

# NOTAT

Dato 11.5.2018

Oppdrag **Klæbuvegen, nytt veg- og VA-anlegg**  
Kunde **Trondheim kommune**  
Notat nr. **G-not-001 1350026044**  
Dato **11.5.2018**  
Til **Sissel Hovin** **Trondheim kommune**  
Fra **Helle Bråtteng Olsen** **Rambøll**  
Kopi

Rambøll  
Kobbegate 2  
PB 9420 Sluppen  
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00  
F +47 73 84 10 60  
www.ramboll.no

## NYTT VEG- OG VA-ANLEGG KLÆBUVEGEN – GEOTEKNISK VURDERING

### 1. Bakgrunn

Trondheim kommune planlegger ny veg med nytt VA-anlegg for et strekke av Klæbuvegen. Strekket går fra krysset ved Øystein Møylas veg til Klæbuvegen 181/182, en strekning på ca. 480 meter. Vann- og avløpssystem skal bygges/skiftes ut og det skal bygges fortau langs vestre side av vegen. Dagens veg er smal og utvidelse av vegbredde medfører behov for murer og en større fylling langs vegtraseen, samt tilpasning til eksisterende bebyggelses innkjørsler og uteområder.

Planer for den nye vegen er mottatt fra Asplan Viak AS. Grunnlaget er vist på vår situasjonsplan, tegning 101. Veglinja går fra profil 0 i sør ved Klæbuvegen 181/182 til profil 480 i nord ved krysset til Øystein Møylas veg. Geoteknisk prosjektering for vegstrekket inkluderer stabilitetsberegning for fylling i skråning, stabilitetsvurdering for utgraving for støttemur samt kontroll av murdimensjoner og kontroll av graveskråninger mot eksisterende bebyggelse.

Den aktuelle delen av Klæbuvegen ligger ikke innenfor noen registrert kvikkleiresone. Trondheim kommune har utført grunnundersøkelser langs strekningen, og avdekket kvikkleire i ett punkt helt i sør av strekningen. Ettersom terrenget er flatt og kvikkleiren ligger dypt er det vurdert at denne ikke representerer noe problem for dette prosjektet. Det er ikke fare for at vegen kan treffes av skred fra omkringliggende områder. Det vurderes derfor som ikke nødvendig med utredning etter NVEs kvikkleireveileder 7/2014 «*Sikkerhet mot kvikkleireskred*», ref. /1/.

Rambøll er engasjert av Trondheim kommune som ansvarlig prosjekterende for geoteknikk for prosjektet.

Foreliggende notat omfatter geoteknisk prosjektering for utvidelse av vegstrekket og utgjør del av anbudsgrunnlaget.

### 2. Tidligere utførte grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger

Følgende relevante grunnundersøkelser er tidligere utført:

**Tabell 1: Utførte grunnundersøkelser i området**

Rapportnr.:	Navn:	Utført av:	Dato:
R.1649	Klæbuveien fortau	Trondheim kommune	12.10.2015
Dok5146602-RIG-01	Øystein Møyilas veg 14-18	Norconsult AS	8.4.2015
1350001051	Klæbuveien 175	Rambøll	16.12.2013
620325	Klæbuveien 179 Boliger	Scandiaconsult	16.9.2002
O.8362	Klæbuveien 159 Fradeling og nybygg	Kummeneje	18.3.1991
R.699	Bakkeland Aldersheim	Trondheim kommune	27.7.1986
O.5686	Klæbuveien 169/171	Kummeneje	23.12.1985
O.2440	Klæbuveien 165, Trondheim	Kummeneje	8.11.1976

### 3. Topografi og grunnforhold

Helt i sør, på første del av vegstrekningen ligger terrenget langs linja forholdsvis flatt på ca. kote +48. Videre nordover faller terrenget langs linja noe, dvs. fra vegens profil 230 – 380 hvor terrenget ligger på kote +40. På siste del av strekningen, fra profil 380 – 480 øker fallet langs linja, fra kote +40 ved profil 380 til kote +32 ved parsellslutt.

Sideterrenget langs linja ligger generelt stigende opp mot Sunnlandsskrenten og Sunnlandsvegen mot nordøst/øst langs hele linja, og med noe skiftene fall ned mot tilstøtende småhusbebyggelse og boligblokker mot sør og vest.



