



AEVI Eiendom AS

Halshaugen, Vestfossen

18454 Rapport nr. 2 Vurdering av områdestabilitet



Deler av tiltaksområdet sett fra borpunkt 8 mot øst

Prosjektnr: 18454	Dato: 10.03.2021	Saksbehandler: Stian Kalstad
Kundenr: 11643	Dato: 17.03.2021	Kollegakontroll: Audun Egeland Sanda

Fylke: Buskerud	Kommune: Øvre Eiker	Sted: Vestfossen
Adresse: Nordre Kolbergveien	Gnr/bnr: 60/16 m.fl.	

Tiltakshaver:
 Oppdragsgiver: *AEVI Eiendom AS /v Rune Solstad*
 Rapport: Vurdering av områdestabilitet
 Rapporttype: Geoteknisk vurdering
 Stikkord: Områdestabilitet
 Euref UTM: Sone 32V – Ø0548000, N6622700

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Original	22.02.2019
01	<i>Revidert etter supplerende grunnundersøkelser samt innledende møte med uavhengig kvalitetssikrer. Revidert tekst står i kursiv. I tillegg er oppdragsgiver endret.</i>	05.02.2021
02	<i>Revidert etter kommentarer og møte med uavhengig kvalitetssikrer. Revidert tekst er markert med rød skrift.</i>	17.03.2021

Sammendrag

AEVI Eiendom AS planlegger etablering av 20-25 boliger uten kjeller samt tilhørende veier og teknisk infrastruktur for tomtene 60/16, 58/21 mfl. i Øvre Eiker kommune.

I forbindelse med grunnundersøkelsene ble det registrert både kvikkleire og sprøbruddmateriale i tiltaksområdet. For å tilfredsstille kravene i Teknisk forskrift (TEK17) §7-3 (2) og NVEs veileder [1], har Løvlien Georåd utført en utredning av områdestabiliteten.

Basert på den lokale topografien og de registrerte grunnforholdene er det tegnet opp to profiler for avgrensning av potensielle løsneområder/faresoner. Avgrensningen av løsneområdene er gjort på bakgrunn av NIFS-metoden [2] og NGI-metoden. Analysene viser at tiltaksområdet ikke kan bli rammet av et mulig områdeskred som løsner i skråningen mot nord. Mot sør ligger derimot tiltaksområdet delvis i et løsneområde for områdeskred.

Det er utført faregradsklassifisering og stabilitetsberegninger for å vurdere sikkerheten til faresonen mot sør, for dagens situasjon. De planlagte tiltakene plasseres i tiltakskategori K4, og faresonen vurderes til faregrad middels. Beregningene viser at stabiliteten er tilfredsstillende for dagens situasjon. *Basert på kartlegging av bekken vurderes det at det ikke er risiko for erosjonsutløst skred og dermed ikke behov for erosjonssikring.*

Planlegging av tiltak og anleggsgjennomføring må gjøres i samråd med geoteknisk konsulent for å sikre at områdestabiliteten blir ivaretatt. Bygg og veier bør etableres på en slik måte at oppfylling eller avlastning av terrenget i den kartlagte faresonen unngås i størst mulig grad.

I tillegg må lokalstabiliteten ivaretas i detaljprosjekteringen for alle tiltak i tiltaksområdet, også utenfor den kartlagte faresonen.

Ved eventuelle tiltak nordvest for eiendomsgrensen mot nord (i området mellom borpunkt 2 og 3) må det påregnes behov for supplerende grunnundersøkelser og utredning av en faresone mot nord.

Oversiktskart



Figur 1.1: Oversiktskart (www.norgeskart.no)

Tegninger

<u>Innhold</u>	<u>Tegn. nr.</u>
<i>Situasjonsplan med grunnundersøkelser og profiler for stab. ber</i>	<i>R02A01</i>
<i>Situasjonsplan med løsneområde mot plangrense</i>	<i>R02A02</i>
<i>Situasjonsplan løsne- og utløpsområde</i>	<i>R02A03</i>
<i>Profil A-A: For avgrensning løsneområde</i>	<i>R02E01</i>
<i>Profil B-B: Stabilitetsberegning og avgrensning løsneområde</i>	<i>R02E02</i>
<i>Profil B1-B1: Stabilitetsberegning og avgrensning løsneområde</i>	<i>R02E03</i>

Tillegg

- 1.1 Tolket udrenert skjærstyrke i borpunkt 9 fra CPTU
- 1.2 Tolket udrenert skjærstyrke i borpunkt 10 fra konusforsøk og enaks
- 1.3 Tolket udrenert skjærstyrke i borpunkt 12 fra CPTU
- 1.4 Anvendelsesklasse CPTU borpunkt 9
- 1.5 Anvendelsesklasse CPTU borpunkt 12

Vedlegg

1. Skjema for faregradklassifisering: Profil B1-B1
2. Bilder fra befaring

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	6
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Tiltakskategori.....	6
2	Grunnlag.....	6
2.1	Eksisterende faresoner.....	6
2.2	Grunnundersøkelser.....	7
2.3	Erosjon.....	8
3	Terreng og grunnforhold.....	9
3.1	Kartgrunnlag.....	9
3.2	Topografi.....	10
3.3	Grunnforhold.....	10
3.4	Poretrykksforhold.....	11
4	Soneavgrensning og klassifisering.....	11
4.1	Faresone mot nord (profil A-A).....	11
4.1.1	Lagdeling.....	11
4.1.2	Løsneområde.....	12
4.1.3	Konklusjon.....	12

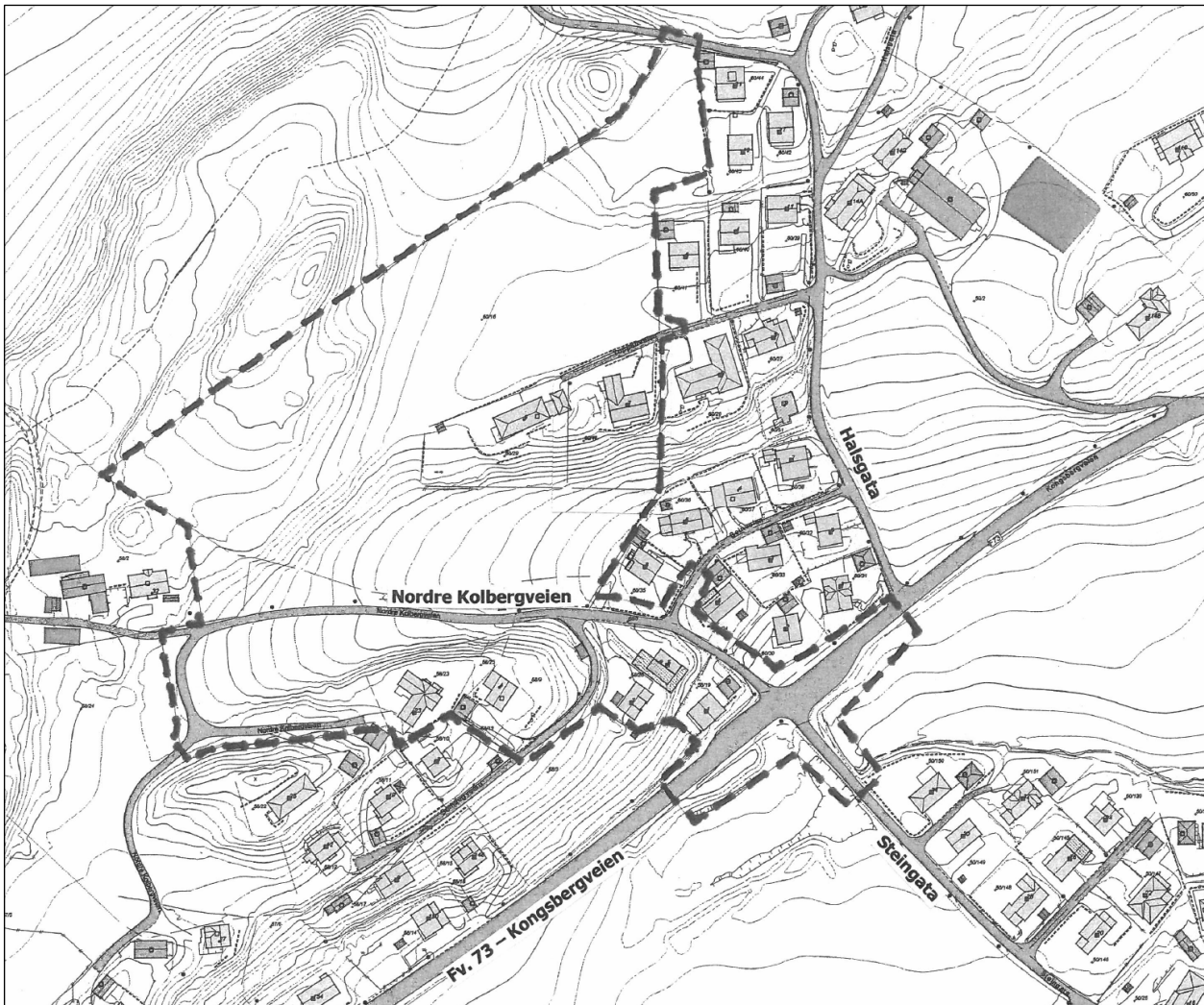


4.2	Faresone mot sør (<i>profil B1-B1</i>).....	12
4.2.1	Lagdelling	12
4.2.2	Avgrensning løsneområde.....	13
4.2.3	Utløpsområde	14
4.2.4	Faregradsklassifisering dagens situasjon	14
5	Sikkerhetskrav	14
5.1	Tiltak	14
6	Grunnlag for stabilitetsvurderinger.....	15
6.1	Kritiske snitt og skredmekanismer	15
6.2	Trafikklast	15
7	Materialparametere	15
7.1	Tyngdetetthet.....	15
7.2	Prekonsolidering.....	15
7.3	Udrenert skjærstyrke og anisotropi	15
7.4	Effektive styrkeparametere.....	16
7.5	Tolkning av lagdeling.....	16
7.6	Poretrykksforhold.....	16
8	Stabilitetsvurderinger.....	16
8.1	Dagens situasjon (før tiltak)	16
8.2	Planlagte tiltak.....	16
9	Konklusjon.....	17
10	Referanser	17

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Løvlies Georåd AS har fått i oppdrag å bistå med geotekniske grunnundersøkelser og vurdering av områdestabilitet i forbindelse med detaljregulering av flere tomter ved Halshaugen i Øvre Eiker kommune, se figur 1.1. Denne rapporten omhandler utredning av områdestabilitet. Datarapport fra grunnundersøkelsene i området er gitt i ref. [3], [4] og [5].



Figur 1.1: Område som skal detaljreguleres

Områdestabiliteten skal vurderes iht. NVEs retningslinjer [1].

1.2 Tiltakskategori

Iht. [1] plasseres tiltaket i tiltakskategori K4 da det anses å medføre større tilflytting/personopphold sammenlignet med dagens situasjon.

