tiltaket skal utføres på en slik måte at dette ikke fører til forverring av dagens stabilitetssituasjon, eventuelt at sikkerhetsfaktor  $S_f \geq 1,4$  opprettholdes.

## 6 Grunnlag for stabilitetsvurderinger

Stabilitetsberegningene er utført i GeoSuite Stability og BEAST som beregningsverktøy [20]. Med unntak av for profil A-5 er det ikke tatt høyde for eventuelle positive bidrag fra geometrieffekter (3D-effekter) i beregningene.

Det er utført beregninger for totalspenningsbasis (udrenert tilstand) og effektivspenningsbasis (drenert tilstand). Både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater er kontrollert og presentert i beregningene.

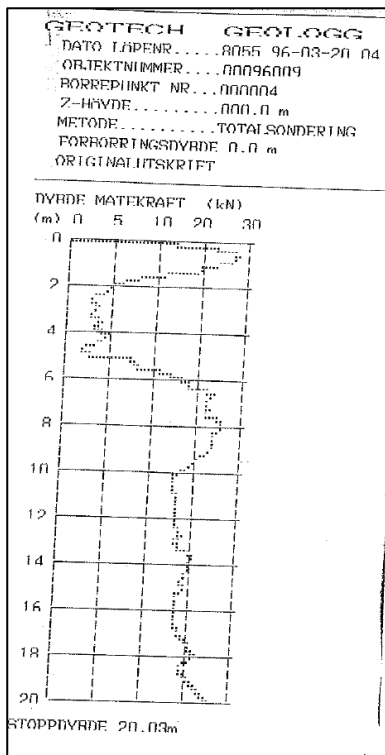
### 6.1 Valgte snitt og tolkning av lagdeling

Den geotekniske stabiliteten er vurdert for totalt 11 profiler, hvorav 4 av profilene er trukket gjennom det aktuelle tiltaksområdet se tegning N03A01 – N03A03 for plasseringen av valgte profiler. For tolkninger av lagdeling for profilene er det tatt utgangspunkt i relevante borpunkter. Skjærstyrkeprofiler er valgt på grunnlag av tolkning av aktiv udrenert skjærstyrke  $s_u^A$  som beskrevet i avsnitt 7.6, se tegning N03E01-N03E16 for presentasjon av profiler med lagdeling og valgte materialparametere for stabilitetsberegninger.

#### 6.1.1 Profiler ned mot jernbanen (A-3, A-7, A-8 og A-5)

Fra høydedraget sør for tiltaksområdet og ned mot jernbanen i vest er det trukket 4 profiler. Med unntak av profil A-7 lengst sør, så er det for disse profilene lagt til grunn en allerede utført oppfylling i skråningsfot ved etablering av jernbanen og parkeringsområdet. Frogner stasjon ble åpnet i 1854 og vi har ikke funnet dokumentasjon på etableringen av hverken jernbanen eller stasjonsområdet. Fra befaringer og tolkninger av topografien i området fra kartgrunnlag og flyfoto, mener vi at det med rimelig sikkerhet kan fastslås at det ble gjennomført en større oppfylling på området ved etableringen av jernbanen, se bilder fra området på figur 6.2 og figur 6.3. Dette underbygges ikke minst av kartgrunnlaget fra 1996 beskrevet i avsnitt 2.4, som viser opprinnelig terreng før utvidelsen av parkeringsområdet sør for Frogner stasjon. Det er rimelig å anta at en tilsvarende oppfylling tidligere er utført for stasjons- og parkeringsområdet i nord.

I 1996 ble det utført 5 dreietrykksonderinger på stasjonsområdet, se ref. [12]. Sonderingene er noe utfordrende å tolke, men virker å indikere fyllmasser i de øverste meterne, se utklipp av sondering 4 i figur 6.1. Det ble ikke tatt prøveserier i borpunktene. Sonderingene er benyttet som en del av grunnlaget for tolkningen av opprinnelig terreng før oppfyllingen for jernbanen og stasjonsområdet, se tegning N03E06 – N03E09 for profiler med tolkninger av opprinnelig terrengnivå.



Figur 6.1 Sondering 4-NVK96 fra ref. [12].



Figur 6.2 Venstre: Bilde av jernbaneundergangen nord for Frogner stasjon. Høyre: Bilde tatt vest for jernbanefylling i retning sør, like nedenfor Frogner stasjon.



Figur 6.3 Venstre: Bilde tatt mot vest lengst sør ved fyllingsfot for parkeringsområdet etablert i 2007.  
 Høyre: Bilde tatt fra samme punkt, mot sør. Jernbanefyllingen ses til høyre.

Det er altså utført stabilitetsberegninger for følgende 2 tilfeller:

1. *Opprinnelig situasjon* (forsiktig antatt topografi før etablering av jernbane og stasjons- og parkeringsområde. For profil A-3 er det benyttet kartgrunnlag fra 1996 som beskrevet i avsnitt 2.4)
2. *Ny situasjon* (kartgrunnlag fra 2017/2018)

#### 6.1.2 Profiler i tiltaksområdet (G, I, N og M)

Det er trukket 4 profiler gjennom tiltaksområdet fra høydedraget i sør og ned til laveste nivå ved Frognervegen i nord. Det er utført stabilitetsberegninger for følgende 2 tilfeller:

1. *Opprinnelig situasjon* (med kartgrunnlag fra 2007 før etablert leilighetsprosjekt)
2. *Ny situasjon* (med kartgrunnlag fra 2017 og etter etablert leilighets- og rekkehusprosjekt)

#### 6.1.3 Profiler mot øst (B-1 og B-2)

Det er trukket 2 profiler fra høydedraget sør for tiltaksområdet og ned mot lavbrekket øst for faresone Frogner Nord. Her er det lagt til grunn en planlagt oppfylling av det lavereliggende jordbruksområdet opp til kote +127,2, vurdert og presentert i 17044 Notat RIG01 Rev01, ref. [21]. Det er utført stabilitetsberegninger for følgende 2 tilfeller:

1. *Opprinnelig situasjon* (med kartgrunnlag fra 2017/2018)
2. *Ny situasjon* (med planlagt oppfylling av jordbruksområdet)

## 6.2 Kvalitet CPTU og prøver

En oversikt over anvendelsesklasse iht. NGF melding nr. 5 [22] for CPTUene utført i området, samt kvaliteten på utførte treaksialforsøk iht. tabell 2.20 i Håndbok V220 [23], er presentert i tabell 6.1 og tabell 6.2.

Tabell 6.1 – Kvalitet CPTU

Punkt (utførelsesår)	Målestørrelse (differanse før/etter)			Avstand mellom målinger [mm]	Anvendelses- klasse
	Spissmotstand [kPa]	Sidefriksjon [kPa]	Poretrykk [kPa]		
5 (2007)	20	0	2	20	1
7 (2007)	20	1	0	20	1
10 (2016)	8,7	0,2	4,6	20	1
12 (2016)	11,7	0,6	4,2	20	1
1 (2017)	4,2	0,2	-10,3	20	1
2 (2018)	-3	-0,1	0,1	20	1
12 (2018)	-23,3	-0,4	0,2	20	1

Tabell 6.2 – Kvalitet treaksialforsøk

Punkt	Dybde [m]	Utpresset porevann [cm <sup>3</sup> ]	Utpresset porevann volum [%]	Klassifisering
10	4,4	4,3	1,93	Godt forsøk
12	10,4	4,7	2,04	Akseptabelt forsøk
12	20,5	8,2	3,62	Akseptabelt forsøk





## 7 Geotekniske dimensjoneringsparametere

Det etterfølgende beskriver generelle geotekniske dimensjoneringsparametere som er lagt til grunn i vurderingene. Karakteristiske dimensjoneringsparametere for naturlig avsatte løsmasser er eller vil bli bestemt på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser. For massetyper der karakteristiske parametere på opptatte prøver ikke foreligger, benyttes erfaringsverdier fra *Håndbok V220*, se ref. [23].

### 7.1 Sand

- $c' = 0$
- $\varphi = 35^\circ$  (se bilag N03BER03)
- $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$

### 7.2 Tørskorpeleire

- $c' = 0$
- $\varphi = 30^\circ$
- $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$

### 7.3 Kvalitetsfylling – sprengstein/pukk

- $c' = 0$
- $\varphi = 40^\circ$
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

### 7.4 Lette masser - glasopor

- $c' = 0$
- $\varphi = 38^\circ$
- $\gamma = 3,5 \text{ kN/m}^3$

### 7.5 Støttefylling

- $c' = 0$
- $\varphi = 30^\circ$
- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

### 7.6 Leire og kvikkleire

Leiren er modellert med både med udrenert og drenert materialoppførsel. Tolket aktiv udrenert skjærstyrke fra CPTU-sonderingene er redusert med 15 % for kvikkleire iht. [18].

#### 7.6.1 Tyngdetetthet

Det er valgt å legge til grunn følgende tyngdetetthet i beregningene:

- $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$

#### 7.6.2 Effektivspenningsparametere

- $c' = 6,5 \text{ kPa}$
- $\varphi = 23^\circ$

For drenerte analyser er leiras effektivspenningsparametere valgt basert på treaksialforsøk, tolkede verdier er presentert i tabell 7.1.

Tabell 7.1 - Tolkede effektivspenningsparametere fra treaksialforsøk på stedlig leire.

Punkt	Type forsøk	Dybde [m]	Friksjonsvinkel ( $\varphi$ ) [°]	Kohesjon (c) [kPa]
12	Aktivt	10,4	24	11
12	Aktivt	20,5	33	26
10	Passivt	4,4	22	2

For stabilitetsberegningene er det lagt vekt på aktivt forsøk fra punkt 12 og passivt forsøk fra punkt 10, og det er valgt å benytte en friksjonsvinkel  $\varphi = 23^\circ$  og kohesjon  $c = 6,5$  kPa på leira.

### 7.6.3 Totalspenningsparametere (udrenert skjærstyrke)

Aktivt udrenert skjærstyrkeprofil ( $s_u^A$ -profil) i leiren fastsettes generelt på bakgrunn av følgende forsøk (i prioritert rekkefølge):

1. Treaksialforsøk av høy kvalitet
2. CPTU-sonderinger
3. Beregnet styrkeprofil etter SHANSEP-prosedyren
4. Klassifiseringsforsøk (enaks og konus)

For dette oppdraget er anbefalt aktivt udrenert skjærstyrkeprofil i hovedsak valgt på bakgrunn av CPTU-sonderingene i borpunkt 5 og 7 fra 2007, borpunkt 10 og 12 fra 2016 og borpunkt 2 og 12 fra 2018, samt beregninger etter SHANSEP-prosedyren.

### Tolkning av CPTU-sonderinger

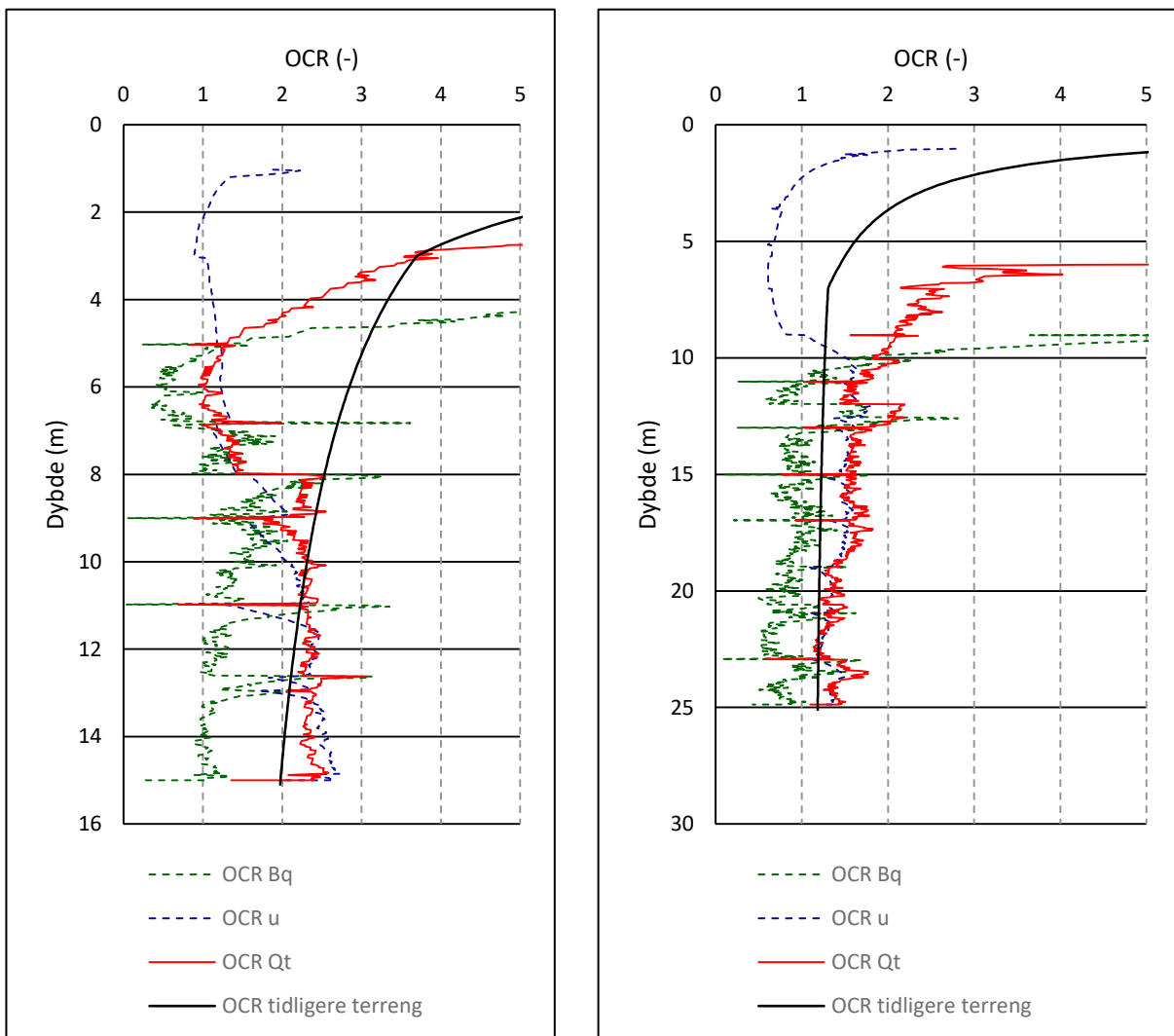
Aktiv udrenert skjærstyrke,  $s_u^A$ , tolket fra CPTU-sonderingene er basert på korrelasjoner for norske leirer som er utarbeidet av Karlsrud m.fl. [24]. Korrelasjonsfaktorene  $N_{kt}$  og  $N_{\Delta u}$  er gitt som funksjon av sensitivitet ( $S_t$ ), plastisitetsindeks ( $I_p$ ) og grad av overkonsolidering (OCR). Verdier for sensitivitet og plastisitetsindeks fastsettes på bakgrunn av målinger fra laboratorieforsøk eller forsiktige antakelser. OCR-profil som inngår i korrelasjonsfaktorene velges på bakgrunn av følgende i prioritert rekkefølge:

1. Ødometerforsøk
2. OCR-profil beregnet ut fra antatt opprinnelig terrengnivå for de marine avsetningene
3. Beregnet OCR-profil basert på CPTU-sondering ( $Q_t$ ,  $B_q$  og  $u$ )  
(beregnet etter prosedyrer foreslått av Karlsrud m.fl. [24])

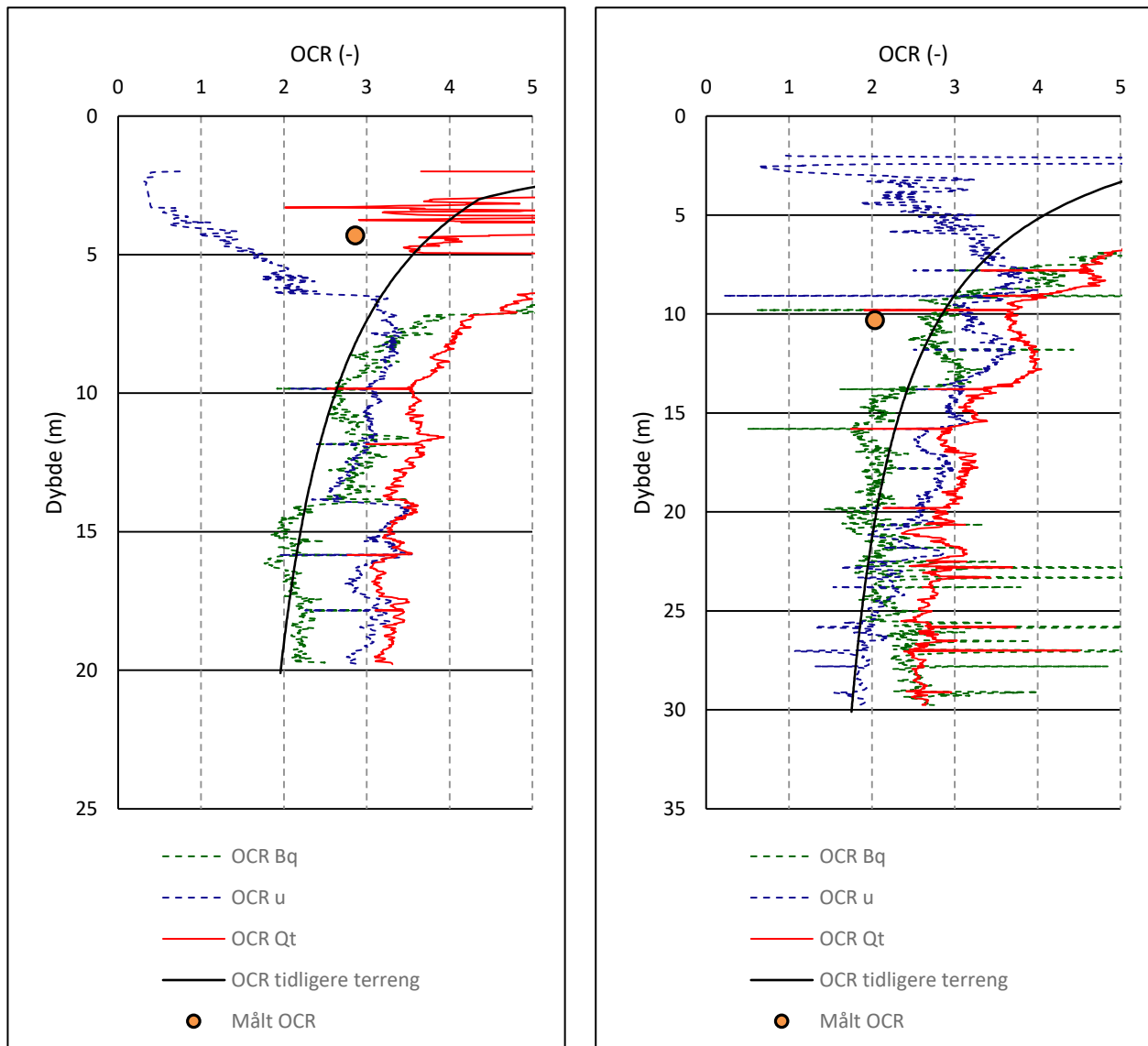
Dagens terreng i området varierer mellom ca. kote +100 til kote +145. Forsiktige tolkninger av CPTU sonderingene indikerer at tidligere terreng lå på ca. kote +145, se figur 7.1, figur 7.2 og figur 7.3 for tolkninger av OCR med dybden for de 6 CPTU-sonderingene. For beregning av OCR fra tidligere terreng er det tatt utgangspunkt i følgende:

- ✓ Terrengkote tidligere tider = +145
- ✓ Grunnvannspeil tidligere tider = +145

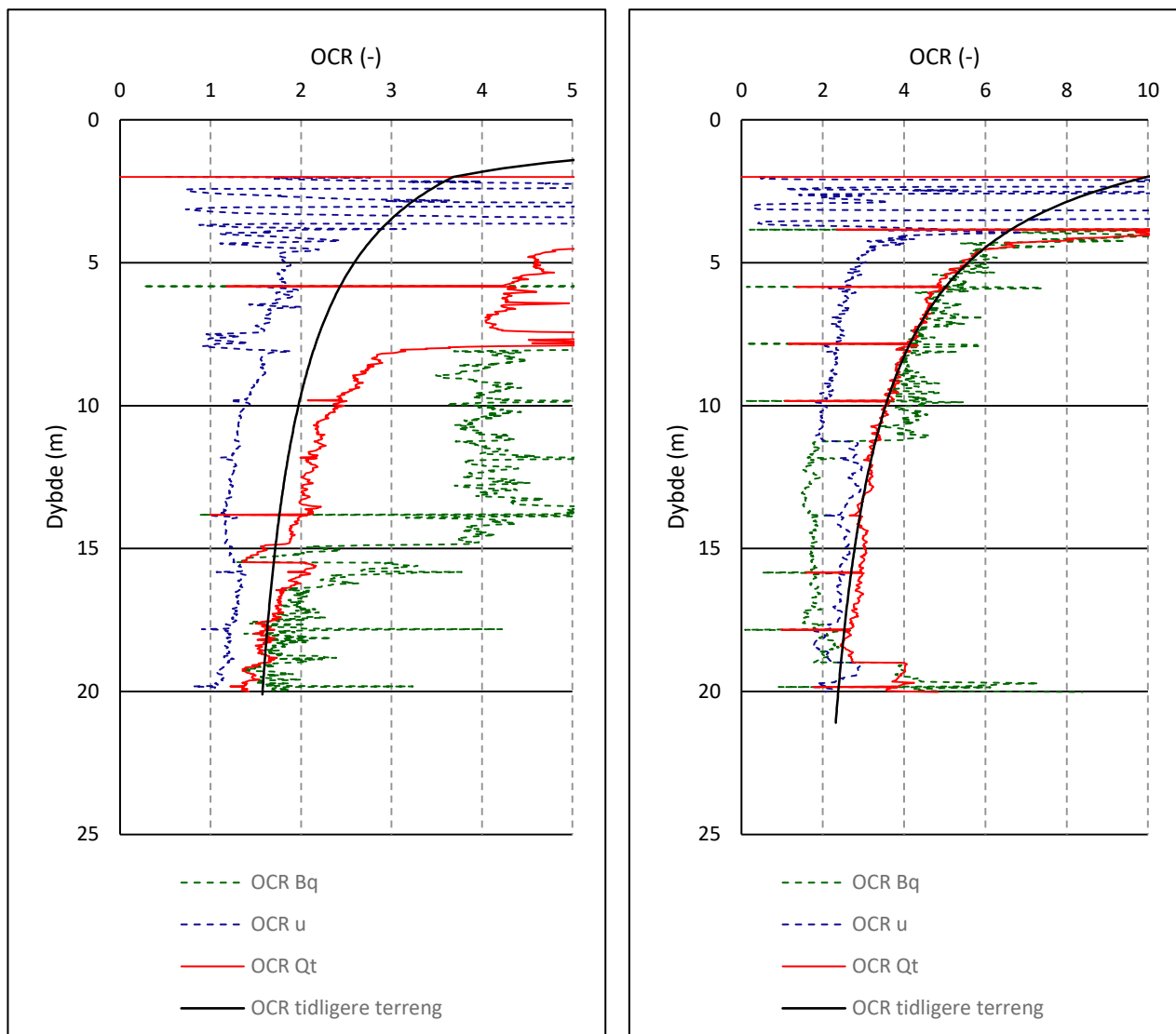
De lave OCR  $Q_t$ ,  $u$  og  $B_q$  verdiene for CPTUen i punkt 7 mener vi skyldes at CPTU-sonderingen har truffet omrørt sone rundt totalsonderingshullet.



Figur 7.1 Tolkning av OCR med dybden for CPTU sondering i punkt 7 fra 2007 (venstre) og punkt 5 fra 2007 (høyre).



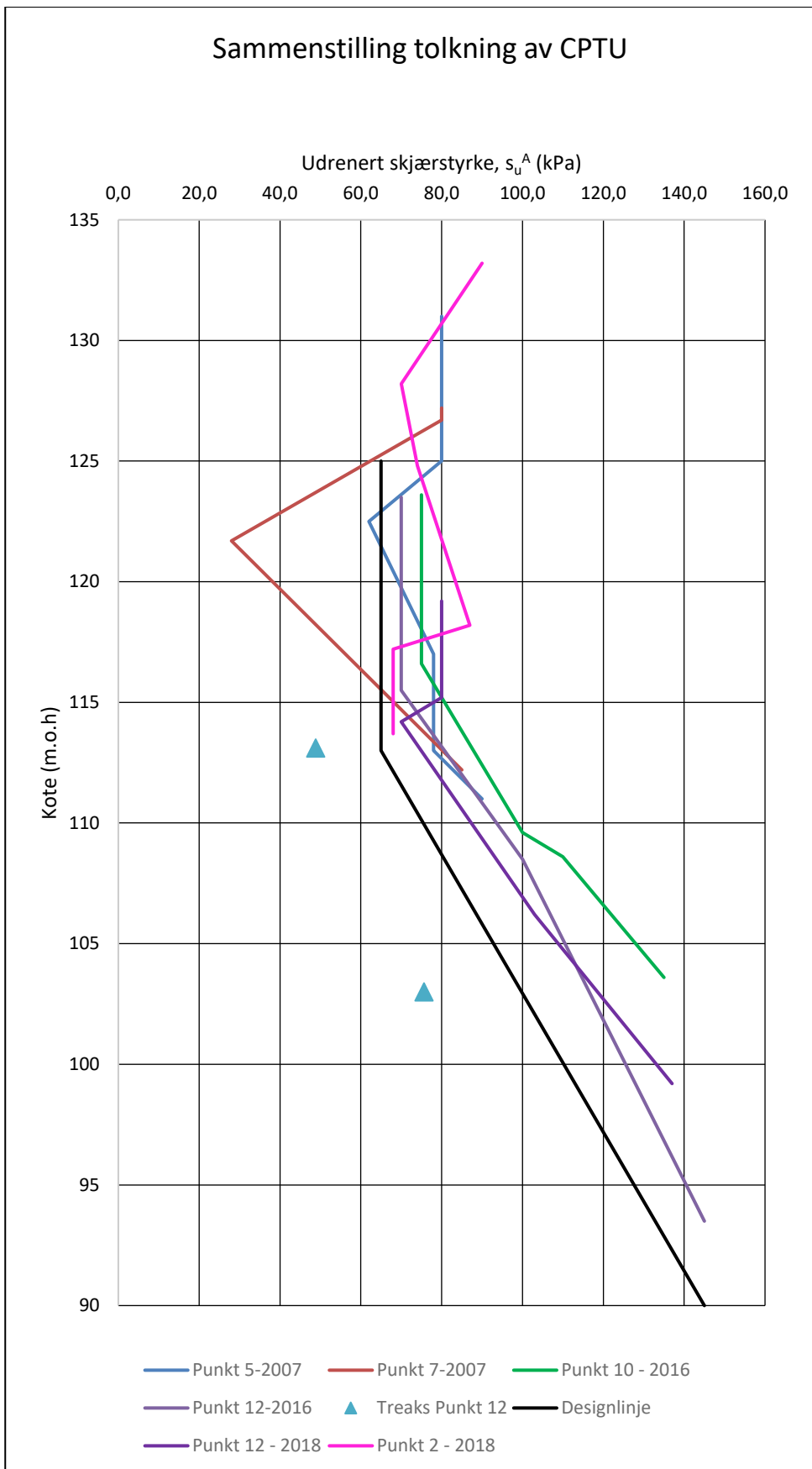
Figur 7.2 Tolkning av OCR med dybden for CPTU sondering i punkt 10 fra 2016 (venstre) og punkt 5 fra 2016 (høyre).



