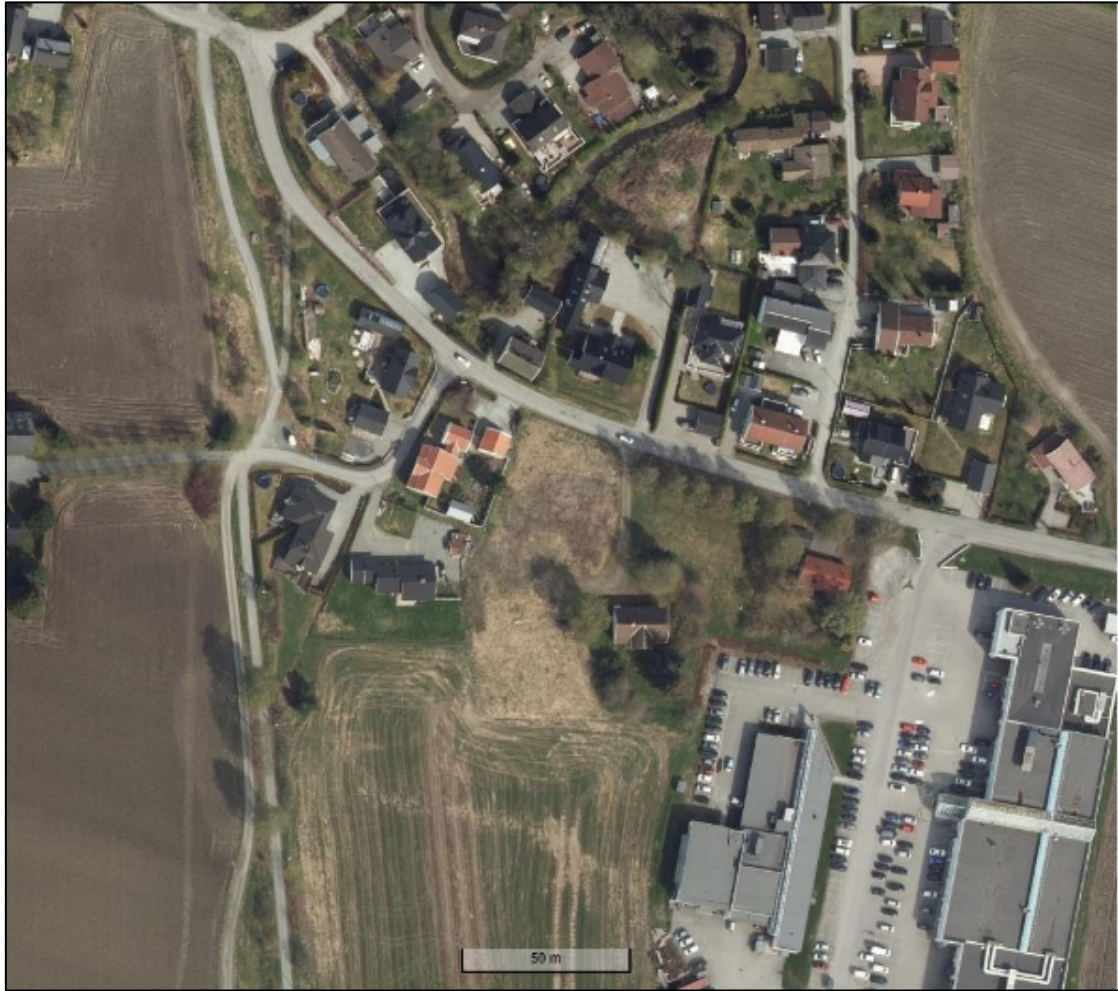


KJELLSTADVEIEN 13 | LIER-
OMRÅDESTABILITETSVURDERING
LIER EIENDOMSSKAP KF



GEOTEKNISKE VURDERINGER

Januar 2025

Geotekniske vurderinger

Prosjektnummer: 23202		Rapportnummer: RIG-NOT-01		Dato: 24.01.2025	
Oppdragsgiver: Lier Eiendomsselskap KF		Kontaktperson/til: Jan Kristian Vinje		Kopi: -	
Prosjekt: Kjellstadveien 13 i Lier-Områdestabilitetsvurdering					
Sammendrag: <p>Terraplan AS er engasjert av Lier Eiendomsselskap KF for å utføre geotekniske vurderinger og utredning av områdestabilitet i forbindelse med en mulighetsstudie for Kjellstad gård (Kjellstadveien 13) i Lier kommune.</p> <p>Tiltaket er lokalisert på gnr./bnr. 30/69, i Lier kommune og omfatter bygging av omsorgsboliger i Kjellstadveien 13.</p> <p>DMR Miljø og Geoteknikk AS har tidligere utført grunnundersøkelser i januar - februar 2022, og vurdert områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019. Vurdering av områdestabiliteten med innledende beregning av stabilitet i skråning mot Sandakerelva nord for tiltaksområdet viser lav sikkerhet, og det var anbefalt sikringstiltak med motfylling i Sandakerelva.</p> <p>Tiltak anbefalt av DMR Miljø og Geoteknikk AS dvs. motfylling i Sandakerelva er ikke godtatt av kommunen, og Terraplan er nå engasjert for å vurdere mulige løsninger slik at tomta kan brukes delvis eller helt.</p> <p>Terraplan AS har i uke 39-43, 2024 utførte supplerende felt- og laboratorieundersøkelser og fått kartlagt elvebunn og elveskråning i kritiske områder med støtte fra Scan survey.</p> <p>Foreliggende notat presenterer revidering av tidligere kartlagt kvikkleire faresone og stabilitetsberegning i kritisk snitt for å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet og robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$.</p> <p>Stabilitetsberegningene viser at det oppnås sikkerheter $F_{cu}=1,23$ og $F_{c\phi}=1,27$ i skråningen for både dagens- og ferdig situasjon, og bygging av omsorgsboliger påvirker ikke sikkerheten i skråningen negativt. I tillegg viser beregningene at det er tilstrekkelig sikkerhet for en glidesirkel som går gjennom tiltaksområdet ($F_{cu}=1,82$ og $F_{c\phi}=3,69$) etter utbygging.</p> <p>Med bakgrunn i vurderingene nevnt over konkluderer Terraplan med at sikkerheten mot områdeskred er ivaretatt og oppfylt i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 28-1, § 29-5 og byggeteknisk forskrift kap. 7.</p> <p>Øvrige detaljer kommer frem av notatet.</p>					
0.1	Etter kommentarer fra UAK	24.01.2025	HH	RR	HH
0.0	Første utgave	06.12.2024	HH	RR	HH
Rev.:	Beskrivelse:	Dato:	Utarb. Av:	Kontr. Av:	Godkj. Av

INNHOOLD

1	INNLEDNING	2
1.1	GENERELT	2
1.2	BAKGRUNN/HISTORIKK	2
1.3	INNLEDENDE VURDERING OG OBSERVASJON AV TERRAPLAN	3
1.4	FORMÅL	3
1.5	GRUNNLAGSMATERIALE	3
2	KVIKKLEIREAVGRENSNING	4
2.1	UNDERSØK OM DET FINNES REGISTRERTE FARESONER (KVIKKLEIRESONER) I OMRÅDET	4
2.2	AVGRENS OMRÅDER MED MULIG MARIN LEIRE	4
2.3	AVGRENS OMRÅDER MED TERRENG SOM KAN VÆRE UTSATT FOR OMRÅDESKRED	4
2.4	BESTEM TILTAKSKATEGORI	6
2.5	GJENNOMGANG AV GRUNNLAG – IDENTIFIKASJON AV KRITISKE SKRÅNINGER OG MULIG LØSNEOMRÅDE 6	
2.6	BEFARING	6
2.7	GJENNOMFØR GRUNNUNDERSØKELSER	7
2.8	VURDER AKTUELLE SKREDMEKANISMER OG AVGRENS LØSNE- OG UTLØPSOMRÅDER	7
2.8.1	SKREDMEKANISMER	7
2.8.2	AVGRENSNING AV LØSNEOMRÅDE FOR RETROGRESSIVE SKRED	8
2.8.3	AVGRENSNING AV UTLØPSOMRÅDE	9
2.9	KLASSIFISER FARESONER	10
2.10	DOKUMENTER TILFREDSSTILLENDEN SIKKERHET	10
2.10.1	KRAV TIL SIKKERHET	10
2.10.2	STABILITETSBEREGNINGER	11
2.10.3	KONKLUSJON	11
2.11	MELD INN FARESONER OG GRUNNUNDERSØKELSER	11
3	REFERANSER	12

VEDLEGG

1. En sammenstilling av utførte boringer av Terraplan og DMR Miljø og Geoteknikk AS
2. Bekkprofil og terrengmodell
3. Stabilitetsberegninger
4. Faresoneklassifisering

Tegning

- 001 Faresone: Løsne- og utløpsområde

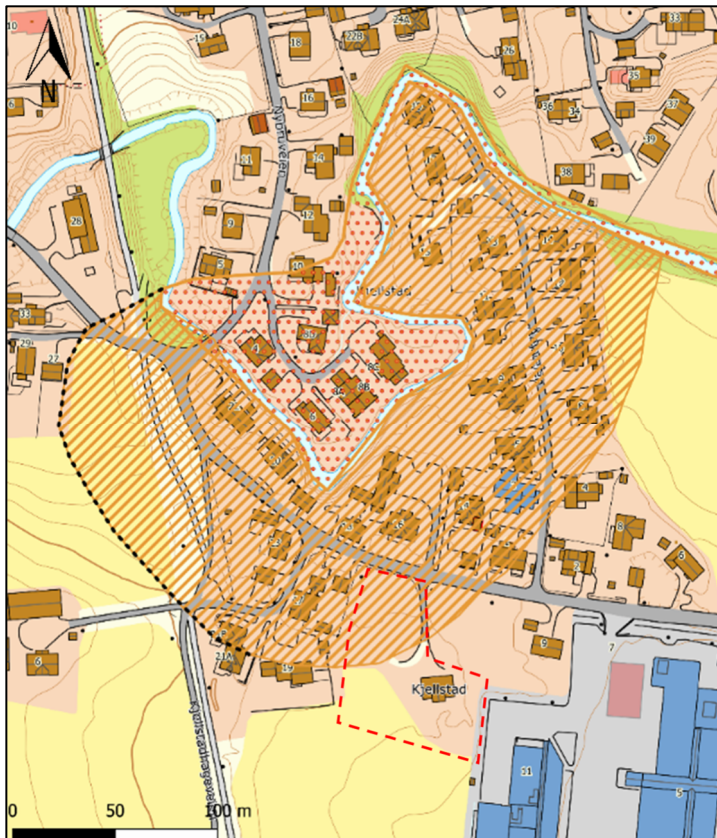
1 INNLEDNING

1.1 Generelt

Terraplan AS er engasjert av Lier Eiendomsselskap KF for å utføre geotekniske vurderinger og utredning av områdestabilitet i forbindelse med en mulighetsstudie for Kjellstad gård (Kjellstadveien 13) i Lier kommune.

Tiltaket er lokalisert på gnr./bnr. 30/69, i Lier kommune og omfatter bygging av omsorgsboliger i Kjellstadveien 13.

Kvikkleirkart fra NVE atlas viser at ca. en tredjedel av tiltaksområdet ligger innenfor en kartlagt kvikkleiresone. Omtrentlig plassering av tiltaksområdet vises i Figur 1.



Figur 1: Oversiktsbilde med markering av tiltaksområdet i rødt.

1.2 Bakgrunn/historikk

DMR Miljø og Geoteknikk AS har tidligere utført grunnundersøkelser i januar - februar 2022, og vurdert områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019. Grunnundersøkelsene viser sprøbruddmateriale fra ca. tre meters dybde ned til minimum 20 meter. Det antas at det er kvikkleire også i dypere lag. Berg ble ikke påvist under grunnundersøkelsene. Den dypeste sonderingen ble avsluttet etter 42 meter.

Det henvises til datarapport [6] [7] og områdestabilitetsvurderingsrapport [8] for detalj. Kort oppsummering fra notatene presenteres i det følgende.

Høydeforskjellen fra tiltaksområdet og ned til elvebunn er på ca. fem meter, med antagelse om at dybden i elven er ca. en meter blir høydeforskjellen på ca. seks meter. Avstanden fra elvebunn til eiendomsgrensen til tiltaksområdet er ca. 40 meter. Utstrekning av løseområdet er 15 x skråningshøyden. Dette innebærer at deler av tiltaket ligger innenfor et løseområde (15 x 6 m=90 m).

Skråningene mot Sandakerelva ligger utenfor influensområdet til planlagte tiltak i Kjellstadveien 13 da tiltaksområdet ligger i avstand større enn $2xH$, der H er total høydeforskjell av skråningen. Det stilles dermed krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ for alle kritiske skråninger innenfor faresonen.

Utførte stabilitetsberegninger i regi av DMR viste at det er lav sikkerhet i skråningen og at det må utføres stabiliserende tiltak før bygging av planlagte tiltak. Det ble dermed anbefalt sikringstiltak med motfylling i Sandakerelva for å forbedre sikkerheten mtp. områdestabilitet.

1.3 Innledende vurdering og observasjon av Terraplan

Tiltak anbefalt av DMR Miljø og Geoteknikk AS dvs. motfylling i Sandakerelva er ikke godtatt av kommunen, og Terraplan er nå engasjert for å vurdere mulige løsninger slik at tomta kan brukes delvis eller helt.

Vi startet vurderingen ved å gå gjennom grunnlagsmaterialet utarbeidet av DMR Miljø og Geoteknikk AS dvs. lagdeling, materialparameter, kartlegging av kvikkleiresone/løsneområdet mm.