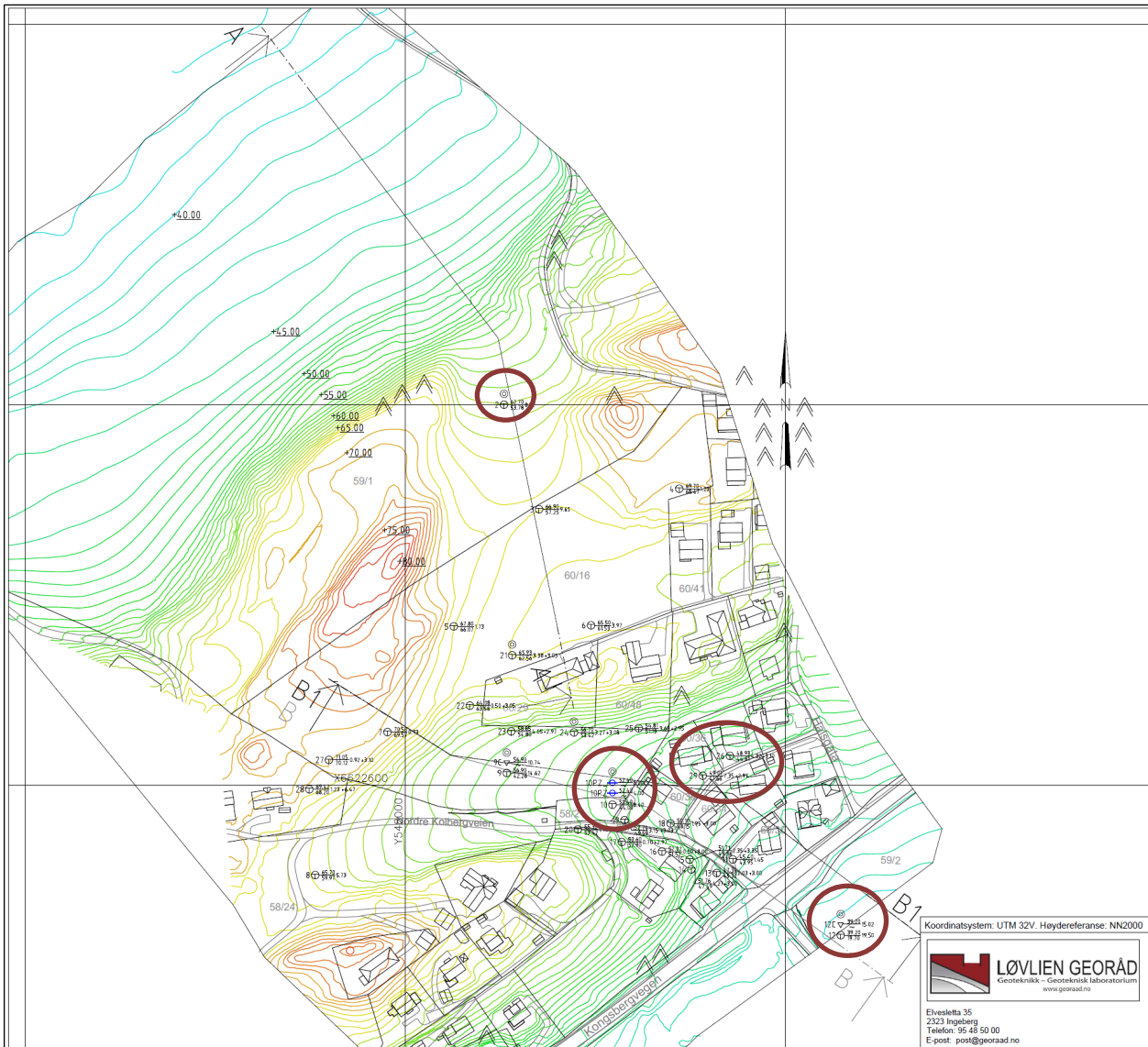
2 Grunnlag

2.1 Eksisterende faresoner

Det er ifølge NVE Atlas [6] ingen tidligere registrerte faresoner som berører tiltaksområdet. Faresone 486 Smørgrav (faregrad høy) ligger ca. 1 km øst for tiltaksområdet.

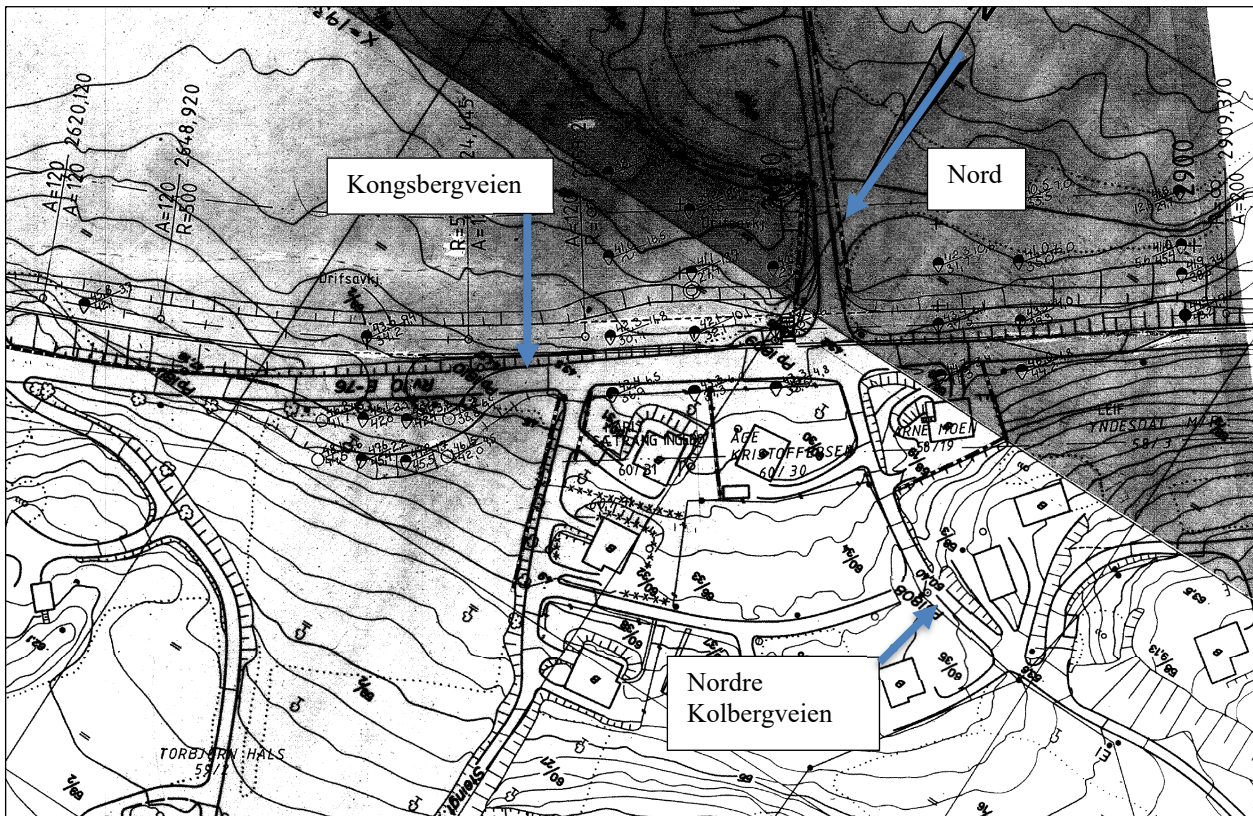
2.2 Grunnundersøkelser

Løvlien Georåd har utført grunnundersøkelser i flere omganger for prosjektet. Resultatene er presentert i våre rapporter i ref. [3], [4] og [5]. Det er registrert kvikkleire i ett av borpunktene, og sprøbruddmateriale i tre av borpunktene. I tillegg er det antakelse om kvikkleire/sprøbruddmaterialer i to punkt. Se figur 2.1 for oversikt over utførte grunnundersøkelser. For nærmere detaljer henvises det til ovennevnte rapporter.



Figur 2.1: Utførte grunnundersøkelser fra ref. [3], [4] og [5]. Rød ring markerer borpunkt der det er registrert eller mistanke om kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale.

Vi har i tillegg hentet inn grunnundersøkelser langs Kongsbergveien fra vegvesenets arkiv. Viser til rapport i ref. [7] for detaljer. Se utklipp fra situasjonsplan fra disse grunnundersøkelsene under.



Figur 2.2: Utførte grunnundersøkelser fra ref. [7].

2.3 Erosjon

Litt sør for krysset Steingata/Kongsbergveien renner det en åpen bekk i retning øst/sørøst. Vest for Steingata er bekken lagt i rør. Basert på observasjoner gjort i flyfoto [8] virker bekken generelt å ha meget liten vannføring. Det er heller ikke antydning til dårlig lokalstabilitet langs bekken (f.eks. veltede trær) på gatebilder fra Google Streetview. Basert på topografisk kart virker det å være små høydeforskjeller langs nordsiden av bekken i det aktuelle området. Basert på dette vurderes det at det er liten risiko for at det kan gå et naturlig, erosjonsutløst skred langs bekken som kan påvirke tiltaket.

Geotekniker Tor-Ivan Granheim var på befaring i området 02.02.21 for å vurdere erosjonsforholdene langs bekken nærmere. Se vedlegg 2 for bilder fra befaringen. Det er observert litt erosjon langs bekken iht. definisjonen i ref. [9]. Basert på observasjon gjort ved befaring er vår vurdering at det er så små høydeforskjeller på nordsiden av bekken i den aktuelle faresonen at det ikke er fare for at erosjon kan utløse et større skred. Prøveserien og sonderboring ved borpunkt 12 indikerer at kvikkleiren ligger dypere enn $0,25 \cdot H$ av kritisk glideflate og dypere enn $0,5 \cdot H$ av skrenten fra jordekanten og ned mot bekken. Det er i tillegg beregnet god geoteknisk stabilitet ned mot bekken.



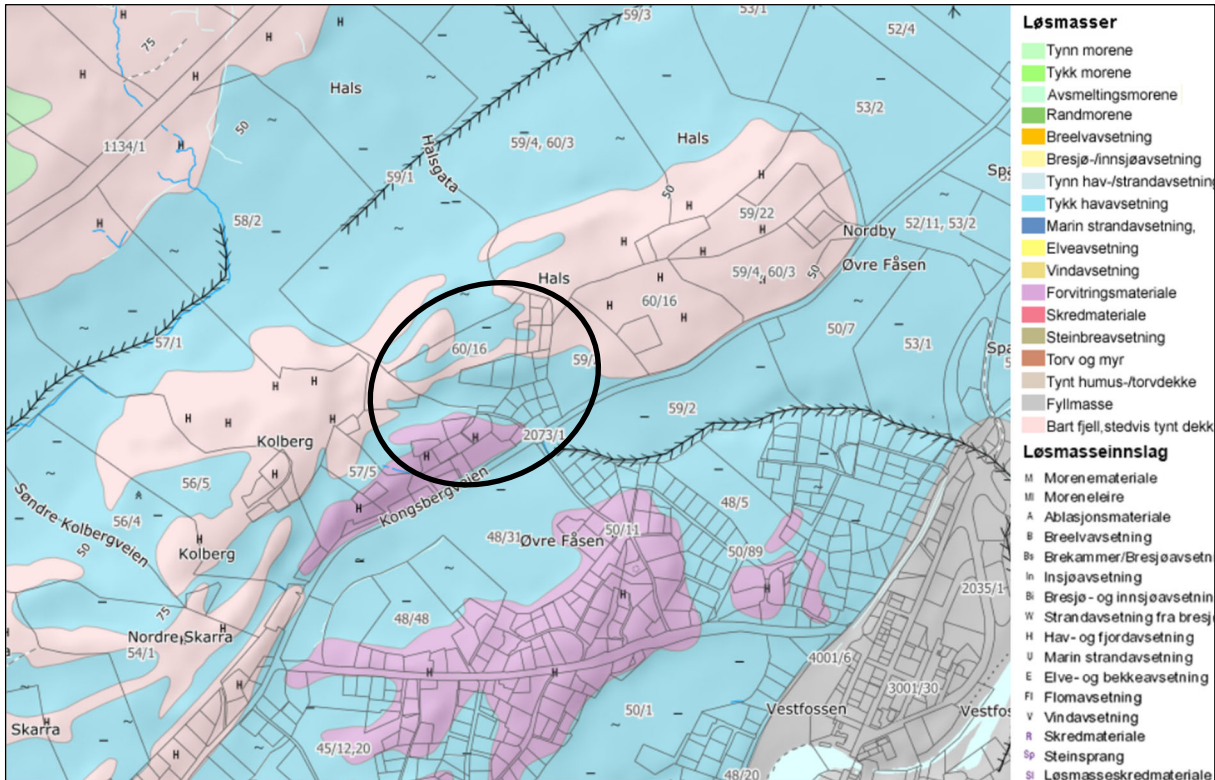
Figur 2.2: Bekketrase øst for Steingata sett fra Kongsbergveien. Bekken er markert med sort sirkel (fra Google Streetview).