**Figur 1:** Utsnitt fra kvartærgeologisk kart over området, [www.ngu.no](http://www.ngu.no)

Et utsnitt fra kvartærgeologisk kart over området er vist i figur 1. Dette viser at det generelt er angitt tykk havavsetning i store deler av området bortsett fra i toppen av Sunnlandsplatået i nordøst/øst. Her der det angitt et øvre lag av elveavsatt materiale. Det

er angitt ei gammel skredgrop ved Nardoskrenten 17 – 21, ovenfor Bakkehellet som ligger øst for veglinjas siste del.

På første del av vegstrekningen (profil 0 – 100) viser sonderinger fra Trondheim kommunes rapport R.1649 fyllmasser den øverste meteren. Under fyllmassene er det fast tørrskorpeleire med en overgang til leire i dybden. Boringene er her generelt avsluttet i leirelaget uten stopp mot andre fastere lag eller berg i underkant av 10 meter under terreng. I de øverste 3 meterne er det påvist innslag av humus. I borpunkt 10, ved Klæbuvegen 178/180, er det påvist kvikkleire 6 meter under terreng. Sondringen antyder at overkanten av kvikkleira ligger på ca. kote +43 og at underkanten av kvikkleirelaget ligger dypere enn det nivået hvor sonderingen er avsluttet, dvs. dypere enn ca. 10 meter under terreng. Sondringer nord for profil 70 (Trondheim kommunes rapport R.699) viser sandig tørrskorpeleire med humusinnhold. I rapporten er det angitt at de øvre meterne trolig er rekonsolidert rasmasse.

Mellom profil 150 og 250 antyder sonderinger i Norconsults datarapport Dok5146602-RIG-01 et topplag på ca. 10 meter av tørrskorpeleire med innslag av sand og silt. Fra 10 meter under terreng er det et fast lag med økende mektighet mot nord fra 5 til 15 meter. Under det faste laget viser sonderingene leire. Det er ikke tatt opp prøver fra disse borpunktene.

I veglinjen viser prøvetaking mellom profil 250 og 350 (Trondheim kommunes rapport R.1649) ca. 3 meter sand over ca. 3 meter sandig siltig leire. Derunder viser prøvetakingen sand. Sondringen antyder sand over faste masser videre i dybden. Mot øst på denne strekningen viser sonderinger og prøvetaking (O. Kummenejes rapport O.5686) et løst finsandlag med humus over sand, silt og sand. Mot vest viser sonderinger (Trondheim kommunes rapport R.1649) lagdelt grunn med silt, sand og leire.

Langs siste del av vegstrekningen viser sonderinger et mektig lag av silt og sand over leire, (Trondheim kommunes rapport R.1649). Til høyre for veglinja viser sonderinger silt og sand, (O. Kummenejes rapporter O.2440 og O.8362).

Utførte poretrykksmålninger viser at grunnvannstanden ligger dypt i skråningen ned fra Sunnlandsskrenten og også dypt videre ned i skråningen ned mot Øystein Møylas veg. Grunnvannstanden ligger ca. 12 meter under veglinja rundt profil 200 (Norconsults rapport fra 8.4.2015). Tolket grunnvannstand er vist i beregningsprofil på tegning 102. Målinger utført nord for profil 0 viser grunnvannstand ca. 4 meter under terreng.

Ingen av sonderingene langs veglinja er avsluttet mot berg, og dette antas å ligge så dypt at det ikke er av interesse for prosjektet.

#### 4. Grunnlag for geoteknisk prosjektering

##### Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut fra tre geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «*Krav til prosjektering*». Prosjektet plasseres i **geoteknisk kategori 2**, med bakgrunn i «konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold».

### Pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 tabell NA.A1(901) gir veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler. Tabellen er delt inn i pålitelighetsklasser (CC/RC) fra 1 til 4.

Grunn- og fundamenteringsarbeider for denne typen veg- og VA-anlegg vurderes å falle under kategorien «*Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold*», men at klassifiseringen bør være noe høyere enn normalt for denne kategorien (pålitelighetsklasse 1) ettersom utgravinger for veglinjen kommer tett på eksisterende bebyggelse. Prosjektet plasseres derfor i **pålitelighetsklasse (CC/RC) 2**.

### Prosjekterings- og utførelseskontroll iht. Eurokode

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

Iht. tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 settes prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeider til kontrollklasse **PKK2/UKK2**.

