

1003 - Ringerike. Osloveien 8-16






Geoteknisk Notat

1003-RIG-N-01_Vurdering av områdestabilitet



Geoteknisk notat

1003 - Ringerike. Osloveien 8-16	Dokumentnr.: 1003-RIG-N-01
Osloveien 10 Hønefoss AS	Dato: 26.06.2023
v/ Egil Berg	Antall sider: 2 av 34
Utarbeidet og egenkontroll utført av: Jonas Hjelme Dato: 26.06.2023	
Kontrollert av: Lars Erik Haug Dato: 27.06.2023	
Godkjent av: Dato: 27.06.2023	

Rev. Nr.	Dato	Bakgrunn	Utført av	Kontrollert av	Godkjent av
00	26.06.2023	Foreløpig	JH	LEH	JH

Sammendrag

GeoKonsept AS er engasjert av Osloveien 10 Hønefoss AS i forbindelse med utredning av områdestabilitet i forbindelse med reguleringsplan i Hønefoss i Ringerike kommune. Vurderingen er utført for adressene Osloveien 8-16.

Utredningen har fulgt prosedyre i NVEs kvikkleireveilder, og det ble påvist kvikkleire i grunnen.

På bakgrunn av dette er det definert en ny faresone:

- Faregrad lav.
- Konsekvens meget alvorlig
- Risikoklasse 3

Detaljer fremgår av notatet.

Innholdsfortegnelse

1.	<i>Innledning</i>	4
2.	<i>Topografi og grunnforhold</i>	5
2.1.	Topografi	5
2.2.	Grunnforhold	6
3.	<i>Regelverk og krav</i>	9
3.1.	Myndighetskrav	9
4.	<i>Vurdering av områdestabilitet</i>	10
4.1.	Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området.....	10
4.2.	Avgrens områder med marin leire.....	11
4.3.	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.....	11
4.4.	Bestem tiltakskategori	12
4.5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsnedområde.....	14
4.6.	Befaring	15
4.7.	Gjennomfør grunnundersøkelser	17
4.8.	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder.....	20
4.8.1.	Vurdering av skredmekanisme	20
4.8.2.	Avgrensning av løsnedområde	23
4.8.3.	Avgrensning av utløpsområde.....	24
4.9.	Klassifiser faresone	26
4.10.	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet	29
4.10.1.	Styrkeparamtere.....	29
4.10.2.	Laster	30
4.10.3.	Stabilitetsberegninger	30
4.11.	Innmelding av faresone.....	31
5.	<i>Kontroll</i>	31
6.	<i>Konklusjon</i>	32
7.	<i>Referanser</i>	33

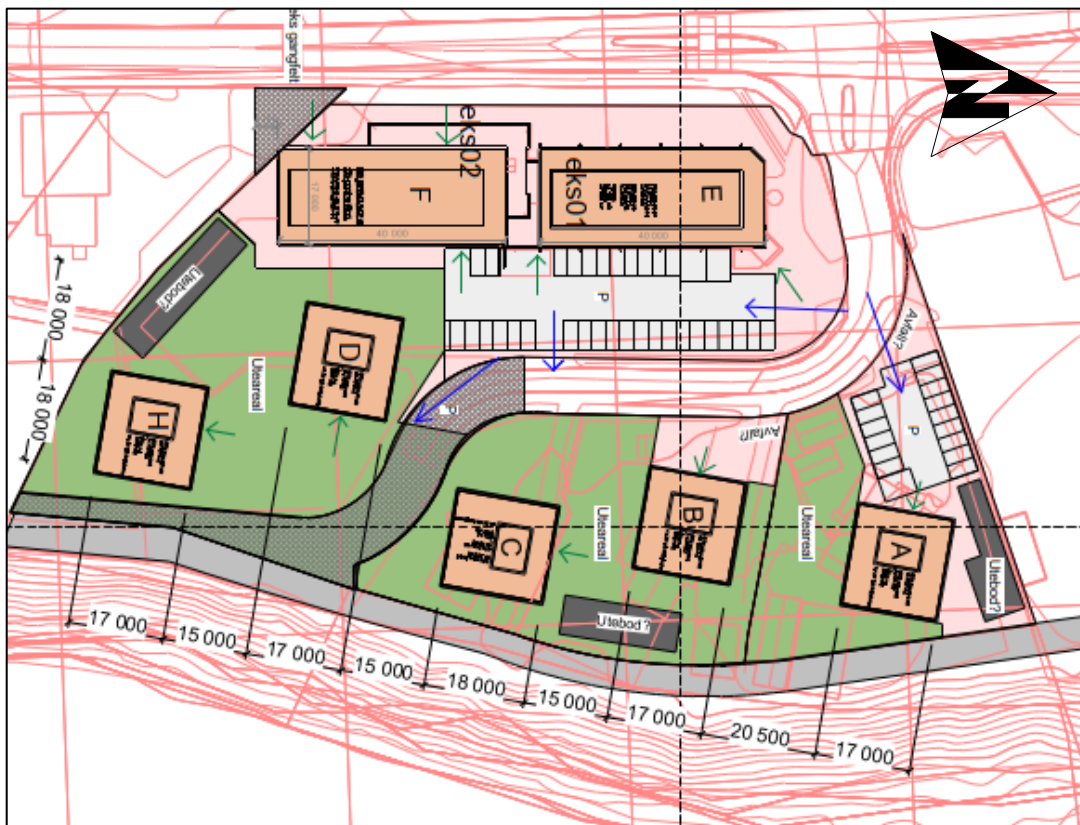
<u>Tegningliste</u>	<u>Tegn. Nr.</u>
Løsne- og utløpsområde	01
Stabilitetsberegninger	200 til 203
<u>Vedlegg</u>	<u>Sider</u>
Tolkning skjærfasthet CPTu	2 sider

1. Innledning

Hjelme AS er engasjert av Osloveien 10 Hønefoss AS v/Egil Berg for å foreta en geoteknisk utredning av områdestabilitet i forbindelse med regulering av en eiendom. Vurderingen er utført i henhold til NVE Veileder 1/2019 [1]. De aktuelle eiendommene har adresse Osloveien 8-16. Eiendommene ligger i Hønefoss i Ringerike kommune.

Det foreligger to reguleringsforslag, en for næring, og en for både næring og bolig. Begge reguleringene tar for seg samme område. Forslag til regulering for både næring og bolig er vist under i Figur 1-1. Det bemerkes at det i skissene kun er eiendommer i Osloveien 8-10 som er inkludert.

I planen skal det også reguleres for eiendommene 37/66, 37/8, 37/9 og 37/137. Det foreligger ingen planskisser for disse eiendommene, men det antas at det skal reguleres for samme formål som øvrige eiendommer.