Det er ikke observert andre vassdrag i området som vurderes å kunne påvirke områdestabiliteten.

3 Terreng og grunnforhold

3.1 Kartgrunnlag

Tiltaksområdet ligger ifølge kartverk fra [6] i sin helhet under marin grense. I Ifølge kvartærgeologisk kart fra NGU kan det forventes tykk havavsetning (blå), forvittringsmateriale (lilla) og bart fjell (rosa) i området, se figur 3.1.



Figur 3.1: Kvartærgeologisk kart fra NGU [10]. Sort sirkel markerer omtrentlig tiltaksområde.

3.2 Topografi

Terrenget i tiltaksområdet består av et høydedrag med fallende terreng mot nord og sør. Høydedraget ligger mellom kote ca. kote +65 og kote +67 i området nord for Toppeneveien. Vest og øst for høydedraget er det flere små koller med terreng opp mot ca. kote +75 til kote +80. Mot nord faller terrenget med varierende helning ned mot et lavbrekk ca. 300 m nord for tomtegrensen til eiendommen med gnr/bnr 60/16. Terrenget i lavbrekket ligger mellom ca. kote +36 og kote +38.

I området sør for Toppeneveien faller terrenget sør og øst ned mot en bekkedal som stedvis er oppfylt. Terrenget i bunnen av bekkedalen ligger ca. på kote +38.

Terrenget heller stedvis bratt (~1:1,5). Basert på utførte grunnundersøkelser, observasjoner fra befarings samt kvartærgeologisk kart, antas det at grunnforholdene i områdene med brattest helning består av berg i dagen.

3.3 Grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser indikerer at de stedlige løsmassene generelt består av opptil 4 m tørrskorpeleire over leire til berg. Mektigheten til leirlaget varierer fra 0 til ca. 13 m. Beskaffenheten til leiren varierer mye i tiltaksområdet. Leiren er registrert fra bløt til middels fast og fra lite til meget sensitiv. I borpunkt 12 er det registrert sammenhengende lag av kvikkleire ($^1s_r \leq 0,33 \text{ kN/m}^2$), mens i borpunkt 2 og 10 er det i enkelte prøver registrert sprøbruddmateriale ($^1s_r \leq 1,27 \text{ kN/m}^2$). I borpunkt 26 og 29 er det mistanke om kvikkleire/sprøbruddmateriale basert på fallende bormotstand samt at sonderingene minner om den i punkt 10, hvor det altså er funnet sprøbruddmateriale.

¹ Konus utført etter ISO 17892-6:2017

Mellom leire og berg er det også stedvis registrert et fastere lag med mektighet opp mot 5 m. Det er ikke tatt opp prøver av dette laget, men basert på sonderingsmotstanden i borpunkt 12 kan det virke som det består av sandige masser.

I borpunkt 10 er det i tillegg registrert et ca. 3 m tykt lag som i hovedsak består av siltig sand og sandig, siltig, leirig materiale med enkelte gruskorn. Dette laget ligger over leire.

I borpunkt 12 er det i tillegg registrert et ca. 2 m tykt lag som delvis beskrives som silt og delvis som torv. Humusinnholdet i dette laget er registrert mellom ca. 4,6 og 7,5 % (glødetap). Dette laget ligger over kvikkleire.

Alle totalsonderingene er avsluttet i antatt berg. Dybde til antatt berg varierer mellom ca. 1 og 20 meter i borpunktene. Merk at bergnivå er usikkert da det ikke er foretatt kontrollboring i berg.

Det er observert berg i dagen flere plasser i tiltaksområdet. Se situasjonsplan på tegning R02A01 med inntegnet berg i dagen.

3.4 Poretrykksforhold

Det er installert to stk poretrykksmålere i borpunkt 10. Målerne ble installert 19.01.2019. Terrengnivå er på ca. kote +52,4. Målerne er avlest en gang etter installasjon med følgende registreringer:

Dybde spiss	Avlest dato	Målt poretrykk ved spiss (kPa)	Målt vannstand i rør ift terrengnivå
4 m (kote +48,4)	04.02.2019	29	1,1 m under
8 m (kote +44,4)	04.02.2019	57	2,3 m under

Tabell 1: Oppsummering poretrykksavlesninger i borpunkt 10.

Den målte poretrykksutviklingen er dermed ca. 83 % av hydrostatisk trykkutvikling mellom 4 og 8 m dybde under terreng.

4 Soneavgrensning og klassifisering

Det er tegnet opp to profiler for vurdering av områdestabiliteten, profil A-A og profil B-B.

4.1 Faresone mot nord (profil A-A)

Profil A-A er valgt for vurdering av områdestabiliteten mot nord. Lagdelingen er vurdert med bakgrunn i totalsonderingene i borpunkt 2, 3 og 6, samt prøvetaking i borpunkt 2. Det var i tillegg planlagt en sondering ute på jordet i bunnen av skråningen, men det var ikke mulig å komme til her med borerigg, derfor utgikk dette punktet. *Det er dermed usikkerhet forbundet med lagdeling og dybde til berg for laveste delen av profilet, nord for borpunkt 2.*

4.1.1 Lagdeling

Borpunkt 2:

Det er registrert tørrskorpeleire med ca. 4 m mektighet. Under tørrskorpeleiren, er det registrert leire. Leiren defineres som sprøbruddmateriale på 4,6 m dybde. Basert på bormotstanden, ventes det at laget med sprøbruddmateriale har en mektighet på maksimalt 1 m i dette punktet. Fra ca. 5,5 m dybde og videre ned til antatt berg på 8,9 m er det registrert et svært fast lag, som vurderes ikke å kunne bestå av sprøbruddmateriale.

Borpunkt 3:

Basert på bormotstanden, virker det å være tørrskorpeleire fra ca. terrengnivå og ned til ca. 4,9 m under terreng. Fra denne dybden og ned til antatt berg finner vi et lag som virker å være svært fast, og som vurderes ikke å kunne bestå av sprøbruddmateriale. Det er altså ikke mistanke om sprøbruddmateriale i borpunkt 3.

Borpunkt 6:

Basert på bormotstanden samt prøveserien i borpunkt 21, virker det å være tørrskorpeleire fra terreng og ned til berg på ca. 4 m dybde under terreng. Det er altså ikke mistanke om sprøbruddmateriale i borpunkt 6.

Basert på registrering av berg i dagen og de øvrige borpunkt på plataået (punkt nr. 5, 21 og 4), er det sannsynligvis avtakende mektighet av løsmasser vest og øst for borpunkt 2,3 og 6. Det virker derfor usannsynlig at et eventuelt lag med sprøbruddmateriale har stor utbredelse og mektighet i området mellom borpunkt 2 og 3.

4.1.2 Løsneområde

Mellom borpunkt 2 og 3 virker det sannsynlig at det er maksimalt er 1 m mektighet med sprøbruddmateriale, og ca. 4,5 m ikke sprøbruddmateriale over dette. Dette gir et maksimalt b/D-forhold i dette området lik:

$$1 \text{ m} / 5,5 \text{ m} = 18 \%$$

I tillegg er minste målte, omrørte fasthet i borpunkt 2:

$$c_{u,r} = 0,89 \text{ kPa.}$$

Iht. NIFS-rapport 14/2016 [2] mener vi dette indikerer at en eventuell utbredelse av skred sør for punkt 2, vil være som et rotasjons- eller flakskred. Dette, sammen med den beskjedne mektigheten av løsmasser over kvikkleirelaget (ca. 5 m), samt den lange horisontale avstanden fra borpunkt 2 til tiltaksgrensen (ca. 55 m), gjør det usannsynlig at et eventuelt skred som løsner i skråningen mot nord, vil kunne bre seg helt tilbake til tiltaksområdet.

4.1.3 Konklusjon

Faresonen mot nord er ikke ytterligere utredet da Løvlien Georåds vurdering er at den ikke vil kunne påvirke det aktuelle tiltaksområdet.

NB! Ved planlegging av eventuelle tiltak utenfor eiendomsgrensen mot nord vil det være påkrevd med ytterligere grunnundersøkelser og sannsynligvis full utredning av faresonen. Det kan også da bli aktuelt med tiltak for å ivareta områdestabiliteten (for eksempel terrengavlastning eller motfylling).

4.2 Faresone mot sør (profil B1-B1)

Profil B1-B1 er valgt for vurdering av områdestabiliteten mot sør. Lagdeling er vurdert med bakgrunn i totalsonderingene i borpunkt 7, 9, 10, 12, 26 og 29.