Figur 7.3 Tolkning av OCR med dybden for CPTU sondering i punkt 2 fra 2018 (venstre) og punkt 12 fra 2018 (høyre).

### Valg av designlinje

En sammenstilling av de tolkede aktive udrenerte skjærstyrkeprofilene fra CPTUene er vist på figur 7.4 sammen med valgte designlinje. Sammenstillingen viser god overenstemmelse mellom verdier for udrenert skjærstyrke for CPTUene, med unntak av den lave skjærstyrken rundt kote +120 for punkt 7 som trolig skyldes at sonden har truffet omrørt sone fra totalsonderingshullet.



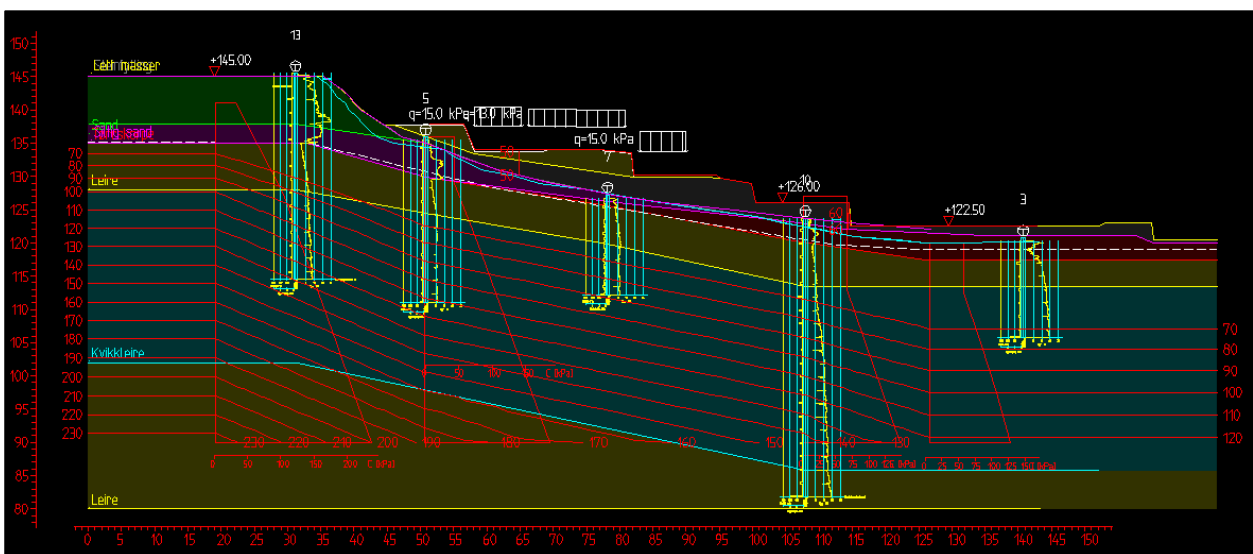
Figur 7.4 Sammenstilling av tolkede aktive skjærstyrkeprofil fra de 4 CPTUene utført på området og valgt designlinje. Resultater fra treaksialforsøk i punkt 12 er også presentert.

Ved fastsettelse av designlinjen for aktiv udrenert skjærstyrke, er det lagt størst vekt på CPTUene. Dette begrunnes med et godt datagrunnlag og 6 CPTU målinger av god kvalitet og med god overenstemmelse. De to treaksialforsøkene fra punkt 12 er ilagt mindre vekt enn CPTUene. Erfaringsdata viser at maksimal udrenert aktiv skjærfasthet fra treaksialforsøk på prøver tatt med Ø54 mm rør er <75 % av høykvalitetsprøve (blokkprøve), se ref. [25]. Maksimal aktiv skjærfasthet fra de utførte treaksialforsøkene tilsvarer i dette tilfellet ca. 75 % av tolket skjærfasthet (valgt designlinje) fra CPTU-ene.

Den valgte designlinjen som vist på figur 7.4, er benyttet som grunnlag for justeringer av skjærstyrkeprofil vha. Shansep slik at disse gir en god overenstemmelse, se bilag N03BER04 for skjærstyrkeprofiler v/Shansep for profil I. Ved beregning av skjærstyrkeprofiler vha. Shansep-teorien er det lagt til grunn følgende inngangsparametere:

- ✓  $\gamma_{\text{tidligere}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- ✓  $m = 0,60$
- ✓  $s_u^A/p'_{v,\text{f\ddot{o}r}} = 0,33$

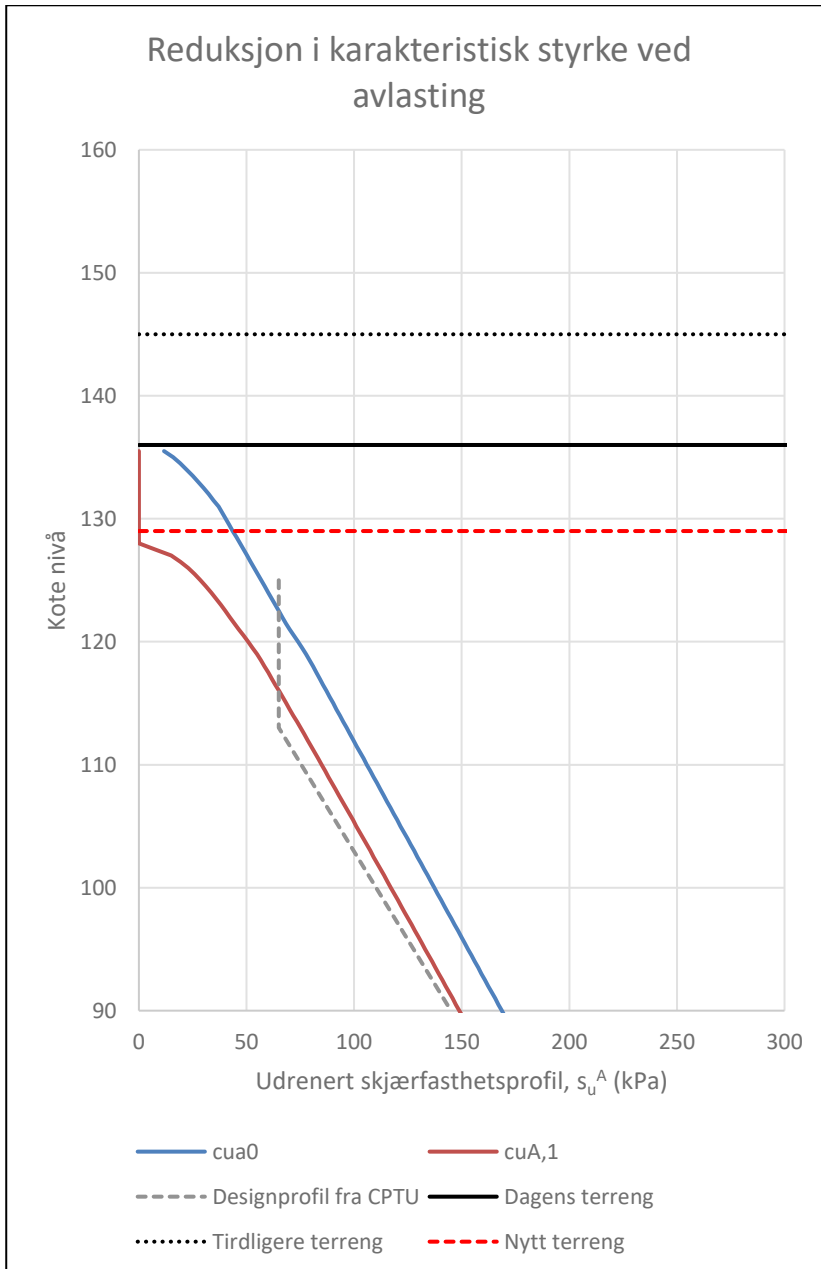
Det er videre kontrollert at interpolasjonslinjene (ISO-linjene) mellom beregnede styrkeprofiler i skråningen har en fornuftig helning sammenlignet med terrenghelningen i profilet, se figur 7.5 for presentasjon av profil I med isolinjer.



Figur 7.5 Utklipp av profil I med isolinjer markert med røde streker. Opprinnelig terreng 2017 vist med rosa strek.

### Reduksjon av aktiv udrenert skjærstyrkeprofil grunnet avlasting

Det planlegges en større avlasting av kollen ved rekkehusfelt B30 og B40, hvor profil M og N er trukket gjennom. En slik permanent avlasting vil over tid føre til noe redusert skjærstyrke i den underliggende leira. I stabilitetsberegningene er det tatt høyde for denne reduksjonen i styrkeprofilene beregnet med Shansep, se figur 7.6 for eksempel ved avlasting fra kote +136 til kote +130.



Figur 7.6 Reduksjon av udrenert skjærfasthet ved 6 m avlasting fra kote +136 til kote +130. *cua0* og *cuA,1* viser beregnet skjærstyrkeprofil hhv. før og etter avlasting, hvor *cuA,1* er benyttet i stabilitetsberegningene ved avlasting.

#### 7.6.4 Anisotropifaktorer

Udrenert styrke i leire er avhengig av retning for skjærdeformasjon, sett i forhold til retningen av in-situ hovedspenninger. Dette betyr at leiren har ulik styrke avhengig av retningen av skjærbevegelsen, altså et anisotropisk styrkeforhold (ADP). Forholdet mellom aktiv, direkte, og passiv skjærstyrke velges på bakgrunn av NIFS-rapport: «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer», ref. [26]. I rapporten er det anbefalt å velge anisotropiforhold på bakgrunn av målt plastisitetsindeks ( $I_p$ ) som vist i tabell 7.2.



Tabell 7.2 Anbefalt relasjon mellom  $I_p$  og ADP-faktorer, ref. [26]

$I_p$ (%)	$s_u^D / s_u^A$ (-)	$s_u^P / s_u^A$ (-)
$I_p \leq 10$ %	0,63	0,35
$I_p > 10$ %	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

I dette prosjektet er det valgt å legge til grunn  $I_p \leq 10$  % i leira basert på laboratorieforsøk, som gir følgende anisotropiforhold:

- $s_u^D / s_u^A = 0,63$
- $s_u^P / s_u^A = 0,35$

#### 7.6.5 Poretrykksforhold

For drenerte stabilitetsanalyser er grunnvannstand tolket å ligge i sjiktet mellom topplag (sand og tørrskorpeleire) og leirelag, noe som samsvarer godt med grunnlaget presentert i avsnitt 3.3. Grunnvannstand ved punkt 4 fra 2017 i tiltaksområdet, er tolket å ligge noe høyere i samsvar med resultater fra målinger her. Det er benyttet hydrostatisk økning av poretrykket med dybden, noe som anses for å være på beregningsmessig sikker side.

#### 7.6.6 Terrenglaster

Aktuelle terrenglaster er trafikklaster og bygningslaster:

- Trafikklaster er modellert med  $q = 13$  kPa, iht. kap. 4.7.2 i ref. [23]
- Nyttelast fra konstruksjoner er modellert med 5 kPa per etasje



## 8 Stabilitetsvurderinger

I det følgende er vurderinger for hvert av de valgte profilene presentert. En oversikt over samtlige profiler med minste beregnede sikkerhetsfaktor og krav til forbedring er gitt i tabell 8.1. Det vises for øvrig til tegninger med beregningsprofiler for tolkning av lagdelinger, benyttede parametere og beregnede sikkerhetsfaktorer.

### 8.1 Profil A-12

Profil A-12 er plassert helt sør i faresone Frogner Nord og er trukket fra høydedraget og ned mot en ravnedal sørvest for Frogner kirke. For tolkning av lagdelinger er det tatt utgangspunkt i borpunkt NGI186B fra ref. [11], borpunkt 4-GA11 fra ref. [14] og borpunkt 12-LG18 fra ref. [5].

Stabilitetsberegninger viser tilfredsstillende stabilitet både for drenert og udrenert analyse. Se beregninger på tegning N03E01.

### 8.2 Profil A-7

Profilet er trukket fra tiltaksområdet og ca. 220 m sørover til baksiden av Middelalderkirken og videre ned mot Leira i vest. For tolkninger av lagdeling er det tatt utgangspunkt i borpunkt 13-2016 fra ref. [3], punkt 10-LG18 fra ref. [5], punkt NGI186B fra ref. [11], punkt MC11 fra ref. [13], punkt 2NKV96 fra ref. [12] og punkt 4-LG11 fra ref. [10].

Stabiliteten av skråningen ned mot jernbanen er ikke tilfredsstillende for dagens situasjon. For å sikre skråningen etableres det en støttefylling ved skråningsfot, øst for jernbanen, opp til kote +117. Støttefyllingen vil øke sikkerheten mot stabilitetsbrudd ved profil A-7 med 10 % og vil tilfredsstillende kravet til prosentvis forbedring i figur 5.1. Stabiliteten mot Leira vil ikke forverres med etablering av støttefyllingen. Se beregninger på tegning N03E02 – N03E03.

### 8.3 Profil A-3

Profil A-3 er trukket ned fra skråningstopp ved Nordre Frogner, ca. 60 m nord for Middelalderkirken og 160 m sør for tiltaksområdet. For tolkninger av lagdeling er det tatt utgangspunkt i borpunkt 13-2016 fra ref. [3], punkt NGI186B fra ref. [11], punkt 00NGI1, 00NGI2 og 00NGI3 fra ref. [15] og 8\_FRED96 fra ref. [9].

Det er gjort stabilitetsberegninger av situasjonen før og etter etableringen av parkeringsområdet øst for jernbanen som beskrevet i avsnitt 6.1.1. Beregningene viser at oppfyllingen i skråningsfot har forbedret skråningsstabiliteten med 18 % og tilfredsstillende kravet til prosentvis forbedring i figur 5.1. Se beregninger på tegning N03E04 – N03E05.

### 8.4 Profil A-8

Profilet er trukket fra tiltaksområdet og ca. 100 m mot sør før det fra skråningstoppen knekker ned over jernbanen i vest. For tolkninger av lagdelingen er det tatt utgangspunkt i punkt 13-2016 fra ref. [3], 10-LG18 og 11-LG18 fra ref. [5] og punkt 4NKV96 og 5NKV96 fra ref. [12].

Det er gjort stabilitetsberegninger av situasjonen før og etter etablering av parkeringsområde og jernbanefylling som beskrevet i avsnitt 6.1.1. Beregningene viser at oppfyllingen i skråningsfot har forbedret skråningsstabiliteten med mellom 6 og 14 % for sammenlignbare sirkulære glideflater, og tilfredsstillende kravet til prosentvis forbedring i figur 5.1. Se beregninger på tegning N03E06 – N03E07.

### 8.5 Profil A-5 og A-9

Profil A-5 er trukket fra høydedraget rett sør for tiltaksområdet og ned over jernbanelinjen i vest. For tolkninger av lagdelingen er det tatt utgangspunkt i punkt 1-2017 fra ref. [4], 13-2016 fra ref. [3], 7-LG18 fra ref. [5], 3-SV, 2-SV og 1-SV fra ref. [7], punkt 6NKV96 og 9NKV96 fra ref. [12] og 1-HAUK91 fra ref. [8].

Profil A-9 er trukket fra tiltaksområdet ved rekkehusfelt B20 og ned over jernbanelinjen i vest. For tolkninger av lagdelingen er det tatt utgangspunkt i punkt 5-2007 fra ref. [2], punkt 8-SV og 7-SV fra ref. [7] og punkt 9NKV96 fra ref. [12].

Det er gjort stabilitetsberegninger av situasjonen før og etter etablering av parkeringsområde og jernbanefylling som beskrevet i avsnitt 6.1.1 for profil A-5, se tegning N03E08 og N03E09. For profil A-9 er det gjort stabilitetsberegninger av situasjon med tiltak, se tegning N03E17.

Beregningene viser at jernbanefyllingen forbedrer skråningsstabiliteten for glideflater fra skråningstopp og ned til fot jernbanefylling med mellom 5 og 10 %. Kravet til prosentvis forbedring jf. figur 5.1 er dermed ikke tilfredsstillende for den dypeste glideflaten ( $F = 1,18$  for dagens situasjon). 30 – 40 m nord for profil A-5 reduseres den totale høydeforskjellen med flere meter ned mot tiltaksområdet. Stabilitetsberegninger av profil A-9 som ligger parallelt med profil A-5 ca. 53 m mot nord, viser god stabilitet for glideflaten under jernbanefyllingen ( $F = 1,58$ ), se tegning N03E17. Det er derfor lagt til grunn et bidrag fra sidefriksjon for den dype glideflaten i profil A-5. Følgende 3D sidefriksjonsfaktor er benyttet i beregningen:

$$3D \text{ sidefriksjonsfaktor} = 1/L = 1/60 = 0,017$$

Ny beregning med bidrag fra sidefriksjon gir tilfredsstillende stabilitet ( $F = 1,47$ ) for den dype glideflaten som går under jernbanefyllingen, se tegning N03E09.

Kritiske glideflater med utadgående skjærflater ovenfor jernbanefyllingen har fått liten eller ingen prosentvis forbedring. Disse glideflatene er vurdert iht. NIFS-rapport 14/2016, ref. [27]. Aktuell skredmekanisme vurderes her å være rotasjonsskred, et initialskred i skråningen vil ikke føre til retrogressiv skredutvikling og tiltaksområdet vil ikke berøres av et slikt skred, se bilag N03BER05 og tegning N03E18 for valgte verdier og vurderinger.

### 8.6 Profil G-G

Profilet er trukket fra høydedraget i sør og ned mot jernbaneundergangen i nordvest.

Etter etablert tiltak er stabilitetssituasjonen tilfredsstillende med  $S_f > 1,4$  for alle glideflater. Det legges til grunn en avlastning av skråningstopp i nordvest (gnr/bnr 73/56), se tegning N03A03 for skissert område som må avlastes. Terrenglaster er ikke tatt med i beregningene da disse vil virke stabiliserende for stabiliteten mot skråning i sør og vurderes å ha en ubetydelig innvirkning på stabiliteten ned mot jernbaneundergangen. Se beregninger på tegning N03E10.

### 8.7 Profil I-I

Profilet er trukket fra høydedraget i sør og ned til Frognervegen i nord og er beregningsmessig det mest kritiske profilet i tiltaksområdet.

Beregninger av stabilitetssituasjonen for opprinnelig situasjon (2007), gir sikkerhetsfaktor  $S_f \approx 1,0 - 1,17$ . Etter ferdig etablert leilighetsprosjekt og planlagte tiltak (rekkehusbebyggelse), vil stabilitetssituasjonen for kritiske glideflater forbedres med 7 – 31 %.

Det er benyttet bygnings- og trafikklaster i beregningene kun på drivende side av relevante glideflater, se tegning N03E12. Oppfyllingen skal utføres med en kombinasjon av steinmasser og lette masser.

#### 8.8 Profil N-N

Profilen er trukket fra høydedraget i sør, gjennom planlagt byggefelt B40 og B30 og ned mot Frognervegen i nord. Tiltaket innebærer noe avlastning for felt B40 og en større avlastning for felt B30. Ved etableringen av leilighetsprosjektet ble det nordlige området fylt opp med steinmasser.

Beregninger av stabilitetssituasjonen for opprinnelig situasjon (2007), gir sikkerhetsfaktor  $S_f \approx 1,0 - 1,27$ . Etter ferdig etablert leilighetsprosjekt og planlagte tiltak (rekkehusbebyggelse), vil stabilitetssituasjonen for kritiske glideflater forbedres til  $F > 1,4$  eller ikke forverres til  $F < 1,4$ . Det er benyttet redusert skjærstyrkeprofil i beregningene der terrenget skal avlastes. For tilfredsstillende stabilitet av skråningen i sør, forutsettes det at skråningen avlastes som vist på tegning N03E13 og N03A03.

Det er benyttet bygningslaster i beregningene kun på drivende side av relevante glideflater. Disse har liten innvirkning på stabiliteten.

#### 8.9 Profil M-M

Profilen er trukket fra høydedraget i sør, gjennom planlagt byggefelt B50, B40 og B30 og ned til Frognervegen i nord. Tiltaket innebærer noe oppfylling sør for og under felt B50 og en større avlastning ved felt B30. Ved etableringen av leilighetsprosjektet ble det nordlige området fylt opp med steinmasser.

Beregninger av stabilitetssituasjonen for opprinnelig situasjon (2007), gir sikkerhetsfaktor  $S_f \approx 1,12 - 1,31$ . Etter ferdig etablert leilighetsprosjekt og planlagte tiltak (rekkehusbebyggelse), vil stabilitetssituasjonen for kritiske glideflater forbedres til  $F > 1,4$  eller ikke forverres til  $F < 1,4$ .

Det er benyttet redusert skjærstyrkeprofil i beregningene der terrenget skal avlastes og det er tatt høyde for høy grunnvannstand ved skråningstå i sør ved utregning av styrkeprofiler med Shansep. Det er benyttet bygningslaster i beregningene kun på drivende side av relevante glideflater. Disse har liten innvirkning på stabiliteten. Se beregninger på tegning N03E14.

#### 8.10 Profil B-2

Profilen er trukket fra høydedraget sør for tiltaksområdet og ned skråningen i østlig retning. På det nærmeste er profilen ca. 20 m fra tiltaksområdet. For tolkninger av lagdelingen er det tatt utgangspunkt i punkt 1 fra ref. [4] og punkt 1-2018 fra ref. [16].

Stabilitetsanalyser for dagens situasjon viser ikke tilfredsstillende stabilitet med minste sikkerhetsfaktor  $S_f = 1,06$ .

Tilfredsstillende sikkerhet oppnås med etablering av en stabiliserende støttefylling ved skråningsfot i tillegg til den planlagte oppfyllingen av det lavereliggende området i øst til kote +127,2. Det oppnås dermed en prosentvis forbedring på 6 - 14 % for sammenlignbare glideflater,

noe som tilfredsstillende kravet til prosentvis forbedring i figur 5.1. Se beregninger på tegning N03E15.

### 8.11 Profil B-1

Profilen er trukket fra låven på høydedraget ca. 150 m sør for tiltaksområdet og ned skråningen i retning øst. For tolkninger av lagdelingen er det tatt utgangspunkt i punkt NGI186B fra ref. [11] og punkt 1-2018 fra ref. [16].

Stabilitetsanalyser viser tilfredsstillende stabilitet for kritiske glideflater med minste sikkerhetsfaktor  $S_f = 1,60$ . Se beregninger på tegning N03E16.

Tabell 8.1 Oversikt over valgte profiler med stabilitetsvurderinger.

Profil	Tegning nr.	Opprinnelig situasjon <sup>1</sup> [F]	Dagens situasjon <sup>2</sup> [F]		Krav [F]	Ny situasjon <sup>3</sup> [F]		Forbedring [%]	Vurdering
			$s_u$	$a\phi$		$s_u$	$a\phi$		
A-12	N03E01	-	1,64	2,62	-	-	-	-	Dagens skråning ok
A-7	N03E02 og N03E03	-	1,06	-	1,15	1,17	1,64	10	Ok med etablering av støttefylling
A-3	N03E04 og N03E05	1,07	1,26	1,91	1,16	-	-	18	Ok, allerede forbedret
A-8	N03E06 og N03E07	1,15 og 1,19	1,31 og 1,26	1,60	1,22 og 1,25	-	-	14 og 6	Ok, allerede forbedret
A-5	N03E08 og N03E09	1,10 og 1,12	1,21 og 1,18	1,74	1,18 og 1,20 <sup>4</sup>	-	-	10 og 5 <sup>4</sup>	Ok, allerede forbedret
A-9	N03E17	-	-	-	-	1,58	2,16	-	Ok
G	N03E10	-	-	-	-	1,40	1,36	-	Ok
I	N03E11 og N03E12	1,0 og 1,10	-	-	1,10 og 1,18	1,31 og 1,18	1,85	31 og 7	Ok, tiltaket forbedrer situasjonen
N	N03E13	1,0 og 1,27	-	-	-	1,38	2,26	-	Ok, tiltaket forverrer ikke situasjonen < 1,4
M	N03E14	1,12 og 1,31	-	-	-	1,38	1,89	-	Ok, tiltaket forverrer ikke situasjonen < 1,4
B-2	N03E15	-	1,06	-	1,15	1,21	1,76	14	Ok med etablering av støttefylling
B-1	N03E16	-	1,60	2,49	-	-	-	-	Dagens skråning ok

<sup>1</sup> I tiltaksområdet er det gjort stabilitetsvurderinger med kartgrunnlag fra 2007. Stabiliteten mot jernbanen i vest er vurdert for situasjonen før oppfylling i skråningsfot som beskrevet i kap. 6.