For prosjekteringskontroll iht. standarden gjelder grunnleggende kontroll og kollegakontroll, samt utvidet kontroll. For utførelseskontroll gjelder basis kontroll og intern systematisk kontroll og utvidet kontroll av utførelsen. For PKK2 er den utvidede kontrollen begrenset til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket. For UKK2 skal utvidet kontroll bestå i å få bekreftet at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av utførende foretak.

### Tiltaksklasse iht. SAK10 og krav om uavhengig kontroll

I henhold til tabell 2 «Kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering» i «Veiledning om byggesak» (SAK10 § 9-4), vurderes grave- og fundamenteringsarbeidene å kunne plasseres i **tiltaksklasse 2**. Dette med bakgrunn i «*Fundamentering for anlegg og konstruksjoner som iht. NS-EN 1990 +NA plasseres i pålitelighetsklasse 2*».

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

### Grunntype og seismisk klasse

Det vurderes ikke relevant å fastsette grunntype eller seismisk klasse for denne typen anlegg.

### Flom- og skredfare

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

Det gjort et søk på NVEs karttjeneste kartkatalog.nve.no. Veilinja ligger ikke innenfor eller i utløpet for noen registrerte fareområder for ras/skred/flom.

## 5. Vurdering

### 5.1 Krav til sikkerhet

Krav til sikkerhetsnivå er bestemt iht. Eurokode 7, ref. /2/. Sikkerhetsfaktor  $F_c$  er etter Eurokode 7 1,4 for totalspenningsanalyse og 1,25 for effektivspenningsanalyse.

### 5.2 Stabilitet

Det er utført stabilitetsberegning i ett terrengprofil på strekingen, profil A, med plassering som vist i situasjonsplan på tegning 101. Stabilitetsberegningen er utført for å kontrollere stabiliteten av fyllingen på vegens venstre side mellom profil 250 og 320, ned mot blokkbebyggelsen i Øystein Møylas vei. Helning på den planlagte fyllingen er 1:2, foruten en strekning mellom profil 250 og 280 hvor helningen er strammet opp til 1:1,5 for å tilpasse fyllingen mot omkringliggende bygninger og terreng. I beregningen er det også utført en kontroll av stabilitet for hele skråningen, fra skråningstoppen ved Sundlansskrenten ned mot skråningens fot ved blokkbebyggelsen i Øystein Møylas veg. Stabilitetsberegninga er presentert på tegning 102.

Stabilitetsberegningene er utført i beregningsprogrammet GeoSuite Stability. Det er utført total- og effektivspenningsanalyse med utgangspunkt i nytt terreng etter at veg og fylling er bygget. Totalspenningsanalysen tar hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen, mens effektivspenningsanalysen er representativ for langtidssituasjon.

Terrenget i profilet er generert fra digitalt SOSI-grunnlag mottatt fra Asplan Viak. Veglinje og veggeometri er også mottatt fra Asplan Viak.

De styrkeparametere som er benyttet i stabilitetsberegningene er vist på tegning 102. Styrkeparametere er tolket fra grunnlag vist i tabell 1 og på situasjonsplan, tegning 102. Effektivspenningsparametere er basert på erfaringsverdier etter figur 2.39 i Statens vegvesens håndbok V220, ref. /3/. Skjærfasthetsprofil er valgt på bakgrunn av prøvetaking i pkt. 5 fra Trondheim kommunes rapport R.1649. Det er ikke registrert uomrørt skjærfasthet i laboratoriet, så tolkede verdier for skjærfasthet er lagt like over omrørte målinger, da uomrørt ikke kan være høyere enn dette. Dette anses som en konservativ antakelse for styrkeparametere i bunn av skråningen. Lagdeling i bunn av skråningen vurderes også som konservativ da vi har lagt inn leirelag fra 2 meter under terreng og ned til avsluttet lagdeling. Det er vurdert at det antakelig også er et sandlag/lag med friksjonsmasser mellom 4 og 15 meter under terreng, men det er valgt å legge inn leire da vi ikke har prøvetaking som bekrefter dette, og dette vurderes å være en konservativ antakelse.

Grunnvannstand er tolket etter utførte poretrykksmålinger og prøvetaking med registrering av vanninnhold i området. Tolket grunnvannstand er vist på tegning 102. Det er i beregningene lagt til en hydrostatisk poretrykkfordeling i dybden fra den angitte grunnvannslinje.