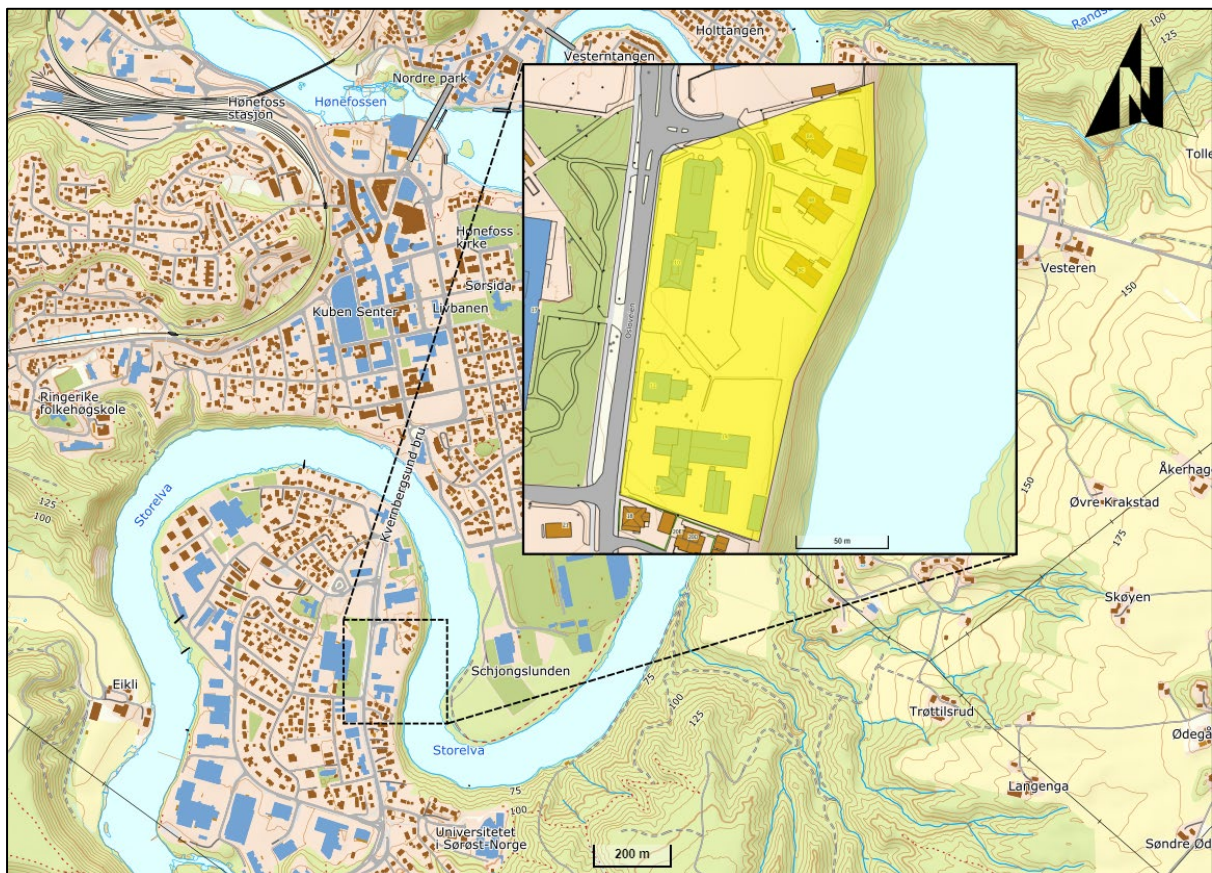
Figur 1-1: Forslag for regulering med næring og bolig

2. Topografi og grunnforhold

2.1. Topografi

Eiendommene ligger langs Osloveien i Ringerike kommune. Området er preget av både småhusbebyggelse og bolig- og næringsbygg. Osloveien 8-16 ligger rett øst for Hønefoss videregående skole, og ca. 450 meter nord for Universitetet i Sørøst-Norge.

Topografien rundt Hønefoss, er ellers preget av ravinerte landskapsformer og rasgroper i forbindelse med avsetning fra, og erosjon av Begna, Randselva og Storelva.



Figur 2-1: Kart over området. Gul skravur indikerer omtrentlig området som skal reguleres.

Eiendommen ligger under den marine grense, som er på ca. 220 moh. i området. NGUs løsmassekart indikerer at stedlige løsmasser i overflaten består av marin leire samt elv- og breelvavsetninger.

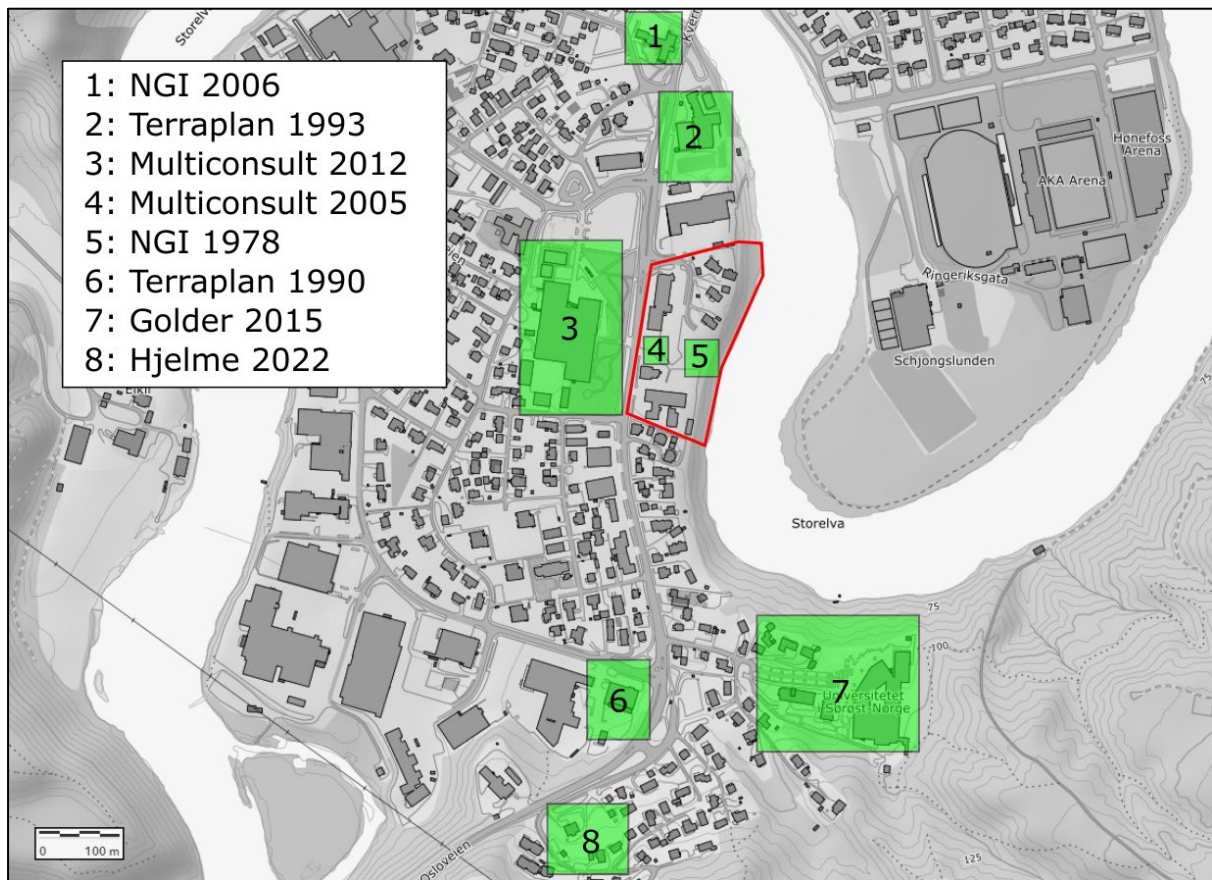
Området på Eikeli er i all hovedsak flatt, med en svak helning mot vest. Elveskråningene er generelt bratte, og står på nedsiden av Osloveien 10 med en skråningshelning på ca. 1:1,5 (H:L). Elveskråningen er på det meste ca. 15 meter høy fra regulert vannstand. Dybdekart viser at bunnen av Storelva, nedenfor det regulerte området ligger på ca. kote 55. Lenger syd, omtrent utenfor Osloveien 30-32, er bunnen kartlagt til kote 53 på det dypeste. Nordover mot Kvernbergsund stiger elvebunn til ca. kote 57-58.

2.2. Grunnforhold

Det er tidligere utført en del undersøkelser i nærområdet, også på en av de aktuelle eiendommene. De mest aktuelle undersøkelsene og tolkede grunnforhold er listet opp under:

- Multiconsult 2005, Geoteknisk datarapport inkl. foreløpig geoteknisk vurdering, Osloveien 10, Hønefoss [2]
 - Det er utført to totalsonderinger og en forstyrret prøveserie. Sonderinger er avsluttet ca. 10 og 12 meter under terreng. Prøvetaking viser siltig leire i området 5-9 meter. Toppmasser består av sand, silt og leire. Sonderingene er avbrutt uten å påvise berg, ca. 3-5 meter over normalvannstand i Storelva.
- NGI 1978, Grunnundersøkelse for ledningstrase ved elvekryss Schongslunden [3]
 - Utført en dreietrykksondering og tatt opp en uforstyrret prøveserie. Dreietrykksonderingen er avsluttet på ca. kote +57. Prøveserie viser tørrskorpe og finsand over silt. Prøveserien er avsluttet 9 meter under terreng. Dreietrykksondering viser antatt leire fra ca. kote +67. Nøyaktig plassering av undersøkelse vites ikke, men antakeligvis er den utført nært elveskråningen i Osloveien 10.
- Multiconsult 2012, Grunnundersøkelser, samt generelle stabilitets- og fundamenteringsvurderinger, Hønefoss VGS [4]
 - Det er utført seks totalsonderinger, samtlige avsluttet ca. 20 meter under terreng. Uforstyrret prøveserie er utført ned til ca. kote +64, og viser sand, silt og leire over siltig leire. Den siltige leiren er meget fast og lite sensitiv.
- NGI 2006, Vestlinjen [5]
 - Det er utført flere totalsonderinger samt prøvegravinger i Hønefossområdet. Borpunkt 7 ligger like ved Kvernbergsund bru, og består av en totalsondering avsluttet 50 meter under terreng. Sonderingen gir ingen indikasjoner på kvikk- eller sprøbruddeleire.
- Geoteam Terraplan 1990, Hønefoss postgård [6]
 - Utført dreiesonderinger og prøveserie. Sonderinger avsluttet på 10 meter. Ikke påvist kvikk- eller sprøbruddeleire
- Geoteam Terraplan 1993, Statens lærerhøyskole for handel og kontor [7]
 - Utført dreietrykksonderinger og prøveserie. Sonderinger avsluttet 11 meter under terreng. Ikke påvist kvikk- eller sprøbruddeleire
- Golder Associates 2015, Høyskolen i Buskerud [8]
 - Totalsondering utført ned til kote 57, grove masser med dybden. Ikke påvist kvikk- eller sprøbruddeleire.
- Hjelme 2022, Osloveien 58 og 66 [9]
 - Totalsondering utført ned til ca. 30 meter under terreng. Morenemasser.
- Norsk Teknisk Byggekontroll, Ringerike Rådhus [10]
 - Dreietrykksonderinger, maksimalt 12,5 meter under terreng. Sand og grus.

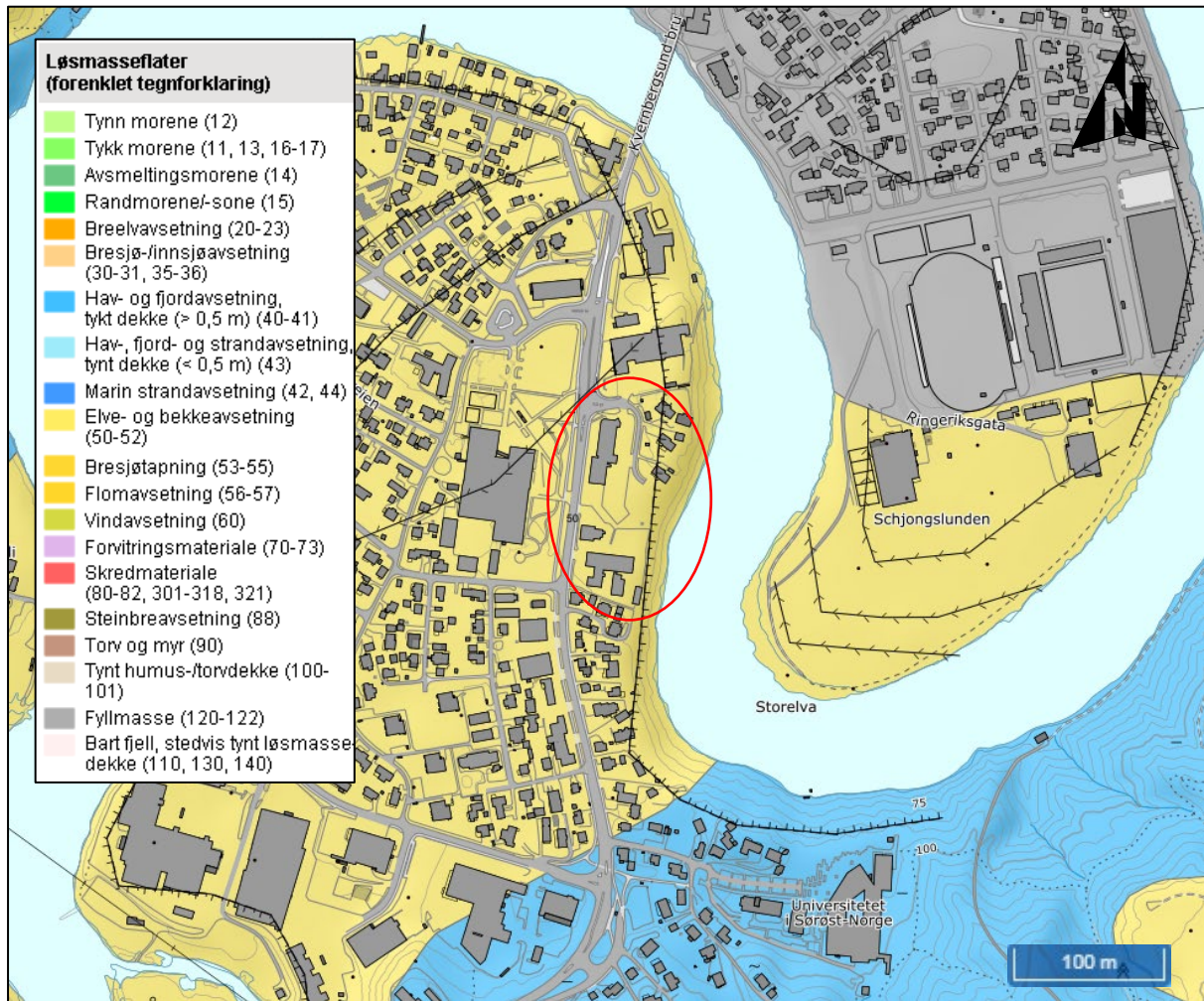
Det er i undersøkelsene ikke påvist kvikk- eller sprøbruddeleire. De aller fleste av de undersøkte punktene er avsluttet på en kote høyere enn elvebunn i Storelva.



Figur 2-2: Oversikt over plassering av tidligere undersøkelser.

Av sonderingene utført på selve reguleringsområdet, er Multiconsult 2005 [2] sine totalsonderinger avsluttet for grunt til å kunne avkrefte kvikk- eller sprøbruddeleire i nivået under kote +70, mens NGI 1978 [3] sin dreietrykksondering indikerer at massene ned til ca. kote 57 ikke har kvikk- eller sprøbruddegenskaper. Utover det er de aller fleste undersøkelsene i området avsluttet for grunt, eller har manglende opptak av prøver i nivåer hvor en kan anta sprøbruddeleire.

I Figur 2-2 er plassering av tidligere undersøkelser vist. Det er i hovedsak kun NGI 2006, Golder 2015 og Hjelme 2022 som avgrenser mulig sprøbruddeleire i området, med tilstrekkelig dype sonderinger.



Figur 2-3: NGUs løsmassekart. Planlagt regulert område innsirklet i rødt. [10]

3. Regelverk og krav

3.1. Myndighetskrav

Følgende er en liste over regelverk, veiledere og standarder som ligger til grunn for geoteknisk vurdering av områdestabilitet.

Forskrifter:

- TEK 17 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger
- TEK 17 §10-2 Konstruksjonssikkerhet
- SAK 10 Byggesaksforskriften

Prosjekteringsstandarder:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1: Allmenne regler
- NS-EN 1997-2:2007+Na:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver.

Håndbøker og veiledninger:

- Vegvesenets håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging
 - NVE Veileder 1/2019 – Sikkerhet mot kvikkleireskred
-

4. Vurdering av områdestabilitet

NVEs kvikkleireveileder [1], gir føringer på hvordan et tiltak kan planlegges og bygges, slik at tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred kan ivaretas.

I veilederen er det laget en egen prosedyre for utredning av områdeskredfare, vist i Tabell 4-1. Videre vurdering av områdestabilitet i dette notatet, følger prosedyren gitt i kvikkleireveilederen.