<sup>2</sup> Stabilitetsvurdering med kartgrunnlag fra 2017/2018.

<sup>3</sup> Stabilitetsvurderinger med ferdig etablert leilighetsprosjekt og ferdig etablerte forbedringstiltak

<sup>4</sup> Med bidrag fra sidefriksjon (3D-effekt) oppnås sikkerhetsfaktor  $F = 1,47$  og tilfredsstillende stabilitet, se kap. 8.5

## 9 Avgrensning av utløpsområder

### 9.1 Tiltaksområdet

De aktuelle tomtene ligger ikke i et potensielt utløpsområde, skred fra overliggende terreng er derfor ikke en aktuell problemstilling.

### 9.2 Utløpsområder fra faresoner

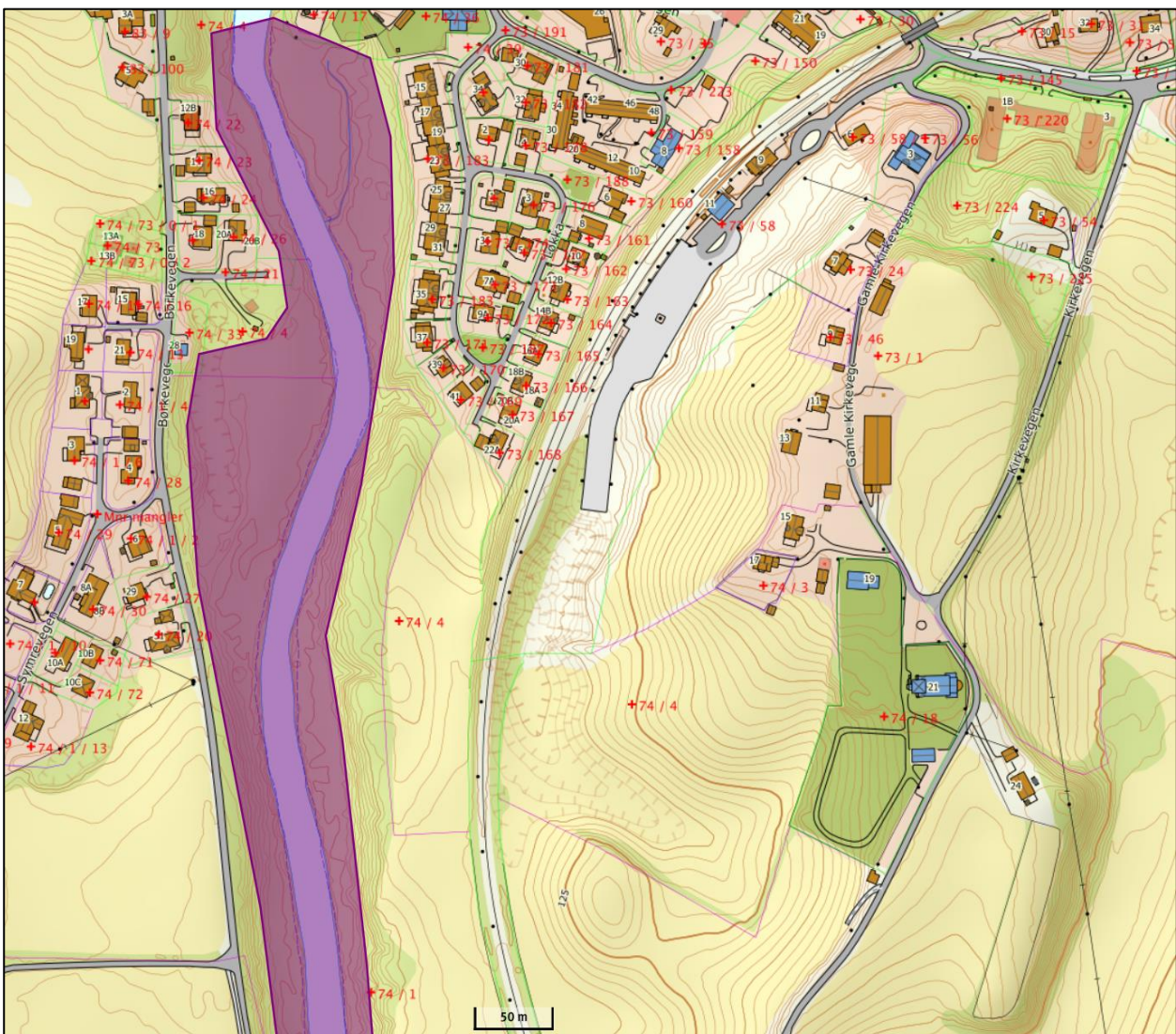
#### 9.2.1 Frogner Nord

Stabiliteten av skråninger i sone Frogner Nord hvor tiltaket er plassert vil i sin helhet forbedres med tiltakene vurdert og foreslått i foreliggende notat. Det vurderes derfor som lite hensiktsmessig å utføre en avgrensning av et potensielt utløpsområde her.

#### 9.2.2 Frogner Vest

Skredmasser fra et kvikkleireskred i sone Frogner Vest vil renne ut i Leira å følge topografien sørover, se markering av potensielt utløpsområdet for sone Frogner Vest på figur 9.1.

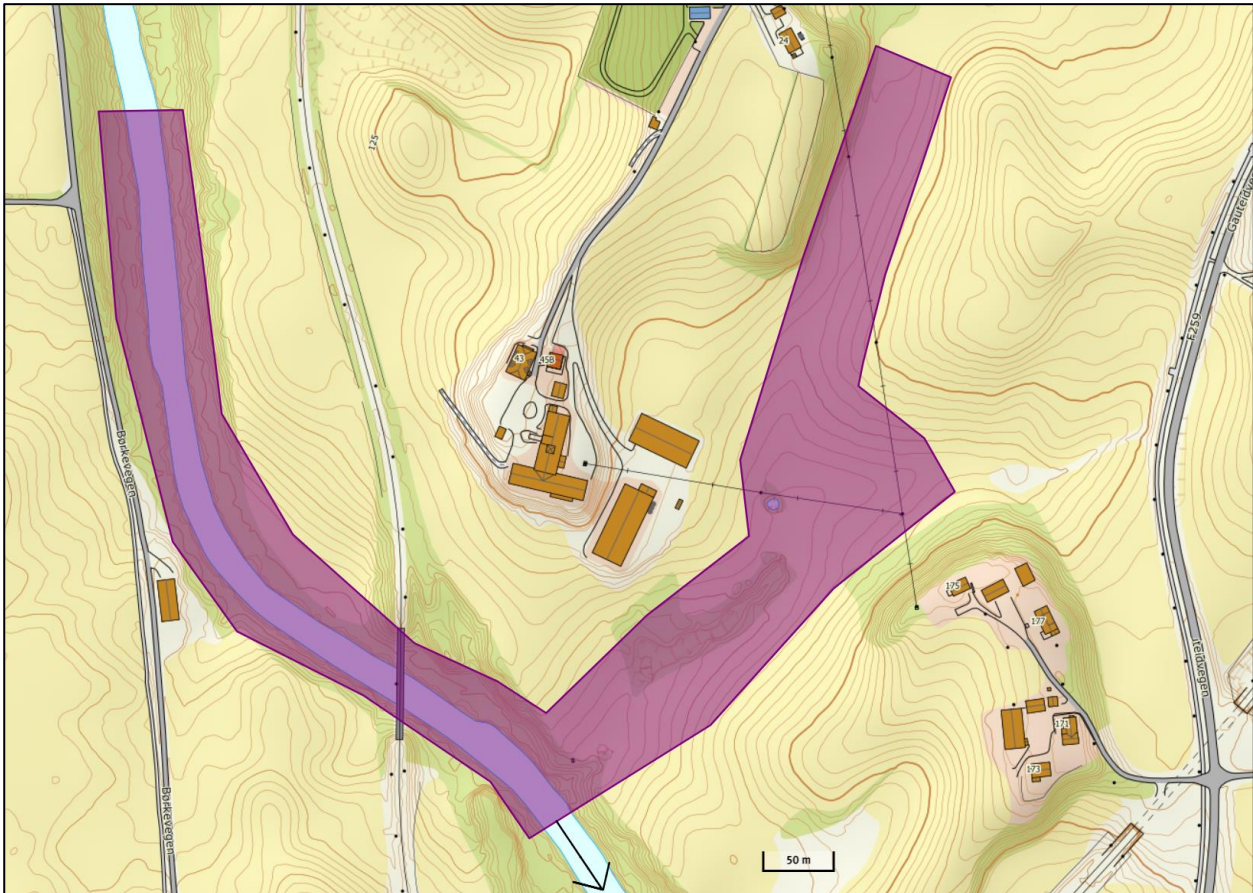
Skredmassene vil også kunne føre til oppdemning av Leira. Eventuell fare for flodbølge/flom som følger av dette er ikke nærmere vurdert i foreliggende notat.



Figur 9.1 Markering av potensielt utløpsområdet fra sone Frogner Vest.

### 9.2.3 Frogner Sør

Skredmasser fra et kvikkleireskred vest i sonen vil renne ut i Leira å følge topografien mot sør/sørøst. Skredmasser fra et kvikkleireskred øst i sonen vil følge topografien mot sør og elven Leira. Skredmasser vil kunne føre til oppdemning. Eventuell fare for flodbølge/floam som følger av dette er ikke nærmere vurdert i foreliggende notat.



Figur 9.2 Markering av potensielt utløpsområdet fra sone Frogner Sør.

## 10 Videre geoteknisk bistand

Anleggsarbeider skal utføres på en slik måte at dette ikke fører til forverring av stabilitetssituasjonen. Det skal utarbeides et eget notat med beskrivelser av utførelse og kontroll.

Ved endringer av tegningsgrunnlaget må geotekniker kontaktes for nye vurderinger av stabilitetssituasjonen.

Videre prosjekterings- og anleggsarbeider skal følges opp av geotekniker. Sandskråningen sør for tiltaksområdet skal sikres med jordnagler der lokalstabiliteten  $F < 1,25$ . Detaljprosjekteringen presenteres i eget notat.

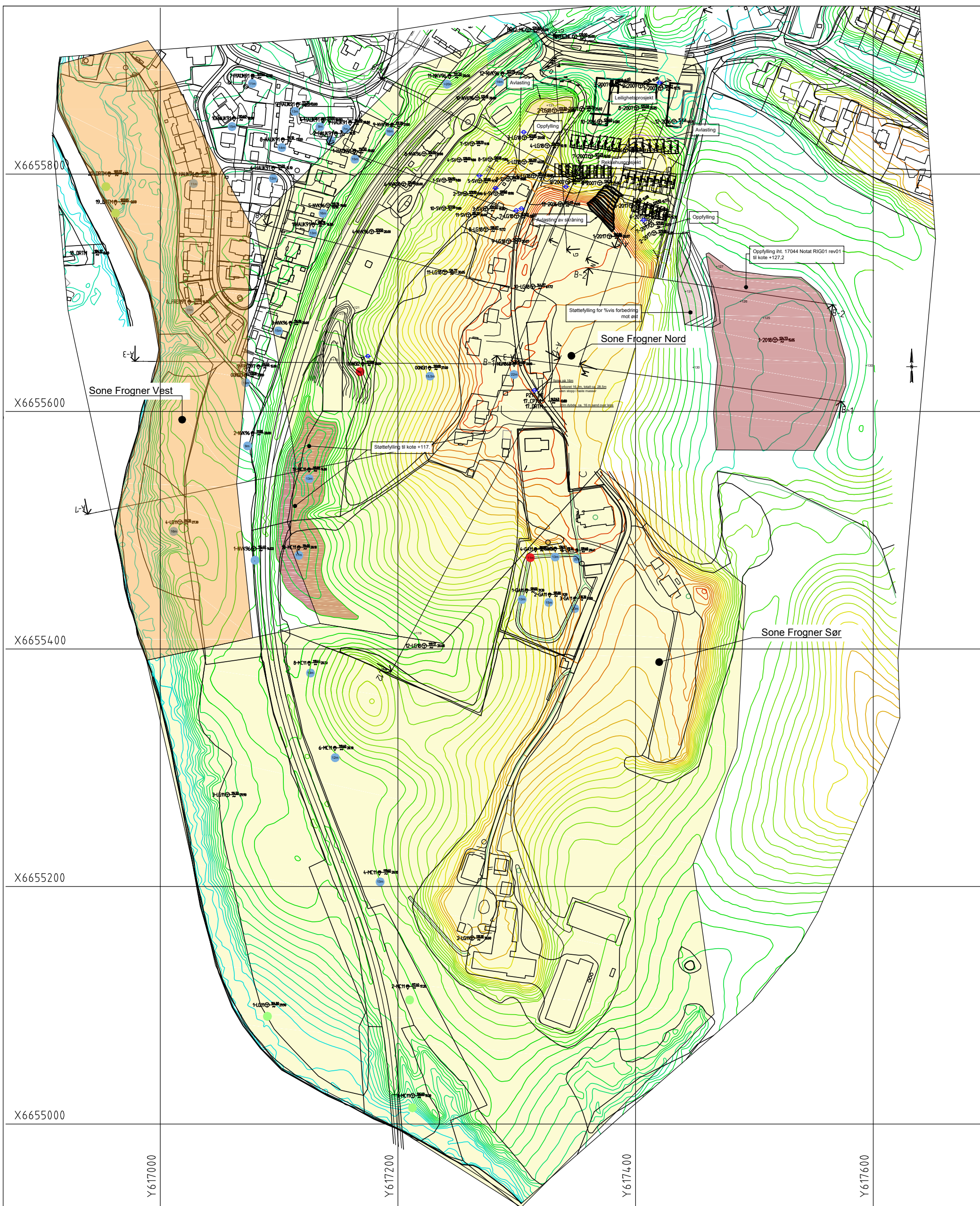
Nye faresoner skal innrapporteres til NVE.

## 11 Referanser

- [1] NVE, «NVE Atlas,» 2018. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no>.
- [2] Løvlien Georåd AS, «07-134 Geoteknisk rapport nr. 1. Datert 22.11.07,» Løvlien Georåd AS, Hamar, 2007.
- [3] Løvlien Georåd AS, «15233 Rapport nr. 1 Geoteknisk datarapport. Datert 02.10.16,» Løvlien Georåd AS, Oslo, 2016.
- [4] Løvlien Georåd AS, «17356 Geoteknisk datarapport nr. 1. Kirkebakken del 2, Sørums kommun.,» 03.01.2018.
- [5] Løvlien Georåd AS, «18318 Rapport nr. 1. Kirkebakken del 3. Ikke utarbeidet per 12.09.18».
- [6] Løvlien Georåd AS, «06-139 Rapport nr. 1. Kvikkleiresoner Sørums kommun. Datert 06.03.07,» 2007.
- [7] Statens vegvesen, «2010047754-001 Geoteknisk datarapport. Frogner stasjon - innfartsparkering. Datert 15.03.10,» 2010.
- [8] Ingeniørfirmaet Haukelid A/S, «Rapport 5/91 0226-1. Vedr: Frogner senter, Sørums kommun - Grunnundersøkelser,» 1991.
- [9] Siv. Ing. Per Øivind Fredheim - MRIF, «Rapport nr. 97005. Vedr: Frognersletta, Sørums kommun - Supplerende grunnundersøkelser,» 1997.
- [10] Atkins, «Frogner kryssingsspor. Grunnundersøkelser - datarapport,» 20.01.2012.
- [11] Norges Geotekniske Institutt (NGI), «860019-2 Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred,» 31.05.1990.
- [12] NVK Terraplan A.S, «Rapport nr. 96009.01. Geoteknisk datarapport Frogner stasjon,» 1996.
- [13] Multiconsult AS, «Rapport nr. 121805-1. Frogner stasjon,» 15. juli 2011.
- [14] Golder Associates, «11509120013-1 Stabilitetsvurdering Frogner kirkegård, Frogner i Sørums kommun, Akershus,» 31.03.2011.
- [15] Norges Geotekniske Institutt (NGI), «20001518-1 Nordre Frogner - Sørums kommun. Grunnundersøkelser - Datarapport,» NGI, 7. desember 2000.
- [16] Løvlien Georåd AS, «17044 Rapport nr. 1. Kirkebakken, oppfylling av jorde, Sørums kommun,» 26.02.2018.
- [17] Løvlien Georåd AS, «15233 Notat RIG03 rev02 Kirkebakken, Frogner. Datert 10.04.17,» 2017.
- [18] Norges Vassdrags- og Energidirektorat, NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred - Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper., Veileder nr. 7/2014, 2014.
- [19] Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler.
- [20] Viaova GeoSuite AB, «BEAST. A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Report 8302-2,» 2000.
- [21] Løvlien Georåd AS, «17044 Notat RIG01 Rev01 Kirkebakken, oppfylling av jorde,» Oslo, 05.05.2018.
- [22] Norsk Geoteknisk Forening, «Melding nr. 5, rev. nr. 3, 2010. Veiledning for utførelse av trykksondering,» Norsk Geoteknisk Forening, 2010.
- [23] Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2014.

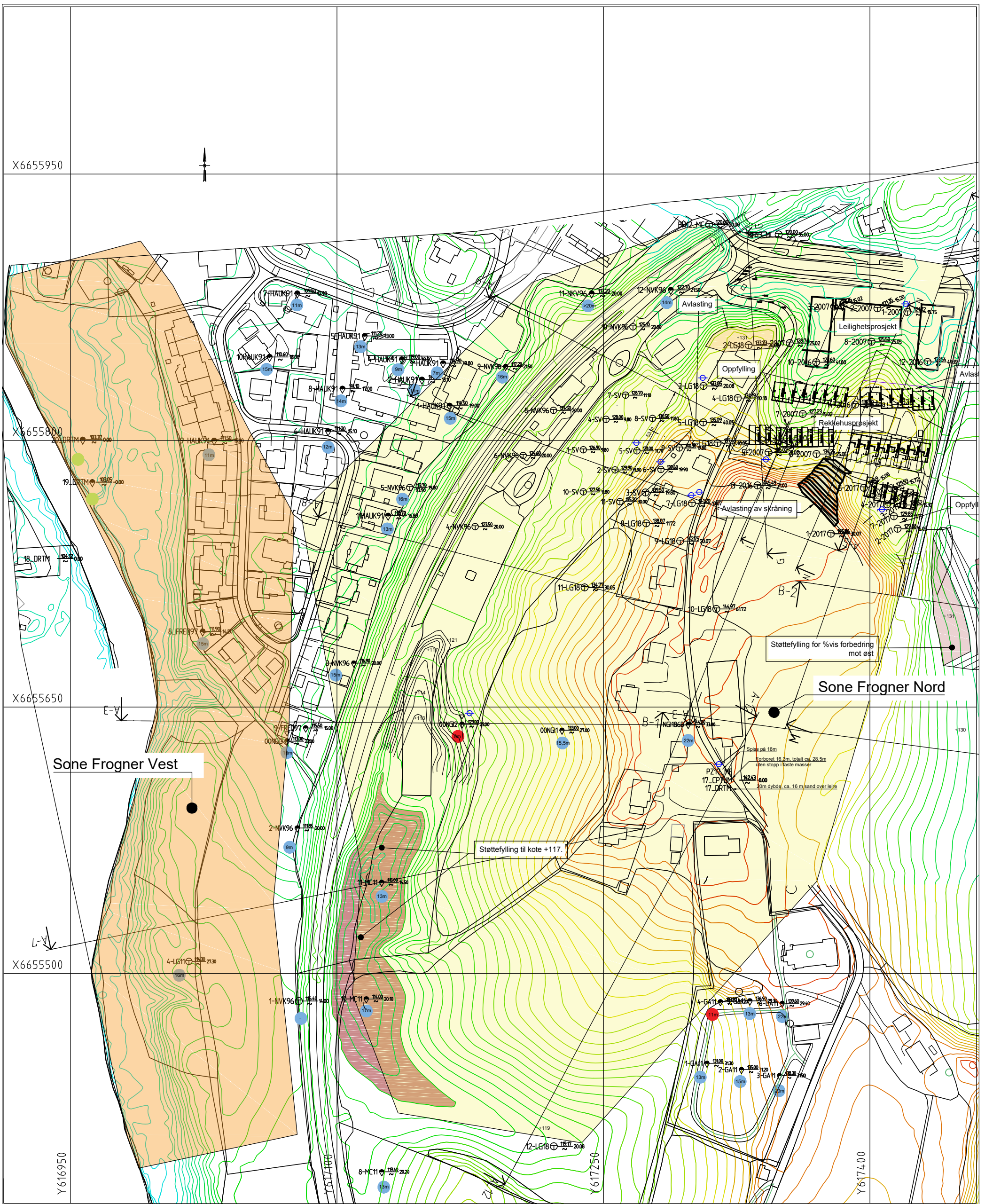


- [24] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays,» *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka*, pp. 693-702, 2005.
- [25] NGI v/Ørjan Nerland, «Kontroll og dokumentasjon av prøve kvalitet. 20. - 22. mai 2014,» i *Prøvetaking. Fra valg av utstyr til vurdering av prøve kvalitet. NGF seminar om prøvetaking og laboratorieutstyr. NGF Grunnundersøkelseskomiteen*, Trondheim, 2014.
- [26] Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, «Rapport 14-2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [27] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Rapport nr. 14-2016, NIFS Naturfare. Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred,» NVE, 2016.



02	Avlasting profil A-5 utgår	22.03.19	KGE	KR
00	Original	05.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. N03A01	
Oppdragsgiver Boligutvikling Frogner AS			Prosjekt nr. 17356	
Prosjekt Kirkebakken del 2			Format / Målestokk A3 / 1:3000	
Tegningstittel Situasjonsplan oversikt			Status Vurderingsnotat	


**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no  
 Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no



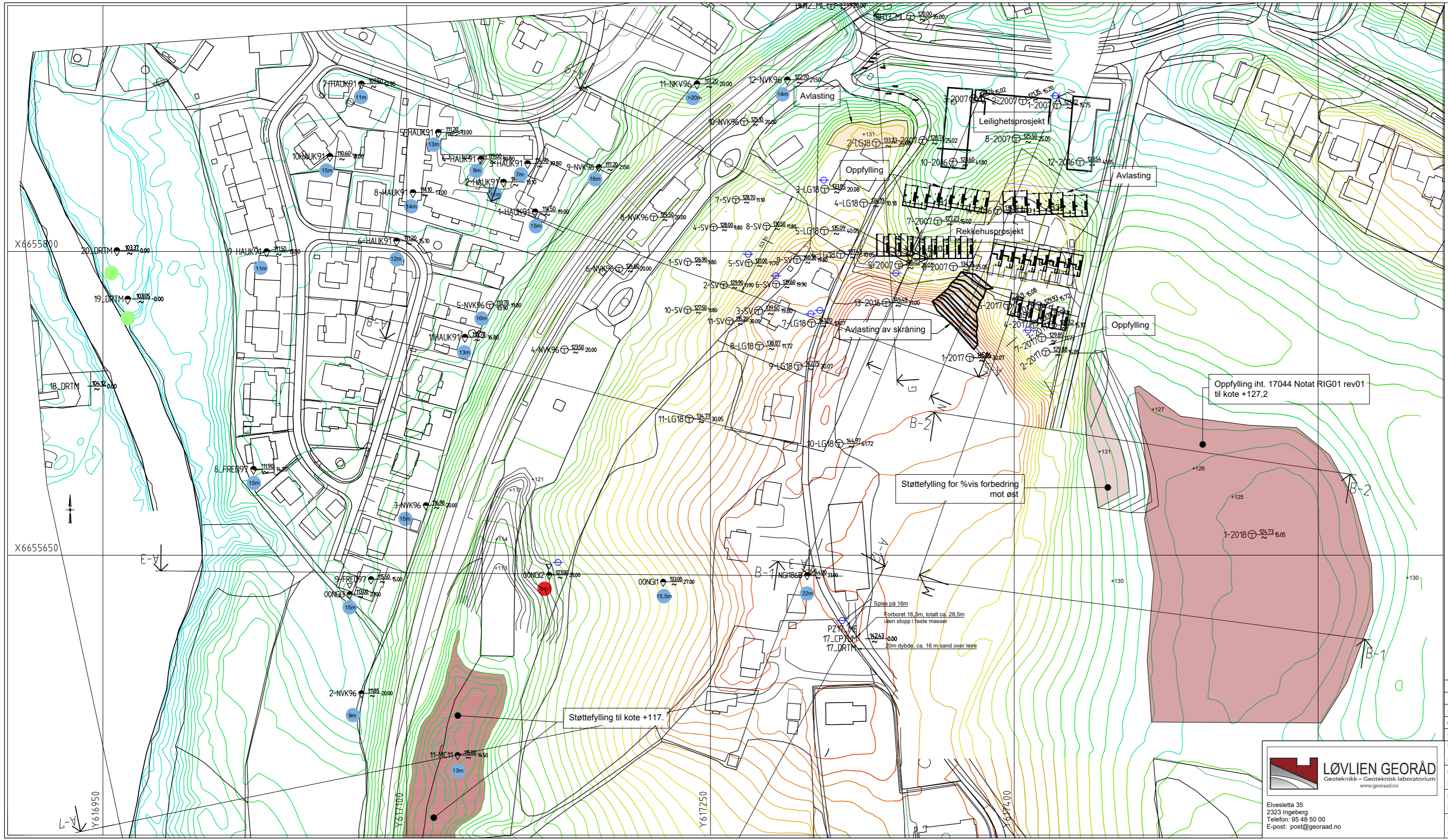
- Ikke indikasjon på sensitivt materiale
- Tolket sensitivt (fra dybde under terreng)
- Registrert kvikkleire (fra dybde under terreng)



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

02	Avlasting profil A-5 utgår	22.03.19	KGE	KR
00	Original	05.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. N03A02	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr. 17356	
Boligutvikling Frogner AS			Format / Målestokk A3 / 1:2000	
Prosjekt Kirkebakken del 2			Status	
Tegningstittel			Vurderingsnotat	
Situasjonsplan Frogner Nord og Vest				