Det er i beregningen oppnådd en laveste sikkerhetsfaktor for kritisk glideflate på  $F_c = 1,45$  i totalspenningsanalysen og  $F_{c\phi} = 1,62$  i effektivspenningsanalysen. De to kritiske glideflater representerer store glideflater som omfatter hele skråningen. Det oppnås en betydelig høyere

sikkerhetsfaktor for mer lokale glideflater, dvs. fra Klæbuvegen ned mot skråningsfoten ved blokkbebyggelsen i Øystein Møylas veg, dvs.  $F \approx 2,8$ . Ut fra de oppnådde resultater vurderes at stabilitet i profil A er tilfredsstillende.

### 5.3 Stabilitet graveskråninger

Det er utført en kontroll av stabilitet for lokale graveskråninger for utgraving bak støttemurer i anleggsfasen. Det er generelt lagt til grunn at man må grave forholdsvis bratte graveskråninger bak murene på grunn av at det er begrenset plass til rådighet inn mot naboeiendommer, konstruksjoner og bebyggelse. Beregningene viser at det ikke kan tillates anlagt graveskråninger brattere enn 1:1. Dette fordi det oppnås lav sikkerhet for mindre og lokale overflateglidninger som følge av at graving primært skal utføres i sand/sandige løsmasser. Angitt maksimal helning kan kun tillates under den forutsetning at gravingen utføres seksjonsvis (maksimalt 5 – 10 meter til full dybde av gangen), at muren bygges opp raskt slik at graveskråningen kun står åpen i korte perioder, og at graveskråninger dekkes til for å unngå utvasking som følge av nedbør. En plan for gjennomføring av disse arbeidene må utarbeides av entreprenøren i samråd med geotekniker. Geotekniker må godkjenne planen før arbeidene igangsettes. Det vurderes at grunnvannet i området ligger såpass lavt at dette ikke medfører noen problemer for utgravingen.

En må være forberedt på lokale variasjoner og gjøre nødvendige tilpasninger til disse.

### 5.4 Mur

Det skal settes opp nye støttemurer opp mot tilstøtende naboeiendommer på vegens høyre side mellom profil 220 og 450. Tverrsnitt av de ulike murene er kontrollert i 3 profiler. Det er kontrollert for høyeste tverrsnitt ved Klæbuvegen 169B, og utført kontroll av tverrsnitt ved Klæbuvegen 159 og 171A. Kontroll av nødvendige murdimensjoner er utført etter Statens vegvesens håndbok V220, ref. /3/. Muren skal ifølge mottatte grunnlag fra Asplan Viak utføres ved bruk av systemblokk med helning 15,9:1. Gjennomsnittlig tyngdetetthet mur må ikke være lavere enn  $20 \text{ kN/m}^3$ . Kontrollen er utført med murdimensjon 1 meter bredde i bunn, 0,6 meter bredde topp mur, og en overdekning foran foten av muren på minimum 0,4 meter. Bak muren er det lagt til grunn tilfyllingsmasser av sprengstein av god kvalitet, samt et topplag av matjord for revegetering av utomhusarealer. Murene fundamenteres på en pute av pukk, og det legges drenering bak murene.

Gitt at dimensjoner og forutsettelser beskrevet ovenfor er oppfylt oppnås det tilfredsstillende kapasitet for støttemurene langs hele strekket.

Utgraving for mur kommer i konflikt med eksisterende bebyggelse på noen eiendommer. Tabell 2 under viser en oversikt over berørte eiendommer og hvilke tiltak som kreves utført for å etablere mur.

**Tabell 2: Tiltak for utgraving mur**

Eiendom	Tiltak
Klæbuvegen 163	Veranda må støttes opp da utgraving strekker seg inn under verandaens fundamenter.
Klæbuvegen 165	Tilpasse graving rundt verandaens søylefundamenter.

Klæbuvegen 169B	Veranda må støttes opp da utgraving strekker seg inn under verandaens fundamenter. Husets fundamentnivå mot Klæbuvegen (del uten garasje) må graves fram og måles inn før utgraving for mur begynner. Det må mest sannsynlig graves brattere enn 1:1 og det er derfor viktig å korte ned anleggstiden med åpen graveskråning så mye som mulig. Det forutsettes at geotekniker rådføres når fundament er målt inn.
Klæbuvegen 171B	Veranda må trolig støttes opp da utgraving kommer veldig nærme verandaens fundamenter.