4.2.1 Lagdeling

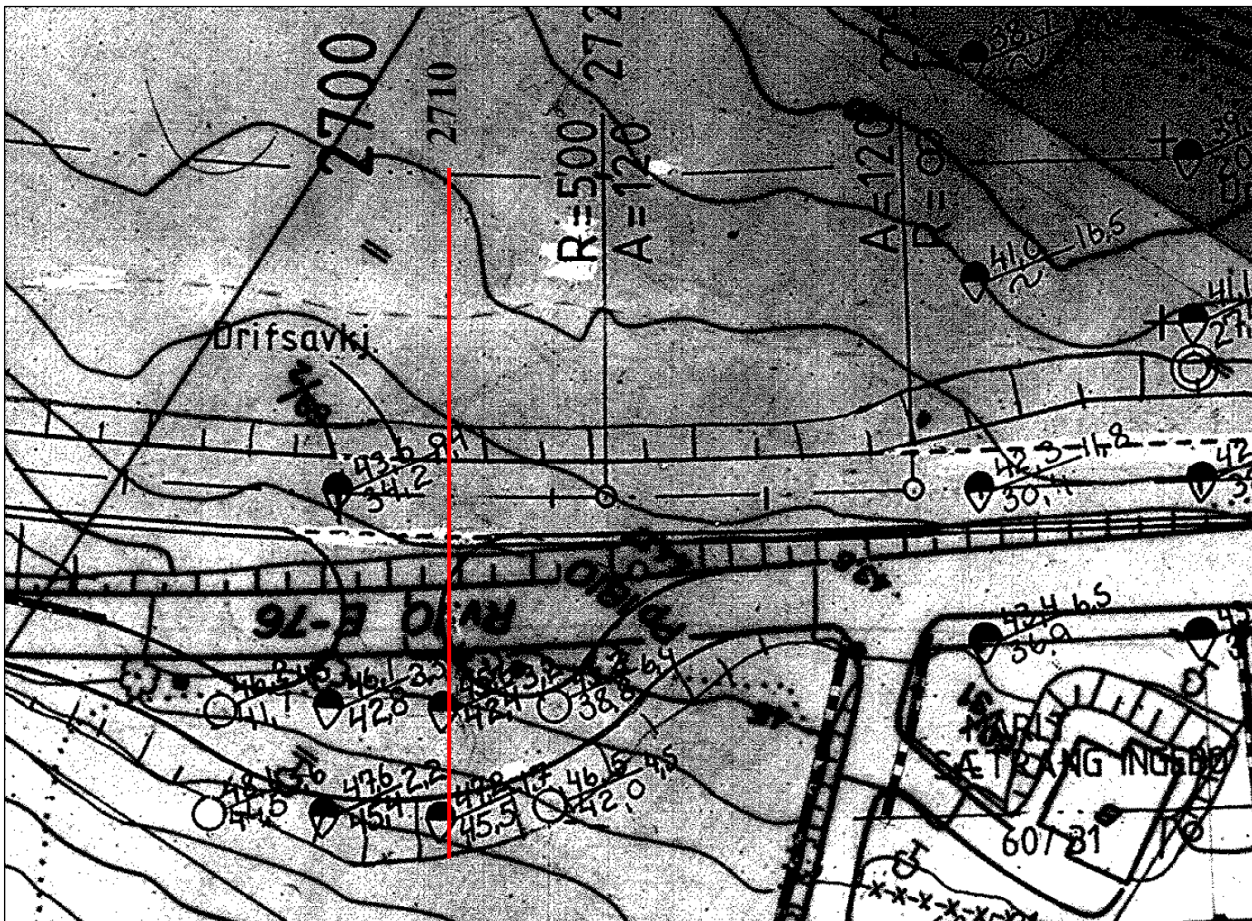
Det er registrert stor mektighet av meget sensitiv kvikkleire i borpunkt 12, som ligger nede ved bekken, sør for Kongsbergveien. Basert på prøvetaking i borpunkt 9 og 10 virker mektigheten av sprøbruddmateriale/kvikkleire å avta betydelig oppover i skråningen. I borpunkt 10 er det

kartlagt sprøbruddmateriale med omrørt skjærstyrke $c_{u,r} = 0,85$ kPa, og sensitiviteten er 28. Mektigheten av sprøbruddmateriale vurderes å være ca. 2,5 m i dette punktet. I borpunkt 9 er det ikke registrert sprøbruddmateriale.

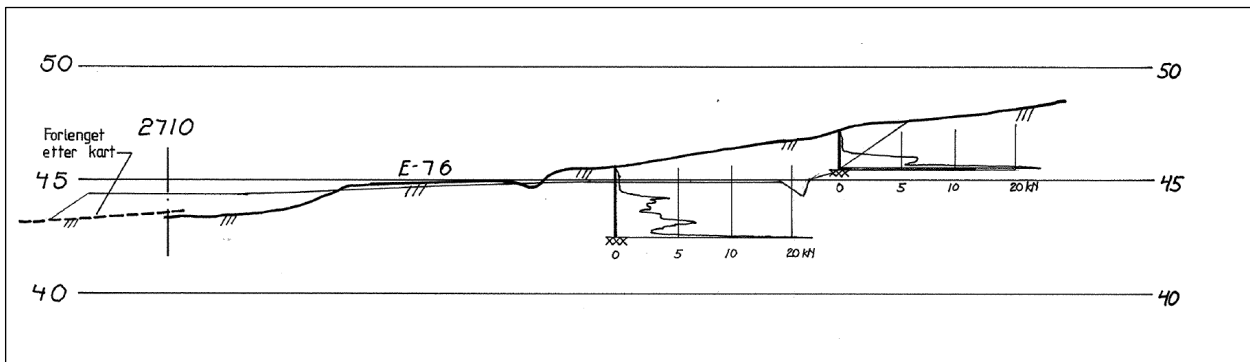
4.2.2 Avgrensning løsneområde

Sonen er avgrenset langs profilet ved «NGI-metoden», dvs. at det er trukket en 1:15-linje bakover fra underkant bunnen av et tenkt initalskred ($0,25 \cdot H_1$) som går bakover til den kommer ut av kvikkleiren. Deretter er det trukket en 1:3-linje opp i bakkant mot terrenget. Dette gir en maksimal løsnedistanse i profilet på ca. 163 m fra bunnen av bekken ($L/H = 11$). Ved avgrensningen av løsneområdet er det også hensyntatt at mektigheten og sensitiveten av leiren er lavere jo høyere opp i terrenget man kommer.

Mot øst er sonen avgrenset ved hjelp av grunnundersøkelsene fra vegvesenet [7]. Det er utført en rekke dreietrykksonderinger og enkle sonderinger ved nordsiden av Kongsbergveien i profil 2700 i rapporten se figur 4.1 og 4.2. Sonderingene indikerer at det er korte dybder til berg (mellom ca. 1,5 og 3,5 m) og ikke sensitiv leire i grunnen.



Figur 4.1: Situasjonsplan ved profil 2700 fra vegvesenets rapport [7].



Figur 4.2: Profil 2710 fra vegvesenets rapport [7].

For øvrig er avgrensningen basert på totalsonderingene langs vegen, registrert berg i dagen og antatt berg ut fra topografi/kvartærgeologisk kart. Se faresonens utbredelse i tegning R02A02.

4.2.3 Utløpsområde

Ned mot bekken er det et relativt åpent terreng med små høydeforskjeller og slak terrenghelning. På sørsiden av bekken er terrenget relativt slakt ned mot bekken før det stiger brattere i lokale skrenter mellom eiendommene opp mot en høyderyg. Nedstrøms langs bekken mot øst blir terrenget mer ravinert / kanalisert på begge sider av bekken. Dette gir potensiale for en relativt stor utløpsdistanse dersom kvikkleiren kan tømmes fritt nedover bekken. Utløpsdistansen langs bekken er vurdert til å være ca. 3 x løsnedistansen (kanalisert terreng), mens utløpsdistansen mot boligfeltet sør for bekken er skjønnsmessig vurdert ut fra beliggenhet av lokale skrenter og der høydeforskjellen ned til bekken blir såpass stor at det ikke vurderes som sannsynlig at kvikkleiren vil komme opp på motsatt side av løseområdet ($> 5 - 6$ m høydeforskjell ned til bekken). Utløpsområdet er tegnet inn på situasjonsplan i tegning R02A03.

4.2.4 Faregradsklassifisering dagens situasjon

Evaluering av faregrad utføres iht. [11]. Se vedlagte skjema for faregradsklassifisering for nærmere detaljer rundt vurderingene.

Faresonen vurderes til faregrad *middels*, konsekvensklasse *alvorlig* samt risikoklasse 2 for dagens situasjon.

5 Sikkerhetskrav

5.1 Tiltak

Løvlies Georåd har ikke mottatt detaljerte planer for hva som ønskes utført på tomten. Det antas likevel at det planlegges tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, for eksempel mer enn to eneboliger (se tabell 5.2 i ref. [1]). Det medfører tiltakskategori K4. Følgende krav til sikkerhet mot leirskred er gjeldende for tiltakskategori K4 og faregrad *middels* iht. [1];

- Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller
- Forbedring hvis $F < 1,4$.
- Kvalitetssikring av uavhengig foretak (kontrollomfang er angitt i [1]).

Eventuelle skjærflater som i hovedsak går gjennom planlagte fyllinger og/eller skjæringer, og som ikke vil påvirke områdestabiliteten, vurderes generelt som lokalstabilitet og skal oppfylle krav til absolutt sikkerhetsfaktor i henhold til NS-EN-1997-1-1 tabell NA.A.4:

- $F \geq 1,40$ for totalspenningsanalyser
- $F \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyser

6 Grunnlag for stabilitetsvurderinger

6.1 Kritiske snitt og skredmekanismer

Den geotekniske stabiliteten er vurdert/beregnet i *ett profil: B1-B1*. Beregningene er utført i **GeoSuite Stability** og det er kontrollert for både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater.

Profil B1-B1 er valgt for vurdering av stabiliteten til faresonen i sør. Profilet antas å være representativt for stabiliteten i tiltaksområdets sørlige del.

Se situasjonsplanen på tegning R01A01 for *profilets* plassering.

6.2 Trafikklast

Der beregningsprofilet krysser offentlig vei er det inkludert en trafikklast over veiens bredde på $q_{Ed} = 19,5 \text{ kN/m}^2$ (0 hvis gunstig) iht. Statens vegvesen Håndbok N200, se ref. [12].

7 Materialparametere

7.1 Tyngdetetthet

Tyngdetetthet for bruk i stabilitetsberegningene er i hovedsak bestemt fra målinger på opptatte prøver. Se stabilitetsberegningene for benyttet tyngdetetthet.

7.2 Prekonsolidering

Det er utført ødometerforsøk på to av de opptatte prøvene i borpunkt 9 i forbindelse med grunnundersøkelsene, ref. [3]. Begge ødometerforsøkene er vurdert å være av god kvalitet basert på at det er et tydelig prekonsolideringsområde i begge spenningsplottene. Fra disse forsøkene vurderes prekonsolideringsspenningen å være ca. 220/230 kPa. In situ poretrykk antas å være ca. hydrostatisk med hensyn til vurdering av OCR. Egenvekten vurderes til ca. 19 kN/m^3 . OCR blir dermed 2,2-2,5, dvs. leiren er overkonsolidert.

Prøveserier og CPTU fra punkt 12 indikerer for øvrig lavere overkonsolideringsgrad for avsetningene i dette området. Fra CPTU er OCR tolket til å være mellom 1,5 og 2,0 for leiravsetningene her.

7.3 Udrenert skjærstyrke og anisotropi

Vurdering av udrenert skjærstyrke for leiren er i hovedsak basert på trykksonderingene (CPTU) i punkt 9 og 12 samt prøveseriene i borpunkt 9 og 10.

I henhold til prosedyre gitt i NGF melding nr. 5 [13], vurderes begge trykksonderingene å tilfredsstille anvendelsesklasse 1 for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk, se tillegg 1.4 og 1.5.

For å ta høyde for anisotropi i udrenert skjærstyrke, avhengig av spenningsretning, benyttes følgende forholdstall mellom aktiv, direkte og passiv skjærstyrke;

$$\begin{aligned} s_u^A &= 1,0s_u^f && \text{for leire med } s_u^f \geq 1,27 \text{ kPa} \\ s_u^A &= 0,85s_u^f && \text{for leire med } s_u^f < 1,27 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$s_u^D / s_u^A = 0,66 \quad \text{for leire med } s_u^f \geq 1,27 \text{ kPa}$$

$$s_u^D / s_u^A = 0,63 \quad \text{for leire med } s_u^f < 1,27 \text{ kPa}$$

$$s_u^P / s_u^A = 0,38 \quad \text{for leire med } s_u^f \geq 1,27 \text{ kPa}$$

$$s_u^P / s_u^A = 0,35 \quad \text{for leire med } s_u^f < 1,27 \text{ kPa}$$

7.4 Effektive styrkeparametere

For tørrskorpeleire, leire og kvikkleire er det valgt å benytte anbefalte verdier fra Statens vegvesen, se ref. [12]. For det antatte fastere laget mellom leire og berg er valgt parametere som anses som tilstrekkelige til å hindre at skjærflatene søker gjennom dette laget. Følgende parametere er lagt til grunn:

Materiale	Friksjonsvinkel, ϕ [-]	Kohesjon, c [kPa]
Tørrskorpeleire	30	1
Middels fast leire	24	2
Kvikkleire/sprøbruddmat.	20	1
Fastere lag	30	5

Tabell 2: Valgte effektivspenningsparametere

7.5 Tolkning av lagdeling

Lagdeling er i hovedsak tolket med bakgrunn i prøveserier i borpunkt 9, 10 og 12. I borpunkt 3, 6, 26 og 29 er lagdeling tolket med bakgrunn i sonderboringsprofilene.