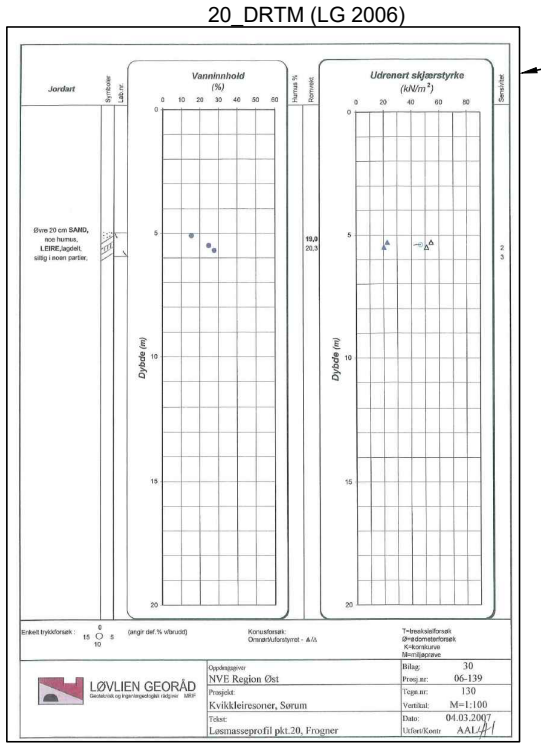
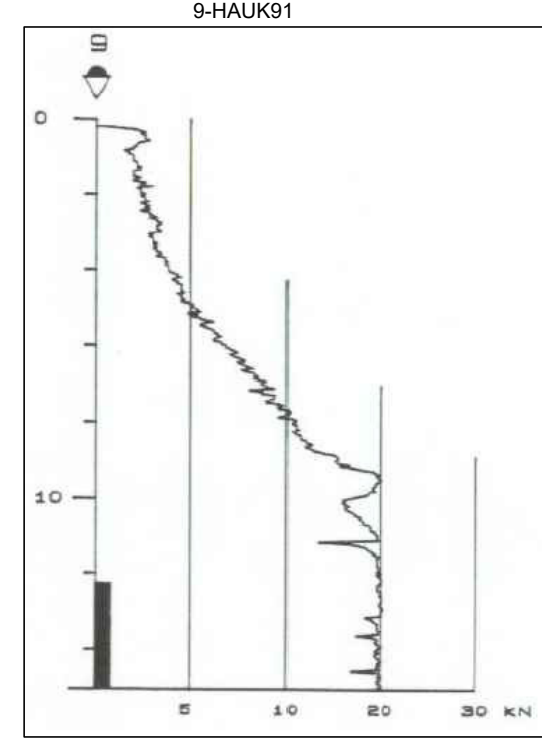
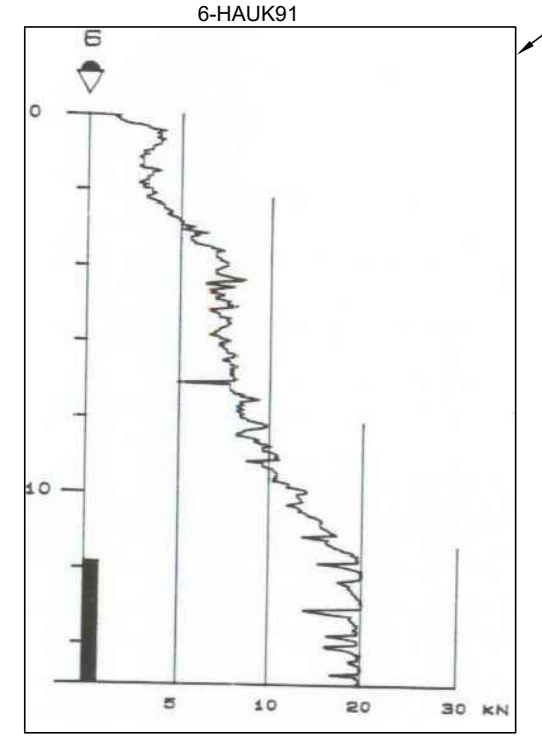
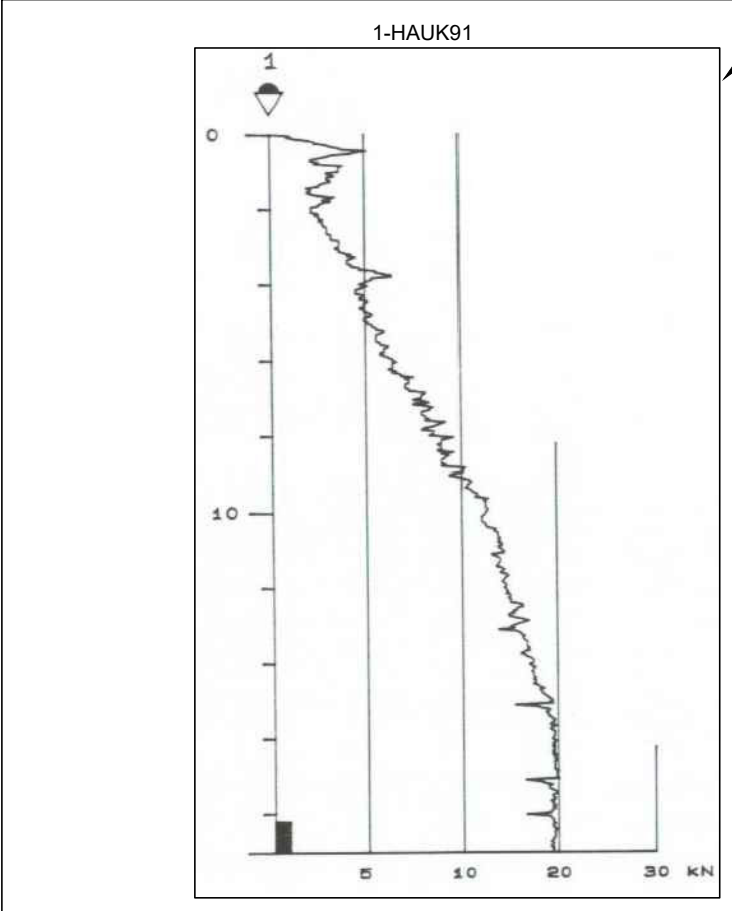
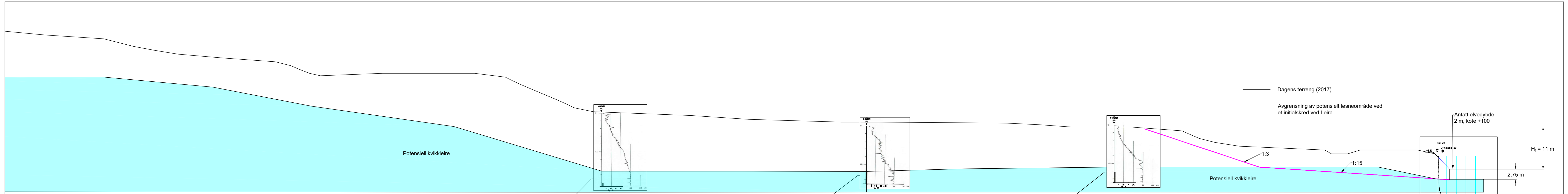


- Ikke indikasjon på sensitivt materiale
- Tolket sensitivt (fra dybde under terreng)
- Registrert kvikkleire (fra dybde under terreng)

**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

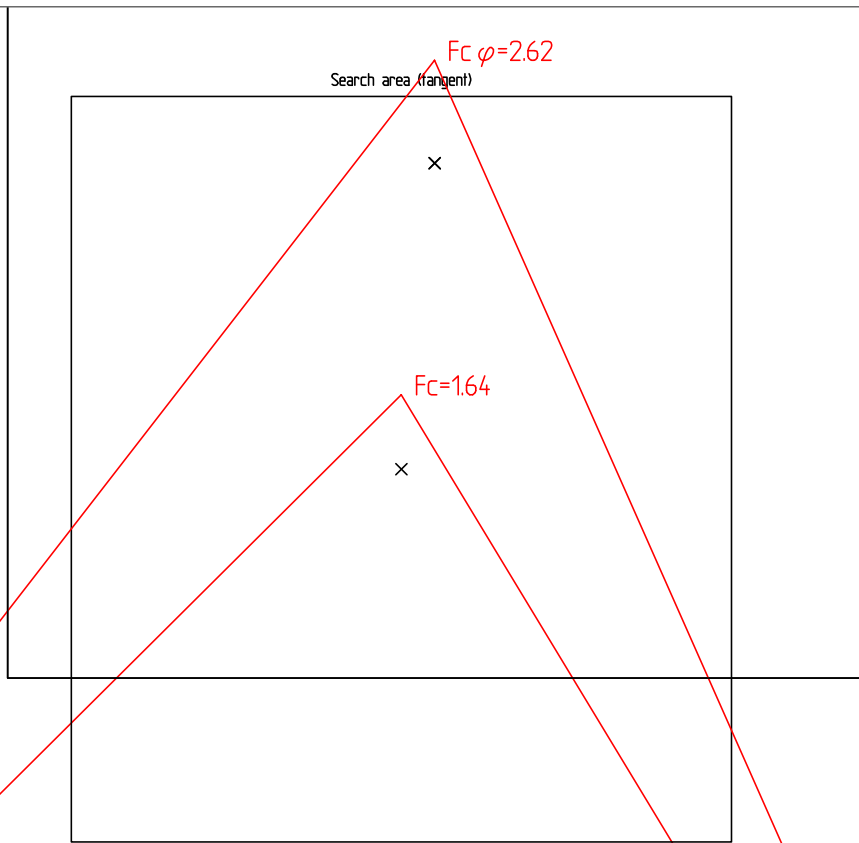
02	Avlasting profil A-5 utgår	22.03.19	KGE	KR
00	Original	05.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver				Tegning nr. N03A03
Oppdragsgiver	Boligutvikling Frogner AS			Prosjekt nr. 17356
Prosjekt	Kirkebakken del 2			Format / Målestokk A3.2 / 1:1500
Tegningstittel	Situasjonsplan med tiltak			Status
				Vurderingsnotat



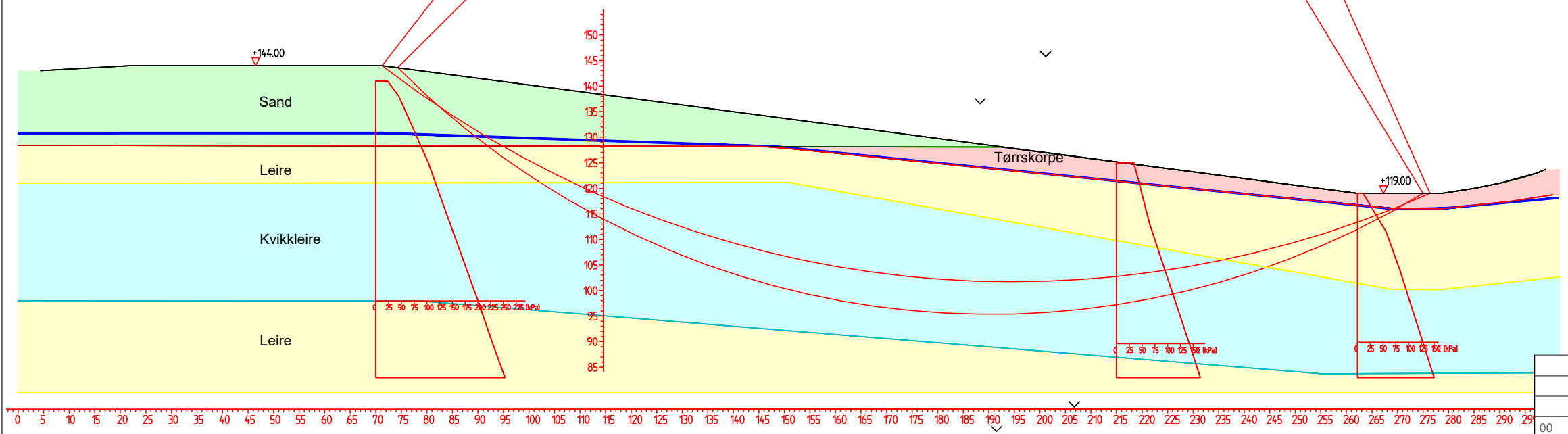
**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

00	Original	03.10.2018	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
-	Tiltakshaver		Tegning nr.	
-	Oppdragsgiver		Prosjekt nr.	
-	<b>Boligutvikling Frogner AS</b>		<b>17356</b>	
-	Prosjekt		Format / Målestokk	
-	<b>Kirkebakken del 2</b>		<b>A3.1 / 1:500</b>	
-	Tegningstittel		Status	
-	<b>Profil A-1 Vurdering av løseområde</b>		<b>Vurderingsnotat</b>	



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørreskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35

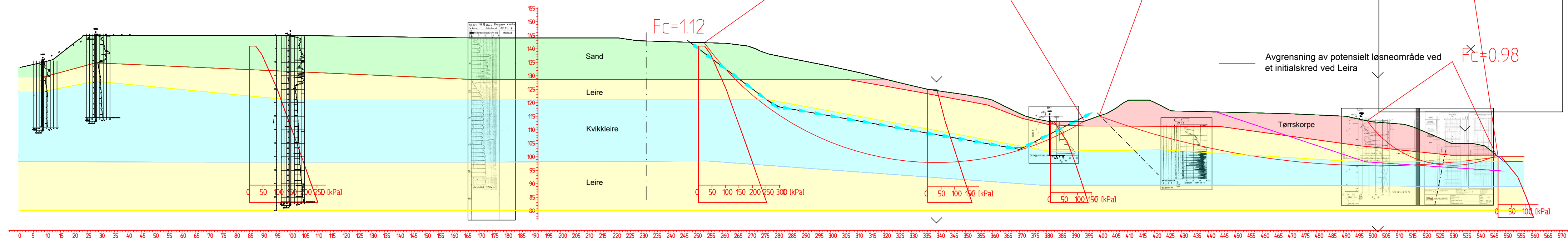



00	Original	02.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. N03E01	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr. 17356	
Boligutvikling Frogner AS			Format / Målestokk A3 / 1:1000	
Prosjekt			Status	
Kirkebakken del 2			Vurderingsnotat	
Tegningstittel				
Stabilitetsanalyse profil A-12				


**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no  
 Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

Dagens situasjon

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35





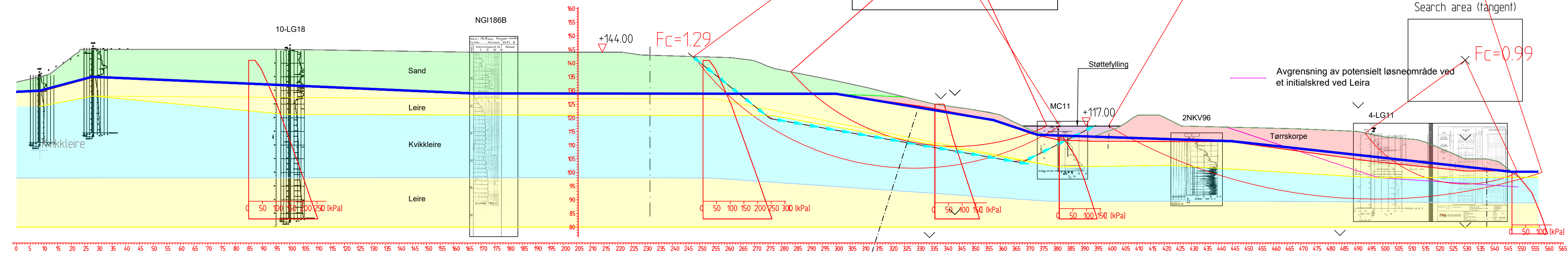
**LØVLIE GEORÅD**  
Geoteknikk - Geoteknikk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

00	Original	02.10.2018	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver		Tegning nr.		
-		N03E02		
Oppdragsgiver		Prosjekt nr.		
Boligutvikling Frogner AS		17356		
Prosjekt		Format / Målestokk		
Kirkebakken del 2		A3.1 / 1:1000		
Tegningstittel		Status		
Profil A-7		Vurderingsnotat		

Ny situasjon med forbedring

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35



**LØVLIN GEORÅD**  
 Geoteknikk - Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

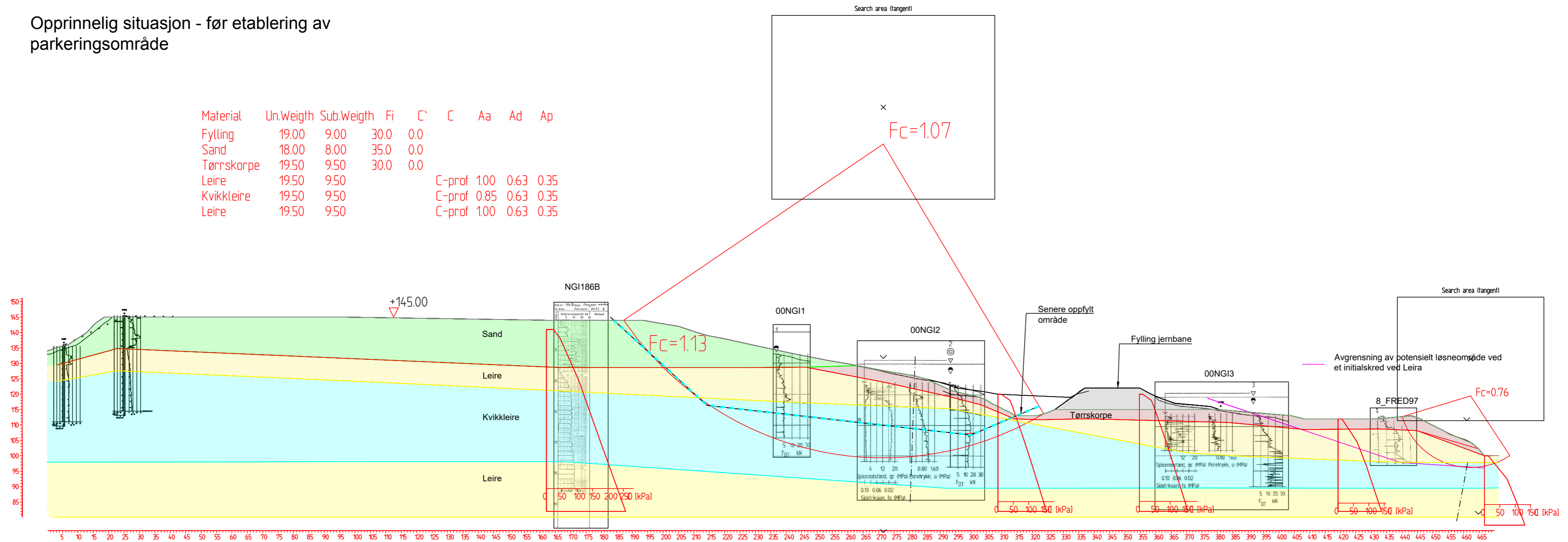
Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

00	Original	02.10.2018	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver				Tegning nr.
-				N03E03
Oppdrags giver				Prosjekt nr.
Boligutvikling Frogner AS				17356
Prosjekt				Format / Målestokk
Kirkebakken del 2				A3.1 / 1:1000
Tegnings tittel				Status
Profil A-7 Med forbedring				Vurderingsnotat



Opprinnelig situasjon - før etablering av parkeringsområde

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35



**LØVLIE GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

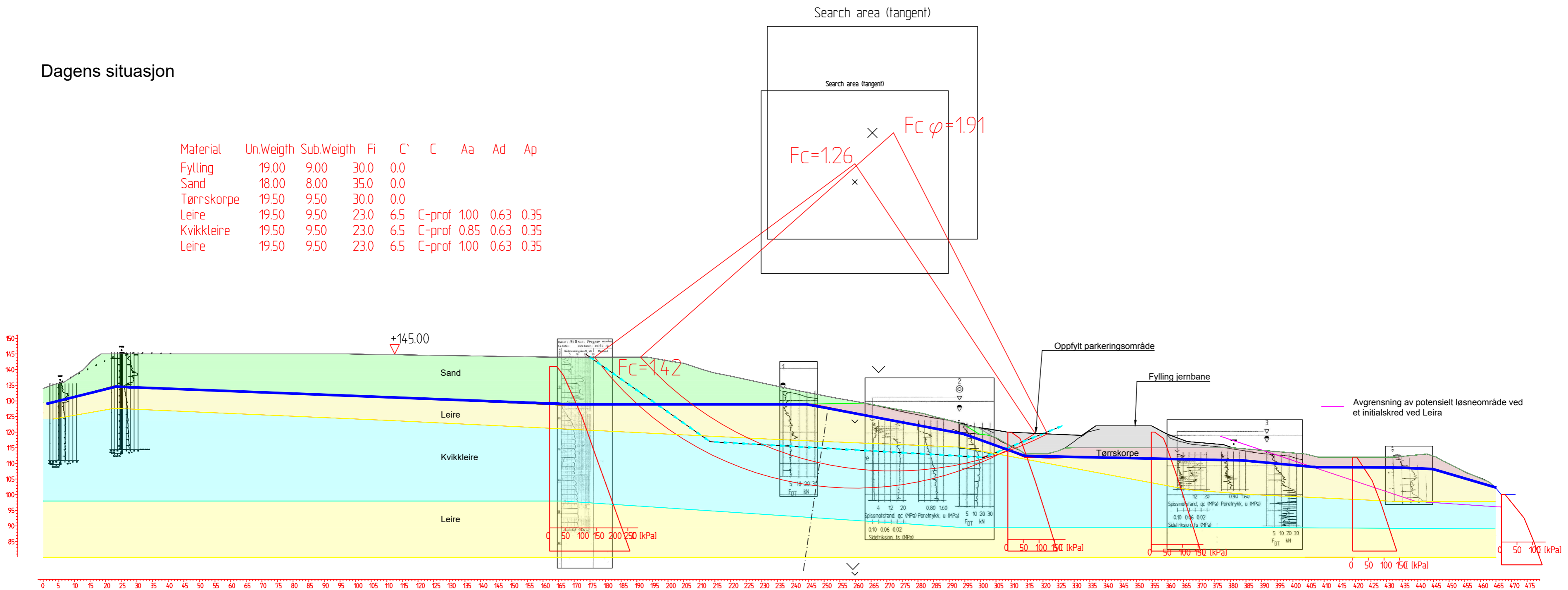
Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	02.10.18	KGE	KR

Tiltakshaver	Tegning nr.
-	N03E04
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Boligutvikling Frogner AS	17356
Prosjekt	Format / Målestokk
Kirkebakken del 2	A3-2 / 1:1000
Tegningstittel	Status
Stabilitetsanalyse profil A-3 Opprinnelig	Vurderingsnotat

# Dagens situasjon

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35



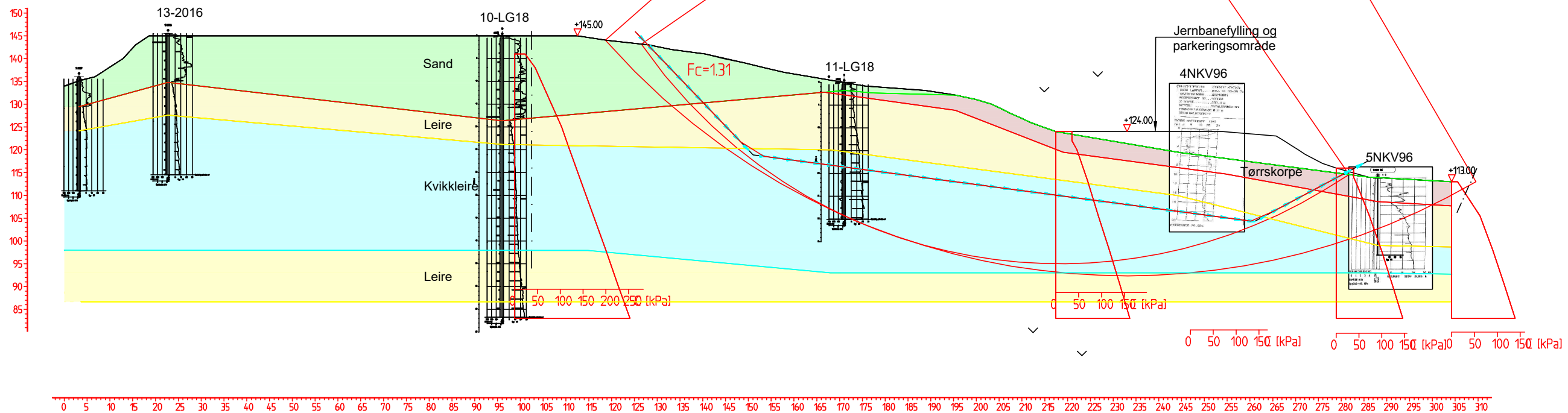
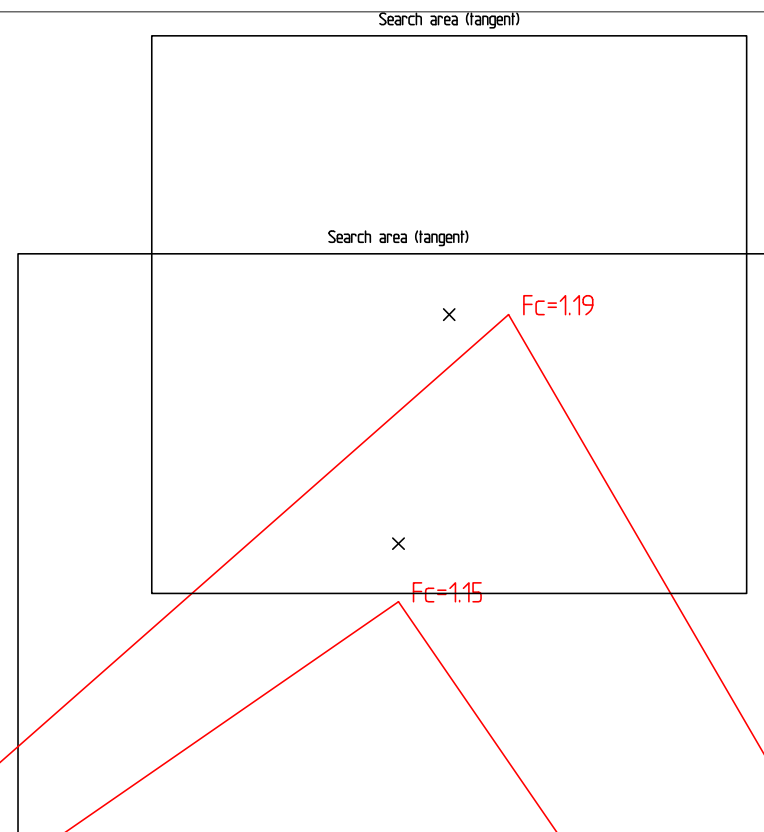
**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	02.10.18	KGE	KR
Tiltakshaver				Tegning nr.
-				N03E05
Oppdragsgiver				Prosjekt nr.
Boligutvikling Frogner AS				17356
Prosjekt				Format / Målestokk
Kirkebakken del 2				A3-2 / 1:1000
Tegningstittel				Status
Stabilitetsanalyse profil A-3 Dagens				Vurderingsnotat