## 5.5 Generelt

Det må ikke mellomlagres masser på området uten samråd med geotekniker. Gravemasser fra grøftene som skal tilbakefylles må legges minimum 5 meter ut fra grøfta. Masser som skal til deponi lastes direkte på bil og fraktes bort.

Gravearbeidene må følges opp av geotekniker slik at gjennomføringen kan kontrolleres. Det må utarbeides en gjennomføringsplan for arbeidene som godkjennes av geotekniker før arbeidene starter.

## 6. Oppsummering

Stabiliteten til fylling på venstre side av veglinja mellom profil 250 og 320 er tilfredsstillende iht. krav i Eurokode 7, ref. /2/. Det er også oppnådd tilfredsstillende stabilitet for hele skråninga.

Utgraving for støttemurer på høyre side av veglinja mellom profil 220 og 450 utføres under gitte forutsetninger. Det må ikke graves brattere enn helning 1:1, samtidig som det skal graves seksjonsvis (maksimalt 5-10 meter til full dybde av gangen). Byggetiden skal kortes ned mest mulig og graveskråninger tildekkes for å unngå utvasking ved nedbør. Det skal utarbeides en plan for gjennomføringen av disse arbeidene av entreprenør som godkjennes av geotekniker.

Det er viktig at støttemurene som settes opp oppfyller forutsetningene som er gitt i dette notatet angående tyngdetetthet, overdekning og dimensjoner. Det skal fylles tilbake sprengstein av god kvalitet bak muren, og muren skal fundamenteres på en pute av pukk. Ved noen eiendommer kommer utgraving for mur i konflikt med eksisterende bebyggelse. Det er beskrevet tiltak for de aktuelle eiendommene som omfatter oppstøtting av veranda, tilpassing av graveskråninger og framgraving og innmåling av fundamenter.

Mellomlagring av masser er beskrevet og skal legges minimum 5 meter ut fra grøfta eller lastes direkte opp på bil og fraktes bort.

Gravearbeider skal følges opp av geotekniker og en gjennomføringsplan utarbeides av entreprenør for godkjenning av geotekniker før arbeidene settes i gang.

Dokumentet er utarbeidet av:



**Helle Bråtteng Olsen**

Sivilingeniør geoteknikk

M 99 38 55 97

helle.b.olsen@ramboll.no

Dokumentet er kontrollert av:



**Per Arne Wangen**

Sivilingeniør geoteknikk

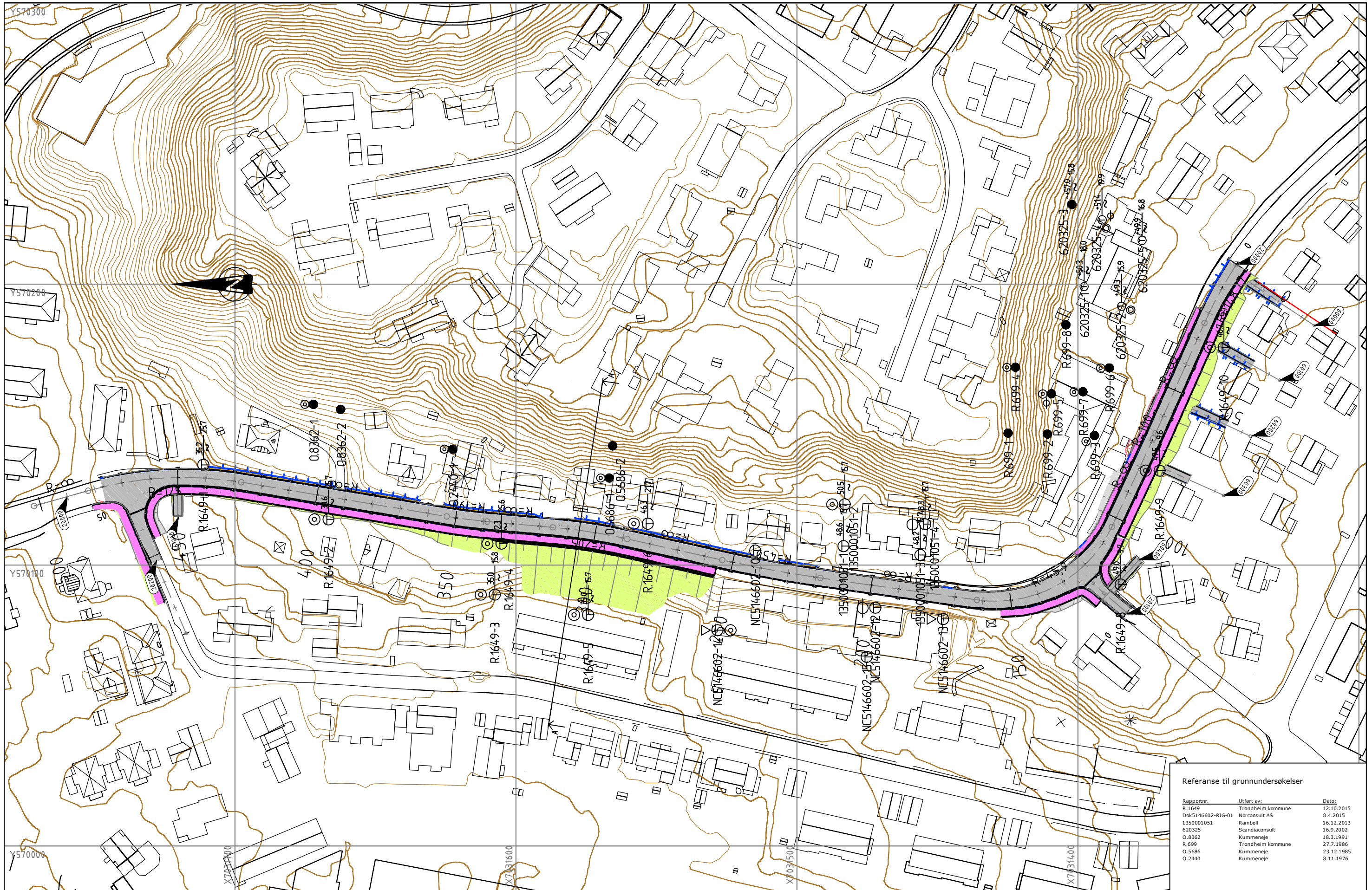
**Tegninger**

- |     |                               |
|-----|-------------------------------|
| 101 | Situasjonsplan                |
| 102 | Stabilitetsberegning profil A |

**Referanser**

- |     |                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|
| /1/ | Norges vassdrags- og energidirektorat, veileder 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred. |
| /2/ | Eurokode 7, NS-EN 1997-1:2004+NA:2008, Geoteknisk prosjektering.                       |
| /3/ | Statens vegvesen, Håndbok V220/2014, Geoteknikk i vegbygging.                          |





Referanse til grunnundersøkelser

Rapportnr.	Utført av:	Dato:
R.1649	Trondheim kommune	12.10.2015
Dok5146602-RIG-01	Norconsult AS	8.4.2015
1350001051	Rambøll	16.12.2013
620325	Scandiaconsult	16.9.2002
0.8362	Kummenesje	18.3.1991
R.699	Trondheim kommune	27.7.1985
0.5686	Kummenesje	23.12.1985
0.2440	Kummenesje	8.11.1976

00	11.5.2018		HBO	HBO	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll i Norge AS  
 Kobbes gate 2, 7042 Trondheim  
 Pb. 9420 Torgarden, 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Klæbuvegen, nytt veg- og VA-anlegg