7.6 Poretrykksforhold

Selv om målinger viser lavere enn hydrostatisk poretrykk i punkt 10, er det valgt å benytte hydrostatisk poretrykk i beregningene for profil B1-B1 siden poretrykksforholdene i bunnen av skråningen er usikre.

8 Stabilitetsvurderinger

8.1 Dagens situasjon (før tiltak)

Beregningene for profil B1-B1 viser at stabiliteten for dagens situasjon er tilfredsstillende. Det er altså ikke behov for tiltak for å ivareta områdestabiliteten.

Tegningsnr.	Profil	Beregningsmet.	Beregnet F	Krav F	Vurdering
R02E01	A-A	-	-	-	For vurdering løseområde
R02E03	B1-B1	ADP	1,90	1,4	Ok
R02E03	B1-B1	AFI	1,83	1,4	Ok

Tabell 3: Oppsummering sikkerhetsfaktorer og krav til stabilitet for dagens situasjon

8.2 Planlagte tiltak

Da det på nåværende tidspunkt ikke foreligger detaljerte planer for området er det ikke grunnlag for å gjøre stabilitetsvurderinger som hensyntar disse.

9 Konklusjon

Områdestabiliteten for dagens situasjon er tilfredsstillende.

Planlegging av tiltak og anleggsgjennomføring må gjøres i samråd med geoteknisk konsulent for å sikre at områdestabiliteten ivaretas.

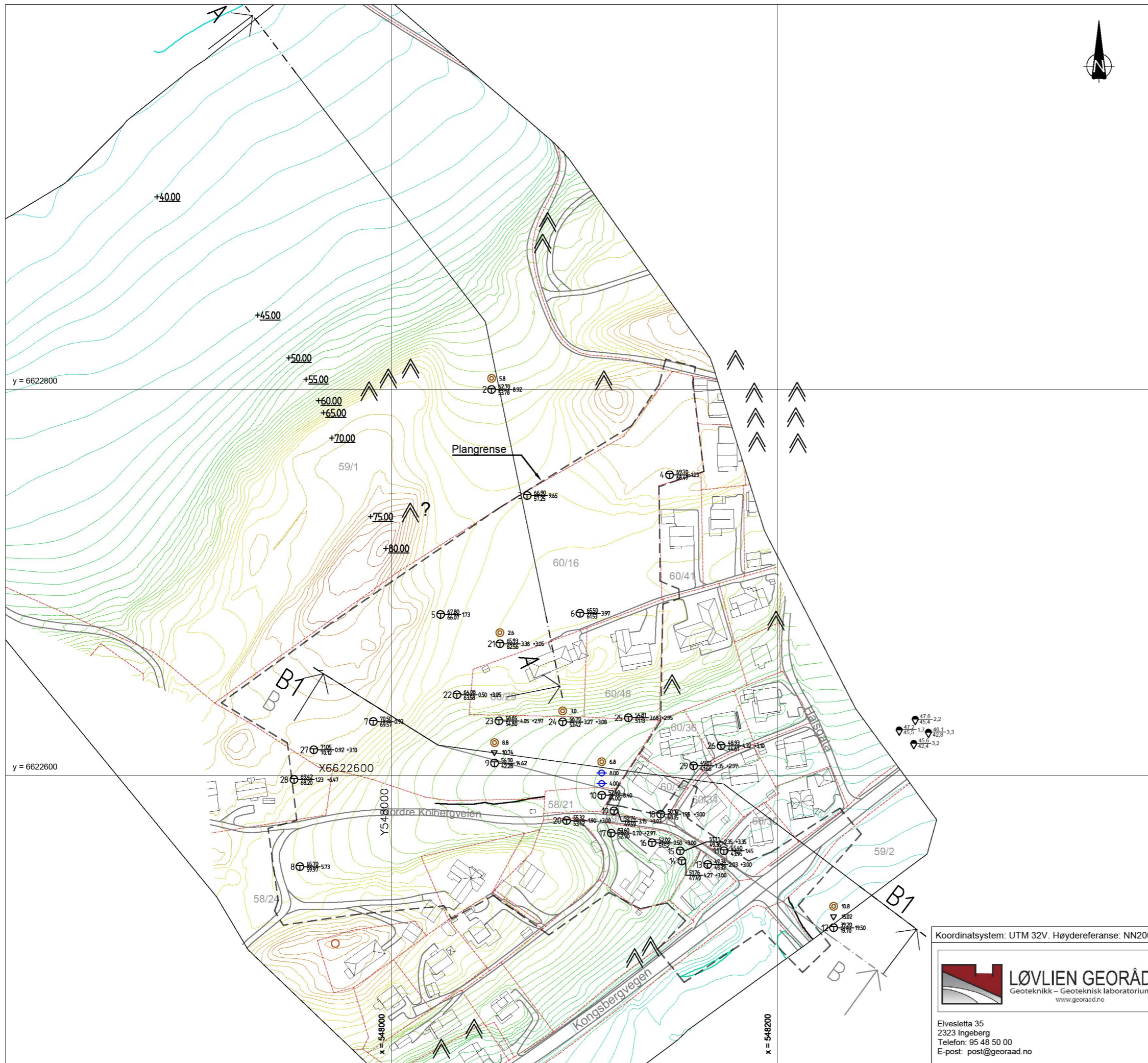
Bygg og veier bør søkes etablert slik at terrenginngrep som medfører oppfylling eller avlastning av terreng i den kartlagte faresonen unngås i størst mulig grad.

Lokalstabiliteten må i tillegg ivaretas i forbindelse med detaljprosjektering for alle tiltak i tiltaksområdet, også utenfor den kartlagte faresonen.

Ved eventuelle tiltak nordvest for eiendomsgrensen mot nord (i området mellom borpunkt 2 og 3) må det påregnes behov for supplerende grunnundersøkelser og utredning av en eventuell faresone mot nord.

10 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr. 7-2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2011.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Rapport nr. 14-2016 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016.
- [3] Løvlien Georåd AS, «18454 Halshaugen - Rapport nr.1 - Geoteknisk datarapport,» 2019.
- [4] Løvlien Georåd AS, «18454 Halshaugen - Rapport nr.3 - Geoteknisk datarapport,» 2020.
- [5] Løvlien Georåd AS, «18454 Halshaugen - Rapport nr.4 - Geoteknisk datarapport,» 2021.
- [6] NVE, «NVE Atlas,» 06 Juni 2018. [Internett].
- [7] Statens vegvesen /v Buskerud vegkontor, «FD793A-5 EV 134 Torespæren - Dørja bru,» 1982.
- [8] FINN, «kart.finn.no,» 2019. [Internett].
- [9] NGI /v Ragnar Moholdt, «NVE Ekstern rapport nr. 9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred: metodebeskrivelse,» NVE, 2020.
- [10] Norges geologiske undersøkelse (NGU), «www.ngu.no,» NGU. [Internett]. [Funnet 06 Juni 2018].
- [11] Norges Geotekniske Institutt, «Program for økt sikkert mot leirskred,» 2008.
- [12] Statens vegvesen, Håndbok N200 Vegbygging, 2018.
- [13] Norges Geotekniske Forening (NGF), «NGF melding 5: Veiledning for utførelse av trykksondering,» 1982, rev. 3 2010.



FORKLARINGER:

- TOTALSONDERING PKT.NR. TERRENGNIVA BERGNIVA BORDYBDE+BORET I BERG
- DREIETRYKKSØNDERING PKT.NR. TERRENGNIVA STOPPNIVA BORDYBDE
- CPTU BORDYBDE
- PRØVESERIE PRØVEDBYDE
- PIEZOMETER DYBDE SPISS
- BERG I DAGEN

MERKNADER:

I revisjon 01 er profil B-B erstattet med profil B1-B1.

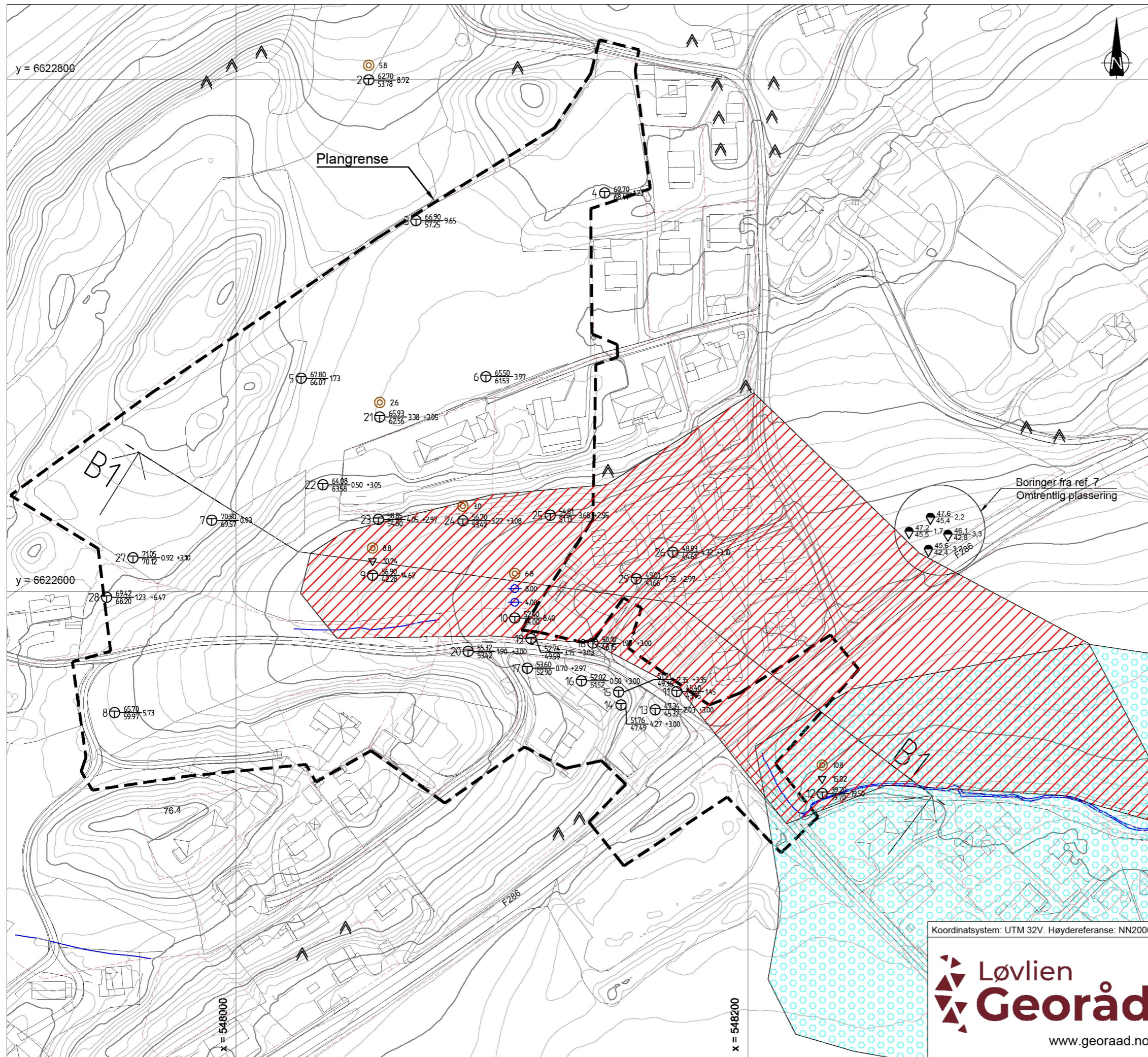
02	Revidert etter kommentarer	10.03.21	Ska	AES
01	Revidert etter suppl. GU.	05.02.21	TIG	SKA
00	Original	22.02.19	TIG	SKa
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. R02A01	
Oppdragsgiver AEVI Eiendom AS			Prosjekt nr. 18454	
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen			Format / Målestokk A3 / 1:2000	
Tegningstittel Situasjonsplan m/ stabilitetsprofiler			Status For UAK	