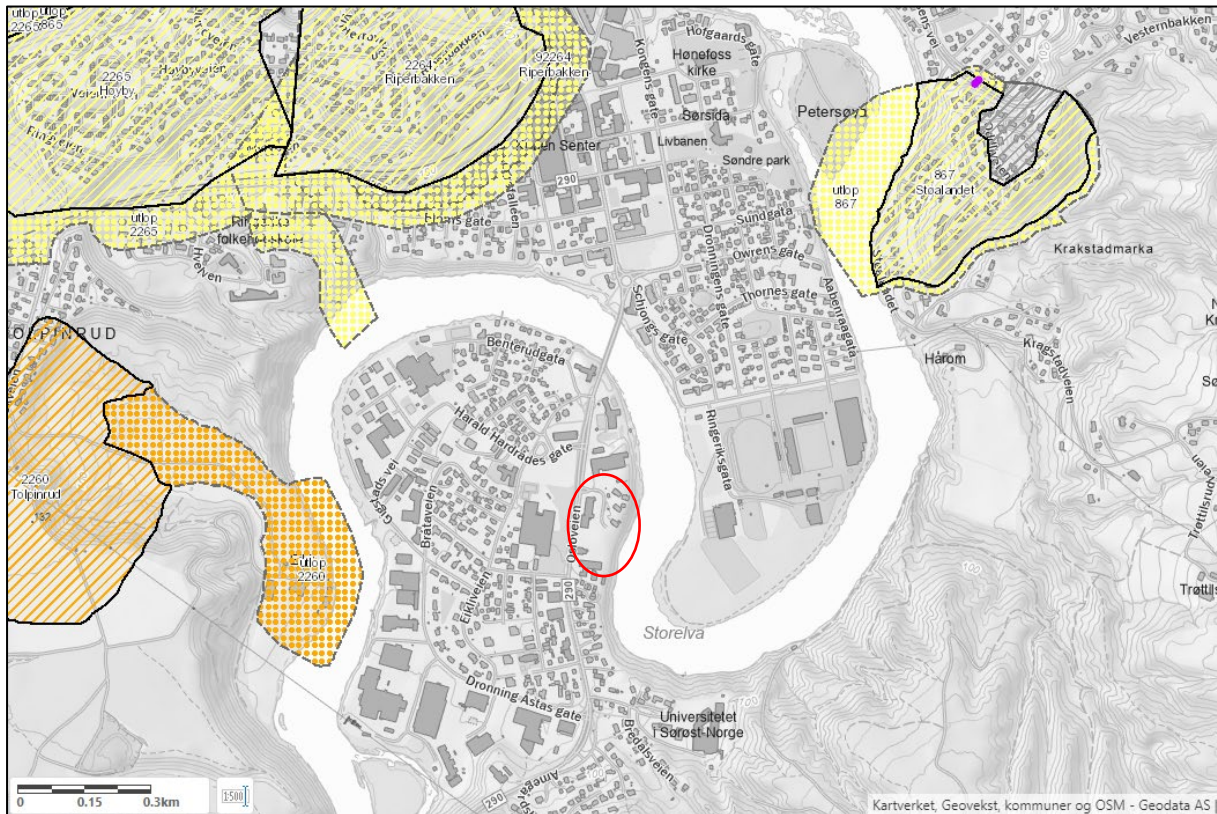
Tabell 4-1: Prosedyre for utredning av områdeskredfare iht. NVE Veileder 1/2019 [1]

Prosedyre for utredning av områdeskredfare		
Nr.	Aktivitet	Kommentar
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Tiltaket ligger ikke innenfor en kartlagt faresone, men det er flere kvikkleiresoner i Hønefoss-området.
2	Avgrens områder med mulig marin leire	Hele området ligger under den marine grense. Løsmassekart og grunnundersøkelser i området viser at det er marin leire i dybden.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	Terrengkriteriene for utløsning av områdeskred er til stede.
4	Bestem tiltakskategori	Næring- og boligbygg. K4
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde	Kritiske skråninger identifisert. Reguleringsområdet ligger i et mulig løsneområde.
6	Befaring	Befaring utført 21.11.2022 av Jonas Hjelme
7	Gjennomfør grunnundersøkelser	Utført. Sprøbruddleire påvist.
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder	Utført
9	Klassifiser faresoner	Faregrad lav
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet	Det må gjennomføres stabiliserende tiltak.
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	Utføres etter UKS

Vurderingene for hvert punkt i prosedyren, beskrives nærmere i underliggende avsnitt.

4.1. Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området

Nærmeste kartlagte faresoner er Riperbakken, Stølandet og Tolpinrud, samt utløpsområder for disse. Ingen av utløpsområdene er kartlagt til å nå området i Osloveien.



Figur 4-1: Kartlagte kvikkleireområder rundt Hønefoss. Plassering av tiltaket i Osloveien er innsirklet i rødt. Lilla punkter markerer kvikk- eller sprøbruddeleire påvist av SVV. [11]

4.2. Avgrens områder med marin leire

Hele det planlagte reguleringsområdet ligger under marin grense. Tidligere utførte grunnundersøkelser i området påviser marin leire. Dybden til berg er antatt til mer enn 25 meter.

4.3. Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

Det er ikke jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 i området, men elveskråningen er høyere enn fem meter. Total skråningshøyde inkludert dybde til elvebunn er antatt til opp mot 28 meter, noe som medfører et mulig aktsomhetsområde på $20 \times 28 = 560$ meter. Aktsomhetsområdet vil dermed inkludere mer eller mindre størstedelen av området rundt Eikeli.

Det er ingen synlige bergblotninger i området.

4.4. Bestem tiltakskategori

Valg av tiltakskategori bestemmes av tabell 3.2 [1], og er vist under.

Oppføring av boligbygg og/eller næringsbygg fører til større tilflytting/personopphold, og faller inn under tiltakskategori K4.

Tabell 4-2: Beskrivelse av tiltakskategori, hentet fra [1]

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting Massedeponier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

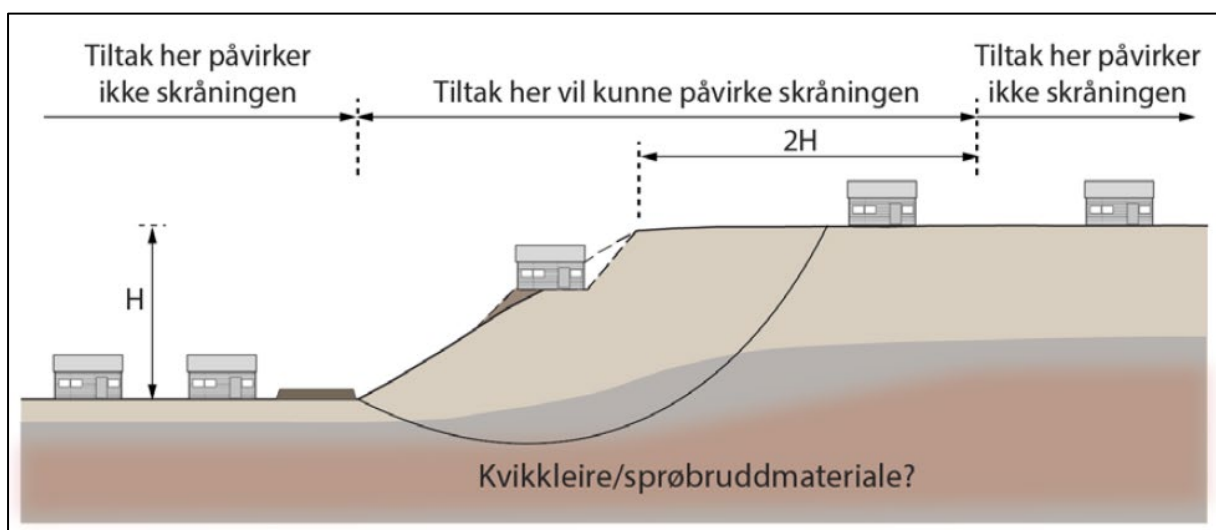
Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4 er gitt i avsnitt 3.3.6 i [1].

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten, kreves det en absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten, kreves det en sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$. Om sikkerheten er lavere, kreves det prosentvis forbedring iht. Tabell 3-3.

Tabell 4-3: Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor. Hentet fra [1].