OPPDRAGSGIVER  
 Trondheim kommune

INNHOOLD  
 SITUASJONSPLAN

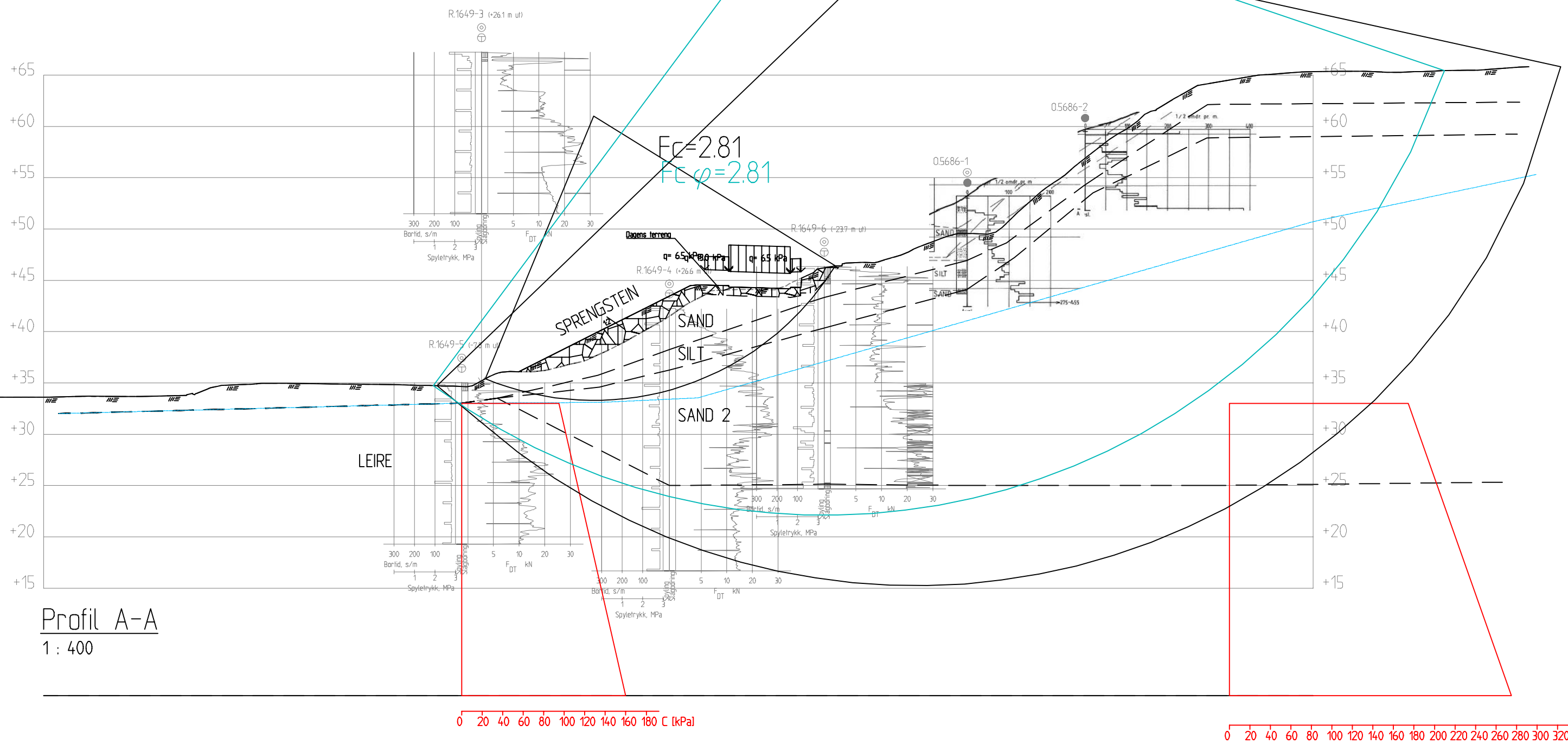
Boringer  
 Beregningsprofil A  
 Ny veglinje

OPPDRAG NR. 1350026044	MÅLESTOKK 1:1250	BLAD NR. 00	AV 00
		TEGNING NR. 101	REV. 0

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	1	19.00	42.0	0.0				
Sand	2	17.00	34.0	1.3				
Silt	3	18.00	32.0	1.2				
Sand 2	4	16.00	36.0	4.4				
Leire	5	19.00	23.0	3.0	C-profil	1.00	0.63	0.35
Berg								

$F_c=1.52$   
 $F_c \varphi=1.62$   
 $F_c \varphi=1.67$   
 $F_c=1.45$

$F_c=2.81$   
 $F_c \varphi=2.81$



Profil A-A  
 1 : 400

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 C [kPa]

0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320

00	9.5.2018		HBO	HBO	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll i Norge AS  
 Kobbes gate 2, 7042 Trondheim  
 Pb. 9420 Torgarden, 7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Klæbuvegen, nytt veg- og VA-anlegg  
 OPPDRAGSGIVER  
 Trondheim kommune

INNHOLD  
 STABILITETSBEREGNING  
 Profil A  
 Total- og effektivspenningsanalyse

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350026044	1:400	00	00
TEGNING NR.		REV.	
102		0	