Koordinatsystem: UTM 32V. Høyderreferanse: NN2000



LØVLIE GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknikk laboratorium
www.georaad.no

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



FORKLARINGER:

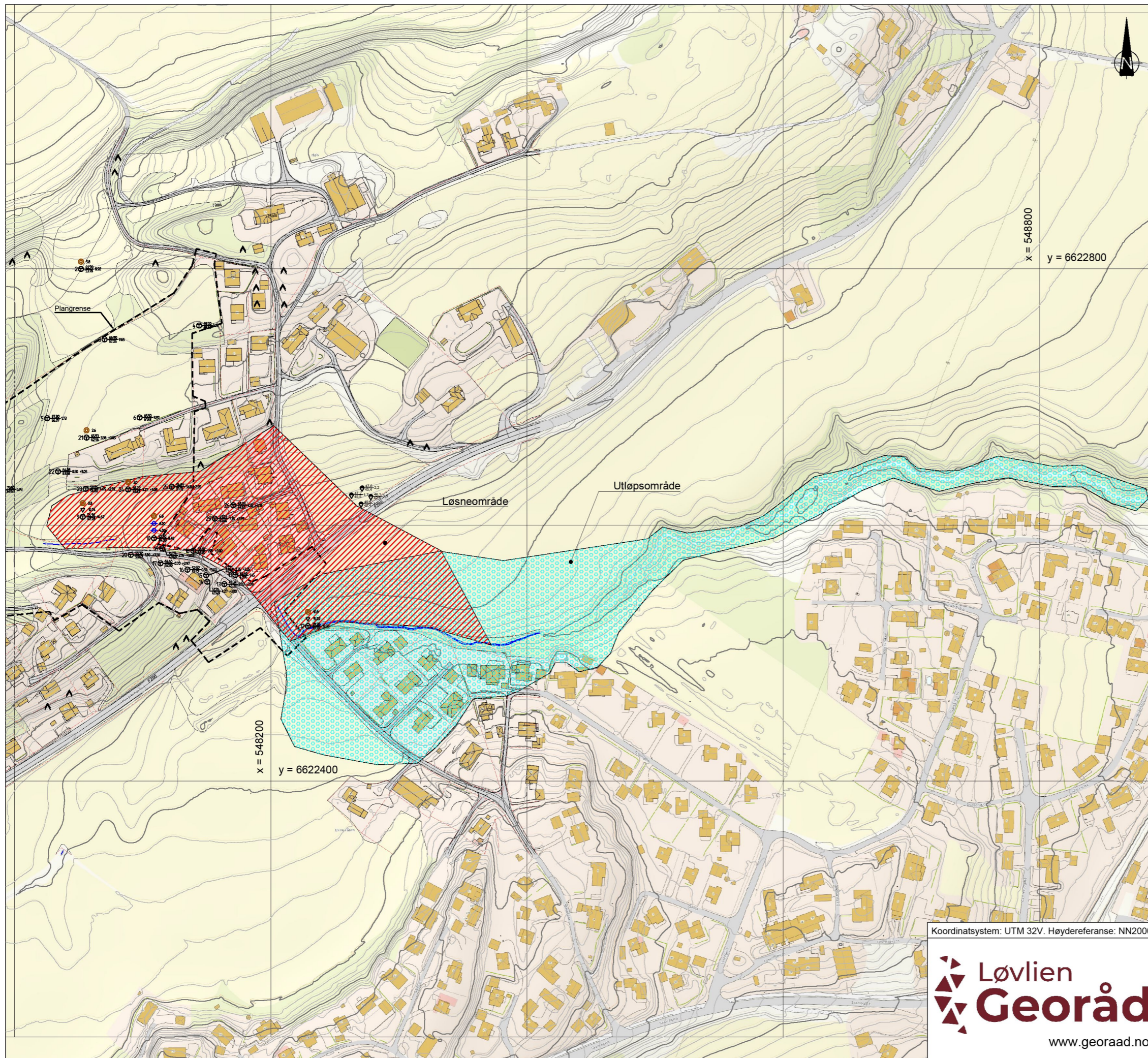
- PKT.NR.
- TOTALSONDERING TERRENGNIVA BORDYBDE+BORET I BERG
- BERGNIVA
- DREIETRYKKSONDERING TERRENGNIVA BORDYBDE
- STOPPNIVA
- CPTU BORDYBDE
- PRØVESERIE PRØVEDYBDE
- PIEZOMETER DYBDE SPISS
- BERG I DAGEN
- Løseområde
- Utløpsområde

Boringer fra ref. 7
Omtrentlig plassering

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

**Løvlien
Georåd**
www.georaad.no

02	Revidert etter kommentarer	10.03.21	SKa	AES
01	Revidert etter supplerende GU	05.02.21	TIG	SKA
00	Original	22.02.19	TIG	SKA
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver				Tegning nr. R02A02
Oppdragsgiver AEVI Eiendom As				Prosjekt nr. 18454
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen				Format / Målestokk A3 / 1:1500
Tegningstittel Situasjonsplan løseområde mot plangrense				Status For UAK



FORKLARINGER:

- PKT.NR. TERRENGNIVA BORDYBDE+BORET I BERG
- TOTALSONDERING BERGNIVA
- DREIETRYKKSONDERING TERRENGNIVA BORDYBDE
- STOPPNIVA
- CPTU BORDYBDE
- PRØVESERIE PRØVEDYBDE
- PIEZOMETER DYBDE SPISS
- BERG I DAGEN ▲
- Løsneområde ▨
- Utløpsområde ▨

x = 548800
y = 6622800

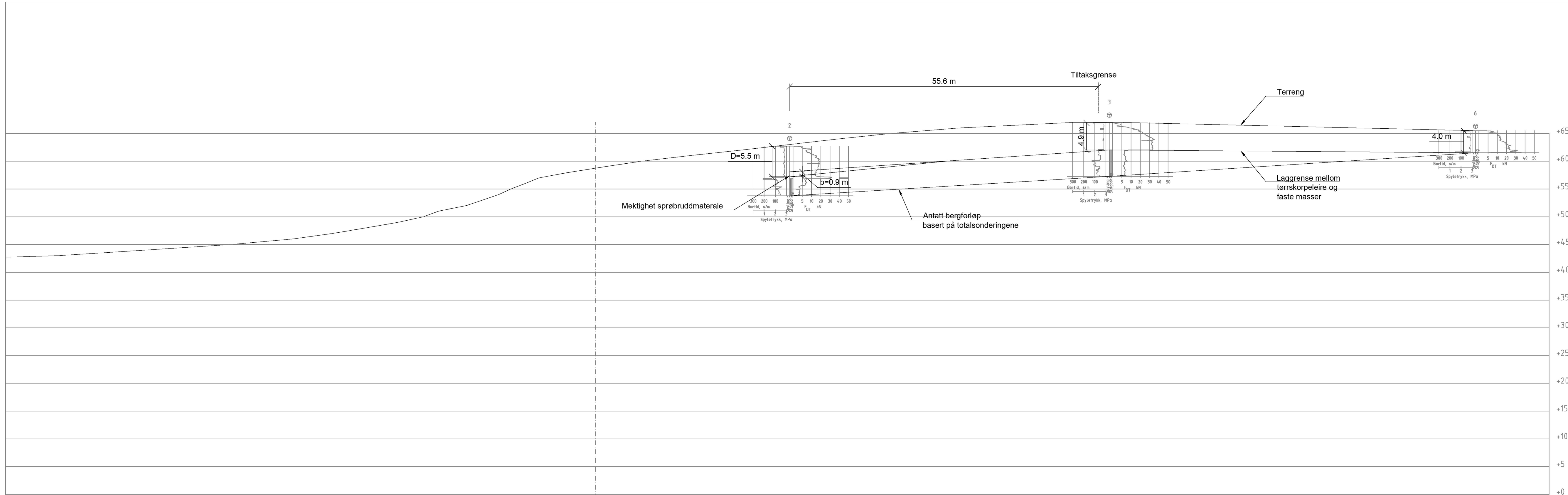
x = 548200
y = 6622400

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000



**Løvlien
Georåd**
www.georaad.no

00	Original	10.03.21	SKa	AES
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr. R02A03	
Oppdragsgiver AEVI Eiendom As			Prosjekt nr. 18454	
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen			Format / Målestokk A3 / 1:3000	
Tegningstittel Situasjonsplan løsne-og utløpsområde			Status For UAK	



MERKNADER:
 - Høydereferanse: NN2000
 -
BESTEMMELSER:
 -
FORKLARINGER:
 -
HENVISNINGER:
 -

Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
01	Revidert etter møte /m Norconsult (UAK)	05.02.2021	TIG	SKA
00	Original	22.02.2019	TIG	SKA

Tiltakshaver	Tegning nr.
-	R02E01
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
AEVI Eiendom AS	18454
Prosjekt	Format / Målestokk
Halshaugen, Vestfossen	A3-L / 1:400
Tegningsstittel	Status
Profil A-A: For vurdering løseområde	For UAK