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	
K4	Forbedring	Vesentlig forbedring	

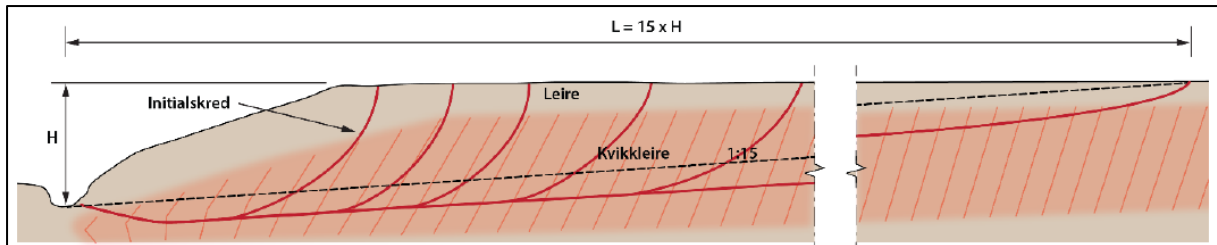
For skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_c \geq 1,25$ samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,20$. Det legges til grunn at en skråning er utenfor influensområdet dersom tiltaket ligger i en avstand større enn to ganger høyden ($2 \cdot H$) bak skråningstopp.



Figur 4-2: Prinsipp for bestemmelse av influensområde [1].

4.5. Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løснеområde

For å avgrense maksimalt løснеområde, anbefaler NVEs kvikkleireveileder å sette lengden på løснеområdet bakover i forhold til skråningsfoten $L=15 \cdot H$,

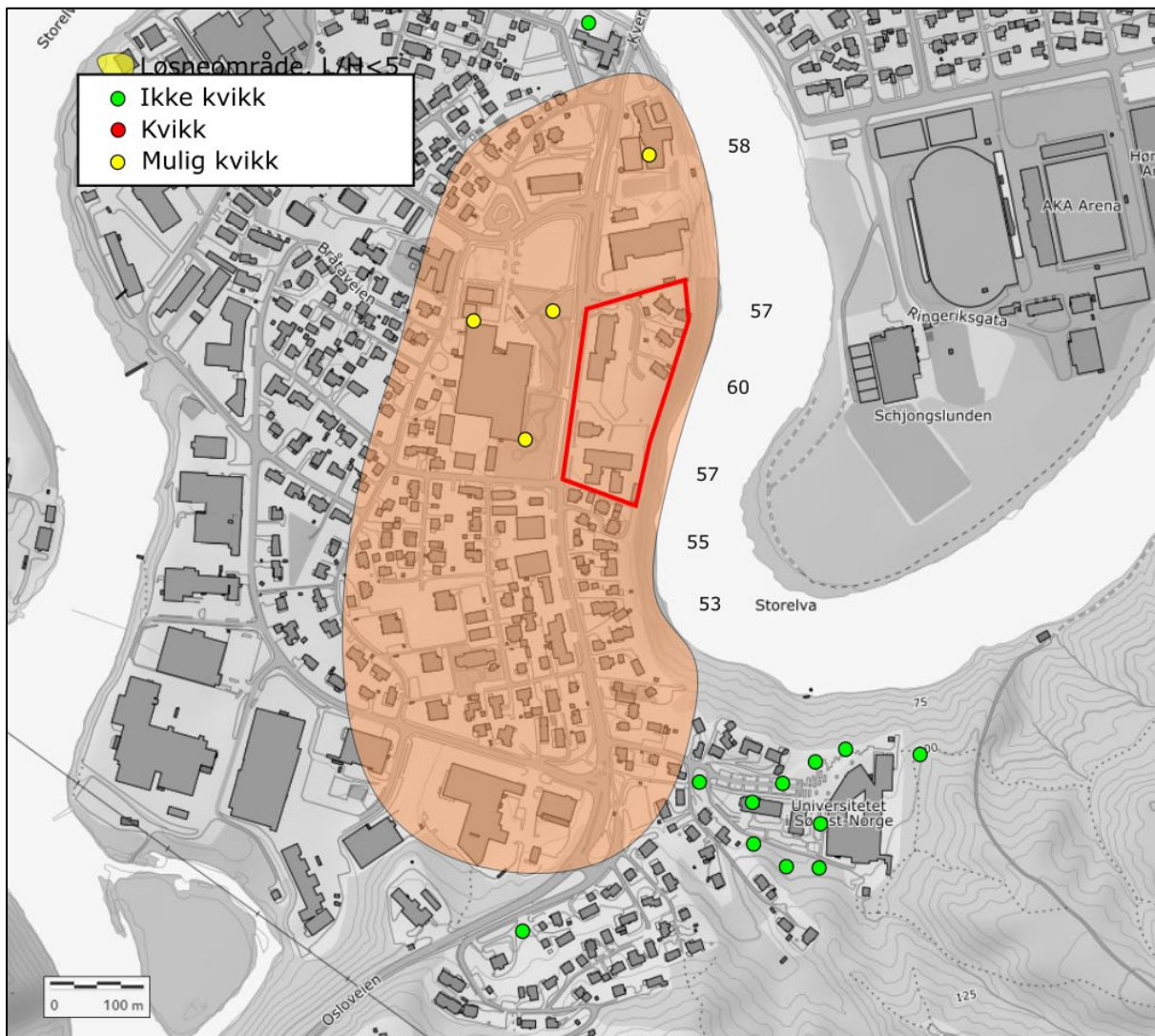


Figur 4-3: Metode for å finne maksimalt løснеområde

I dette tilfellet, vil elveskråningen mot øst være kritisk skråning. Skråningshøyden er over fem meter langs hele strekningen fra Kvernbergsund bro og sydover til universitetet. Tidligere utførte grunnundersøkelser viser at det ikke er kvikkleire ved Kvernbergsund bro [5], ved universitetet [8] [12] og ved Osloveien 66 i syd [9].

Løснеområdet er avgrenset med grunnundersøkelser som påviser ikke-kvikke masser eller $L=15 \cdot H$ og vist i Figur 4-4.

Skråningshøyden er totalt antatt til 28 meter, hvor en antar at dypeste punkt i Storelva nedenfor Osloveien 30-32 ligger på ca. kote +53 [13]. Lenger nord, mot reguleringsområdet (Osloveien 8-14) varierer bunnkote på Storelva mellom kote +55 og +60.



Figur 4-4: Mulig løsråeområde basert på $L=15*H$ og avgrenset mot tidligere utførte undersøkelser i området. Bunnkoter i Storelva er vist med tall.

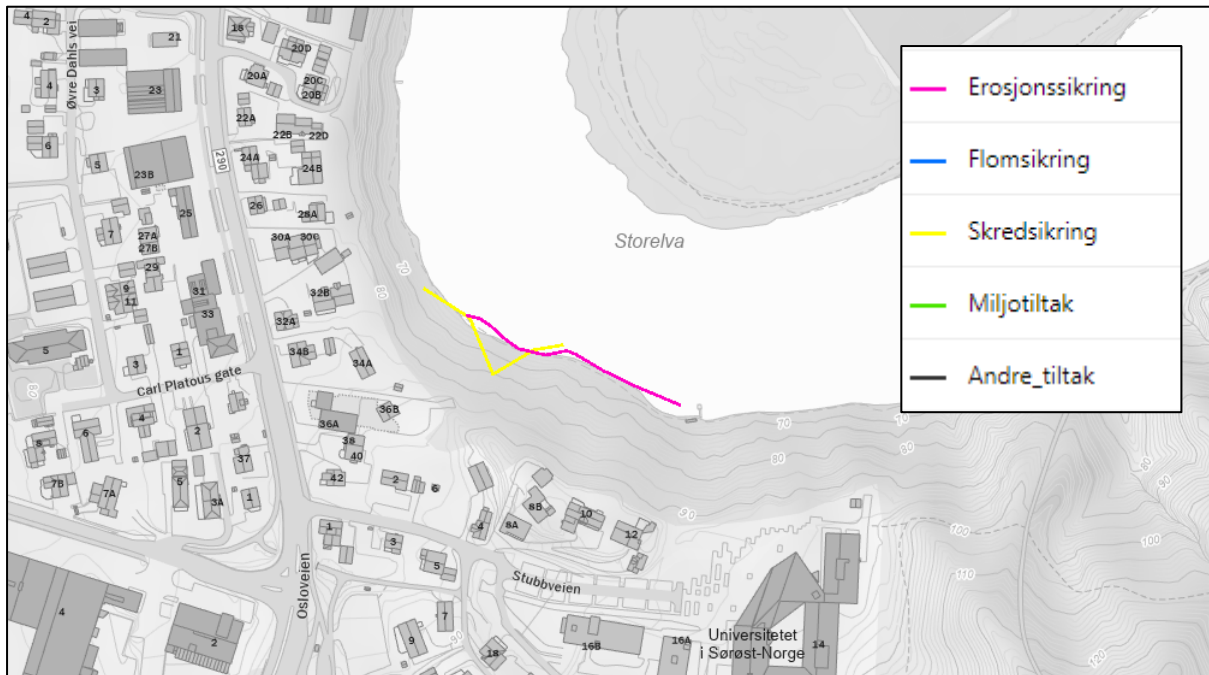
Det er ingen høyereliggende områder på Eikeli utover Tandbergmoen mot syd. I Tandbergmoen er det tidligere utført kartlegging, og det er konkludert med at området ikke er et mulig løsråeområde [12] og [14]. Reguleringsområdet ligger altså ikke i et mulig utløpsområde for skred.