Vi har gjort oss følgende observasjoner:

- 1- Det er benyttet 1:15 linjen for å avgrense løsneområdet mens ifølge kap. 4.5.2 i NVE 1/2019 går 1:15 linjen kun gjennom sprøbruddmateriale, og trekkes gjennom faste lag med helning 1:3. Dette betyr at man kan snevre inn kvikkleiresonen og benytte store deler av tomta.
- 2- NVE 1/2019 beskriver at terreng som kan inngå i løsneområdet for et skred er hvis total skråningshøyde (i løsmasser) er over 5 m eller jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 m. Vi har observert at skråninger langs Sandakerelva med totalskråningshøyde over 5 m ligger i en begrenset strekning, men det er inkludert store områder i løsneområdet/ kvikkleiresonen.
- 3- Vi utførte innledende stabilitetsberegninger basert på tilgjengelig grunnlagsmateriale, og så muligheten for at man kan dokumentere tilstrekkelig sikkerhet dvs. oppnå krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, med bedre kjennskap til grunnforholdene og geometri på elvebunn/elveskråning.

Det ble derfor anbefalt supplerende grunnundersøkelser og innmålinger.

- Terraplan AS utførte supplerende felt- og laboratorieundersøkelser i uke 39-43, 2024 for å dokumentere materialeparameter for drenerte- og udrenerte analyser. Det henvises til datarapport [9].
- Terraplan AS engasjerte Scan survey på vegne av Lier Eiendomsselskap KF for å kartlegge elvebunn og elveskråning i kritiske områder. Landmålingen ble utført i uke 48, 2024. Det vises til vedlegg 3 bekkprofil og terrengmodell fra landmålingen.
- På bakgrunn av ovennevnte ble avgrensning av kvikkleiresonen og stabilitetsberegningene oppdatert, se kap. 2.10 i dette notatet.

1.4 Formål

Foreliggende notat inneholder valg av materialeparameter og stabilitetsberegninger i kritisk snitt ifm. områdestabilitetsberegninger. Det er i tillegg foretatt en revidering av eksisterende kvikkleiresone.

Notatet presenterer stabilitetsberegning i kritisk snitt for å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet og robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ iht. krav i NVE 1/2019.

1.5 Grunnlagsmateriale

Følgende materiale brukes som grunnlag til vurderinger:

- Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,»
- NVE, «NVE Temakart,» NVE, [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.

- NGU, «NADAG - National database for grunnundersøkelser,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/nadag-avansert/>
- NVE veileder 1/2019 – Sikkerhet mot kvikkleireskred
- Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 25.03.2021: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 29.03.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- Geoteknisk notat-vurdering av områdestabilitet, rev. 01, 05.10.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- Hydrologisk utredning av konsekvens av motfylling i Sandakerelva
- Datarapport: 23202-RIG-RAP-01-00, 25.10.2024: Terraplan
- Landmåling fra Scan survey
- Uavhengig kvalitetssikring dok. 1350061528 G-not-001, 10.01.2025: Rambøll Norge AS.

2 KVIKKLEIREAVGRENSNING

I dette kapittelet presenteres begrunnelse og revidering av kvikkleiresonen som er tidligere utarbeidet av DMR Miljø og Geoteknikk AS.

Prosedyre for utredning av områdeskredfare er beskrevet i nevnte NVE veileder og baserer seg på 11 punkter. Punktene som følges, er vist i Tabell 1, hentet fra NVE veileder 1/2019, ref.[5].

Tabell 1. Prosedyre for utredning av områdeskredfare.

Prosedyrenummer	Beskrivelse
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området
2	Avgrens områder med mulig marin leire
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred
4	Bestem tiltakskategori
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde
6	Befaring
7	Gjennomfør grunnundersøkelser
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder
9	Klassifiser faresoner
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

2.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området

Kvikkleirkart fra NVE atlas, ref.[3], viser at ca. en tredjedel av tiltaksområdet ligger innenfor en kartlagt kvikkleiresone.

2.2 Avgrens områder med mulig marin leire

Hele planområdet ligger under marin grense.

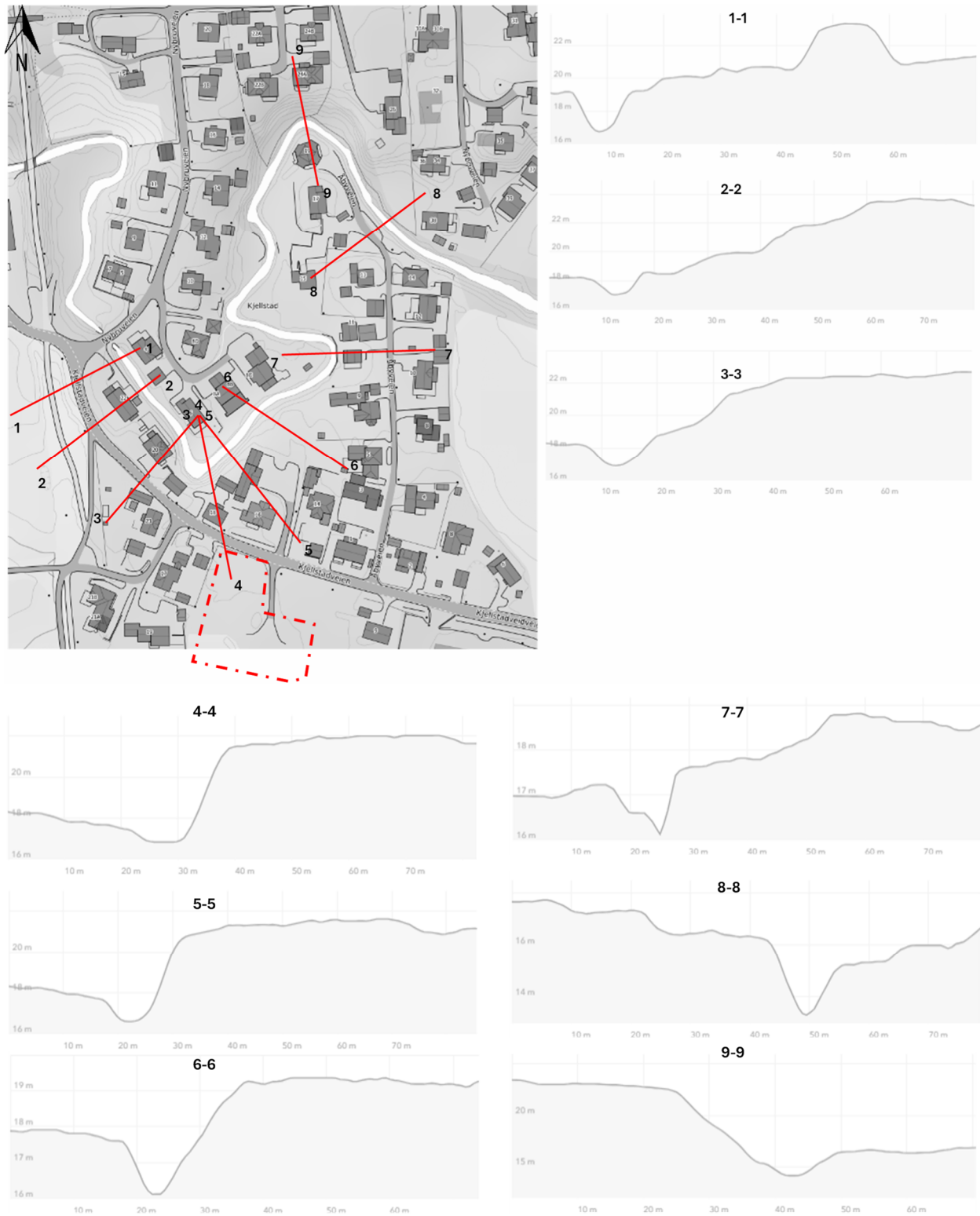
2.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

a) Terreng som kan inngå i løsneområde for et skred

- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, eller

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter

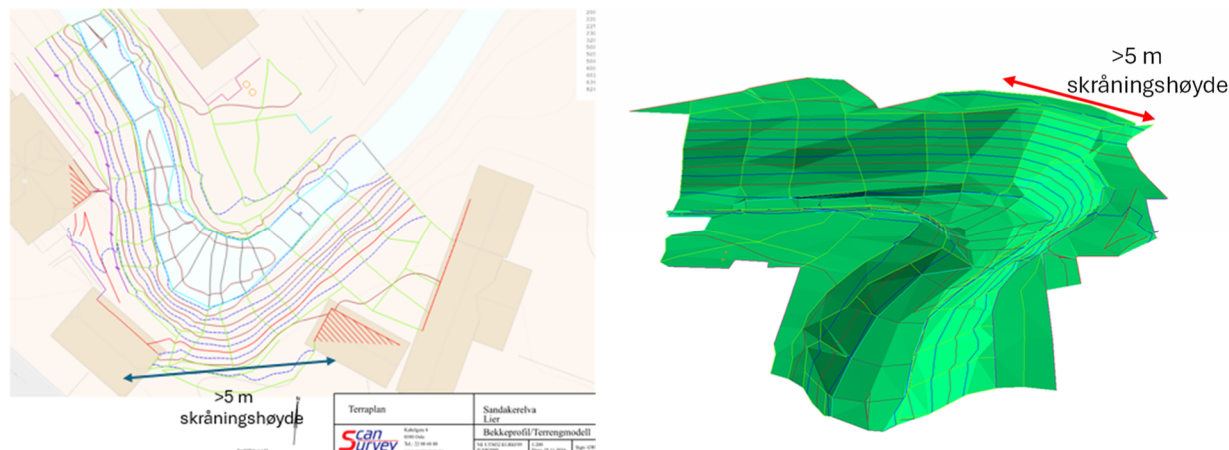
Figur 2 og 3 viser oversiktskart og snitt langs Sandakerelva fra høydedata, bekkprofil og terrengmodell fra landmåling, samt tiltaksområdet i rødt.



Figur 2. Oversiktskart og snitt fra høydedata.

Basert på utførte landmåling av Scan survey og tolkning fra høydedata er det observert skråningshøyde > 5 m fra elvebunnen mellom snitt 3-3 og 5-5. Maks. skråningshøyde er målt til ca. 5,7 m fra landmåling i snitt 4-4 og dette snittet er tatt som kritisk snitt for stabilitetsberegning. Terrenget utenfor skråninger langs Sandakerelva er generelt plant og det er ikke registrert terreng med helning brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter.

Vedlegg 2 presenterer landmåling fra Scan survey.



Figur 3. Oversikt over bekkprofil og terrengmodell fra landmåling.

Terrenget som kan inngå i løснеområde for et skred er derfor områder mellom snitt 3-3 og 5-5. Fra bunn av elva til eiendomsgrensa er det ca. 40 meter. Løsnakeområder ligger innenfor 20 x skråningshøyde, tiltaket er dermed innenfor løsnakeområdet (20 x 5,7 m=114 m).

b) Terrenget som kan inngå i utløpsområdet for et skred

- 3 x lengden til løsnakeområdets lengde. Løsnakeområdet er enten eksisterende faresone eller et akt-somhetsområde, eller
- Utløpssonen som allerede er kartlagt

Planområdet ligger ikke i utløpsområdet for et skred da:

- Terrenget rundt tiltaksområdet er tilnærmet plant (slakere enn 1:20)
- Nord i snitt 9-9 (nord for Sandakerelva) er det en skråning som er ca. 10 meter høy. Løsnakeområdet for denne skråningen er 200 meter regnet fra bunn av elva og nordover, tiltaksområdet ligger dermed ikke i løsnakeområdet. Utløpsområdet for skråningen er definert som 3 x løsnakeområdet, dvs. 600 meter. Området er kanalisert og utløpsområdet defineres derfor å følge elva. Tiltaket ligger ikke i utløpsområdet for skråningen.

2.4 Bestem tiltakskategori

Tiltaket er satt til tiltakskategori K4 som innebærer større tilflytning/personopphold.

2.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsnakeområde

Snitt 4-4 er vurdert som kritisk hvor tiltaksområdet ligger i influensområdet for et skred som potensielt initieres på skråningstopp eller i skråningsbunn (i elva).

2.6 Befaring

Det ble gjennomført en befaring av Hiruy v/Terraplan 29.09.2024 og 24.10.2024 ifm. måling av grunnvannstand. Det henvises også til rapport [8] for observasjon fra befaring av DMR.

2.7 Gjennomfør grunnundersøkelser

Terraplan AS utførte supplerende felt- og laboratorieundersøkelser i uke 39-43, 2024 for å dokumentere materialeparameter for drenerte- og udrenerte analyser. Det henvises til datarapport [9].

I henhold til datarapporten består løsmassene av et topplag bestående av sand/grusig leirig sand med mektighet på ca. 2-3 m. Derunder er det siltig leire/leire som er vurdert til å være sprøbruddmateriale/kvikkleire ned til minimum 20 meter.

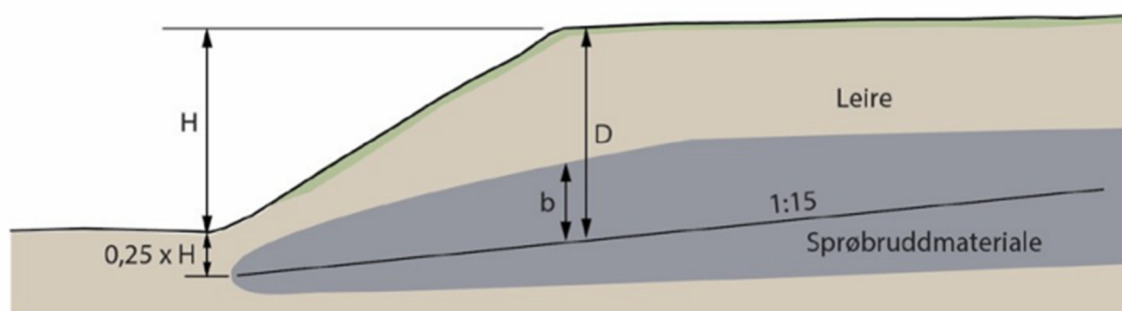
2.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder

2.8.1 Skredmekanismer

Ved hjelp av flytskjema og prinsipptegning av bruddflate i NVE veileder 1/2019 kap. 4.5.1 kan en basert på topografi og resultater fra grunnundersøkelsene bestemme bruddmekanisme, se Figur 4.



Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme



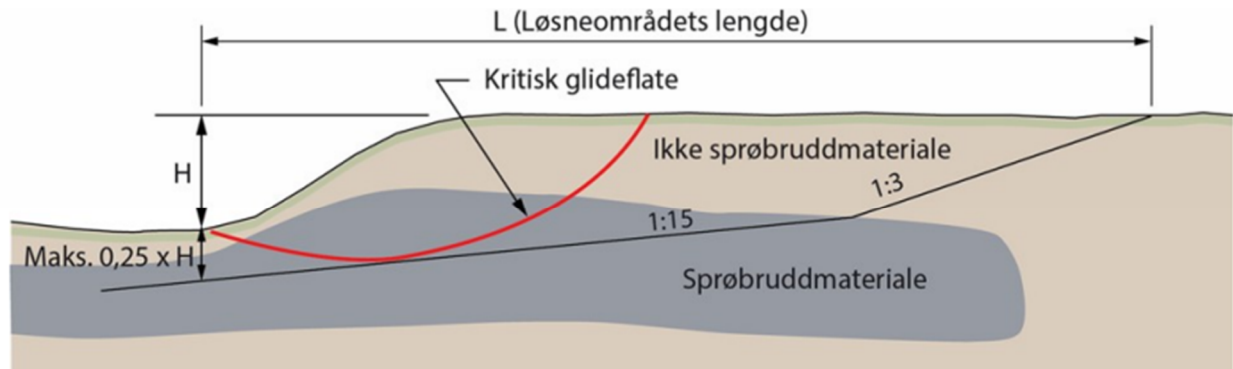
Figur 4. Utklipp av flytskjema og prinsipp for vurdering av dybdeforhold hentet fra NVE Veileder 1/2019, ref. [5].

Grunnundersøkelsene viser at kvikkleiren har en omrørt fasthet < 0,69 kPa i prøveseriene og prøvene påviser kvikkleire fra ca. 2-3 m til 20 m under terreng.

Basert på flytskjema i Figur 4 klassifiseres dermed et mulig kvikkleireskred som et retrogressivt skred. b/D er ca. 50 -70 % beregnet fra dagens situasjon hvor $0,25 \times H$ gir startsted for 1:15 linja.

2.8.2 Avgrensning av løснеområde for retrogressive skred

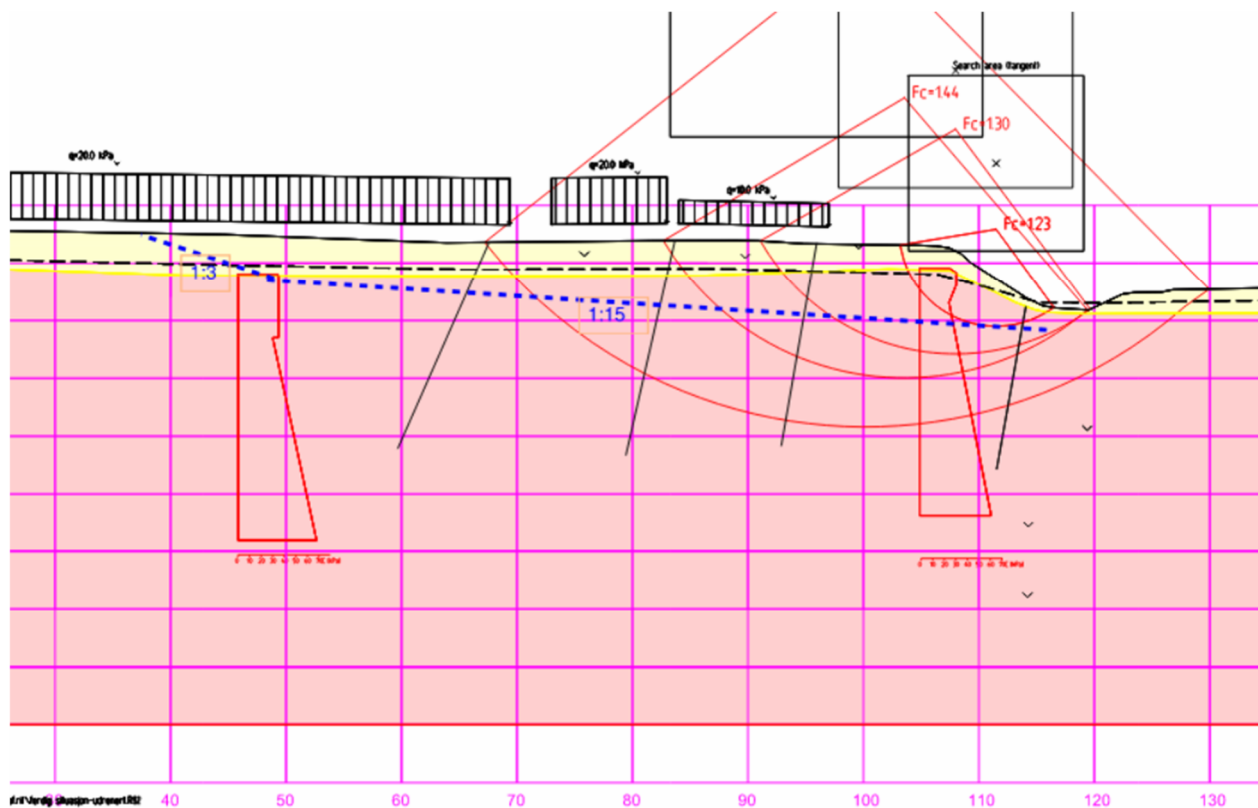
Løснеområdets lengde, L , beregnes med 1:15-linja fra bunn av kritiske glideflate og bakover i sprøbruddmaterialet til den skjærer ut av dette. Derfra og opp til terreng legges glideflate med helning 1:3. Dersom kritisk glideflate er dypere enn $0,25H$ (Hvor H er høyden av skråningen) under skråningsfoten er den mindre relevant som et initialskred, og metoden foreslår derfor at 1:15-linja starter maksimalt $0,25H$ under skråningsfoten.



Figur 4.7 Vurdering av løснеområde for retrogressive skred som tar hensyn til lagdeling (NGI-metoden)

Figur 5. Løснеområde for retrogressive skred.

I prosjektets tilfelle viser stabilitetsberegning i kritisk snitt 4-4 at løснеområdet er på ca. 80 meter. Det henvises til vedlegg 3 for detaljer.



Figur 6. Løснеområdet basert på stabilitetsberegning i kritisk snitt.

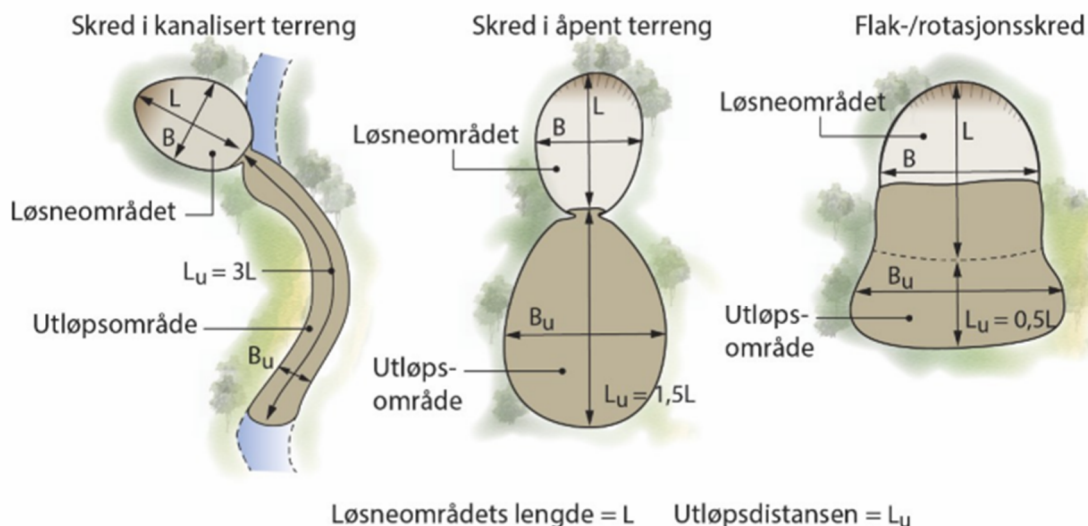
Se figur 8 og tegning 001 for løsne- og utløpsområde.

2.8.3 Avgrensning av utløpsområde

Lengden av utløpsområdet, L_u , er definert som funksjon av lengden på løsneområdet, L :

- Retrogressive skred i kanalisert terreng: $L_u = 3L$
- Retrogressive skred i åpent terreng: $L_u = 1,5L$

Disse empiriske relasjonene for utløp gir maksimal lengde for hvor langt skredmassene vil gå i en retning. Erfaring fra historiske skredhendelser viser at bredden på utløpsområdet (B_u) er omtrent lik bredden på løsneområdet (B) når utløpet er i åpent terreng (dvs. $B_u \approx B$) [5]



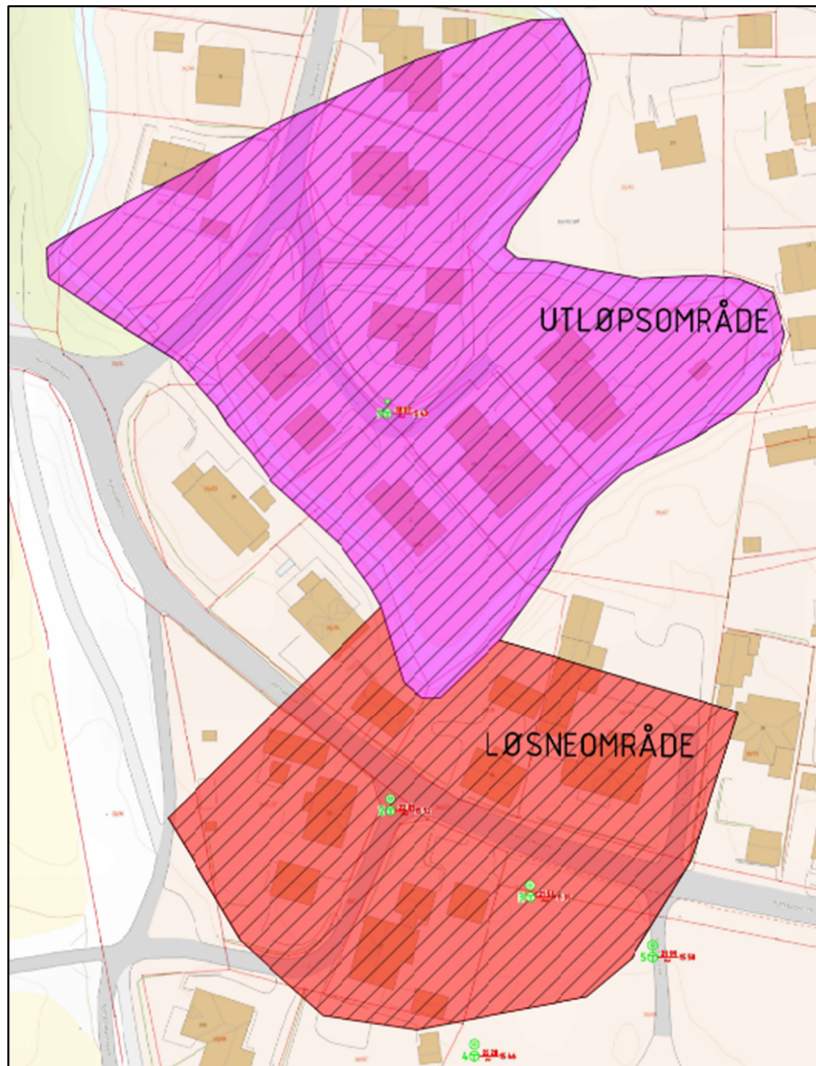
Figur 4.10. Sammenheng mellom løsneområdets lengde, L , og utløpsdistansen, L_u (34)

Figur 7. Sammenheng mellom løsneområdets lengde, L , og utløpsdistansen, L_u .

For retrogressive skred i kanalisert terreng er lengden på utløpsområdet definert som 3 x løsneområdet nedstrøms, se Figur 7. I prosjektets tilfelle blir dermed utløpsområdet 240 meter for snitt 4-4 men Sandakerelva er en liten elv med mindre strøm, det antas dermed at det er begrenset hvor mye masser elva kan ta med seg. Sonens utløpsområde er her kompleks, på grunn av den meandrerende elven, og avgrensningen her er basert på skjønn og antagelser.

Utløpsområdet for et skred i prosjektets tilfelle er konservativt vurdert til $1,5L$ i kanalisert terreng (elven) mot NV og NØ, og $1,5L$ i åpent terreng.

Tegning 001 viser faresonen (løsne- og utløpsområde). Utklipp fra tegning 001 vises i figur 8 nedenfor.



Figur 8. Løsne- og utløpsområde. Løsneområdet er skravert og utløpsområdet prikkete.

2.9 Klassifiser faresoner

Klassifisering av faregrad og skadekonsekvens er utført etter NVE ekstern rapport 9/2020, ref. [12].

Evalueringen er gitt i vedlegg 4. Det er kommet frem til faregrad middels, skadekonsekvens alvorlig og risikoklasse 4.

2.10 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

2.10.1 Krav til sikkerhet

Skråningene mot Sandakerelva ligger utenfor influensområdet til planlagt tiltak. Dette begrunnes med at tiltaket ligger i større avstand enn $2xH$ (der H er total høydeforskjell av skråningen) bak fra skråningstoppen. Dette innebærer at planlagt tiltak ikke vil initiere et fremoverprogressivt skred her.

NVE 1/2019 stiller likevel krav til skråningens sikkerhet på grunnlag av langtidsstabilitet (F_{cf}), samt robusthet (F_{cu}) mot mindre uforutsette spenningsendringer.