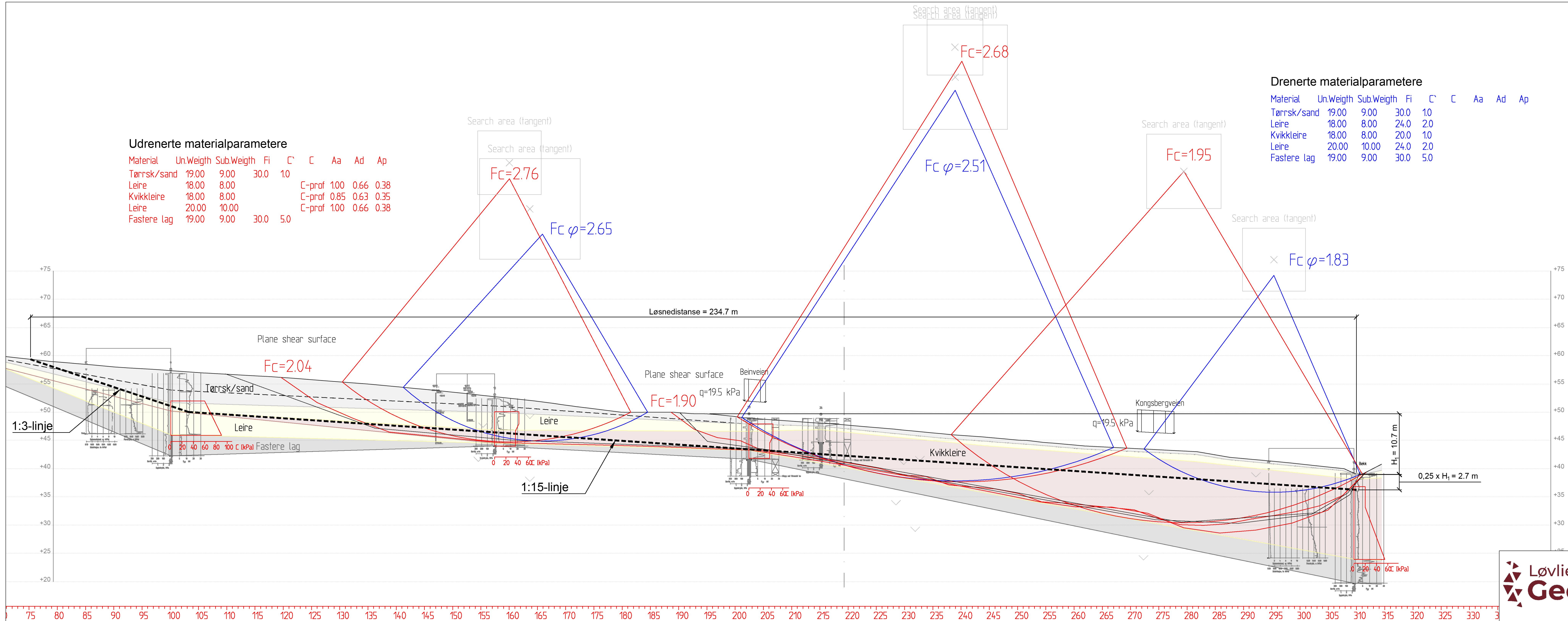


Udrenerte materialparametere

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrsk/sand	19.00	9.00	30.0	1.0				
Leire	18.00	8.00			C-prof	1.00	0.66	0.38
Kvikkleire	18.00	8.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.66	0.38
Fastere lag	19.00	9.00	30.0	5.0				

Drenerte materialparametere

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrsk/sand	19.00	9.00	30.0	1.0				
Leire	18.00	8.00	24.0	2.0				
Kvikkleire	18.00	8.00	20.0	1.0				
Leire	20.00	10.00	24.0	2.0				
Fastere lag	19.00	9.00	30.0	5.0				



MERKNADER:
 Høydereferanse: NN2000
 -
BESTEMMELSER:
 -
FORKLARINGER:
 -
HENVISNINGER:
 -

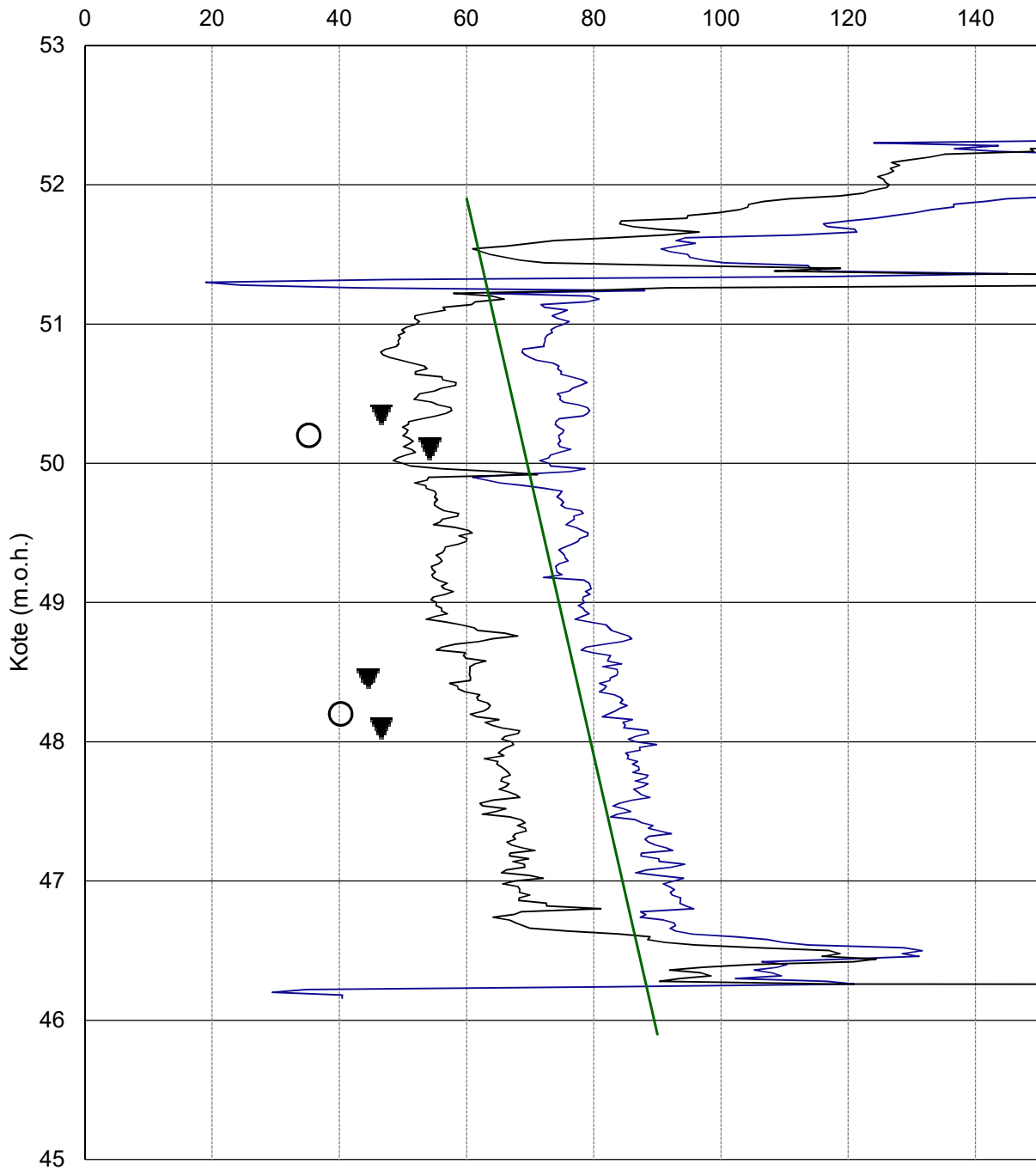
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
01	Revidert etter kommentarer	10.03.21	SKA	AES
00	Original	04.02.21	TIG	SKA

Tiltakshaver	Tegning nr. R02E03
Oppdragsgiver AEVI Eiendom AS	Prosjekt nr. 18454
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen	Format / Målestokk A3-L / 1:400
Tegningsstittel Profil B1-B1: Stabilitetsber. og avg. løsnemråde	Status For UAK



Udrenert skjærstyrke

s_u (kPa)

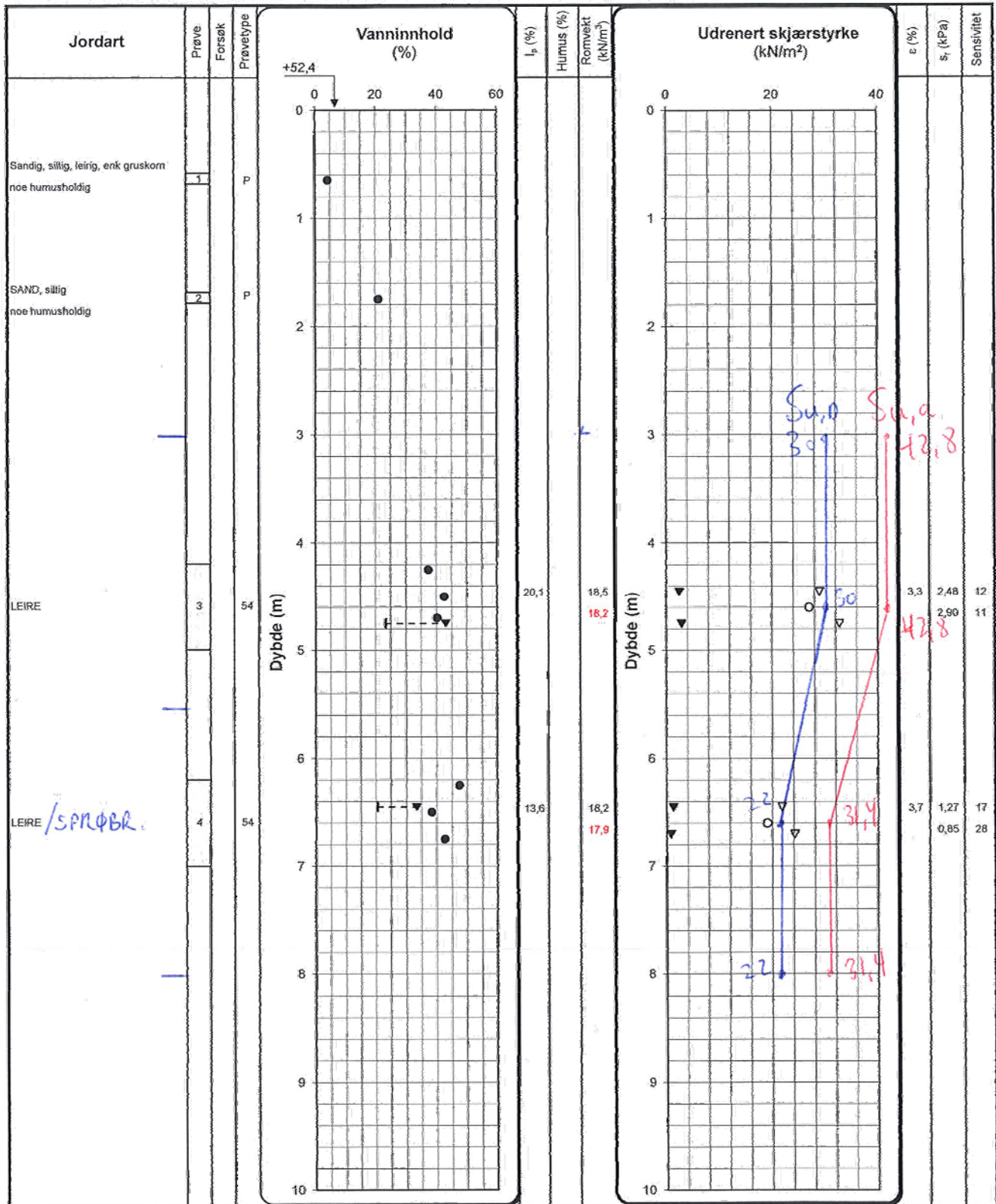


— $s_{u,N\Delta u}$ — $s_{u,Nkt}$ — Valgt aktivt skjærstyrkeprofil ▼ Målt fra konus ○ Målt fra enaks



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium
www.georaad.no

Oppdragsgiver Norwegian Real Estate AS	Prosjekt nr. 18454	Tillegg 1.1
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen	Dato: 23.01.19	Borpunkt 9
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, s_u	Ansvarlig TIG	Kontrollert Ska