4.6. Befaring

Befaring ble utført av geotekniker Jonas Hjelme den 21.11.2022.

Hele elvestrekningen i det mulige løsråeområdet ble befart. Det var generelt lite tegn til aktiv erosjon, men noe tegn til utvasking av finstoff langs elvebredden. Vegetasjonen var meget tett, og det var ingen synlige historiske eller nylige utglidninger. Langs store deler av elven i strekningen, foregår det avsetning, og det er flere sandbanker i elven.

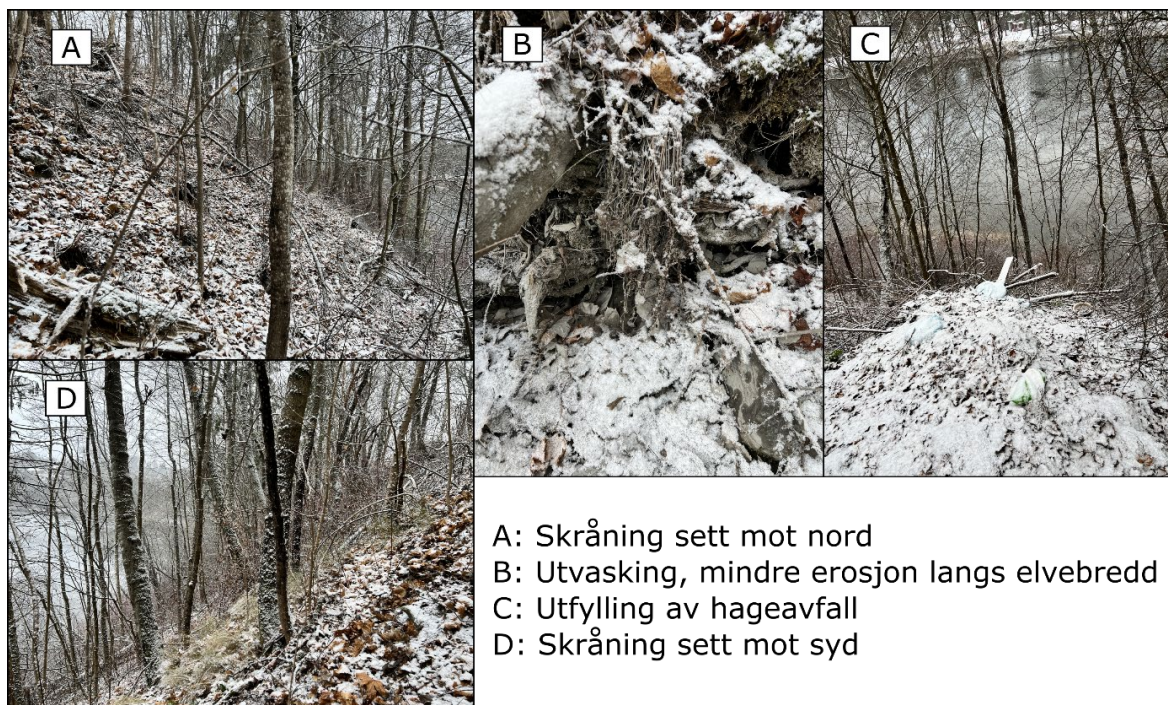
I de sydlige delene av området er det tidligere utført erosjonssikring og motfylling for elveskråning (Figur 4-5).



Figur 4-5. Plassering av erosjon- og skredsikring i Storelva fra NVE-atlas

På toppen av skråningen ved Osloveien 8B var det utfyllt hageavfall fra topp skråning, noe som lokalt medførte meget bratt skråningsvinkel.

Skråningen ellers står på ca. 1:1,5, tilsvarende den naturlige friksjonsvinkelen til massene (33°).



Figur 4-6: Bilder fra befarings

Utover Storelva er det ingen andre områder med mulig erosjon i området.

4.7. Gjennomfør grunnundersøkelser

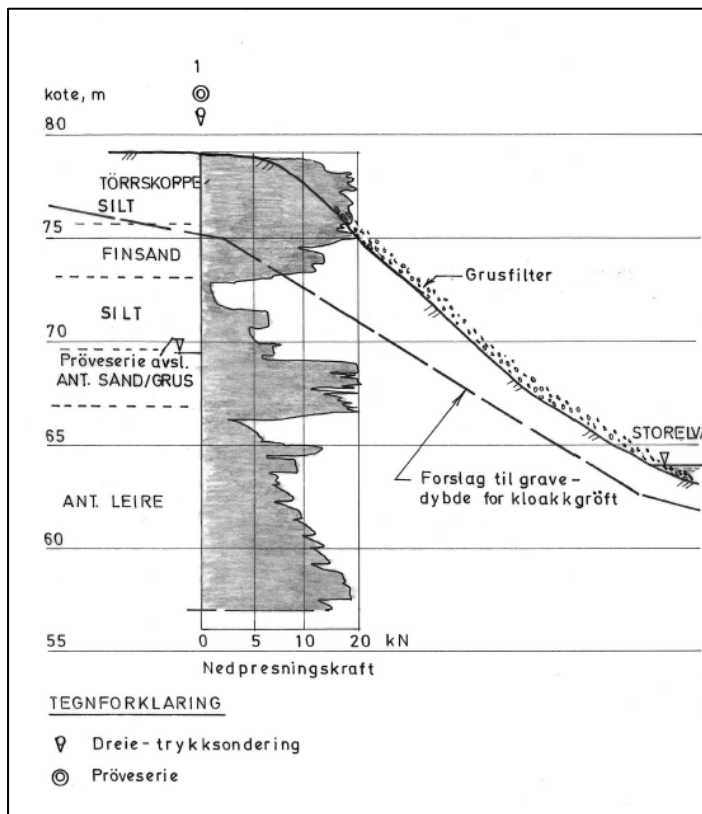
Grunnundersøkelser ble gjennomført i to omganger. Først 9-10. januar og deretter 27. april 2023. Boreentreprenør var Norsk Grunnboring AS.

Fullstendige resultater fra felt- og laboratorieundersøkelser kan sees i datarapport 1003-RIG-R-01 [9].

Det ble først boret totalt 7 punkter fordelt over eiendommene, og det ble tatt opp to prøveserier, gjennomført to CPTu og installert ett piezometer. Undersøkelsene gjennomført i 9-10 januar påviste ikke kvikk- eller sprøbruddleire.

Det ble forsøkt uforstyrret prøvetaking i 2 punkter, men grunnet faste masser ble det kun tatt opp sylindre i borpunkt 1. Omrørt skjærfasthet i to prøver tatt opp ved 9-10 og 14-15 meter under terreng, er henholdsvis 3,24 og 5,77 kN/m². CPTu-sondering gjennomført i borpunkt 3 er avsluttet 19,5 meter under terreng, og gav ingen tegn på kvikk- eller sprøbruddmasser. Det ble forsøkt å gjennomføre CPTu sondering i borpunkt 4, men denne ble avbrutt på grunn av for stor sonderingsmotstand.