# Opprinnelig situasjon - før etablering av jernbanefylling og parkeringsområde

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof 100	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.63	0.35	
Leire	19.50	9.50			C-prof 100	0.63	0.35	



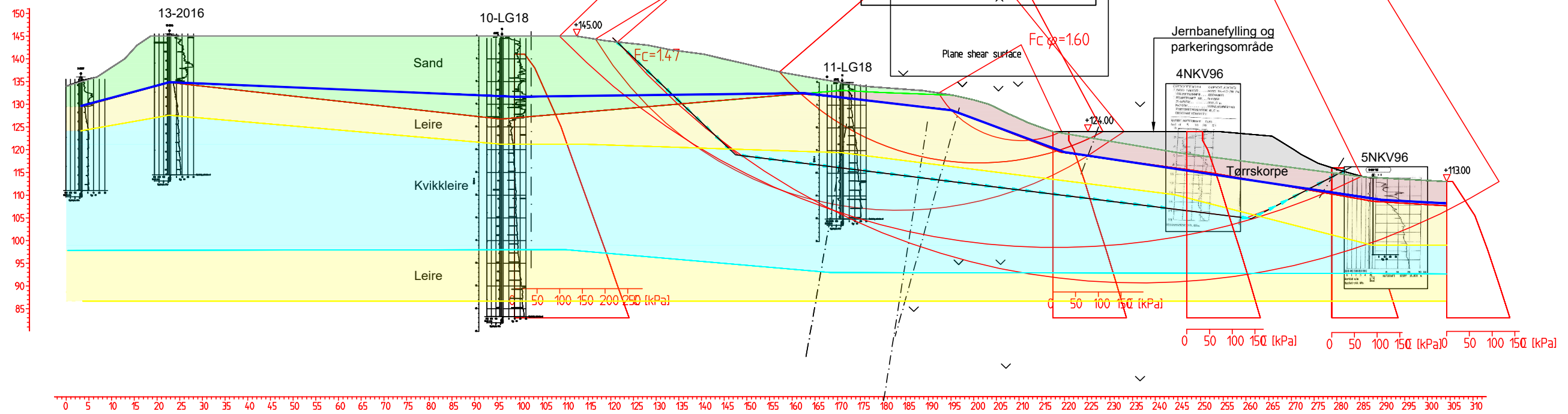
**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

00	Original	02.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E06	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil A-8 Opprinnelig sit.			Vurderingsnotat	

# Dagens situasjon

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	100	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	100	0.63	0.35

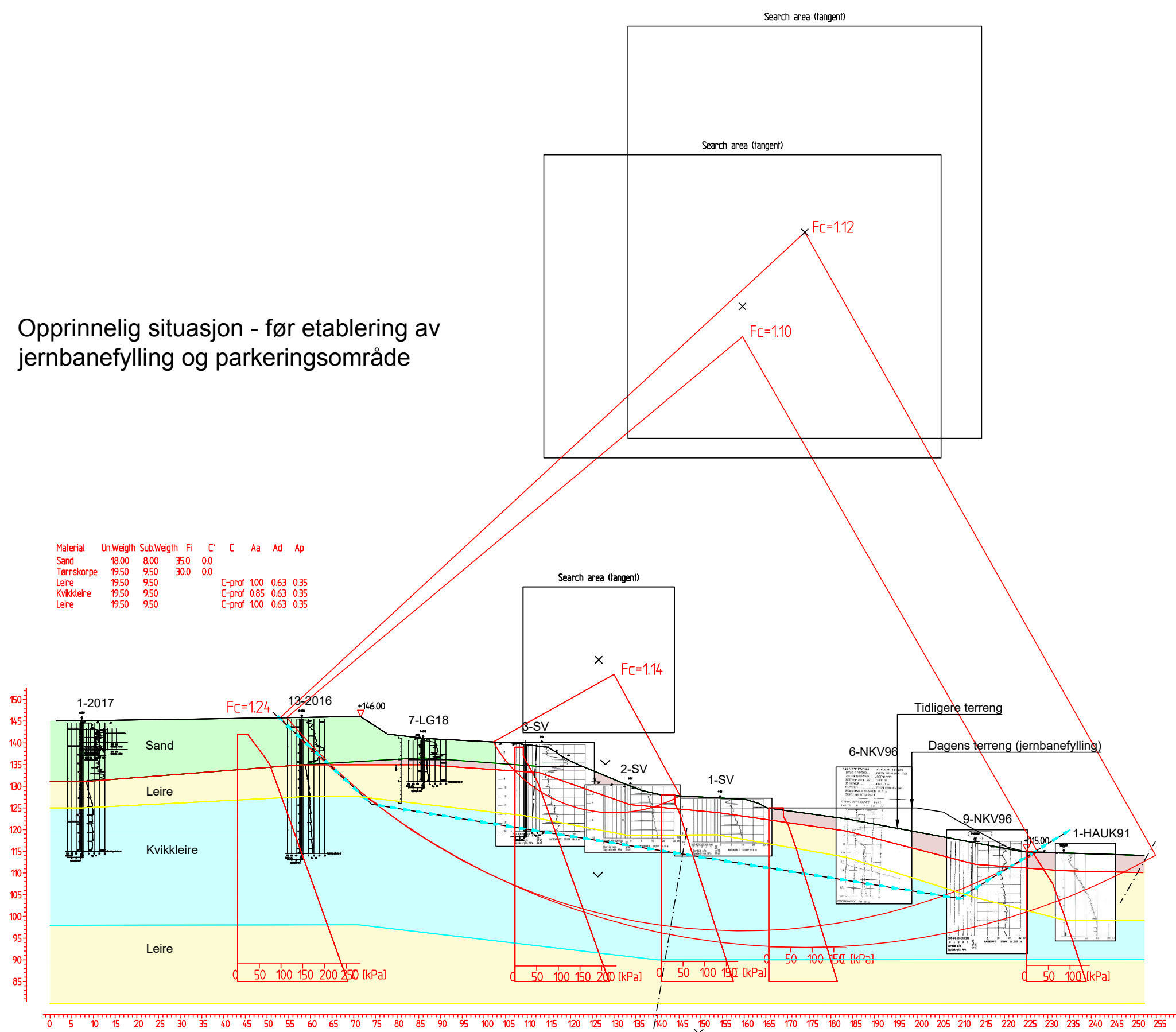


00	Original	02.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
-	Tiltakshaver			Tegning nr. N03E07
	Oppdragsgiver			Prosjekt nr. 17356
	Boligutvikling Frogner AS			Format / Målestokk A3 / 1:1000
	Prosjekt			Status
	Kirkebakken del 2			Vurderingsnotat
	Tegningstittel			
	Stabilitetsanalyse profil A-8 Dagens sit.			

**LØVLIN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

# Opprinnelig situasjon - før etablering av jernbanefylling og parkeringsområde



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.63	0.35	
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.63	0.35	

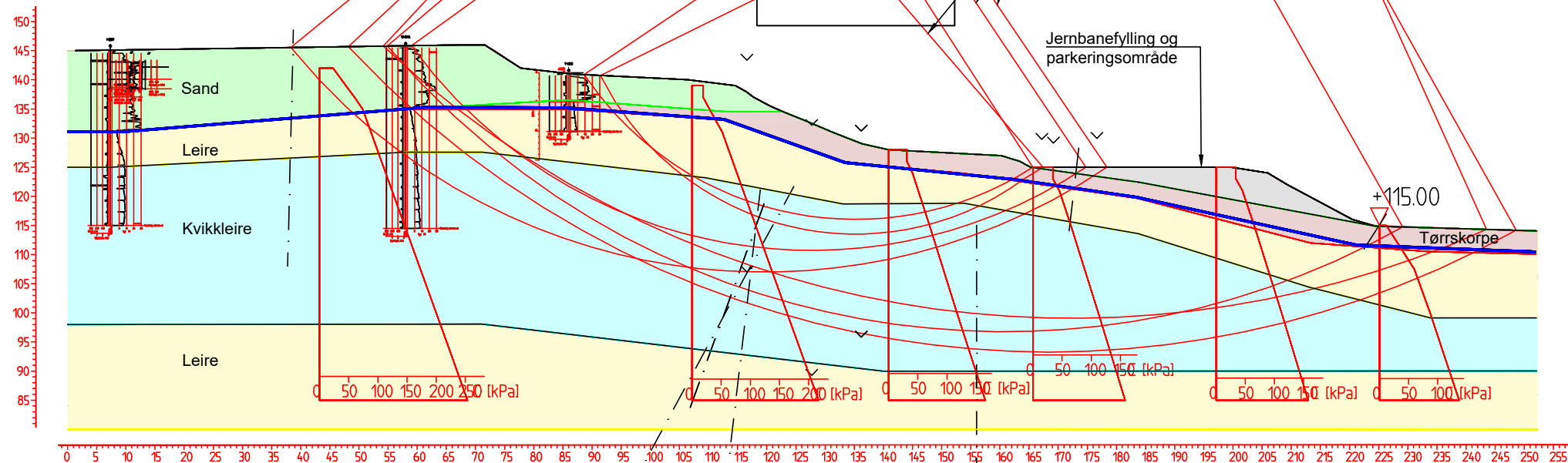
00	Original	02.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. N03E08	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr. 17356	
Boligutvikling Frogner AS			Format / Målestokk A3 / 1:1000	
Prosjekt			Status	
Kirkebakken del 2			Stabilitetsanalyse profil A-5 Opprinnelig sit.	
Tegningstittel			Vurderingsnotat	

**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	100	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	100	0.63	0.35

### Dagens situasjon



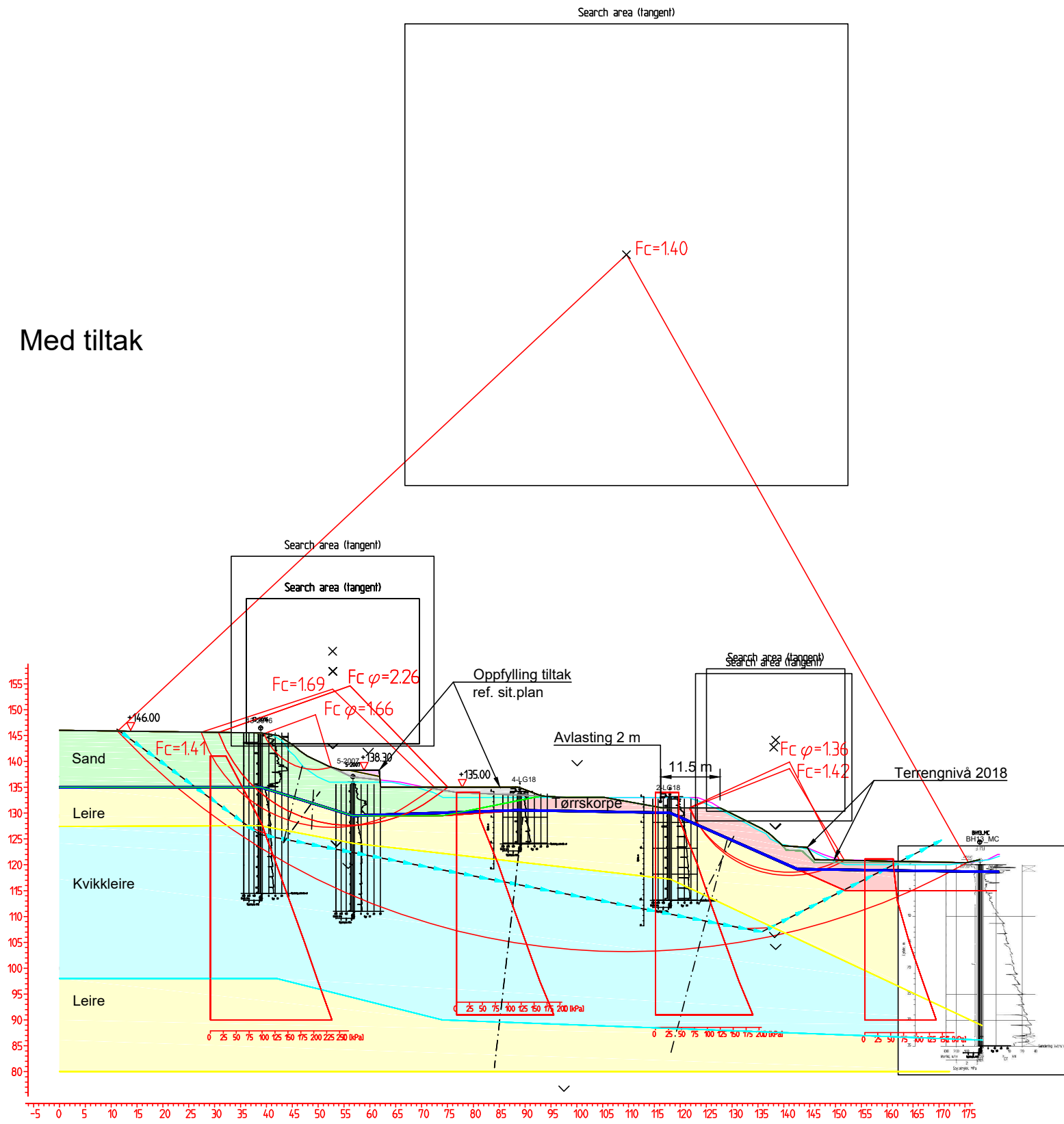
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
02	Avlasting utgår	22.03.19	KGE	KR
00	Original	02.10.18	KGE	KR

**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

Tiltakshaver	-	Tegning nr.	N03E09
Oppdragsgiver	Boligutvikling Frogner AS	Prosjekt nr.	17356
Prosjekt	Kirkebakken del 2	Format / Målestokk	A3 / 1:1000
Tegningstittel	Stabilitetsanalyse profil A-5 Dagens sit.	Status	Vurderingsnotat

Med tiltak

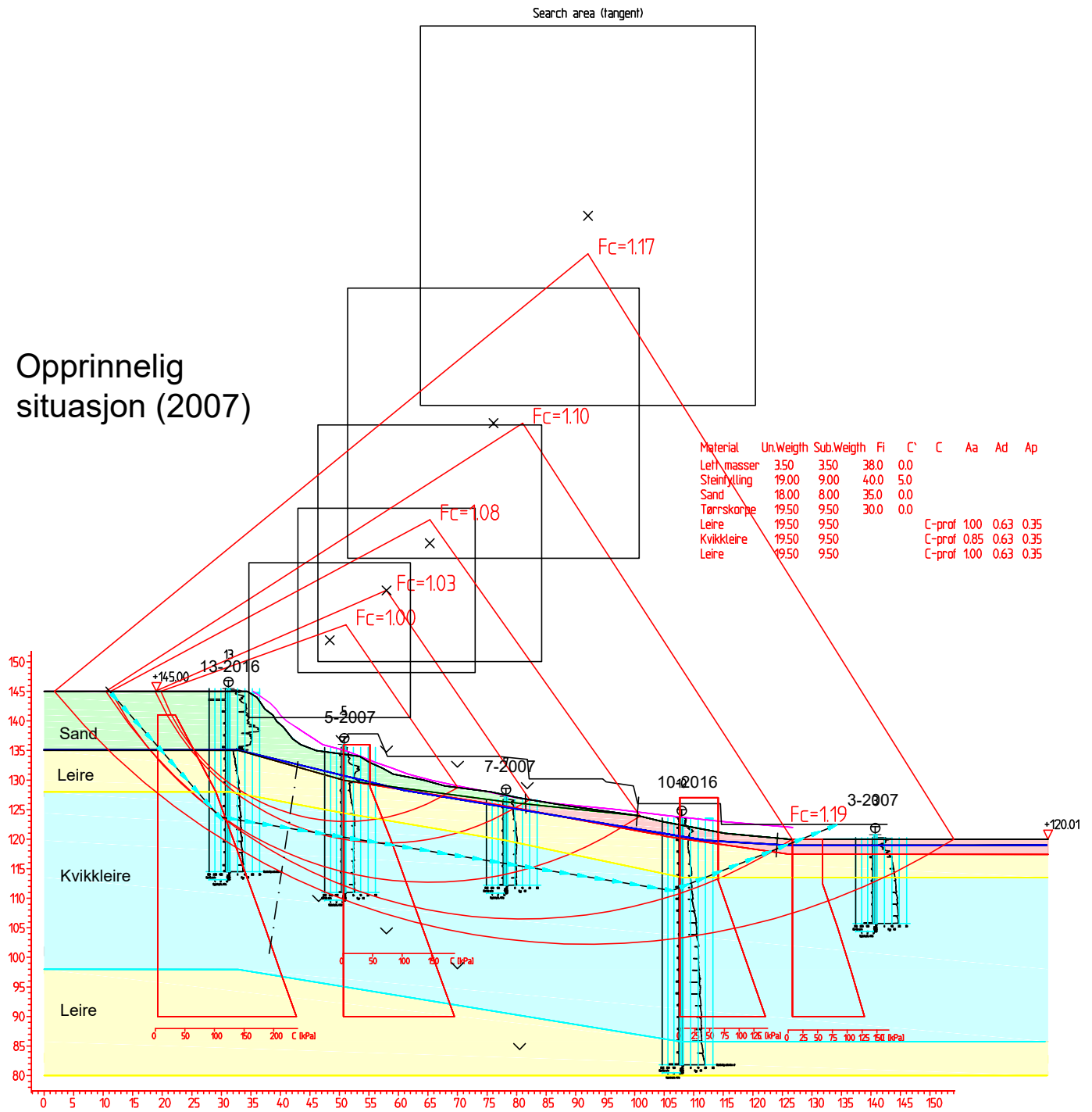


00	Original	03.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E10	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil G			Vurderingsnotat	

**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

# Opprinnelig situasjon (2007)



00	Original	04.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

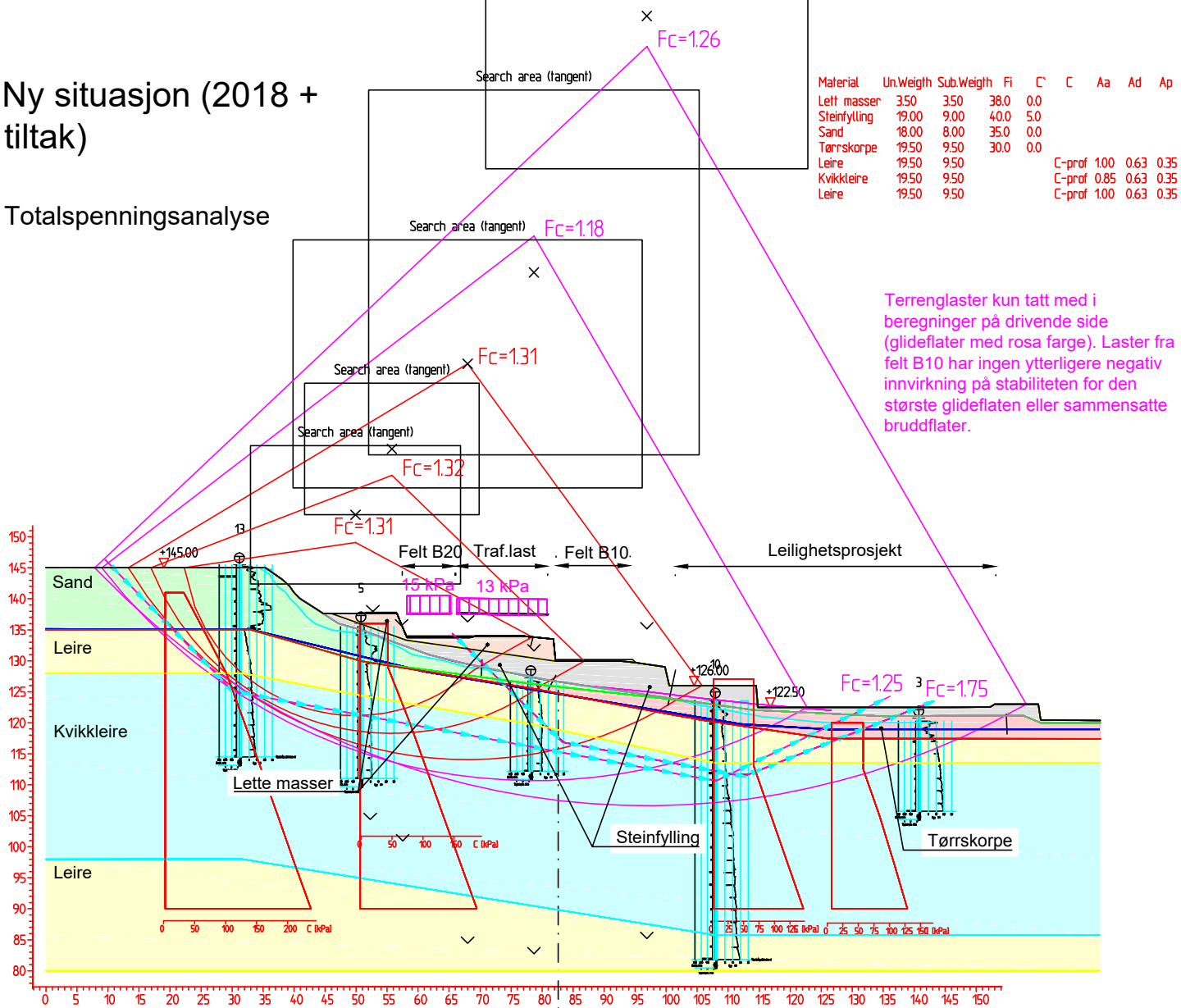
Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

Tiltakshaver	Tegning nr.
-	N03E11
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Boligutvikling Frogner AS	17356
Prosjekt	Format / Målestokk
Kirkebakken del 2	A3 / 1:1000
Tegningsstittel	Status
Stabilitetsanalyse profil I Opprinnelig sit.	Vurderingsnotat



# Ny situasjon (2018 + tiltak)

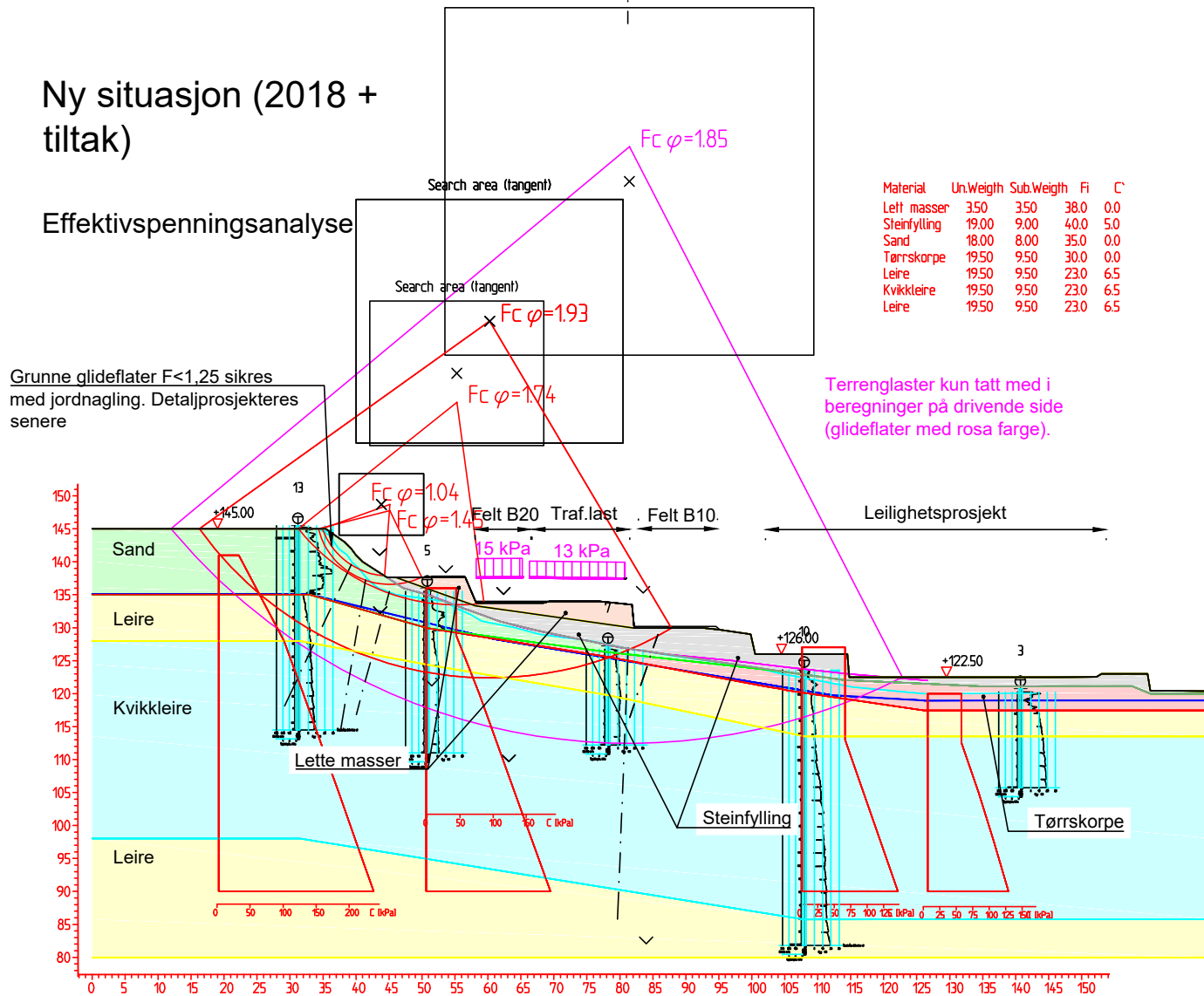
## Totalspenningsanalyse



Terrenglaster kun tatt med i beregninger på drivende side (glideflater med rosa farge). Laster fra felt B10 har ingen ytterligere negativ innvirkning på stabiliteten for den største glideflaten eller sammensatte bruddflater.