For planlagt tiltak med bygging av omsorgsboliger kreves at skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket oppfyller krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$ og oppfyller krav til sikkerhet $F_{cf} \geq 1,25$.

2.10.2 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger i snitt A-A (4-4) basert på total- og effektivspenningsbasis. Det er brukt programvare Geosuite for stabilitetsvurderingene.

Områdestabilitet er vurdert for følgende tilfeller: Dagens situasjon og Ferdig situasjon (etter utbygging).

Vedlegg 3 viser detalj om lagdeling, materialeparametere og stabilitetsberegninger.

Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt A-A for dagens- og ferdig situasjon vises i tabell 2 og vedlegg 3.

Tabell 2. Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt A-A.

	Analysemetode	Sikkerhetsfaktor	Referanser
Dagens situasjon	Totalspenning	$F_c=1,23$ (skråning) $F_c=1,30$ (Kjellstadveien 18) $F_c=1,82$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-A
	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,27$ (skråning) $F_{c\phi}=1,84$ (Kjellstadveien 18) $F_{c\phi}=3,69$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-B
Ferdig situasjon	Totalspenning	$F_c=1,23$ (skråning) $F_c=1,30$ (Kjellstadveien 18) $F_c=1,82$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-C
	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,27$ (skråning) $F_{c\phi}=1,84$ (Kjellstadveien 18) $F_{c\phi}=3,69$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-D

2.10.3 Konklusjon

Stabilitetsberegningene viser at krav til robusthet er oppfylt $F_{cu}=1,23$ og at det kan dokumenteres en sikkerhet på $F_{c\phi}=1,27$ på grunnlag av langtidsstabilitet i skråningene i både dagens- og ferdig situasjon. Det er også dokumentert at bygging av omsorgsboliger ikke påvirker sikkerheten i skråningen negativt. I tillegg viser beregningene at det er tilstrekkelig sikkerhet for glidesirkel som går gjennom tiltaksområdet ($F_{cu}=1,82$ og $F_{c\phi}=3,69$) etter utbygging.

Vi forutsetter at det må utføres tiltak i elveskråningen i form av erosjonssikring for å kunne tillate bygging innen faresonen.

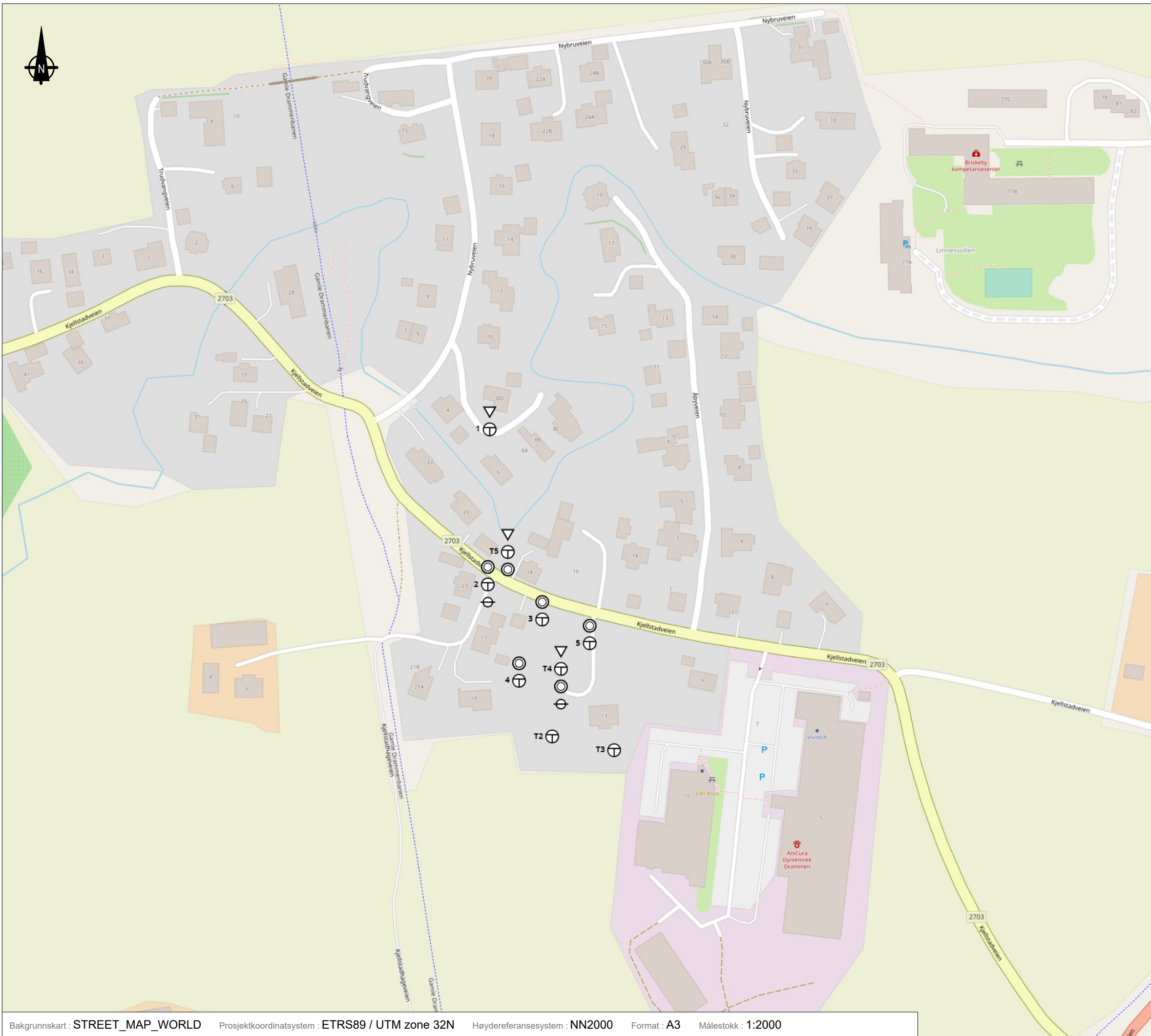
Med bakgrunn i vurderingene nevnt over konkluderer Terraplan med at sikkerheten mot områdeskred er ivaretatt og oppfylt i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 28-1, § 29-5 og byggeteknisk forskrift kap. 7.

2.11 Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

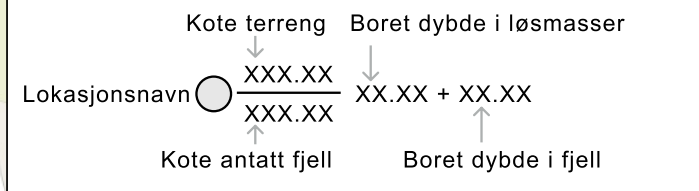
Faresonen vil meldes inn til NVE etter utført uavhengig kvalitetssikring. Grunnundersøkelser er lagt til i NADAG.

3 REFERANSER

- [1] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [2] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,»
- [3] NVE, «NVE Temakart,» NVE, [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.
- [4] NGU, «NADAG - National database for grunnundersøkelser,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/nadag-avansert/>
- [5] NVE veileder 1/2019 – Sikkerhet mot kvikkleireskred
- [6] Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 25.03.2021: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [7] Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 29.03.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [8] Geoteknisk notat-vurdering av områdestabilitet, rev. 01, 05.10.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [9] Datarapport: 23202-RIG-RAP-01-00, 25.10.2024: Terraplan
- [10] Statens vegvesen, Geoteknikk i vegbygging. Håndbok V220.
- [11] NIFS: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [12] NVE Ekstern rapport nr. 9/2020. Norges vassdrags- og energidirektorat, 2020.



Kartutsnitt



Metoder

- | | | | |
|--|---------------------------|--|--------------------|
| | Enkelsondering | | Prøvegrop |
| | Dreiesondering | | Miljøprøve |
| | Fjellkontrollboring | | Skovlboring |
| | Ramsondering | | Poretrykksmåling |
| | Dreietrykksondering | | Permeabilitetstest |
| | Totalsondering | | Berg i dagen |
| | Vinge-boring | | Inklinometer |
| | Standard Penetrasjonstest | | Setningsmåling |
| | Trykksondering (CPT) | | Infiltrasjonsbrønn |
| | Kjerneboring | | Dissipasjonstest |
| | Prøveserie | | Annet |

Beskrivelse

Borpunkter

Prosjekt : Lier Eiendomsselskap KF-Kjellstad gård

Oppdragsgiver : Lier Eiendomsseskap KF	Rapportnummer : 23202
--	-----------------------

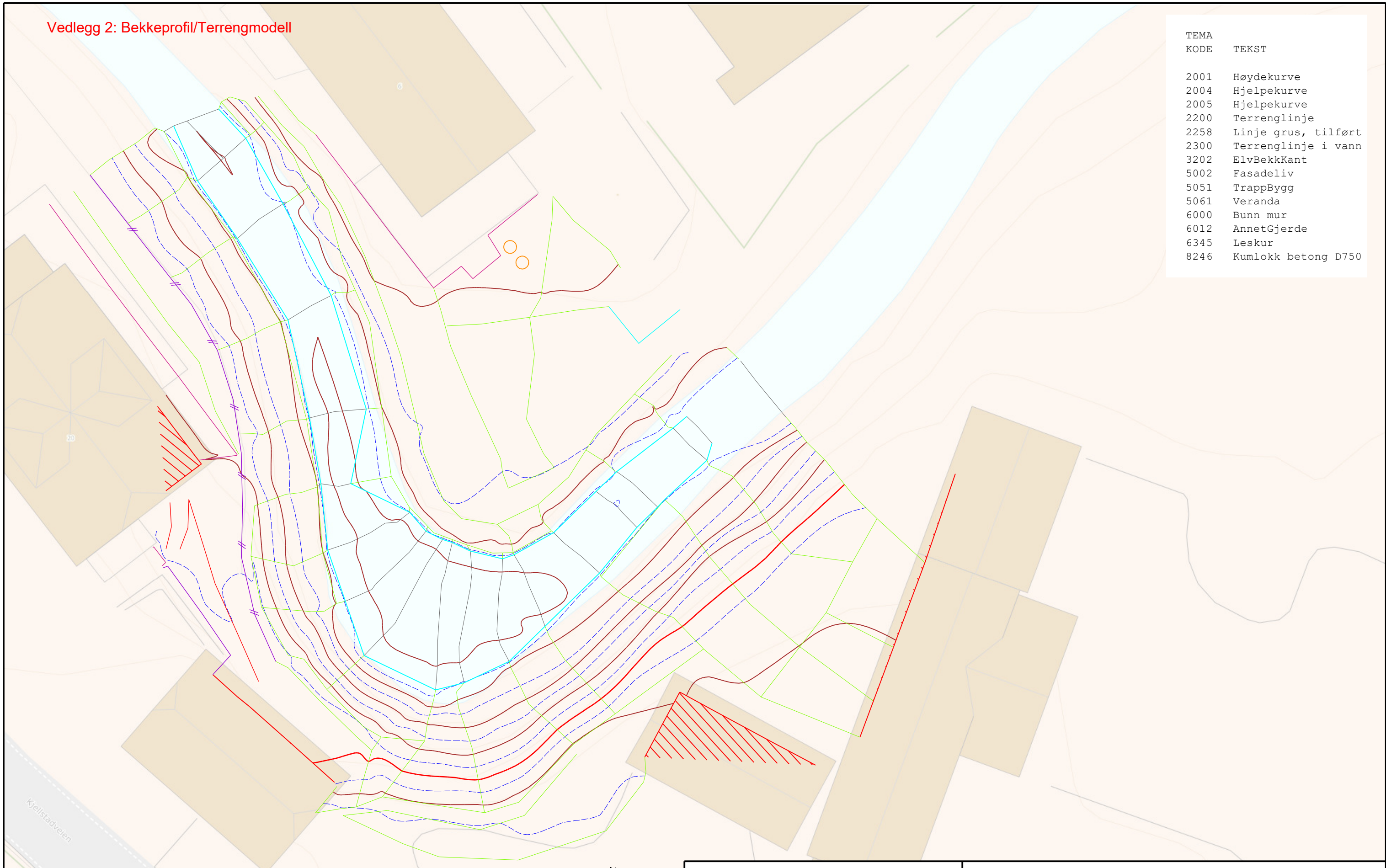
Tegningnr : Plan 1	Revisjon : Draft	Dato : 2024-12-02
--------------------	------------------	-------------------

Tegnet av : HH	Kontrollert av : RR	Godkjent av : HH
----------------	---------------------	------------------

Terraplan

Vedlegg 2: Bekkeprofil/Terrengmodell

TEMA	TEKST
KODE	
2001	Høydekurve
2004	Hjelpekurve
2005	Hjelpekurve
2200	Terrenglinje
2258	Linje grus, tilført
2300	Terrenglinje i vann
3202	ElvBekkKant
5002	Fasadeliv
5051	TrappBygg
5061	Veranda
6000	Bunn mur
6012	AnnetGjerde
6345	Leskur
8246	Kumlokk betong D750



GeoCAD layout A3

Terraplan		Sandakerelva Lier	
		Bekkeprofil/Terrengmodell	
Kabelgata 8 0580 Oslo Tel.: 22 08 68 00 www.scansurvey.no		NE UTM32 EUREF89 H NN2000	1:200 Dato: 25.11.2024
		Sign: GWF	Tegn: 7492-01

Vedlegg 3 Stabilitetsberegninger

INNHold

1	INNLEDNING	2
1.1	GENERELT	2
2	LAGDELING OG MATERIALEPARAMETERE	2
2.1	LAGDELING OG VALG AV KRITISK SNITT.....	2
2.2	MATERIALPARAMETERE	3
2.2.1	DRENERTE STYRKEPARAMETERE	3
2.2.2	UDRENERTE MATERIALPARAMETERE.....	4
2.2.3	GRUNNVANNSMÅLING.....	6
3	STABILITETSBEREGNINGER	6
4	REFERANSER	7

VEDLEGG

- 3-1 Lagdeling i Snitt A-A
- 3-2 Designlinje for skjærfasthet
- 3-3 Stabilitetsberegninger i snitt A-A

1 INNLEDNING

1.1 Generelt

Lagdeling, valg av materialeparametere og stabilitetsberegninger i kritisk snitt presenteres i dette notatet.