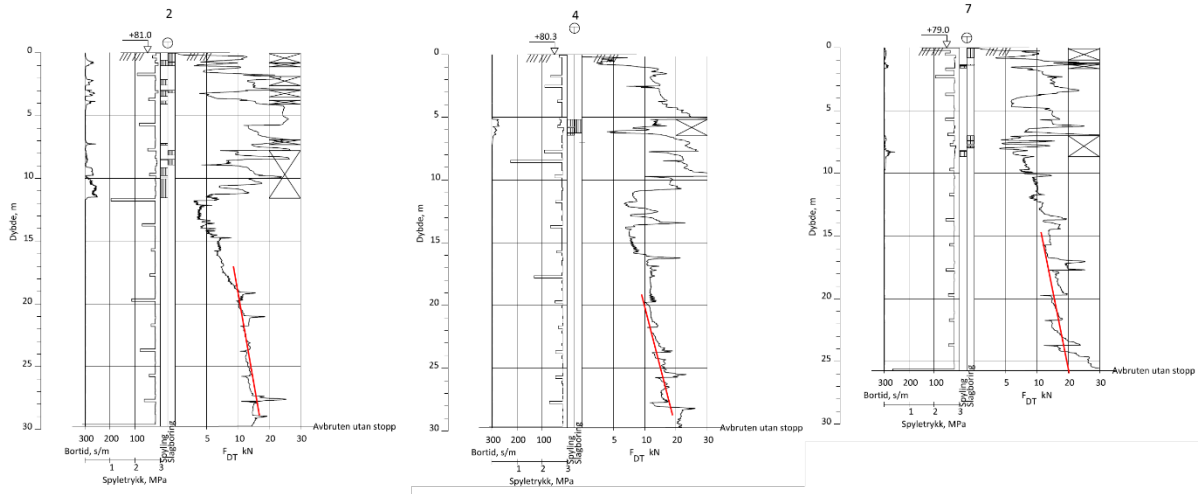
Ingen av totalsonderingene utført i januar gav tegn på at det er kvikk- eller sprøbruddleire i de øvre løsmasselagene, men det kan ikke utelukkes i dypereliggende lag. Totalsondering 4 kan gi indikasjon på sprøbruddmasser mellom kote +63 og +60, og totalsondering 5 kan gi indikasjoner på kvikk- eller sprøbruddleire fra henholdsvis ca. +53. Tidligere utført dreietrykksondering [5], viser ingen tegn til sprøbruddoppførsel med stor økning av matekraft mot dybde ned til ca. kote +57.



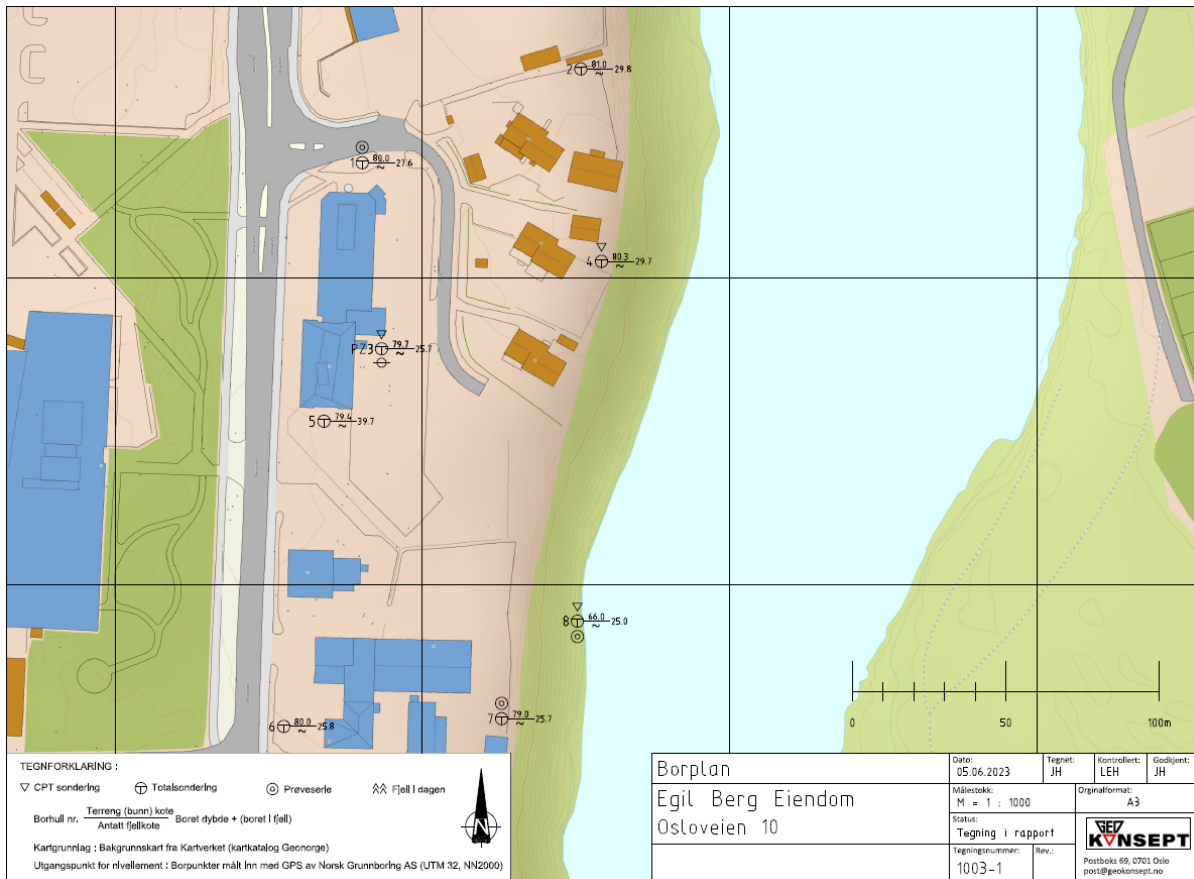
Figur 4-7: Dreietrykksondering, Schongslunden [5]

Totalsonderinger utført langs skråningskanten, 2, 4 og 7 viser en økning av matekraft med dybden ned til ca. kote +50.

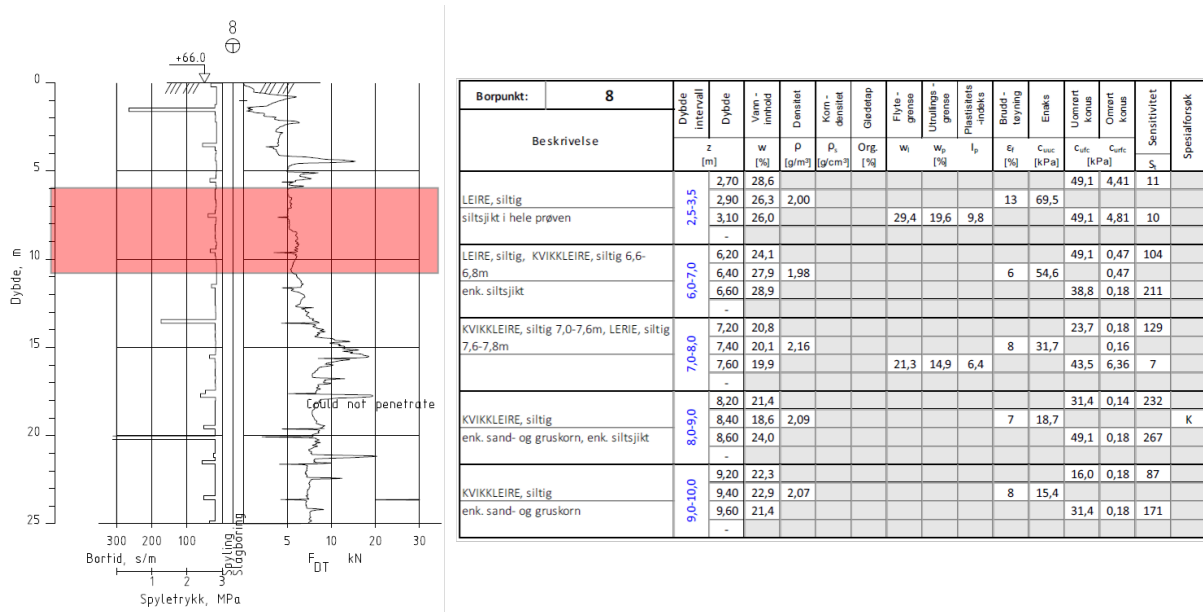
Da det ikke var mulig å få opp prøver av dypereliggende lag ($1,5 \cdot H$ under skråningstopp) eller avkrefte kvikk- eller sprøbruddleire i dypereliggende lag, ble det besluttet å gjennomføre en supplerende undersøkelse i elveskråningen. I borpunkt 8 ble det avdekket meget sensitiv kvikkleire mellom kote +60 og +56.