# Ny situasjon (2018 + tiltak)

## Effektivspenningsanalyse



Grunne glideflater  $F_c < 1.25$  sikres med jordnagling. Detaljprosjekteres senere

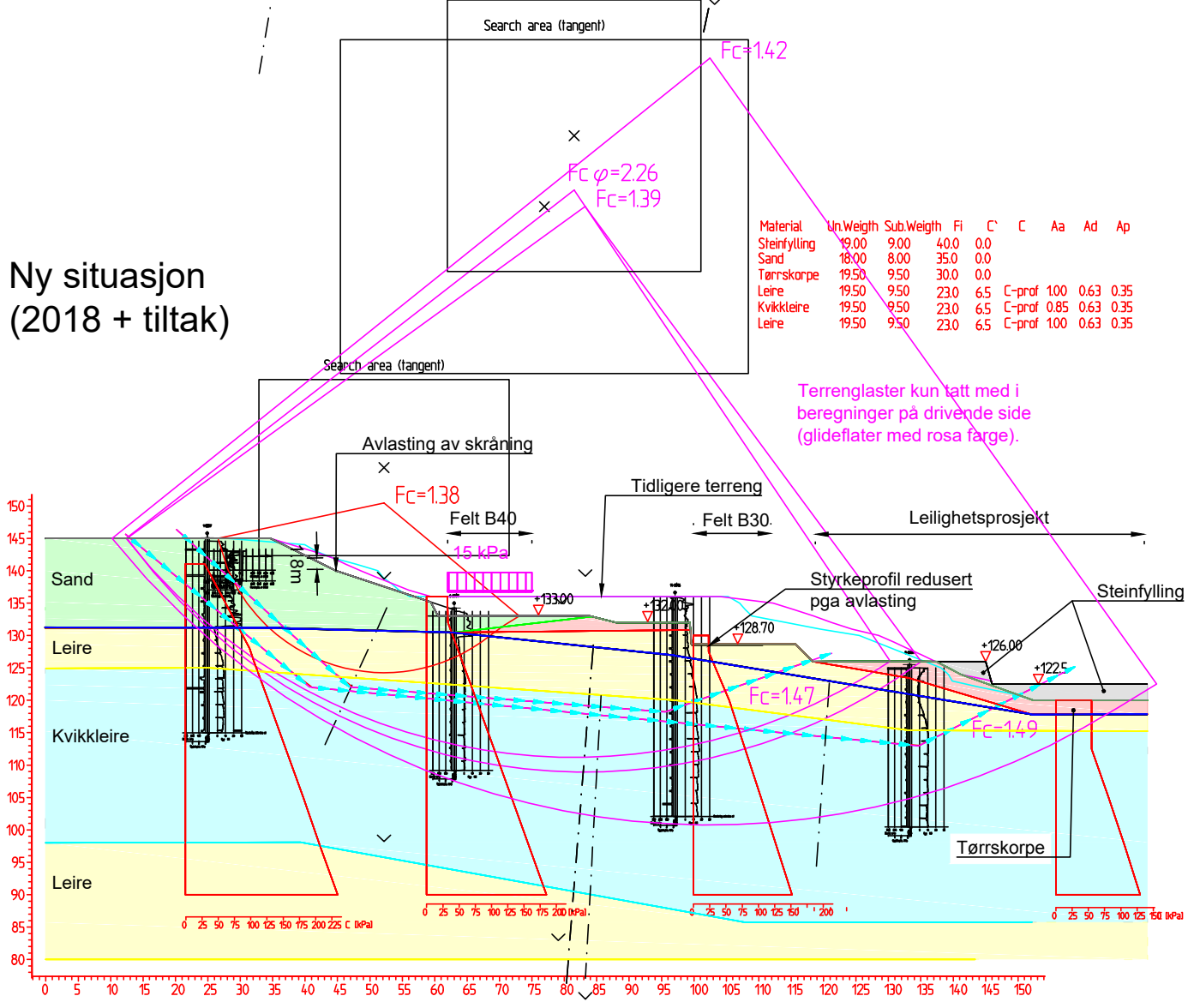
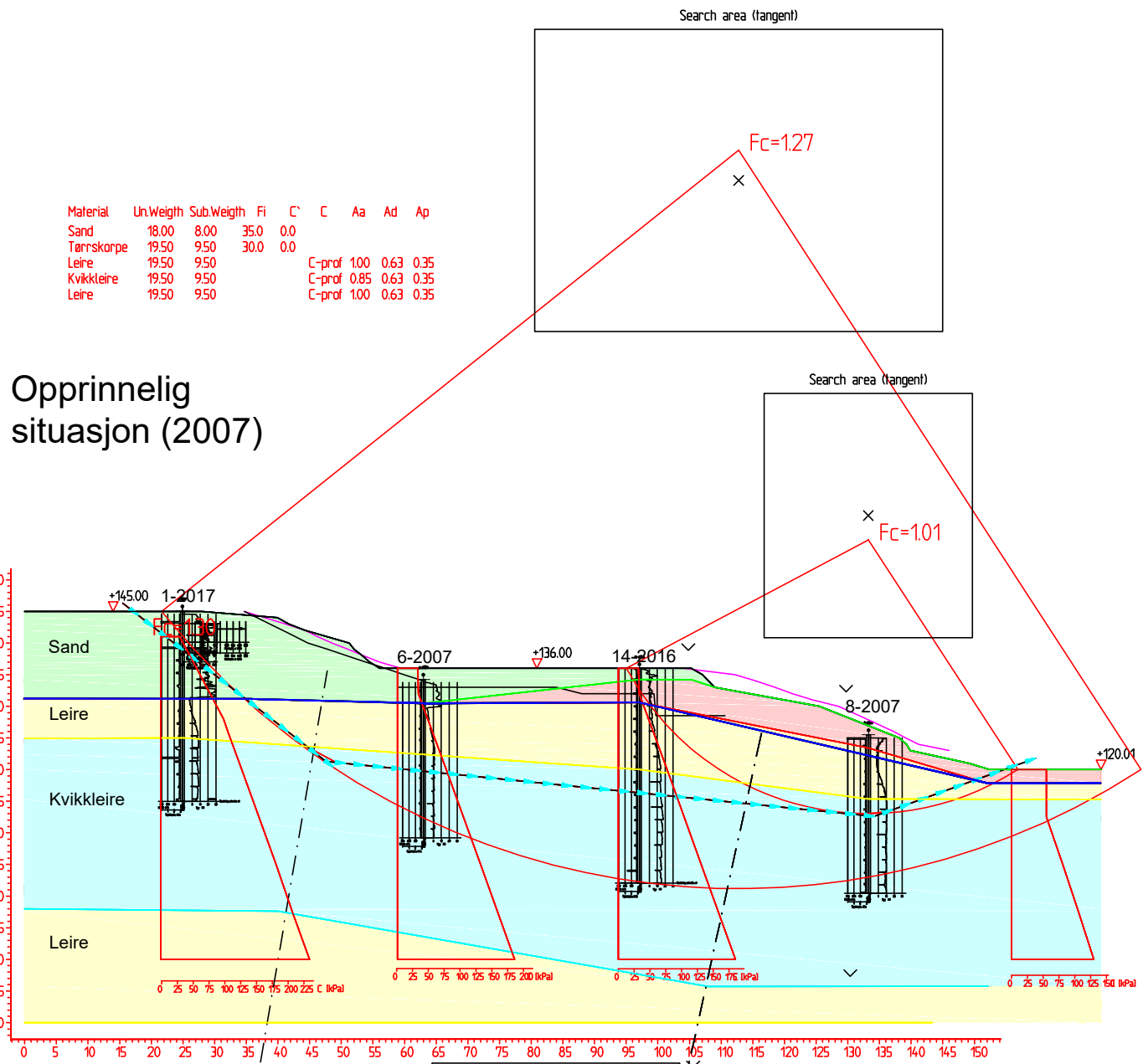
Terrenglaster kun tatt med i beregninger på drivende side (glideflater med rosa farge).

00	Original	03.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E12	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil I Ny situasjon			Vurderingsnotat	



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no



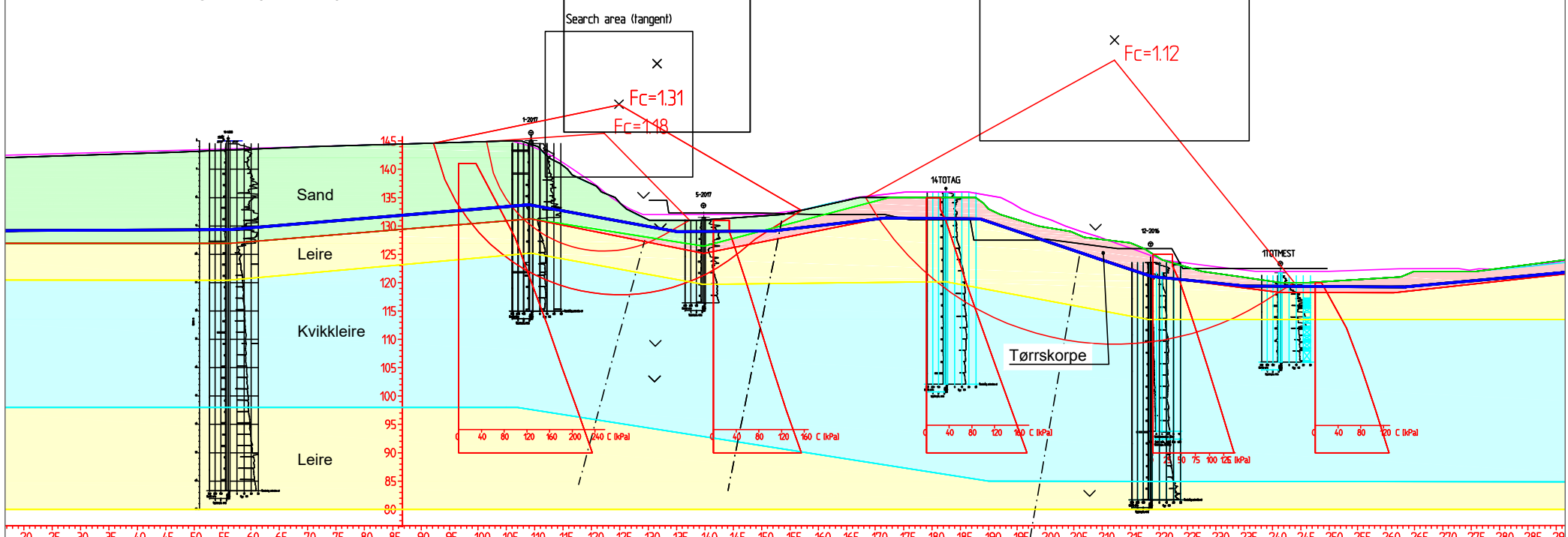
00	Original	03.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E13	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil N			Vurderingsnotat	

**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk - Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

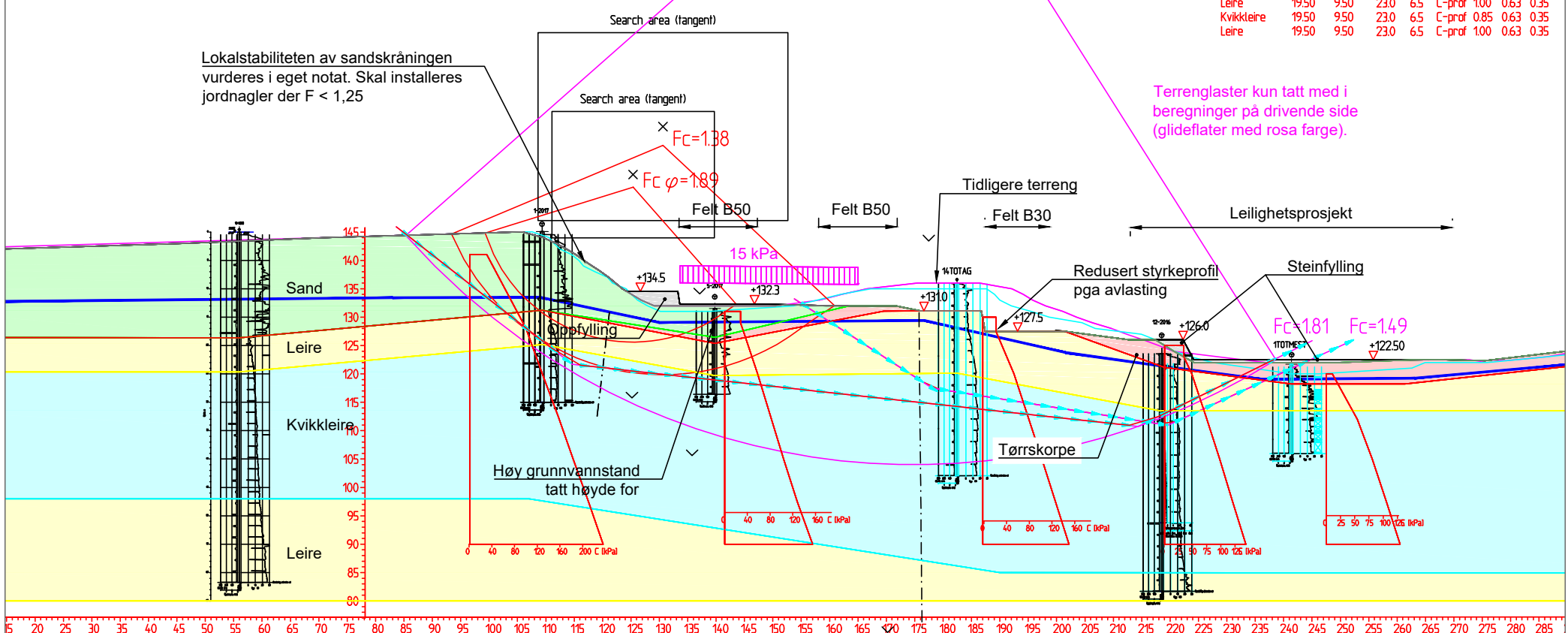
# Opprinnelig situasjon (2007)

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Topplag	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.63	0.35	
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.63	0.35	



# Ny situasjon (2018 + tiltak)

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	19.00	9.00	40.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Topplag	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof 1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof 0.85	0.63	0.35	
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof 1.00	0.63	0.35	



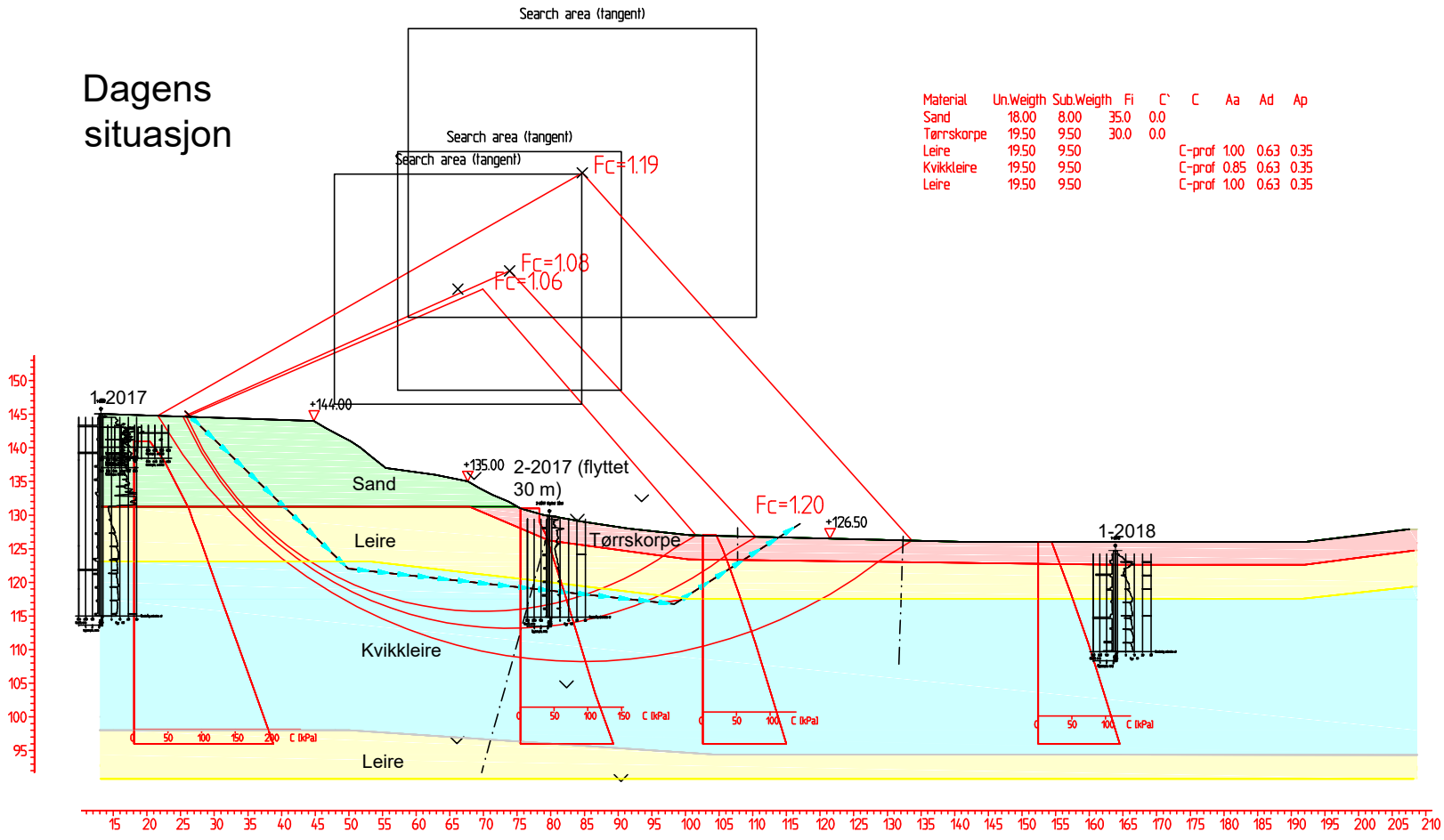
00	Original	03.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E14	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil M			Vurderingsnotat	



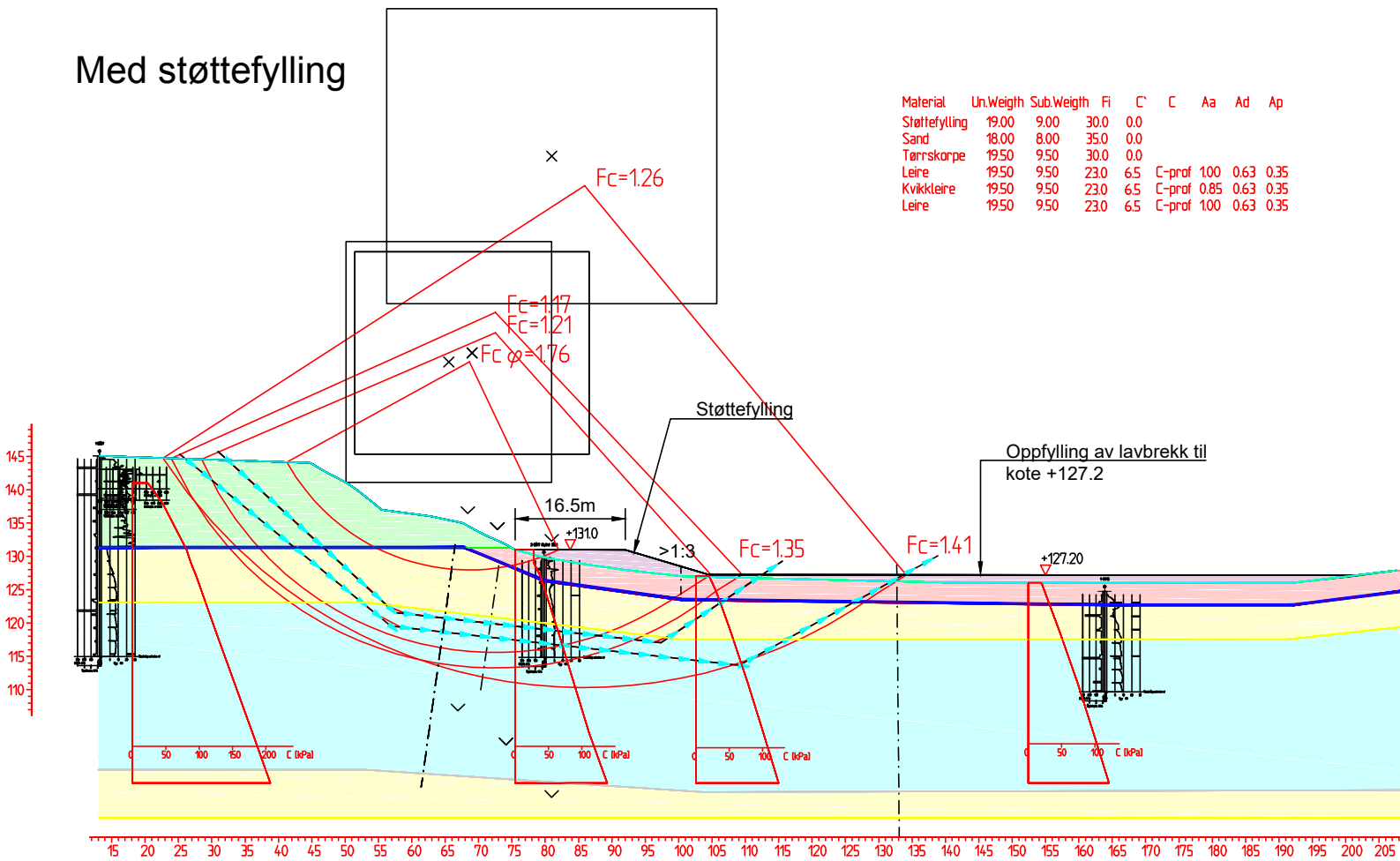
**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

# Dagens situasjon



# Med støttefylling

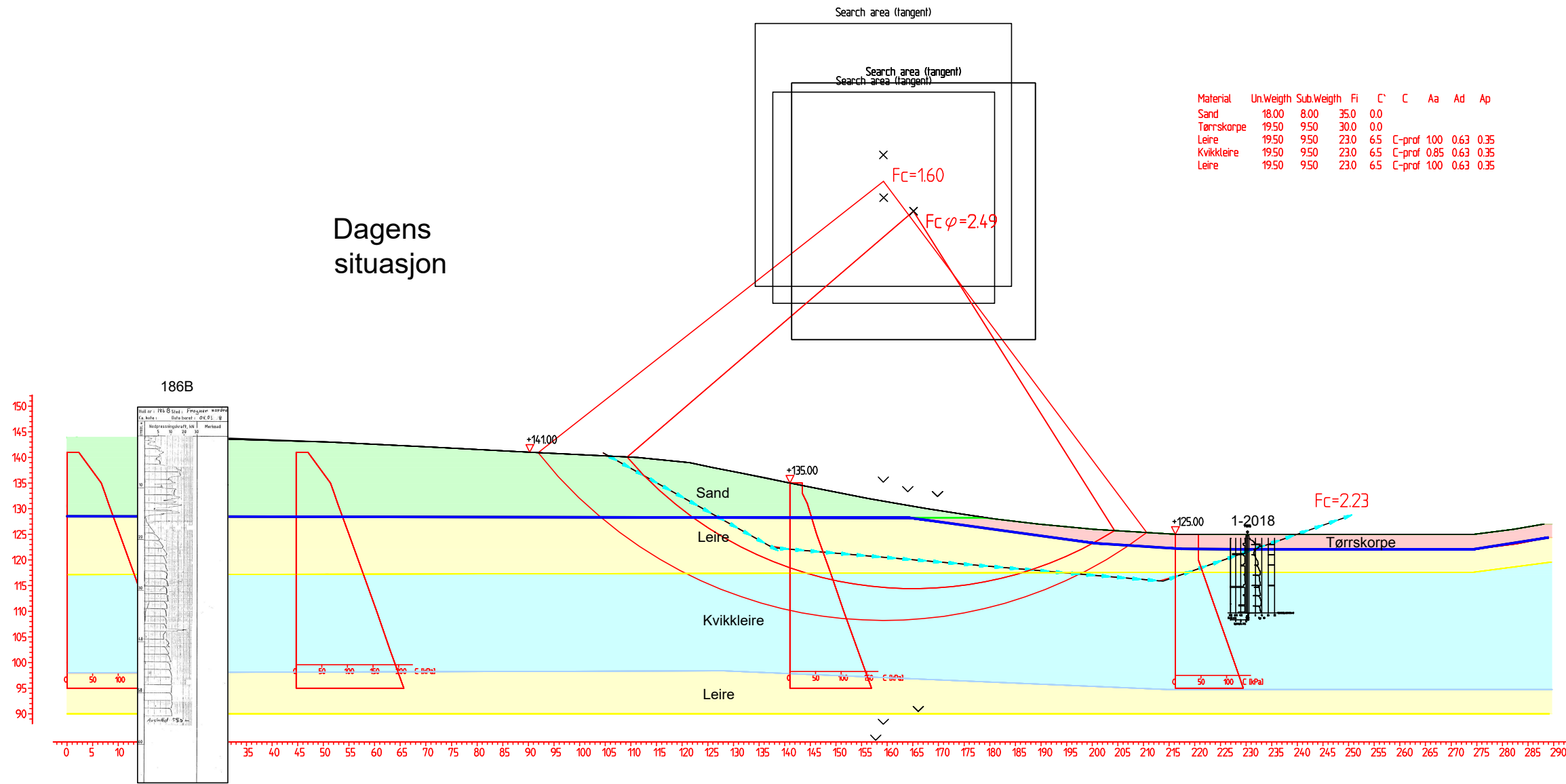


00	Original	03.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E15	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil B-2			Vurderingsnotat	



Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

Dagens  
situasjon

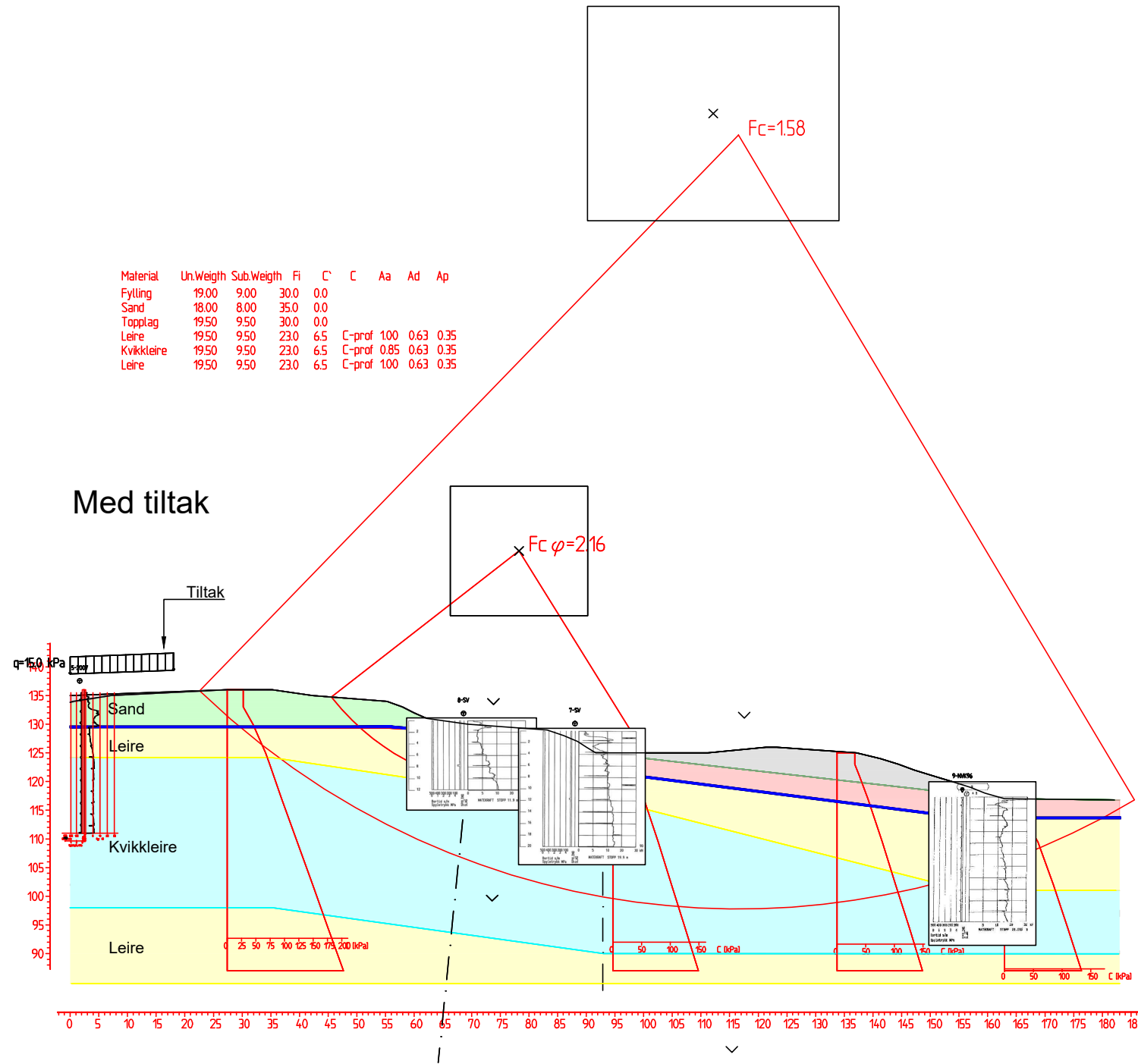


00	Original	02.10.18	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E16	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Boligutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsanalyse profil B-1			Vurderingsnotat	

**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Topplag	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	100	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50	23.0	6.5	C-prof	1.00	0.63	0.35



Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	22.03.19	KGE	KR
-	Tiltakshaver			
-	Oppdragsgiver			
-	Prosjekt			
-	Tegningsstittel			

00	Original	22.03.19	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
-	Tiltakshaver			
-	Oppdragsgiver			
-	Prosjekt			
-	Tegningsstittel			

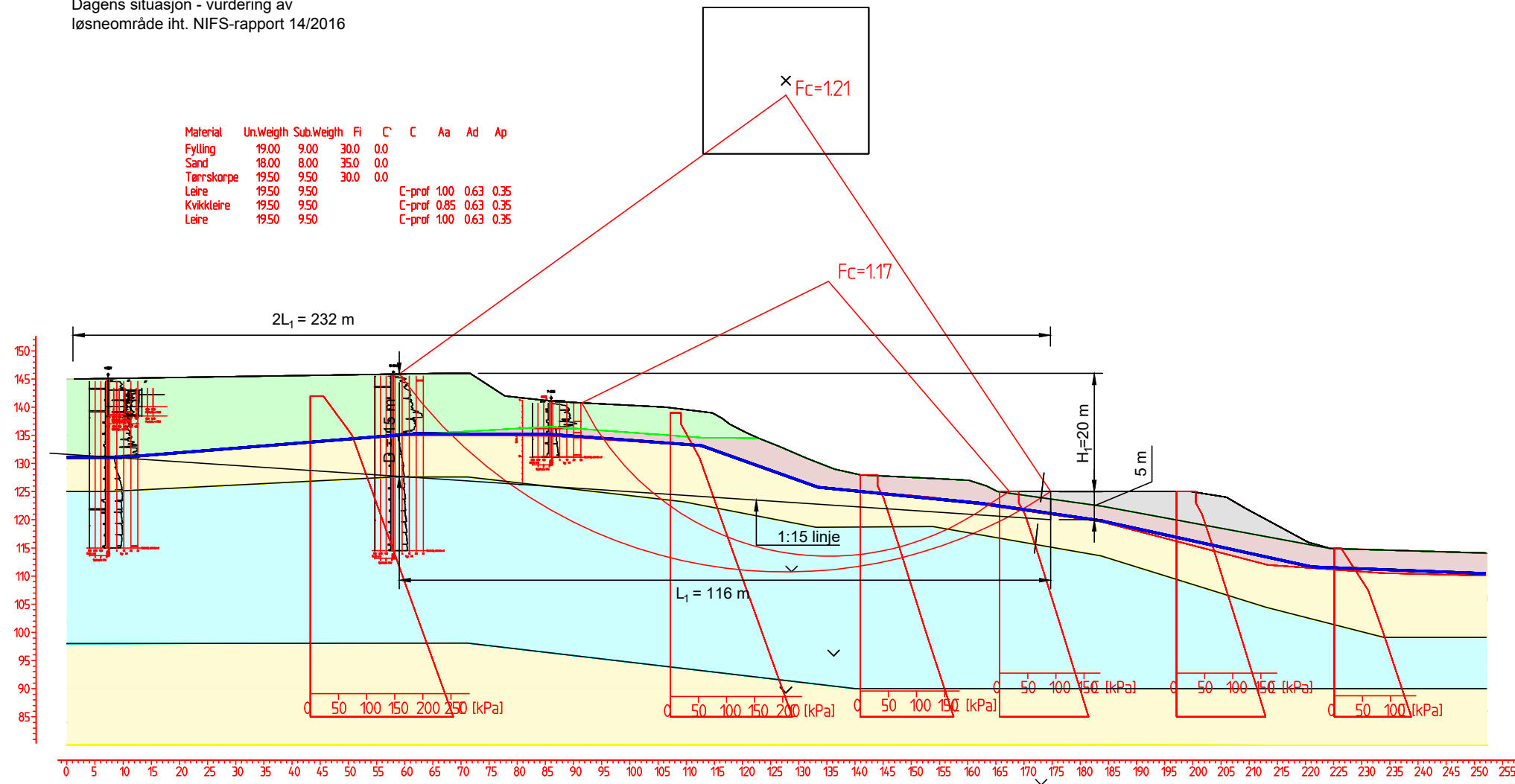
**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

-	Oppdragsgiver			
-	Prosjekt			
-	Tegningsstittel			

Dagens situasjon - vurdering av løснеområde iht. NIFS-rapport 14/2016

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	30.0	0.0				
Sand	18.00	8.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	100	0.63	0.35

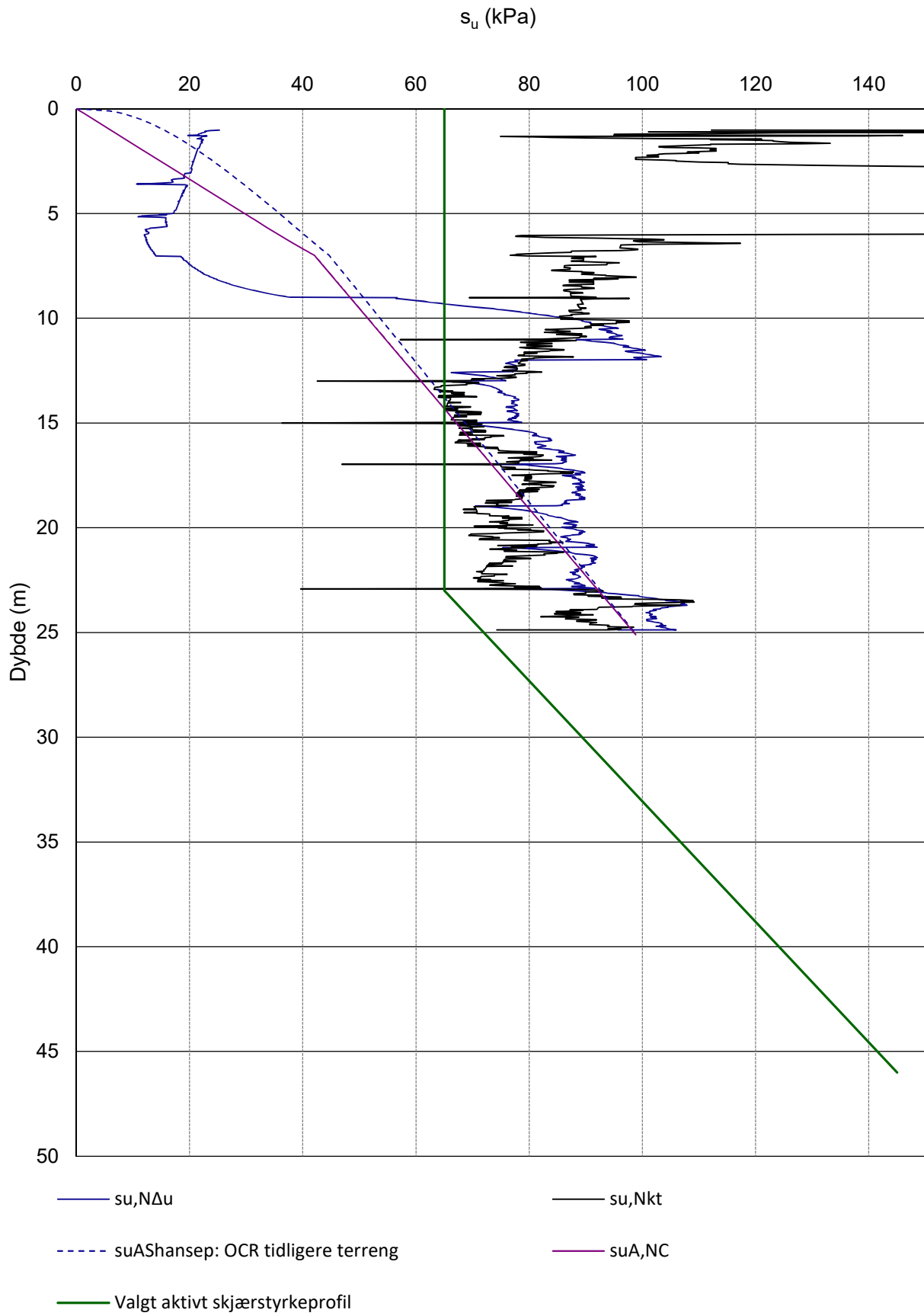


**LØVLIE GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
 www.georaad.no

Elvesletta 35  
 2323 Ingeberg  
 Telefon: 95 48 50 00  
 E-post: post@georaad.no

00	Original	22.03.19	KGE	KR
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			N03E18	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Bolgutvikling Frogner AS			17356	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Kirkebakken del 2			A3 / 1:1000	
Tegningstittel			Status	
Profil A-5 vurdering iht. NIFS 14/2016			Vurderingsnotat	

# Udrenert skjærstyrke

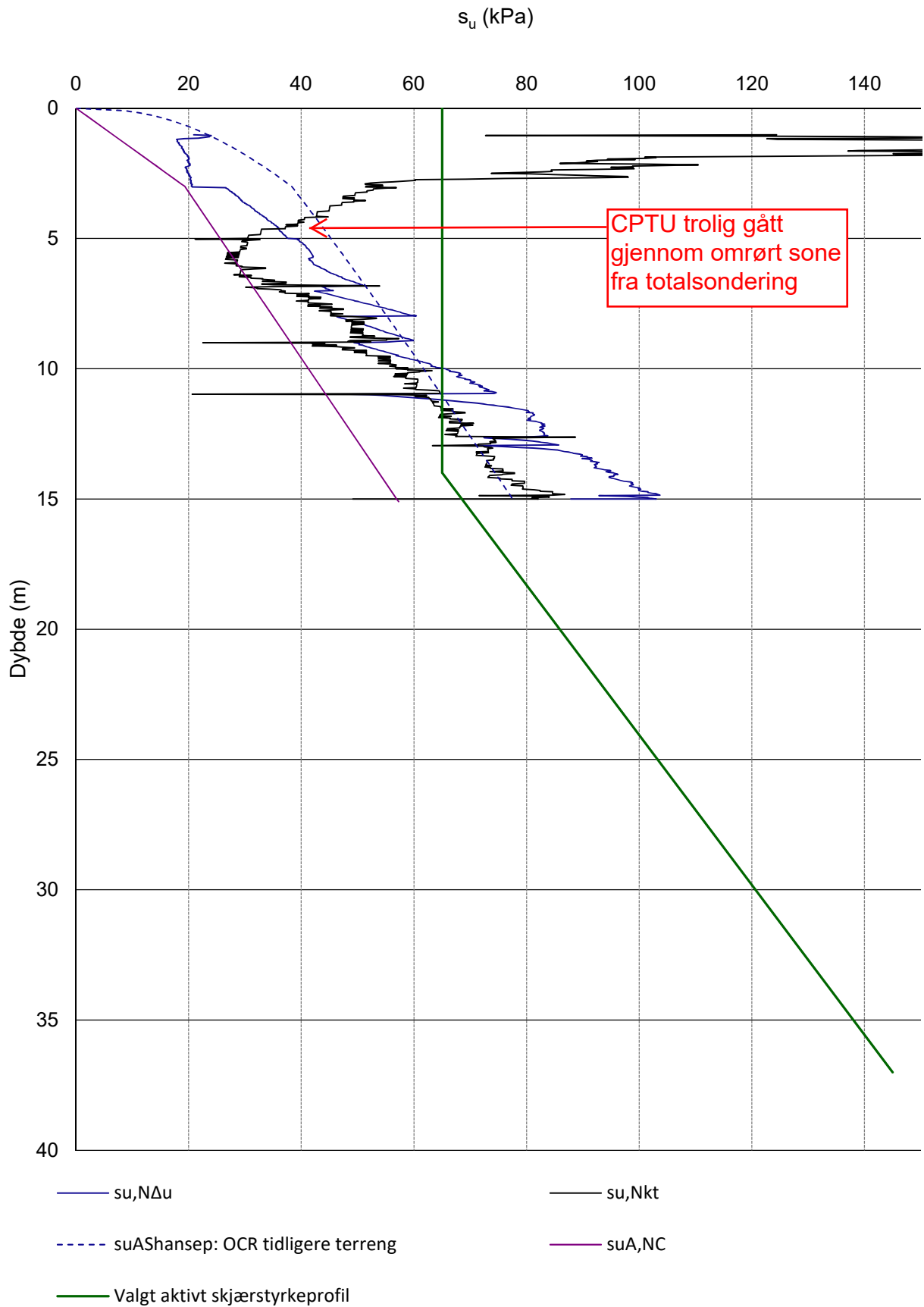


**LØVLIEN GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Oppdragsgiver Boligutvikling Frogner	Prosjekt nr. 17356	Tegning nr. N03E17
Prosjekt Kirkebakken del 2	Dato 10.08.18	Borpunkt 5
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig KGE	Kontrollert KR



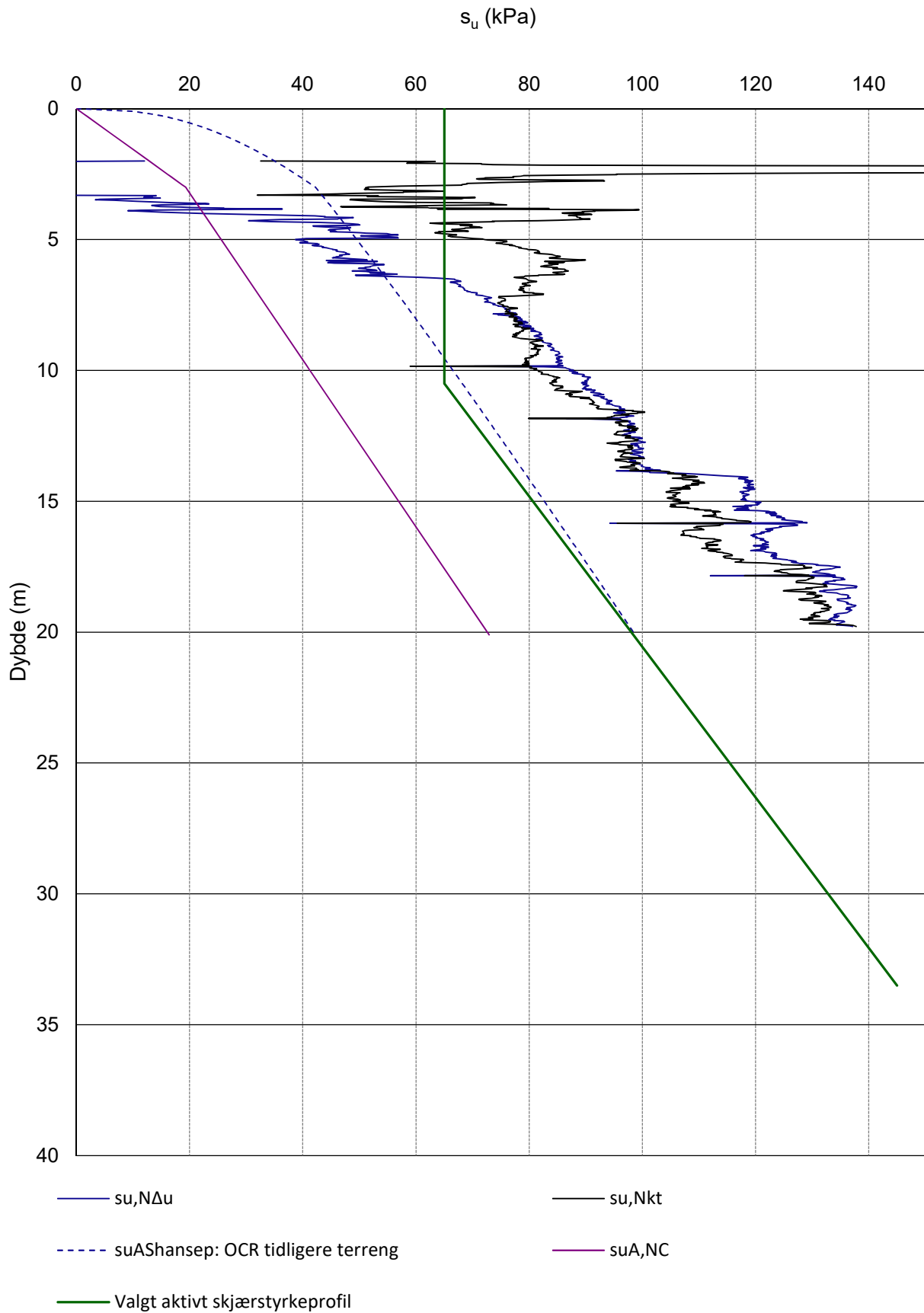
# Udrenert skjærstyrke



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Boligutvikling Frogner AS	Prosjekt nr. 17356	Tegning nr. N03E18
Prosjekt Kirkebakken del 2	Dato 20.09.18	Borpunkt 7
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig KGE	Kontrollert KR

# Udrenert skjærstyrke

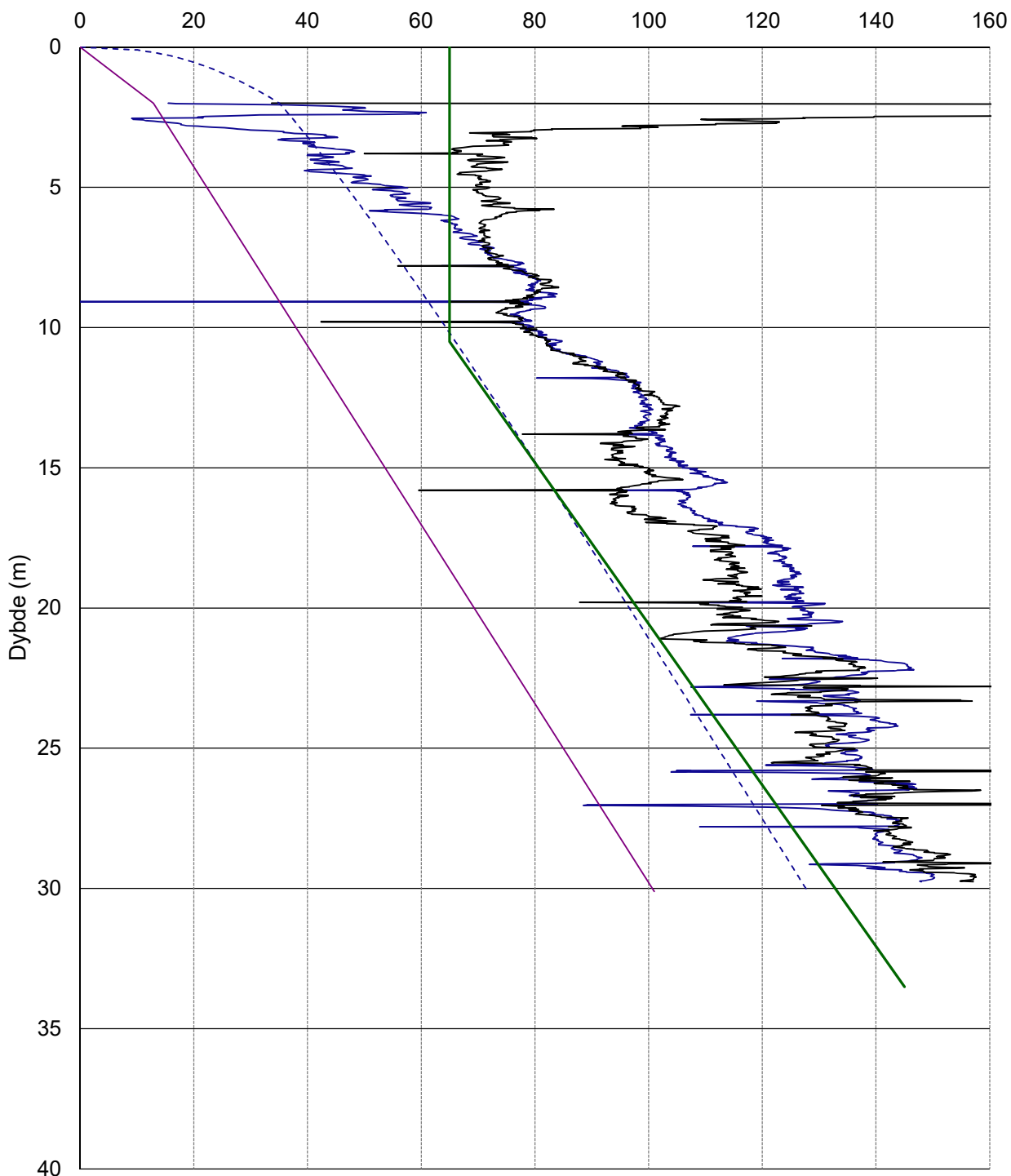


**LØVLIEN GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Oppdragsgiver Boligutvikling Frogner AS	Prosjekt nr. 17356	Tegning nr. N03E19
Prosjekt Kirkebakken del 2	Dato 20.09.18	Borpunkt 10
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig KGE	Kontrollert KR

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



—  $s_u, N\Delta u$

—  $s_u, Nkt$

- - -  $s_u, AShansep: OCR tidligere terreng$

—  $s_u, A, NC$

— Valgt aktivt skjærstyrkeprofil



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Boligutvikling Frogner AS	Prosjekt nr. 17356	Tegning nr. N03E20
Prosjekt Kirkebakken del 2	Dato 20.09.18	Borpunkt 12
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig KGE	Kontrollert KR



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
www.georad.no

Oppdragsgiver:	Boligutvikling Frogner AS
Prosjekt:	Kirkebakken del 2
Tekst:	Klassifisering av faresoner, kvikkleire
Vedlegg:	BER01
Dato:	25.07.2018
Ansvarlig:	KGE
Profil:	17356
Prosjekt nr.:	Frogner V
Kontrollert:	KR