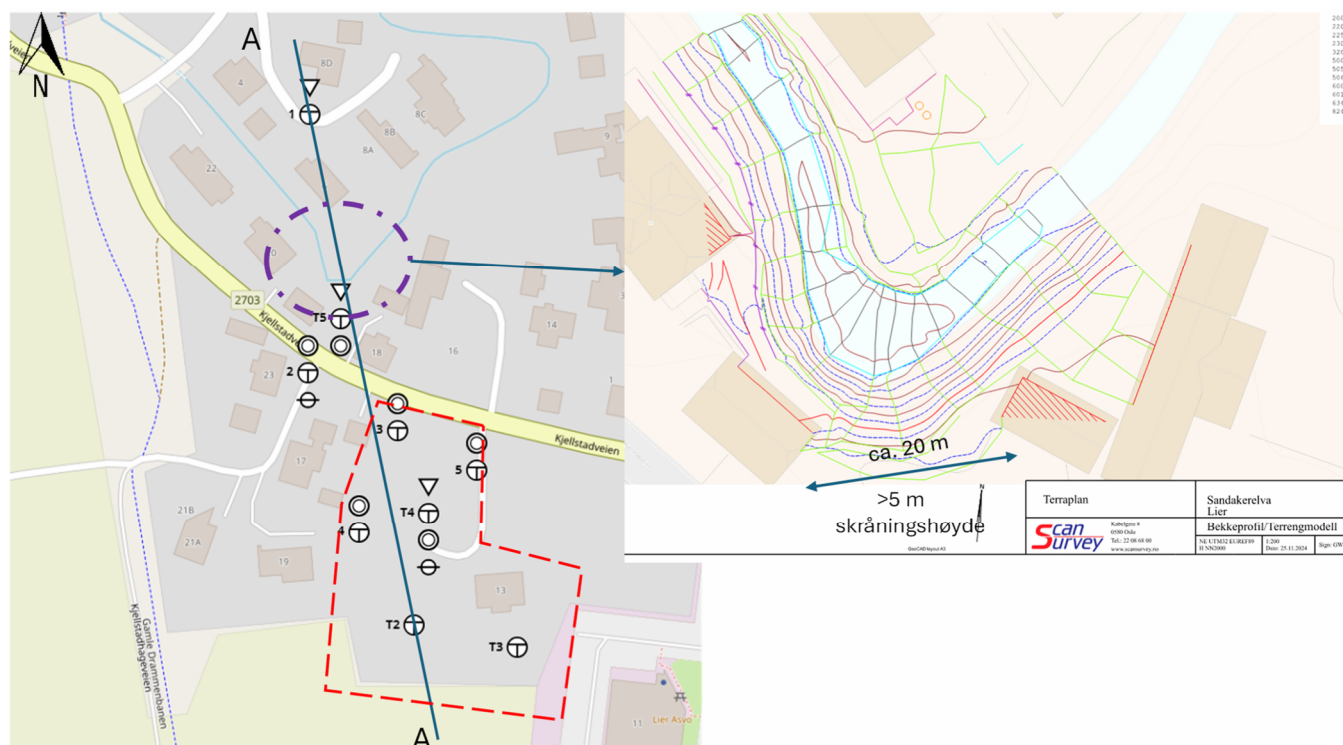
2 LAGDELING OG MATERIALEPARAMETERE

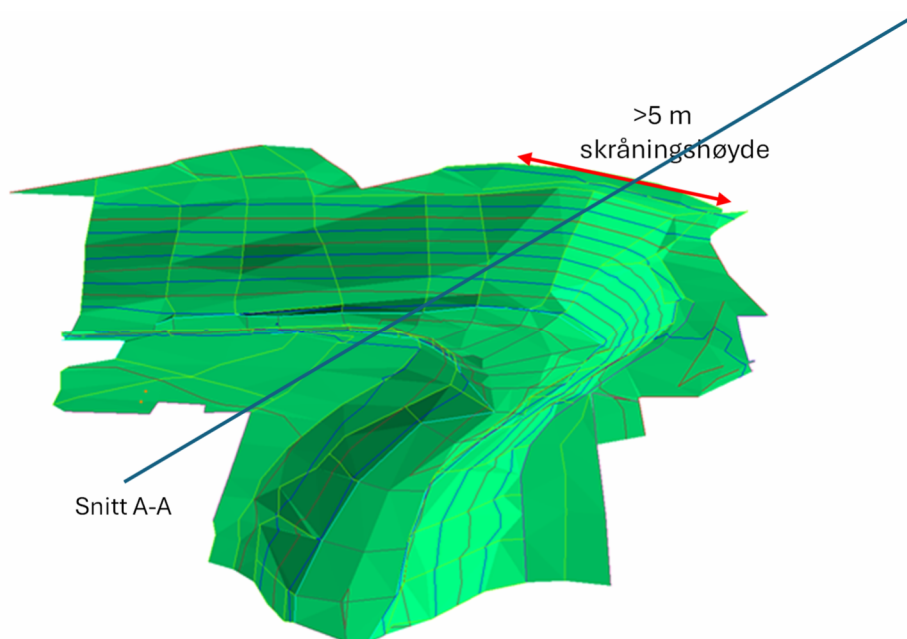
2.1 Lagdeling og valg av kritisk snitt

Basert på utførte landmåling av Scan survey og tolkning fra høydedata er det observert skråningshøyde > 5 m (i ca. 20 m strekning) fra elvebunnen. Maks. skråningshøyde er målt til ca. 5,7 m fra landmåling og dette er tatt som kritisk snitt for stabilitetsberegning.

Figur 1 viser oversikt over kritisk snitt (snitt A-A/ 4-4) benyttet for stabilitetsberegningen, utførte grunnundersøkelser, bekkprofil og terrengmodell fra landmåling, samt tiltaksområdet i rødt.

Borpunkt 1-5 er utført av Terraplan [9], og T2-T5 av DMR Miljø og Geoteknikk AS [6][7].





Figur 1. Oversikt over kritisk snitt (snitt A-A), utførte grunnundersøkelser, bekkprofil og terrengmodell fra landmåling samt tiltaksområdet i rødt

Snitt A-A streker seg fra tiltaksområdet og gjennom Sandakerelva. Lagdeling i snitt A-A er vurdert basert på utførte felt- og laboratorieundersøkelser:

Et topplag av sand/grusig leirig sand med mektighet på ca. 2-3 m. Derunder er det siltig leire/leire som er vurdert til å være sprøbruddmateriale/kvikkleire ned til minimum 20 meter.

Vedlegg 3-1 for lagdeling i snitt A-A.

2.2 Materialparametere

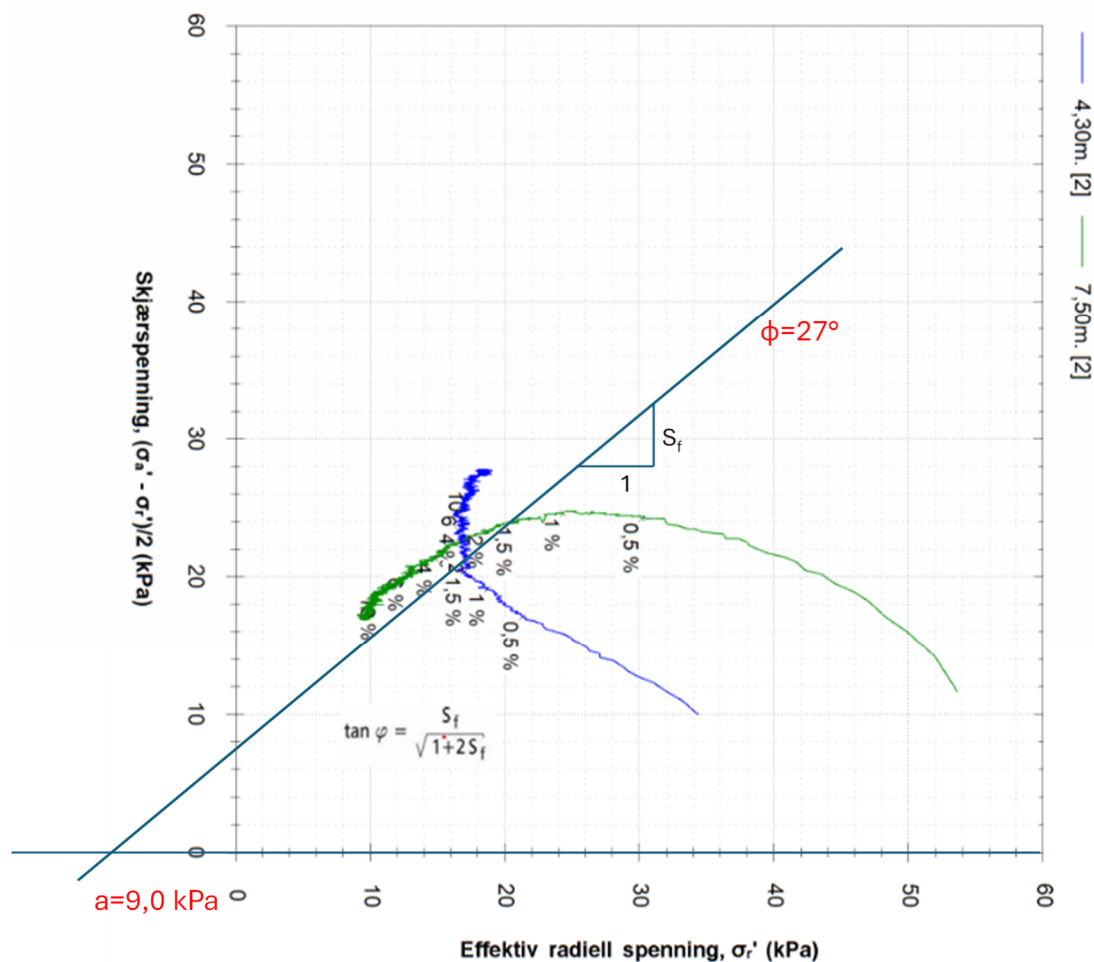
2.2.1 Drenerte styrkeparametere

Effektivspenningsparametere benyttet i vurderingene er basert på tolkning fra treaksforsøk i borpunkt 2, utførte trykksonderinger (CPTu) og erfaringstall fra HB V220 [10]. Kvalitet for treaksialforsøk i bh 2 er akseptabelt til godt forsøk, og anvendelsesklasse for CPTU er klasse 1.

Figur 2 viser tolkning fra treaksforsøk i borhull 2 i dybde 4,3 og 7,5 m. Tabell 1 angir karakteristiske verdier for tyngdetetthet og effektivspenningsparametere.

Tabell 1. Drenerte materialeparametere.

Løsmasser	Tyngdetetthet (kN/m ³)	Friksjonsvinkel (°)	Attraksjon (kPa)
Sand/grusig leirig sand	18,5	33	5
Leire/kvikkleire	18,5	27	9



Figur 2. Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon fra treaksforsøk i borhull 2 i dybde 4,3 og 7,5 m.

2.2.2 Udrenerte materialparametere

For leire/kvikkleire er det også tolket udrenert skjærfasthet (C_{uA}) fra Cptu og prøveserier, se vedlegg 3-2

- Cptu og prøveserie fra borhull 2 og T5 i skråningstoppen
- Cptu og prøveserie fra borhull 3 og T4 inne på eiendommen
- Cptu fra borhull 1 nordover bekken

Figur 3 viser designlinje for skjærfasthet (C_{uA}) fra borhull 2 og T5.

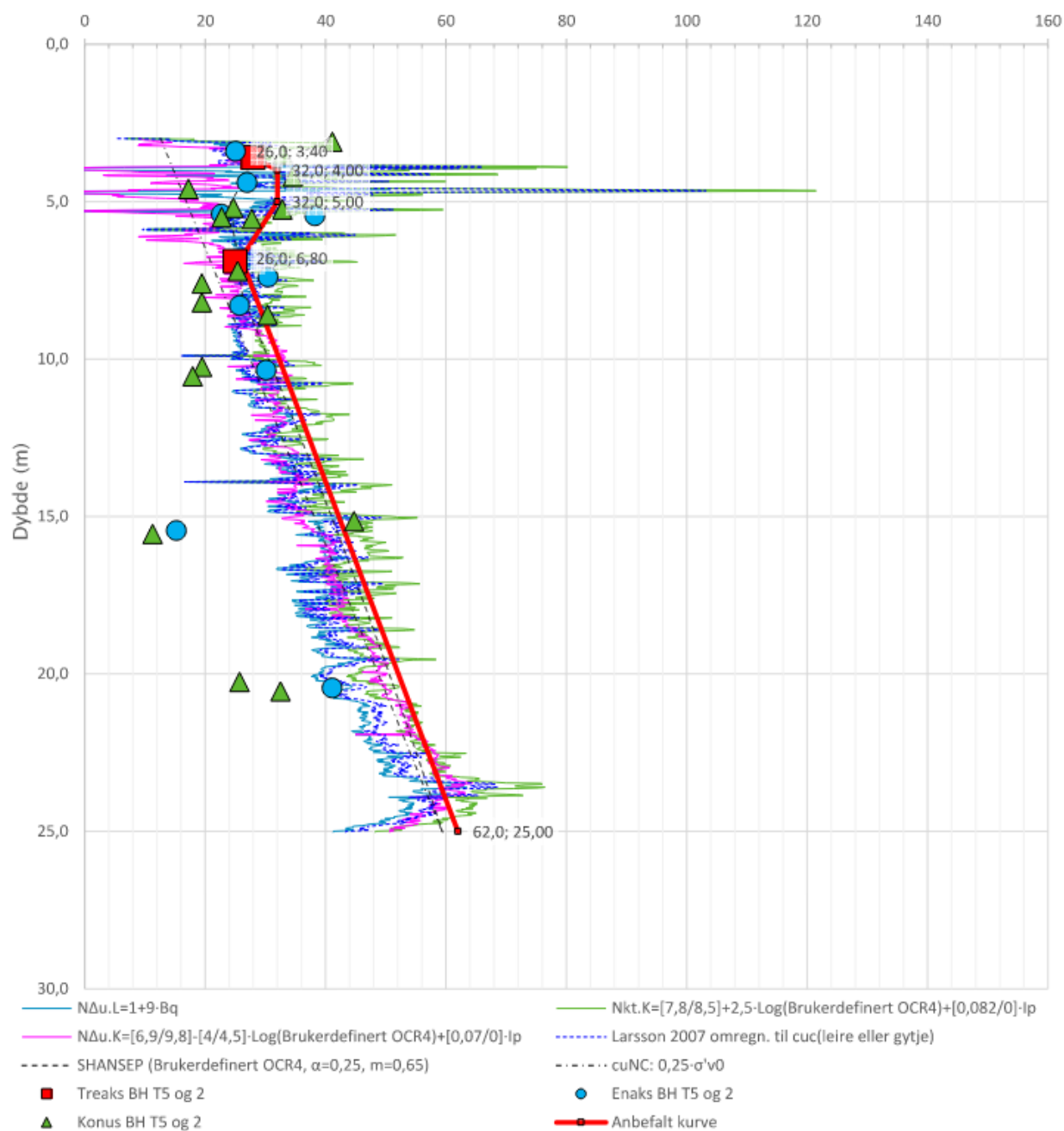
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH T5 og 2: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH T5 og 2: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH T5 og 2: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Figur 3. Designlinje for skjærfasthet (C_{uA}) fra borhull 2 og T5.