Enaksialforsøk ○ Forsøk: T = Treaksialforsøk Prøvetype: P = Representativ poseprøve Romvekt: Humusinnhold:
 Omrørt konus ▼ T = Treaksialforsøk P = Representativ poseprøve Romvekt liten ring Humus % total
 Uforstyrret konus ▽ Ø = Ødometerforsøk Tall = Diameter på sylinderprøve Romvekt hel sylinder Humus % av materiale <2 mm
 Plastisitets- og flytgrense - - - ▽ = Kornkurve V = Visuell vurdering på stedet
 Målt vanninnhold ● I_p = Plastisitetsindeks ϵ = Aksial bruddtøying enaksialforsøk s_r = omrørt skjærstyrke fra konusforsøk



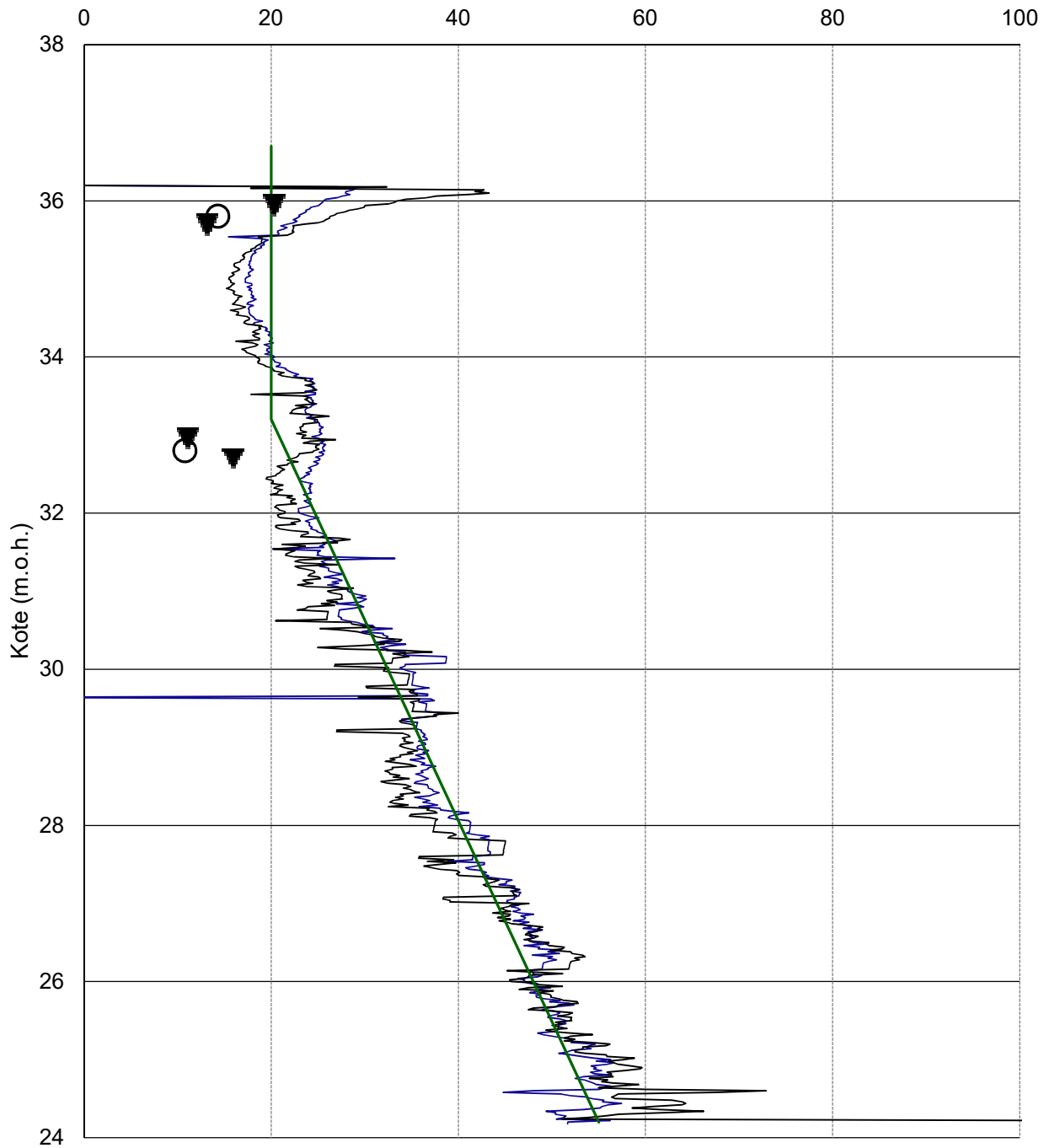
LØVLIEN GEORÅD
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorlum
 www.georaad.no

Oppdragsgiver
 Norwegian Real Estate AS
 Prosjekt
 Halshaugen, Vestfossen
 Tittel
 Løsmasseprofil pkt. 10

Tegning nr. R01C03
 Tillegg nr. 1.2
 Terrenkote +52,4
 Dato 04.02.2019
 Ansvarlig MS
 Kontrollert TIG

Udrenert skjærstyrke

s_u (kPa)



— su,NΔu — su,Nkt — Valgt aktivt skjærstyrkeprofil ▼ Målt fra konus ○ Målt fra enaks



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium
www.georaad.no

Oppdragsgiver Norwegian Real Estate AS	Prosjekt nr. 18454	Tillegg 1.3
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen	Dato: 23.01.19	Borpunkt 12
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, s_u	Ansvarlig TIG	Kontrollert Ska

Klassifisering av anvendelsesklasse iht. NGF melding 5

Tabell 5.2. Anvendelsesklasser for CPT og CPTU.

Anvendelsesklasse	Forsøks-type	Målestørrelse	Tillatt minimums- nøyaktighet ^a	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Profil ^b	Tolkning ^c
1	TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk Helning Nedtrengingslengde ^e	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A	GH
2	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A B C D	GH* GH GH GH
3	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G GH* GH GH
4	TE1	Spissmotstand Sidefriksjon Nedtrengingslengde	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Tillatt nullpunktsforskyvning for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk innenfor de ulike anvendelsesklassene bestemmes som største verdi av tillatt absoluttverdi og tillatt prosent av gjennomsnittlig måleverdi.

Anvendelsesklasse	Tillatt nullpunktsforskyvning		
	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
1	65,54	5,00	15,21
2	100,00	15,00	25,00
3	200,00	25,00	50,00
4	500	50,00	

Nullpunktsverdier	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
Før			
Etter			
Nullpunktsforskyvning	6	0,5	-0,2

Det er benyttet sonde som tilfredsstillende krav til målenøyaktighet for helning. Nyere utstyr tilfredsstillende normalt ca. +/- 1 grad.

Ved målt helning over 15 grader bør sondering vurderes kjørt på nytt.

Utstyret tilfredsstillende krav til temperaturfølsomhet for anvendelsesklasse 1.

Konklusjon:

Anvendelsesklasse	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
1	1	1	1



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium
www.georaad.no

Oppdragsgiver Norwegian Real Estate AS	Prosjekt nr. 18454	Tillegg nr. 1.4
Prosjekt Halshaugen, Vestfossen	Dato 23.01.19	Borpunkt 9
Tittel Klassifisering av anvendelsesklasse	Ansvarlig TIG	Kontrollert Ska

Klassifisering av anvendelsesklasse iht. NGF melding 5

Tabell 5.2. Anvendelsesklasser for CPT og CPTU.

Anvendelsesklasse	Forsøks-type	Målestørrelse	Tillatt minimums- nøyaktighet ^a	Maksimum avstand mellom målinger	Bruk	
					Profil ^b	Tolkning ^c
1	TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk Helning Nedtrengingslengde ^e	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A	GH
2	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20 mm	A B C D	GH* GH GH GH
3	TE1 TE2	Spissmotstand Sidefriksjon Poretrykk ^d Helning Nedtrengingslengde	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G GH* GH GH
4	TE1	Spissmotstand Sidefriksjon Nedtrengingslengde	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

Tillatt nullpunktsforskyvning for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk innenfor de ulike anvendelsesklassene bestemmes som største verdi av tillatt absoluttverdi og tillatt prosent av gjennomsnittlig måleverdi.

Anvendelsesklasse	Tillatt nullpunktsforskyvning		
	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
1	35,00	5,00	10,00
2	100,00	15,00	25,00
3	200,00	25,00	50,00
4	500	50,00	

Nullpunktsverdier	Spissmotstand (kPa)	Sidefriksjon (kPa)	Poretrykk (kPa)
Før			
Etter			
Nullpunktsforskyvning	-4,1	-0,5	-2,3

Det er benyttet sonde som tilfredsstiller krav til målenøyaktighet for helning. Nyere utstyr tilfredsstiller normalt ca. +/- 1 grad.

Ved målt helning over 15 grader bør sondering vurderes kjørt på nytt.

Utstyret tilfredsstiller krav til temperaturfølsomhet for anvendelsesklasse 1.

Konklusjon:

Anvendelsesklasse	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
1	1	1	1



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium
www.georaad.no

Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Tillegg nr.
Norwegian Real Estate AS	18454	1.5
Prosjekt	Dato	Borpunkt
Halshaugen, Vestfossen	23.01.19	12
Tittel	Ansvarlig	Kontrollert
Klassifisering av anvendelsesklasse	TIG	Ska



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium
www.georad.no

Oppdragsgiver:	Norwegian Real Estate AS	Vedlegg:	1	Prosjekt nr.:	18454
Prosjekt:	Halshaugen, Vestfossen	Dato:	05.02.2021	Profil:	B1-B1
Tekst:	Klassifisering av faresoner, kvikkleire	Ansvarlig:	TIG	Kontrollert:	Ska

Skadekonsekvens Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score			
				3	2	1	0
Boligheter, 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	2	2	4	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen
Toglinje, baneprioritet	0	2	0	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	1	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning, flom	1	2	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum			20	45	30	15	0

% av maksimal poengsum 44 %

Konsekvensklasse Alvorlig

Evaluering av faregrad Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Faregrad, score			
				3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	1	1	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	-1	3	-3	> +30, >-50	10 - 30, -(20 - 50)	0 - 10, -(0 - 20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	3	2	6	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	3	1	3	>100	30 - 100	20 - 30	<20
Erosjon	1	3	3	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen
Sum			18	51	34	16	0


% av maksimal poengsum 35 %

Faregrad Middels faregrad

Risikoverdi (skadekons. x faregrad)		360	Aktuell risikoklasse	2
Risikoklasse	1	0	170	
Risikoklasse	2	171	630 X	
Risikoklasse	3	631	1900	
Risikoklasse	4	1901	3200	
Risikoklasse	5	3201	10000	

Vedlegg 2

Bilder fra befaring

 Løvlien Georåd	Oppdragsgiver AEVI Eiendom AS	Prosjekt nr. 18454	Vedlegg nr. 2
	Prosjekt Halshaugen, Vestfossen	Dato 05.02.2021	Revisjon 00
	Tittel Bilder fra befaring	Ansvarlig TIG	Kontrollert SKA



Figur 1: Kart med angivelse av hvor, og i hvilken retning, bildene er tatt.

Bilde nr. 1



Bilde nr. 2

Stikkrenne under
Kongsbergveien



Bilde nr. 3

Stikkrenne under
Steingata



Bilde nr. 4



Bilde nr. 5



Bilde nr. 6



Bilde nr. 7

Nærbilde erosjon



Bilde nr. 8