Skadekonsekvens Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score			
				3	2	1	0
Boligenheter, antall	3	4	12	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	0	3	0	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	1	2	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen
Toglinje, baneprioritet	3	2	6	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	1	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning, flom	3	2	6	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>28</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>

% av maksimal poengsum 62 %

**Konsekvensklasse Meget alvorlig**

Evaluering av faregrad Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Faregrad, score			
				3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	3	1	3	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	1	2	2	> 30	20 - 30	15 - 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0
Poretrykk	0	3	0	> +30, >-50	10 - 30, -(20 - 50)	0 - 10, -(0 - 20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	2	4	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	3	1	3	>100	30 - 100	20 - 30	<20
Erosjon	2	3	6	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>22</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>

% av maksimal poengsum 43 %

**Faregrad Middels faregrad**

Risikoverdi (skadekons. x faregrad)		616	<b>Aktuell risikoklasse</b>	<b>2</b>
Risikoklasse	1	0	170	
Risikoklasse	2	171	630	<b>X</b>
Risikoklasse	3	631	1900	
Risikoklasse	4	1901	3200	
Risikoklasse	5	3201	10000	



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium  
www.georad.no

Oppdragsgiver:	Boligutvikling Frogner AS
Prosjekt:	Kirkebakken del 2
Tekst:	
Klassifisering av faresoner, kvikkleire	
Vedlegg:	BER02
Dato:	25.07.2018
Ansvarlig:	
KGE	
Prosjekt nr.:	17356
Profil:	
Frogner N	
Kontrollert:	
KR	

Skadekonsekvens Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score			
				3	2	1	0
Boligenheter, antall	3	4	12	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	0	3	0	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	3	1	3	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	1	2	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen
Toglinje, baneprioritet	3	2	6	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	2	1	2	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning, flom	3	2	6	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>31</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>

% av maksimal poengsum 69 %

**Konsekvensklasse Meget alvorlig**

Evaluering av faregrad Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Faregrad, score			
				3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	3	1	3	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	2	4	> 30	20 - 30	15 - 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0
Poretrykk	-2	3	-6	> +30, >-50	10 - 30, -(20 - 50)	0 - 10, -(0 - 20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	2	4	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	3	1	3	>100	30 - 100	20 - 30	<20
Erosjon	0	3	0	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>12</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>

% av maksimal poengsum 24 %

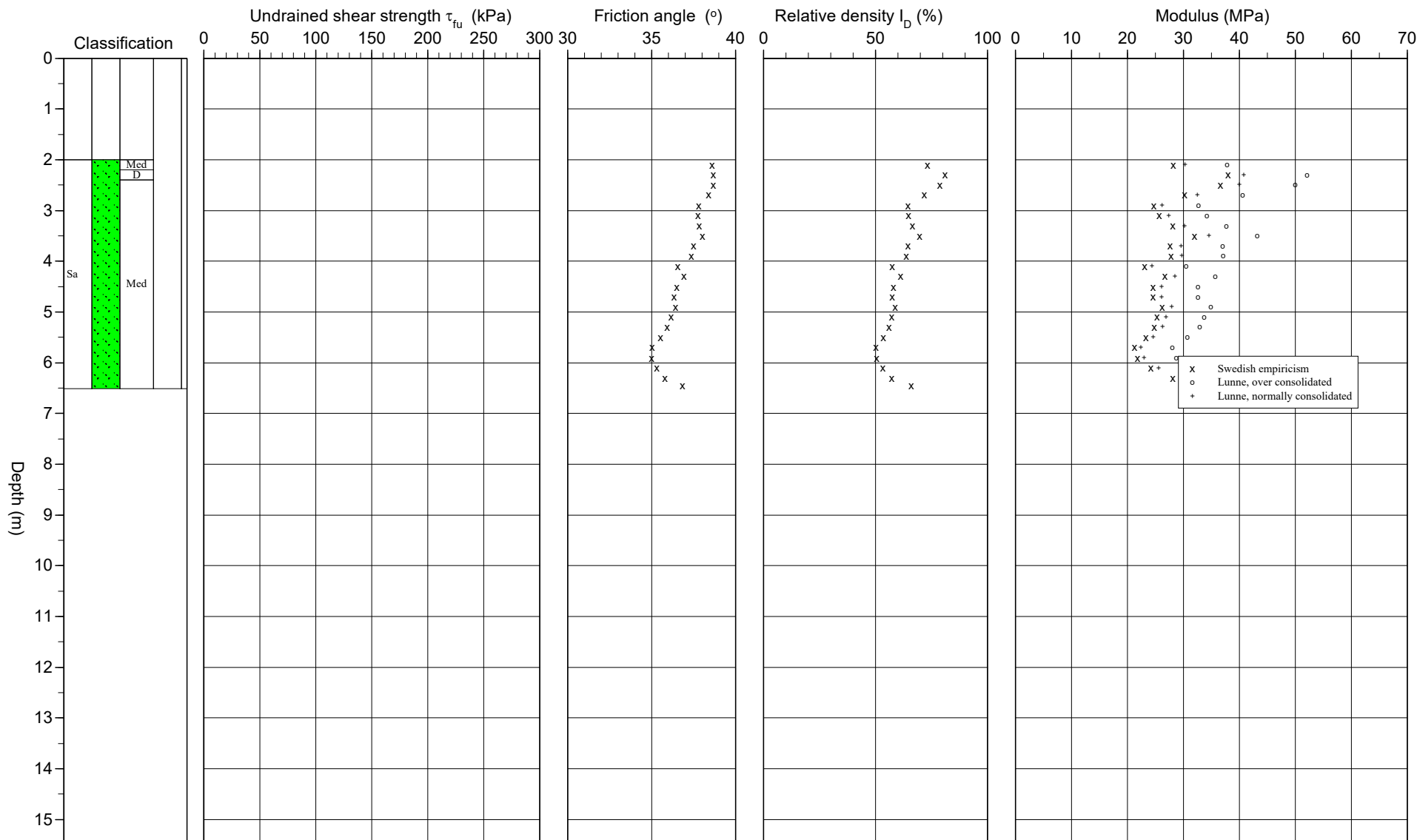
**Faregrad Lav faregrad**

Risikoverdi (skadekons. x faregrad)		372	<b>Aktuell risikoklasse</b>	<b>2</b>
Risikoklasse	1	0	170	
Risikoklasse	2	171	630	<b>X</b>
Risikoklasse	3	631	1900	
Risikoklasse	4	1901	3200	
Risikoklasse	5	3201	10000	

# CPT test evaluated according to SGI Information 15 rev. 2007

Reference	Predrilling depth 2,00 m	Evaluator
Level at reference	Predrilled material Sand	Evaluation date
Ground water level 8,00 m	Equipment	
Start depth 2,00 m	Geometry Normal	

Project	Kirkebakken del 2
Project nr	17356
Site	Kirkebakken
Designation	1
Date	21.11.2017



## Utrekning av udrenert skjærfasthet etter SHANSEP - metoden

ref. C.C. Ladd, "Stress-deformations and Strength Characteristics" 1977

<b>V</b> tidl.tider	18	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	(ofte 18)	$s_u^A / \rho_{v,før}$	0,33	(ofte 0,28 eller større)
<b>Kote tidl.tider</b>	145			<b>m</b>	0,6	(ofte 0,65-0,8)
<b>GV kote</b>	145					
<b>Vanndrykk/m</b>	10	<b>kPa/m</b>	(10 = hydrostatisk)			

Kote	$u$ [kPa]	$p_{v,}'$ [kPa]	$S_u^A$ [kPa]
142,00	30,00	26,40	8,71
139,00	60,00	52,80	17,42
135,00	100,00	88,00	29,04
133,00	120,00	105,60	34,85
131,00	140,00	123,20	40,66
120,00	250,00	220,00	72,60
112,50	325,00	286,00	94,38
105,00	400,00	352,00	116,16
97,50	475,00	418,00	137,94
90,00	550,00	484,00	159,72

Minimum OCR	1,25	(1,1 - 1,25)
Aeging faktor	1,1	(ofte 1,1-1,3)

<b>V</b> <sub>nå</sub>	19,5	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	
<b>Kote topp skråning</b>	145,1		
<b>GV kote</b>	135		
<b>Vanndrykk/m</b>	10	<b>kPa/m</b>	(10 = hydrostatisk)
<b>Knekkpunkt for poretrykk</b>	119		10

Kote	$u$ [kPa]	$p_{v,før}$	$p_{v,etter}$	OCR	$S_{u,før}^A$	$S_u^A / \rho_{v,før}$	$S_{u,etter}^A$
142,00	0,00	26,40	60,45	1,25	8,71	0,33	22,81
139,00	0,00	52,80	118,95	1,25	17,42	0,33	44,88
135,00	0,00	88,00	196,95	1,25	29,04	0,33	74,30
133,00	20,00	105,60	215,95	1,25	34,85	0,33	81,47
131,00	40,00	123,20	234,95	1,25	40,66	0,33	88,64
120,00	150,00	220,00	339,45	1,25	72,60	0,33	128,07
112,50	225,00	286,00	410,70	1,25	94,38	0,33	154,95
105,00	300,00	352,00	481,95	1,25	116,16	0,33	181,83
97,50	375,00	418,00	553,20	1,25	137,94	0,33	208,71
90,00	450,00	484,00	624,45	1,25	159,72	0,33	235,59

<b>V</b> <sub>nå</sub>	19,5	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	
<b>Kote midt skråning</b>	135,1		
<b>GV kote</b>	128		
<b>Vanndrykk/m</b>	10	<b>kPa/m</b>	(10 = hydrostatisk)
<b>Knekkpunkt for poretrykk</b>	119		10

Kote	$u$ [kPa]	$p_{v,før}$	$p_{v,etter}$	OCR	$S_{u,før}^A$	$S_u^A / \rho_{v,før}$	$S_{u,etter}^A$
142,00	0,00	-	-	-	-	-	-
139,00	0,00	-	-	-	-	-	-
135,00	0,00	88,00	1,95	45,13	29,04	0,33	6,33
133,00	0,00	105,60	40,95	2,58	34,85	0,33	23,86
131,00	0,00	123,20	79,95	1,54	40,66	0,33	34,20
120,00	80,00	220,00	214,45	1,25	72,60	0,33	80,91
112,50	155,00	286,00	285,70	1,25	94,38	0,33	107,79
105,00	230,00	352,00	356,95	1,25	116,16	0,33	134,67
97,50	305,00	418,00	428,20	1,25	137,94	0,33	161,55
90,00	380,00	484,00	499,45	1,25	159,72	0,33	188,43



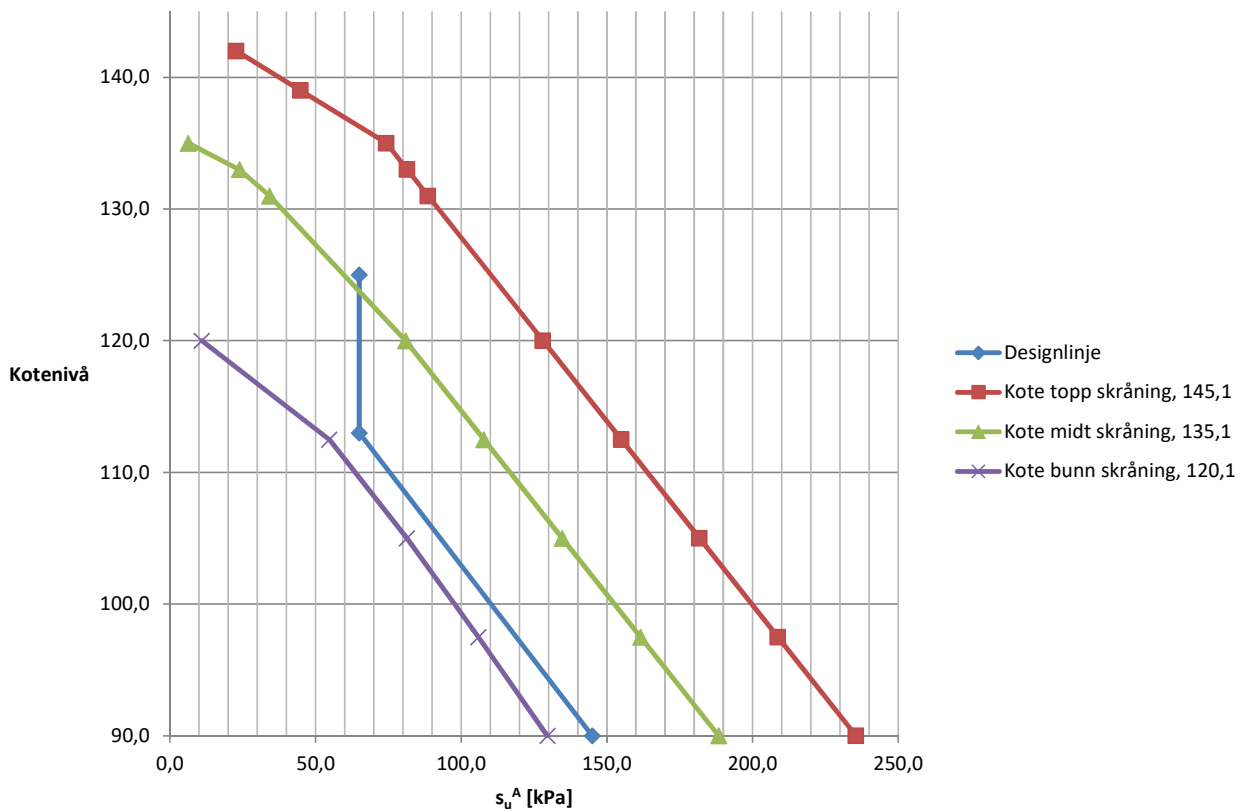
**LØVLIES GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver:	Bilag	Prosjekt nr:
Boligutvikling Frogner AS	N03BER04	17356
Prosjekt:	Dato:	Sted
Kirkebakken del 2	05.10.18	Frogner
Tekst:	Ansvarlig:	Kontrollert:
Skjærstyrke profil I	KGE	KR

$\gamma_{na}$	19,5	$\text{kN/m}^3$
Kote bunn skråning	120,1	
GV kote	119	
Vanntrykk/m	10	$\text{kPa/m}$ (10 = hydrostatisk)
Knekkpunkt for poretrykk	119	10

Kote	$u$ [kPa]	$p_{v,f\ddot{o}r}$	$p_{v,etter}$	OCR	$s_{u,f\ddot{o}r}^A$	$s_{u,etter}^A / p_{v,f\ddot{o}r}$	$s_{u,etter}^A$
142,00	0,00	-	-	-	-	-	-
139,00	0,00	-	-	-	-	-	-
135,00	0,00	-	-	-	-	-	-
133,00	0,00	-	-	-	-	-	-
131,00	0,00	-	-	-	-	-	-
120,00	0,00	220,00	1,95	112,82	72,60	0,33	10,96
112,50	75,00	286,00	73,20	3,91	94,38	0,33	54,72
105,00	150,00	352,00	144,45	2,44	116,16	0,33	81,34
97,50	225,00	418,00	215,70	1,94	137,94	0,33	105,87
90,00	300,00	484,00	286,95	1,69	159,72	0,33	129,58

### Udrenert skjærfasthet, PROFIL I



Designlinje	Kotenivå [m]	$s_u^A$ [kPa]
	125,0	65,0
113,0	65,0	
90,0	145,0	



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver:	Bilag	Prosjekt nr:
Boligutvikling Frogner AS	N03BER04	17356
Prosjekt:	Dato:	Sted
Kirkebakken del 2	05.10.18	Frogner
Tekst:	Ansvarlig:	Kontrollert:
Skjærstyrke profil I	KGE	KR





**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

### Vurdering av løсне- og utløpsområde iht. NIFS-rapport 14/2016

Indikator	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score			
				3	2	1	0
b/D ved L <sub>1</sub>	0	1	0	>0,5	0,25-0,5	≤0,25	0
b/D ved 3L <sub>1</sub> (evt. 2L <sub>1</sub> )*	0	2	0	>0,5	0,25-0,5	≤0,25	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelomme	0	1	0	$x_1 < L_1$	$x_1 \approx L_1$	$x_1 > L_1$	-
Forhold ved skredporten	3	2	6	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredport	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine	-
Tidligere skredhendelse**	2	1	2	L/H > 10	5 < L/H < 10	L/H ≤ 5	-
s <sub>u</sub> /γD	2	1	2	s <sub>u</sub> /γD < 0,1	0,1 ≤ s <sub>u</sub> /γD ≤ 0,25	s <sub>u</sub> /γD > 0,25	-
Sum			10	24	16	8	5

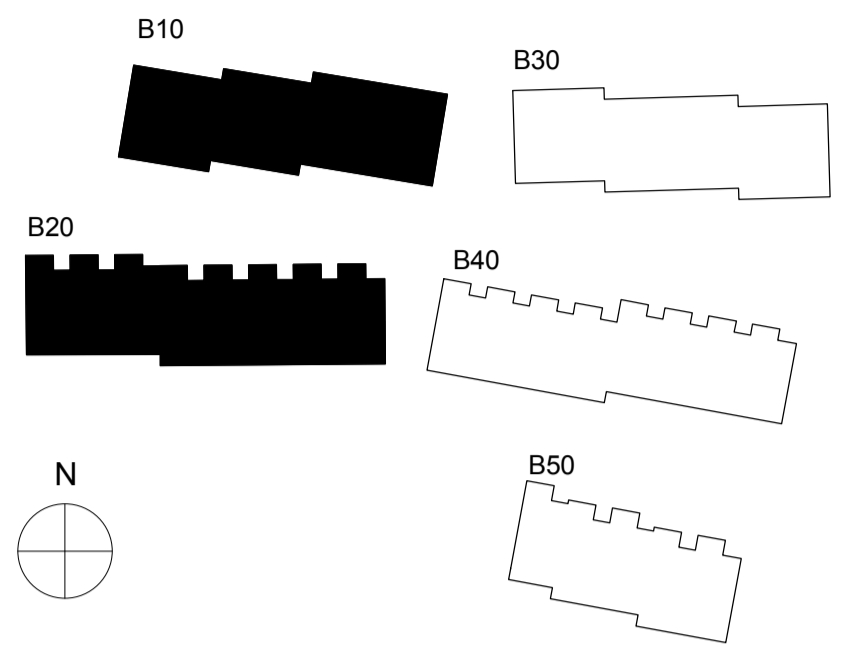
\*For veldig slake skråninger (dvs. < 1:5) vil vurderingen ved 3L<sub>1</sub> være for langt unna den initiale glideflate og det anbefales å gjøre vurderingen av b/D ved 2L<sub>1</sub>

\*\*Anbefales satt til middels hvis ukjent

% av maksimal poengsum	42 %
<b>Løsneområde</b>	<b>Middels</b>
<b>Potensiell utbredelse, L/H</b>	<b>6,25</b>

Høydeforskjell skredfot og toppen av skredkant, H	20,0	(m)
Løsnedistanse	125	(m)
Utløpsdistanse retrogressivt skred i kanalisert terreng	375	(m)
Utløpsdistanse retrogressivt skred i åpent terreng	188	(m)
Utløpsdistanse for flaskskred eller rotasjonsskred, alle typer terreng	63	(m)

Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Vedlegg nr.
Boligutvikling Frognør AS	17356	N03BER05
Prosjekt	Dato	Profil
Kirkebakken del 2	20.02.2019	A-5
Tittel	Ansvarlig	Kontrollert
Avgrensing av løsneområde	KGE	KR



Prosjekt tegnet til skisseprosjektnivå med de viktigste hovedparametere for tekniske fag etablert

--	--	--	--	--

Rev	Dato	Tekst	Tegn	Kontr
Skala	Tegningsnr.		Index	
1 : 200	A-01-003			

Innhold  
**Utomhusplan hele feltet**

Tiltakshaver  
**Boligutvikling Frogner AS**  
Astrids vei 1, 1473 Lørenskog

Totalentreprenør
------------------

Prosjekt	Prosjektnr.
<b>Kirkebakken rekkehus</b>	<b>10-17-0380</b>

ARK : RIB : RIE : RIV : RØR : EL : VENT :
---

**Dark Arkitekter AS**  
DRAMMENSVEIEN 130 0277 OSLO  
TLF: 23 13 12 00 FAX: 23 13 12 01 darkarkitekter.no D A R K

Innhold  
**Utomhusplan hele feltet**

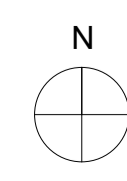
Tegningstatus	Oppdragsnr.	Vedleggsnr.
---------------	-------------	-------------

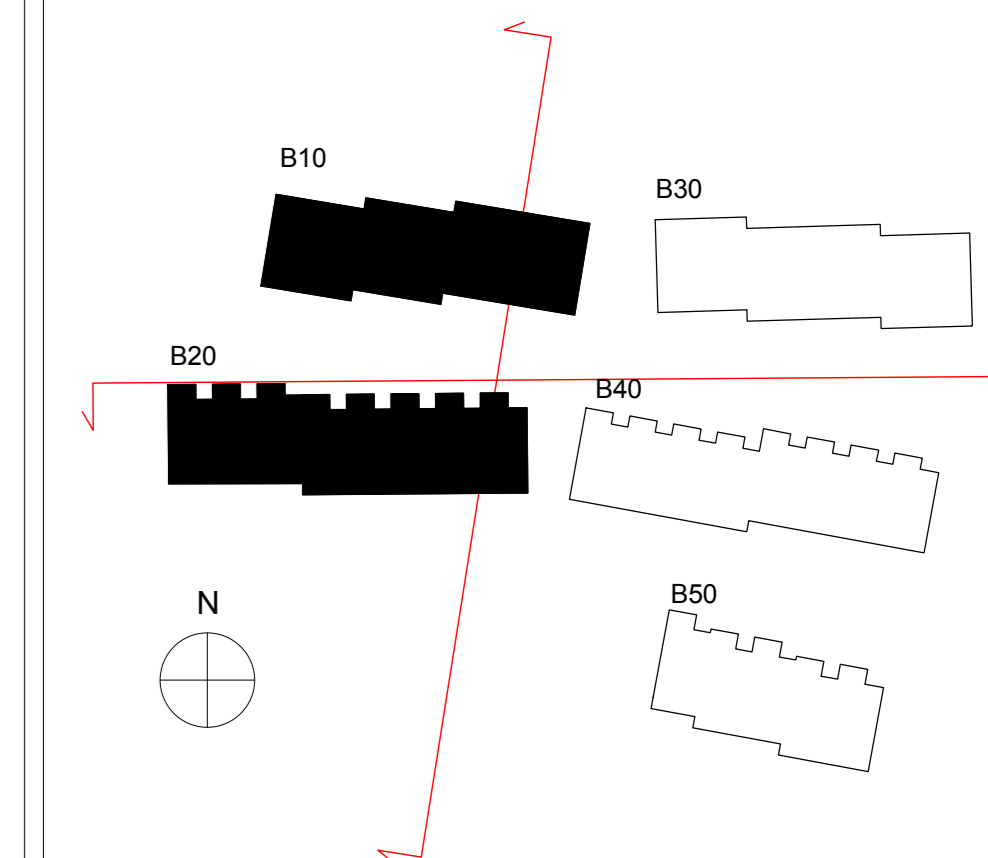
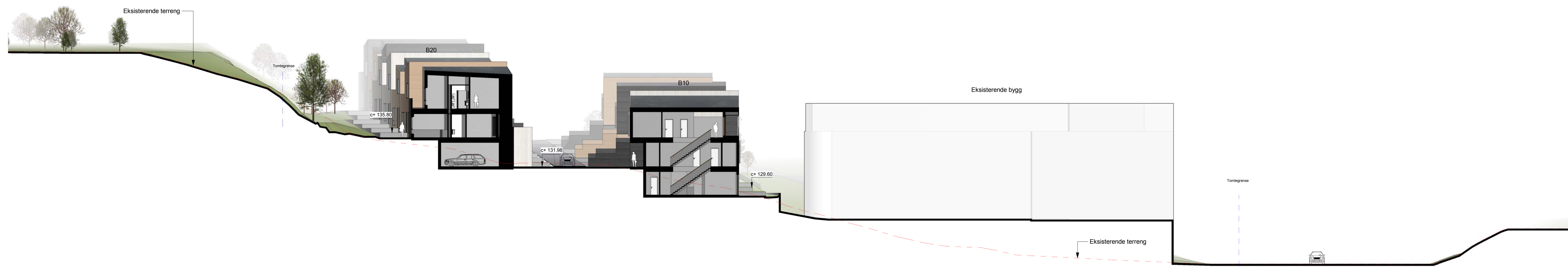
Skala	A1	Tegningsnr.	Index
1 : 200		A-01-003	



- Grensesnitt rammesøknad
- Byggegrense
- Natursti
- Beplantning trær
- Parkering
- Hage
- Asfalt
- Gress
- Lekeplass med gummidekke
- Jord under terreng
- Beplantning busker
- Soppelhåndtering
- Belegningsstein/betongdekke

A-21-001





Prosjekt tegnet til skisseprosjektnivå med de viktigste hovedparametere for tekniske fag etablert



Rev	Dato	Tekst	Tegn	Kontr
A	10.01.2017	Grunnlag for tverrfaglig kvalitetssikring	RBH	TKL

Skala	Tegningsnr.	Index
1 : 200	A-21-001	A

Innhold  
Felt B10 og B20 Terrengsnitt

Tiltakshaver  
**Boligutvikling Frogner AS**  
Asstrids vei 1, 1473 Lerenskog

Totaltrepener

Prosjekt  
**Kirkebakken rekkehus** 10-17-0380

- ARK :
- RIB :
- RIE :
- RIV :
- ROR :
- EL :
- VENT :

**Dark Arkitekter AS**  
DRAMMENSVEIEN 130 0277 OSLO  
TLF: 23 13 12 00 FAX: 23 13 12 01 darkarkitekter.no D A R K

Innhold  
**Felt B10 og B20 Terrengsnitt**

Tegningstatus	Oppdragsnr.	Vedleggsnr.
Rammesøknad		

Skala	AO	Tegningsnr.	Index
1 : 200		A-21-001	A