ADP-verdier for direkte og passiv skjærstyrke er valgt i henhold til NIFS rapport 14/2014 [11].

Plastisitetsindeks (IP) som er forskjellen mellom konusflytegrense (WL) og plastisitetsgrense (WP) er $< 10\%$ [6][7]. Det benyttes dermed følgende ADP- forhold for direkte og passiv skjærstyrke:

- $S_{uD} = 0,63 S_{uA}$
- $S_{uP} = 0,35 S_{uA}$

2.2.3 Grunnvannsmåling

Grunnvannstand i borhull 2 er målt 29.09.2024 og 24.10.2024 hvor det er målt ca. 2,2 m under terreng [9].

Det er installert 2 stk. poretrykksmålere ved borhull T4 i henholdsvis 7 og 15 m dybde under terreng. Målingene her fra viser antatt grunnvannstand ca. 1,0 – 1,2 m under terreng med hydrostatisk poretrykksøkning i dybden [7].

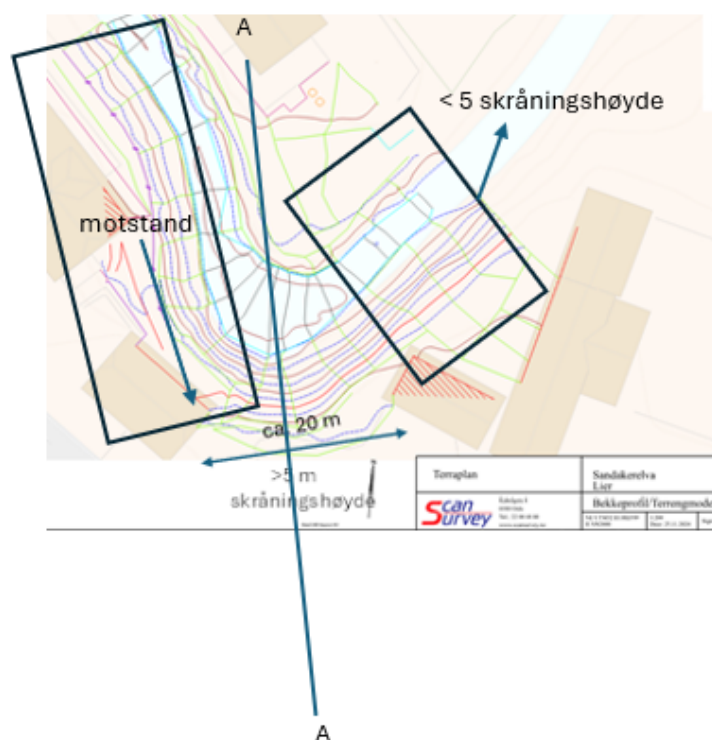
3 STABILITETSBEREGNINGER

Det er utført stabilitetsberegninger i snitt A-A basert på total- og effektivspenningsbasis. Det er brukt programvare Geosuite for stabilitetsvurderingene.

Iht. NVE veileder 1/2019 kap. 5.2 skal laster fra fyllinger, bygninger, anlegg og trafikk inkluderes i beregningene. I stabilitetsberegningene er det tatt hensyn til 10 kPa for lettbygg nærmest kritisk skråning (Kjellstadveien 18) og 20 kPa for last fra Kjellstadveien, og last fra tiltaksområdet tilsvarende 20 kPa.

Det er synlig plasting i elva i det kritiske skråningen, men det er tegn til overflateglidninger (høyere opp i terrenget, og utenfor høyeste vannstand, enn der det er plastret). Vi forutsetter at det må utføres tiltak i elveskråningen for å kunne tillate bygging innen faresonen.

Kap. 5.4 i veileder 1/2019 beskriver at dersom parallelle naboprofiler har vesentlig høyere sikkerhetsfaktor, kan det være grunnlag for å ta hensyn til geometrieffekter. Som det vises i figur 4 er naboprofil i vest nesten flatt og naboprofil i øst har en skråningshøyde som er mindre enn 5 m. På bakgrunn av dette er det brukt en forsiktig 3D-effekt i beregningene til svarende 1/L der L er konservativt antatt til 100 m.



Figur 4. Grunnlag for bruk av 3D-effekt.

Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt A-A for dagens- og ferdig situasjon vises i tabell 2 og vedlegg 3-3.

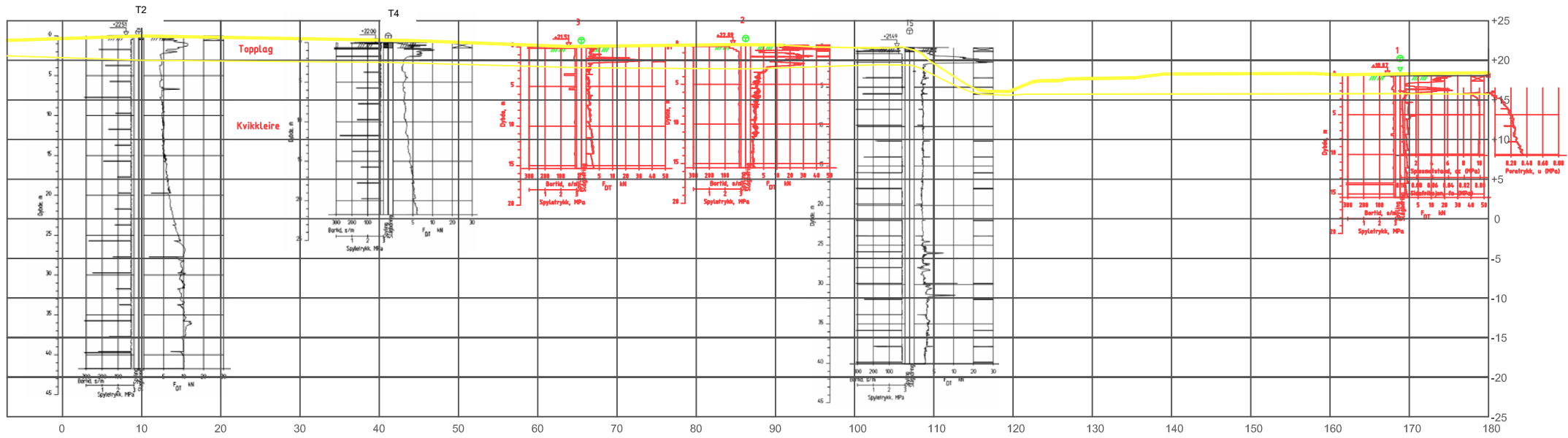
Tabell 2. Resultater fra stabilitetsberegninger i snitt A-A.

	Analysemetode	Sikkerhetsfaktor	Referanser
Dagens situasjon	Totalspenning	$F_c=1,23$ (skråning) $F_c=1,30$ (Kjellstadveien 18) $F_c=1,82$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-A
	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,27$ (skråning) $F_{c\phi}=1,84$ (Kjellstadveien 18) $F_{c\phi}=3,69$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-B
Ferdig situasjon	Totalspenning	$F_c=1,23$ (skråning) $F_c=1,30$ (Kjellstadveien 18) $F_c=1,82$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-C
	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,27$ (skråning) $F_{c\phi}=1,84$ (Kjellstadveien 18) $F_{c\phi}=3,69$ (tiltaksområdet)	Vedlegg 3-3-D

4 REFERANSER

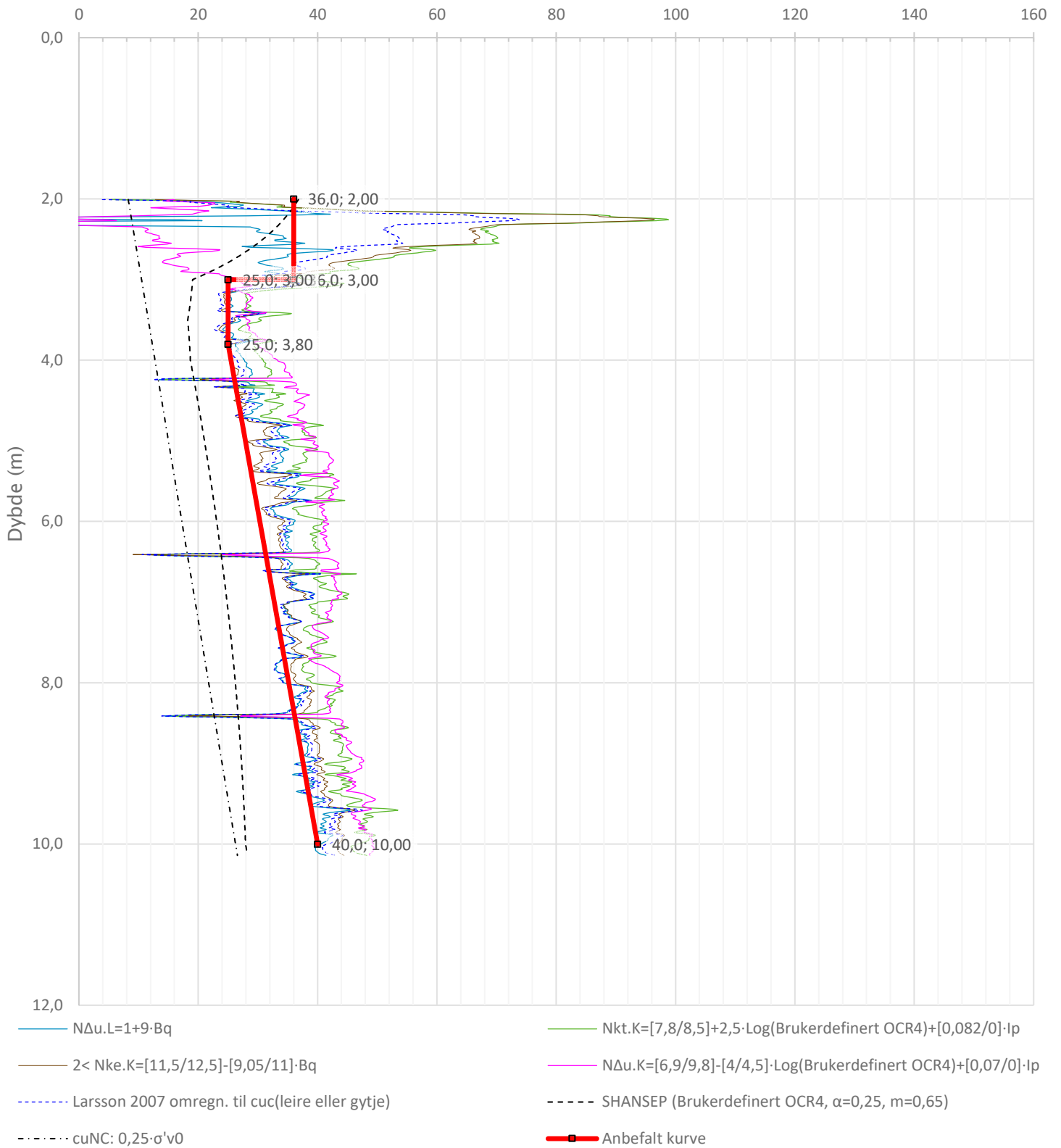
- [1] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [2] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,»
- [3] NVE, «NVE Temakart,» NVE, [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.
- [4] NGU, «NADAG - National database for grunnundersøkelser,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/nadag-avansert/>
- [5] NVE veileder 1/2019 – Sikkerhet mot kvikkleireskred
- [6] Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 25.03.2021: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [7] Datarapport: Saksnr.: 21-0025 Geoteknisk datarapport, 29.03.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [8] Geoteknisk notat-vurdering av områdestabilitet, rev. 01, 05.10.2022: DMR Miljø og Geoteknikk AS
- [9] Datarapport: 23202-RIG-RAP-01-00, 25.10.2024: Terraplan
- [10] Statens vegvesen, Geoteknikk i vegbygging. Håndbok V220.
- [11] NIFS: En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [12] NVE Ekstern rapport nr. 9/2020. Norges vassdrags- og energidirektorat, 2020.

Vedlegg 3-1: Lagdeling i Snitt A-A



Vedlegg 3-2: Designlinje for skjærfasthet

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



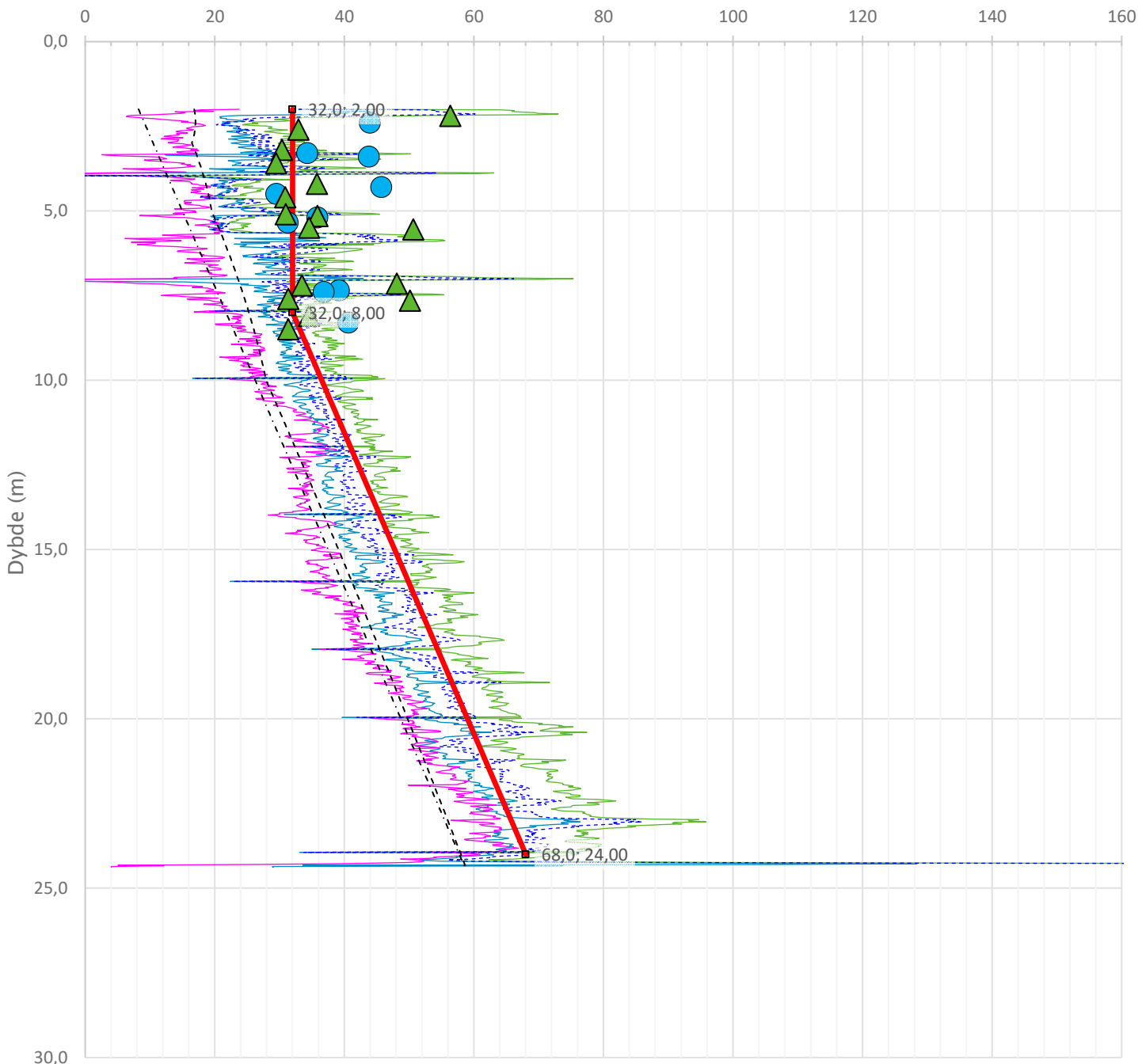
Prosjekt		Prosjektnummer: 23202 Rapportnummer: 23202-RIG-NOT-01		Borhull
Kjellstadveien 13				1
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				52315
Terraplan	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HH	KC	HH	1
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Ekstern konsulent	25.09.2024	Rev. dato	

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH T4 og 3: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH T4 og 3: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



- $N\Delta u.L=1+9 \cdot Bq$
- $N\Delta u.K=[6,9/9,8]-[4/4,5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0,07/0] \cdot \text{Ip}$
- - - - SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=0,25$, $m=0,65$)
- Enaks BH T4 og 3
- Anbefalt kurve
- $Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0,082/0] \cdot \text{Ip}$
- - - - Larsson 2007 omregn. til c_{uc} (leire eller gytje)
- - - - $c_{uNC}: 0,25 \cdot \sigma'v0$
- ▲ Konus BH T4 og 3

Prosjekt	Prosjektnummer: 23202 Rapportnummer: 23202-RIG-NOT-01	Borhull		
Kjellstadveien 13		T4 og 3		
Innhold	Sondenummer			
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet	5480			
Terraplan	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HH	KC	HH	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur
Ekstern konsulent	25.01.2022	Rev. dato	5	

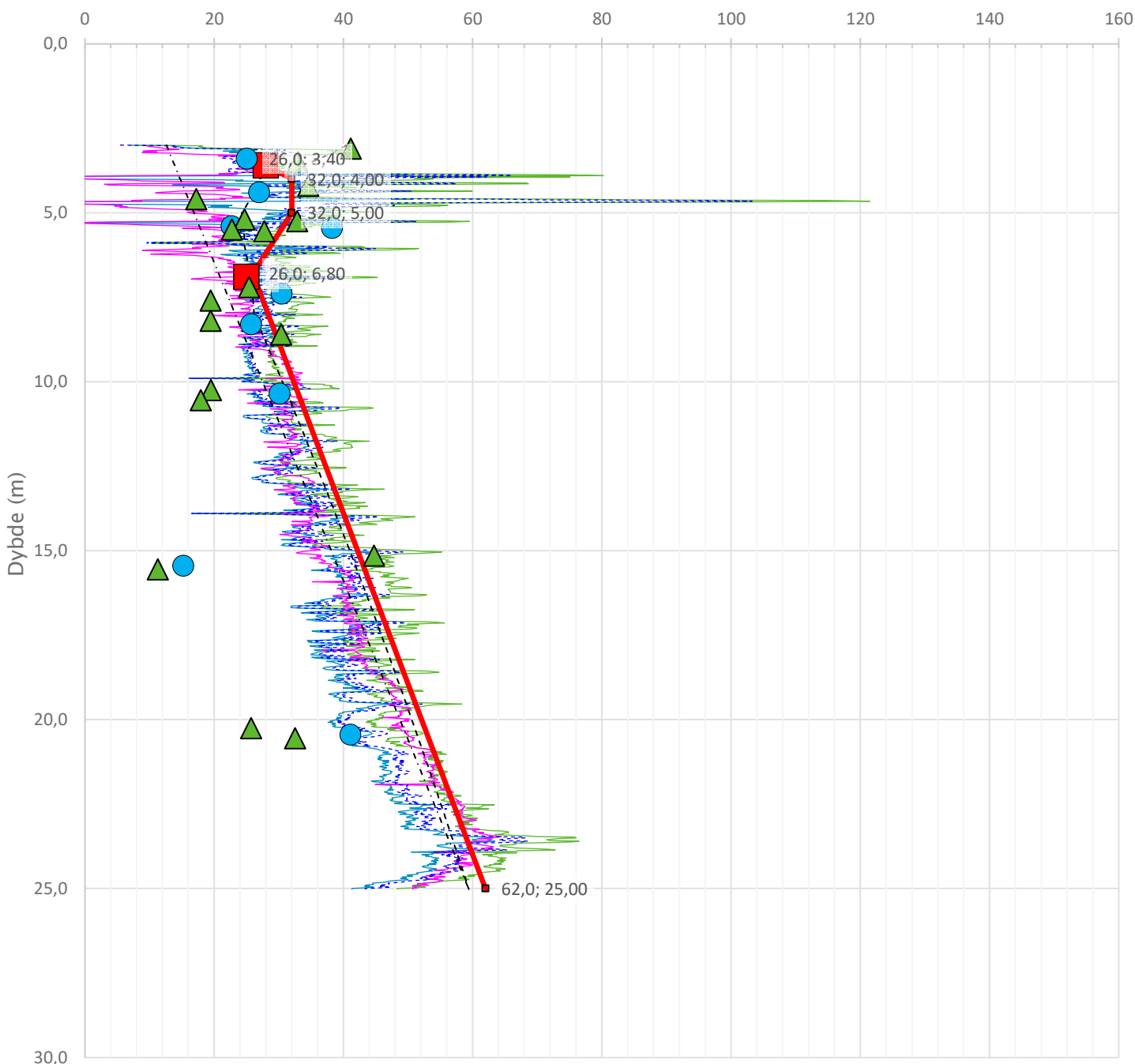
Anisotropiforhold i figur:

Trecks BH T5 og 2: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH T5 og 2: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH T5 og 2: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

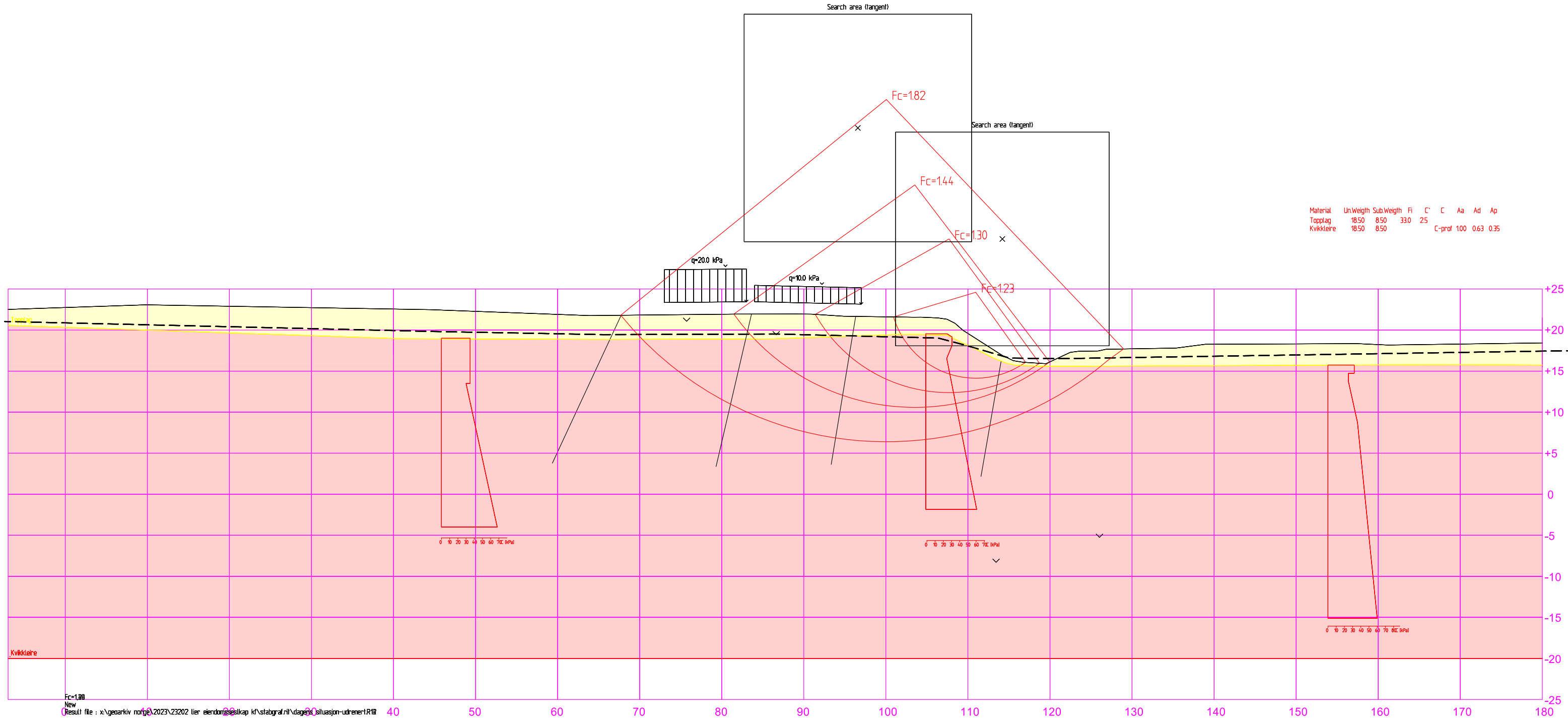
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



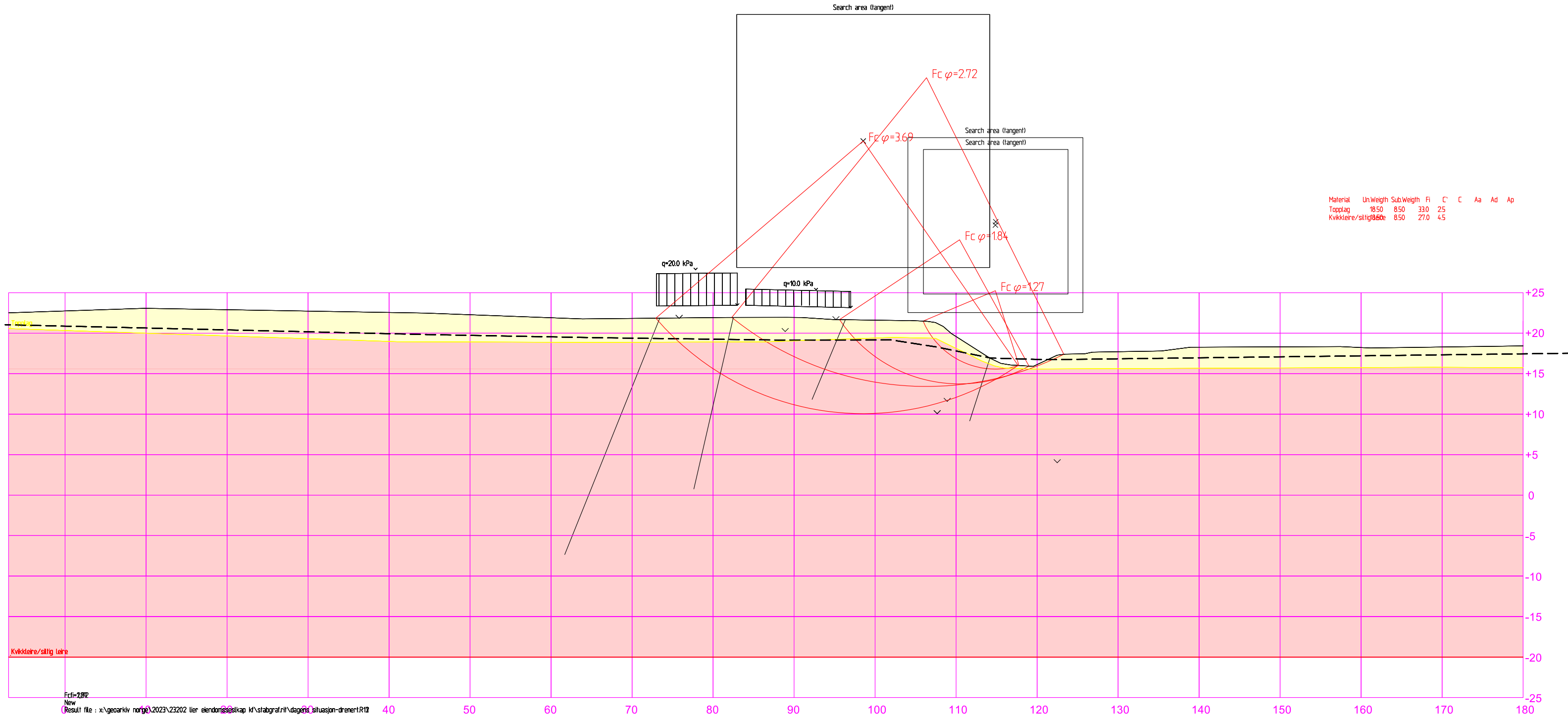
- $N\Delta u.L=1+9 \cdot Bq$
- $N\Delta u.K=[6,9/9,8]-[4/4,5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0,07/0] \cdot \text{Ip}$
- - - - SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=0,25$, $m=0,65$)
- Trecks BH T5 og 2
- ▲ Konus BH T5 og 2
- $Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0,082/0] \cdot \text{Ip}$
- - - - Larsson 2007 omregn. til c_{uc} (leire eller gytje)
- · - · - $c_{uNC}=0,25 \cdot \sigma'_{v0}$
- Enaks BH T5 og 2
- Anbefalt kurve

Prosjekt	Prosjektnummer: 23202 Rapportnummer: 23202-RIG-NOT-01	Borhull		
Kjellstadveien 13		T5 og 2		
Innhold	Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet	Sondennummer		
		5480		
Terraplan	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	HH	KC	HH	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Ekstern konsulent	25.01.2022	Rev. dato	5

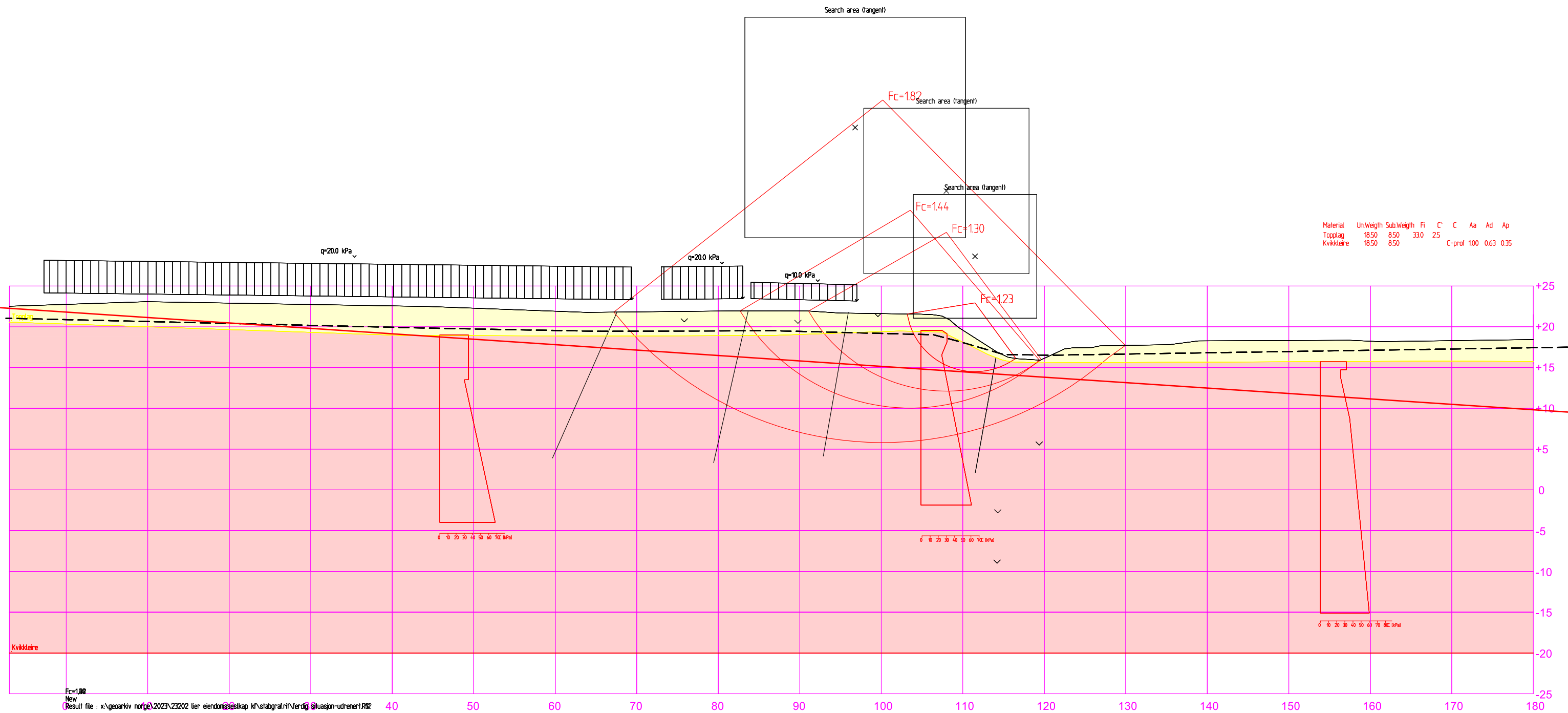
Vedlegg 3-3-A: Dagens situasjon - udrenert analyse



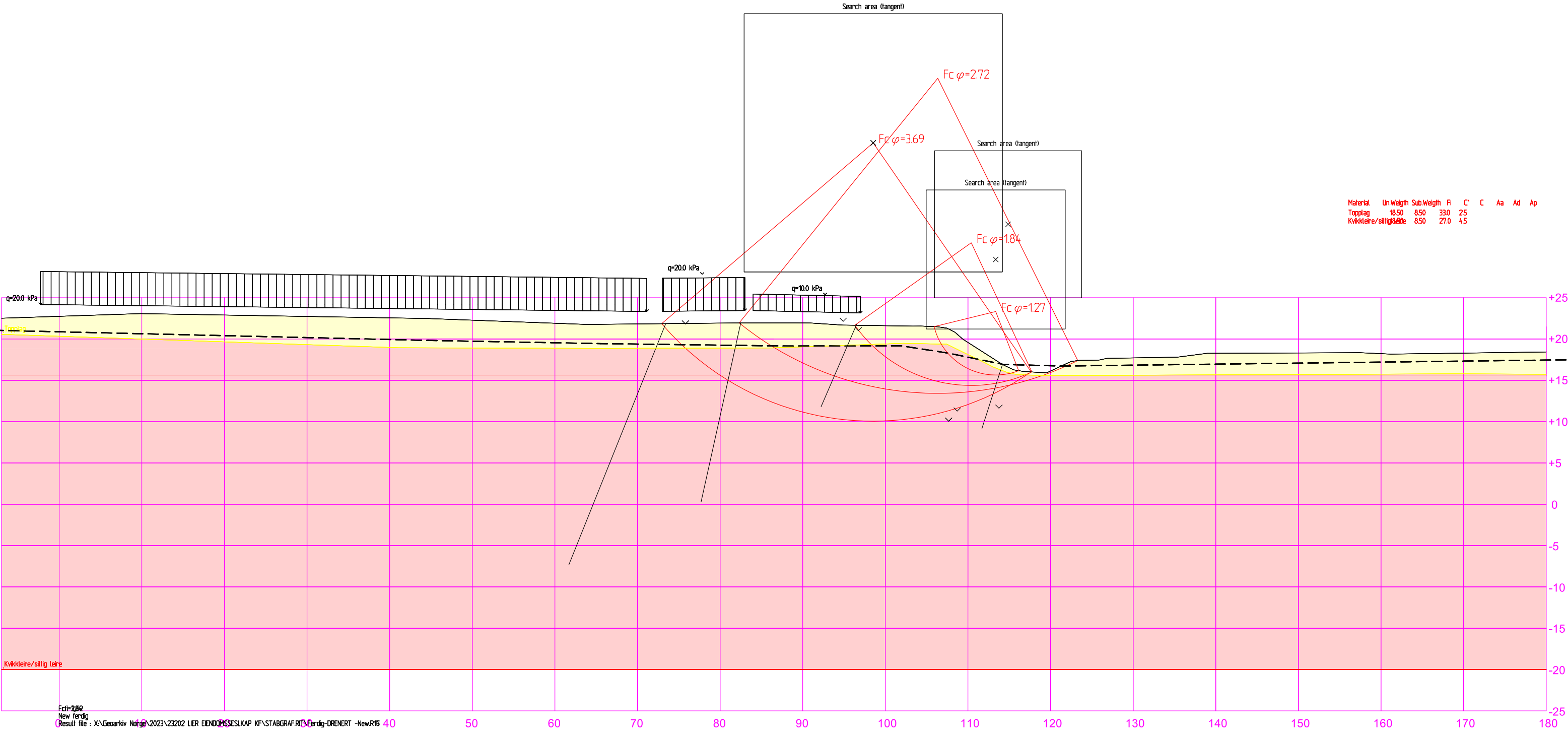
Vedlegg 3-3-B: Dagens situasjon - drenert analyse



Vedlegg 3-3-C: Ferdig situasjon - udrenert analyse



Vedlegg 3-3-D: Ferdig situasjon - drenert analyse



Fcφ=3.69
 New ferdig
 Result file : X:\Geoteknisk\2023\23202 LIER EIENDOMSELSKAP KF\STABGRAF.RIT\Ferdig-DRENERT -New.R16 40

Vedlegg 4: Faresoneklassifisering

Faregradsklasse			
Vurdering			
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	0	NGUS løsmassedatabase viser ikke til tidligere skredhendelser i området
Skråningshøyde, meter	2	0	< 15 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	Tolket til ca. 1-1,2 fra CPTU i bh T5
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	Målere i T4 tviser hydrostatisk poretrykk.
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	
Kvikkleire/sprøbruddsmektighet	2	3	Mer enn halve skråningshøyden
Sensitivitet	1	2	Varies mellom 32-100
Erosjon	3	2	Del av området er plastret og er derfor ikke utsatt for erosjon. Det er flere steder i elva hvor det er litt og noe erosjon. Historiske bilder viser til et område som har vært preget av landbruk og bebyggelse, lignende dagens situasjon. Over tid har det blitt mer bebyggelse, men det har ikke blitt utført store inngrep.
Inngrep, forverring	3	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	
Poeng (score x vektall):		20	
Beregnet faregradsklasse		Middels	
Faregrad		0,39	
Skadekonsekvens			
Vurdering			
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar
Boligheter, antall	4	3	Tett > 5
Næringsbygg, personer	3	1	Ett næringsbygg
Annen bebyggelse, verdi	1	0	Ingen som vi kjenner til
Vei, ÅDT	2	2	Kjellstadveien ÅDT=3000
Toglinje, baneprioritet	2	0	
Kraftnett	1	1	Det er antatt distribusjonsnett
Oppdemning/flo	2	1	Det vurderes som liten sannsynlighet for oppdemning/flo basert på en skjønsmessig vurdering av størrelsen på et eventuelt skred
Poeng (score x vektall):		22	
Beregnet skadekonsekvensklasse		Alvorlig	
Skadekonsekvens		0,49	
Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		19,17	
Risikoklasse:		4	

Evaluering av faregrad					
Faktor	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremekktighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Lite	Ingen
Sum			51	34	16
% av maksimal poengsum			100 %	67 %	31 %

Evaluering av skadekonsekvens					
Faktor	Vekttall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum			45	30	15
% av maksimal poengsum			100 %	67 %	33 %

Faregradsklasse	Vekt	Poengverdi	
1	Lav	0-17	
2	Middels	18-25	
3	Høy	26-51	
Skadekonsekvensklasser	1	Mindre alvorlig	0-6
	2	Alvorlig	7-22
	3	Meget alvorlig	23-45
Risikoklasse	1	0-170	
	2	171-630	
	3	631-1900	
	4	1901-3200	
	5	3201-10000	

Kjellstadveien 13					
Faregradsklasse, skadekonsekvens og risikoklasse iht. NVE					
Terraplan AS	Dato:	Utarbeider:	Kontroll:	Godkjent:	https://terraplan2.sharepoint.com/sites/Prosjekter/Delte dokumenter/2023/23202 - Lier Eiendomsselskap KF - Sandakerelva modellering/04 Arbeidsmappe RIG/01 Rapporter og notater/Områdestabilitetsrapport/Rev01/Vedlegg 6
	Oppdrag nr.:	Vedlegg nr.:	Versjon:		
	23.01.2025	HH	RR	HH	
	23202	6	0		

Terraplan