Figur 4-8: Tolkning av totalsonderinger 2, 4 og 7. Røde linjer viser økning av matekraft med dybden.



Figur 4-9: Borplan som viser utført grunnundersøkelse.



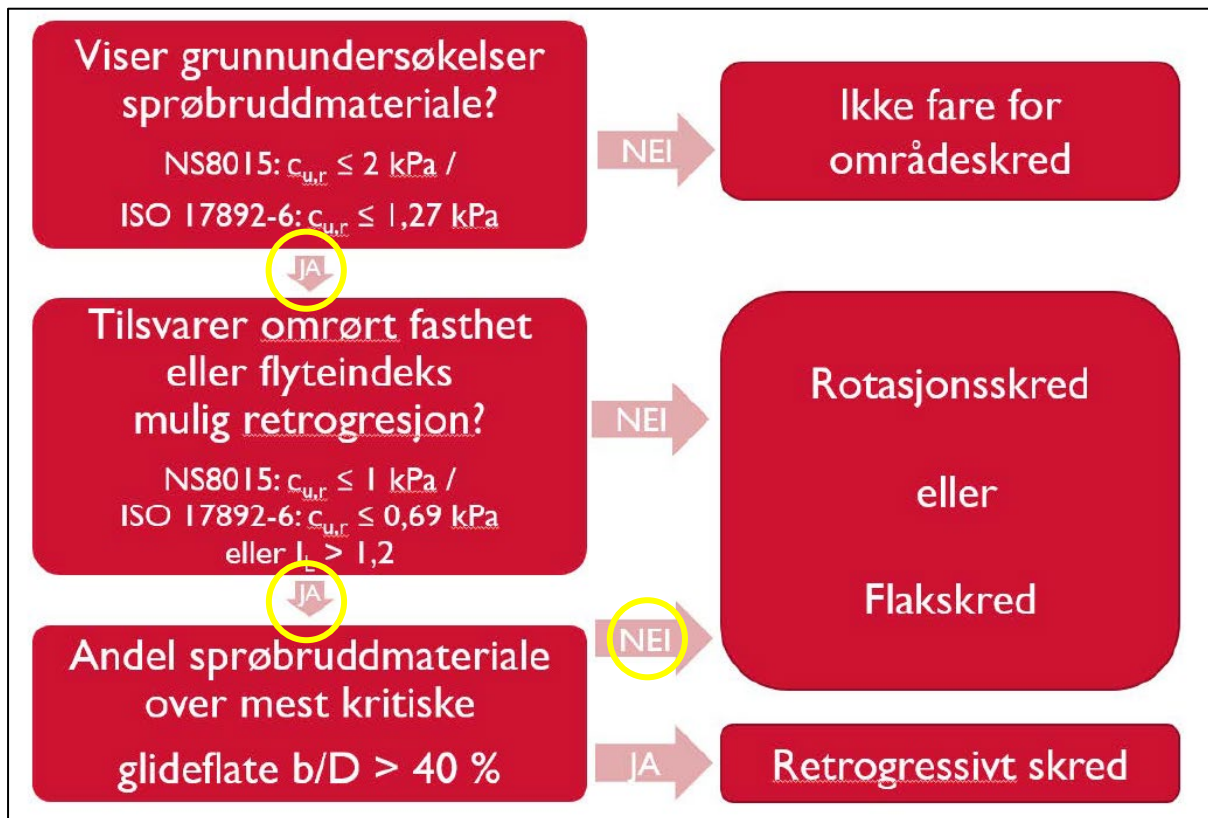
Figur 4-10: Totalsondering i borpunkt 8 med resultater fra lab. Rødt felt markerer kvikkleire påvist i laboratorieforsøk.

Basert på prøveserien i borpunkt 8, må det altså antas at der er kvikk- og sprøbruddeire i dybden. I tillegg til påvist kvikkleire i dybde 6 til 10 meter, antas det sprøbruddeire fra 16 meters dybde (ca. kote +50).

4.8. Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsn- og utløpsområder

4.8.1. Vurdering av skredmekanisme

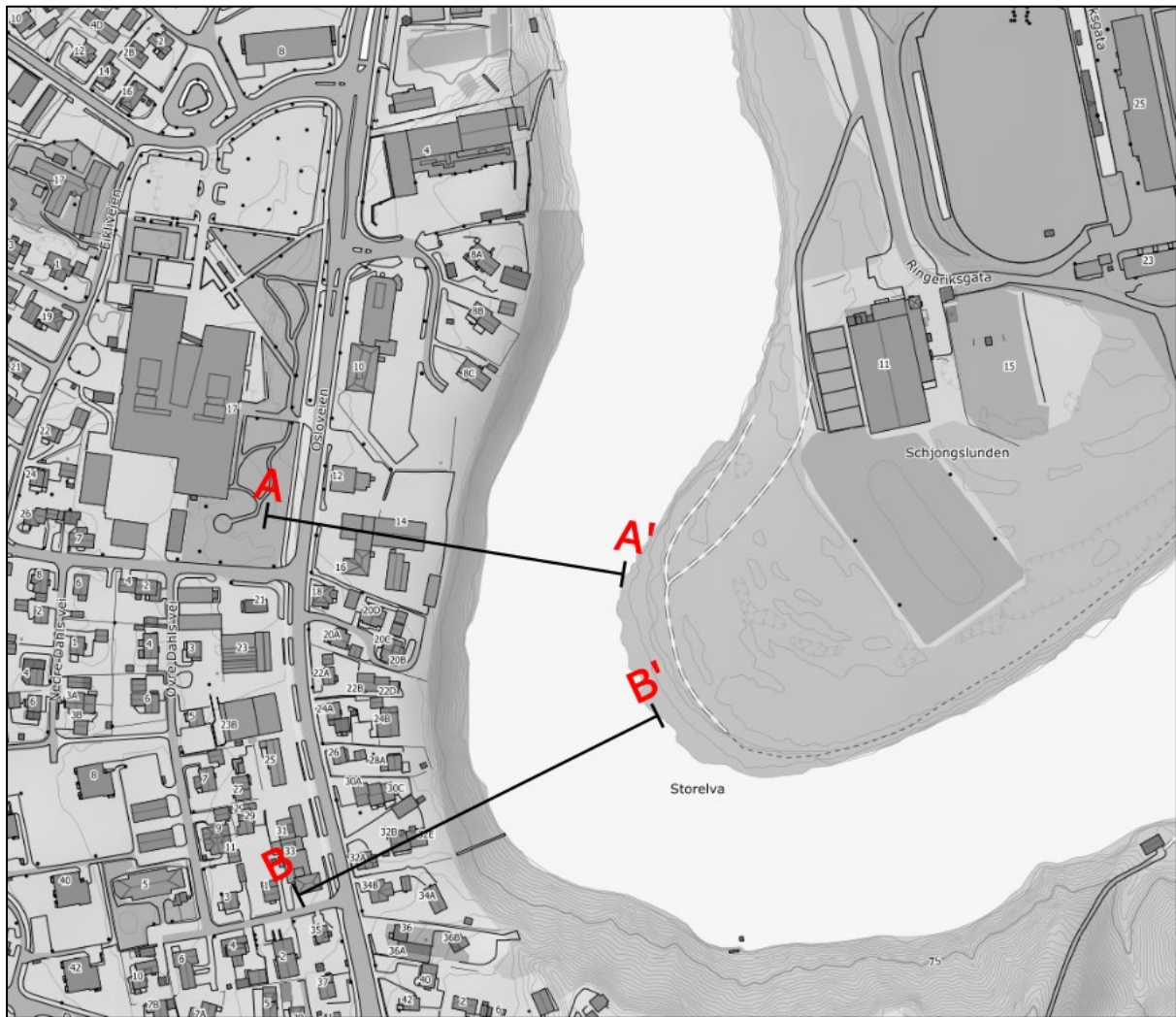
For vurdering av skredmekanisme, er det laget to profiler; A-A' og B-B'. Dybder i Storelva er vist på Figur 4-4. Snitt A-A' er vurdert til å være gjeldende for området mellom Osloveien 14 og nordover mot Kvernbergsund bru, da skråningshøyden generelt blir lavere og elva grunnere. Snitt B-B' representerer det punktet med størst skråningshøyde da Storelva er dypest i dette profilet.



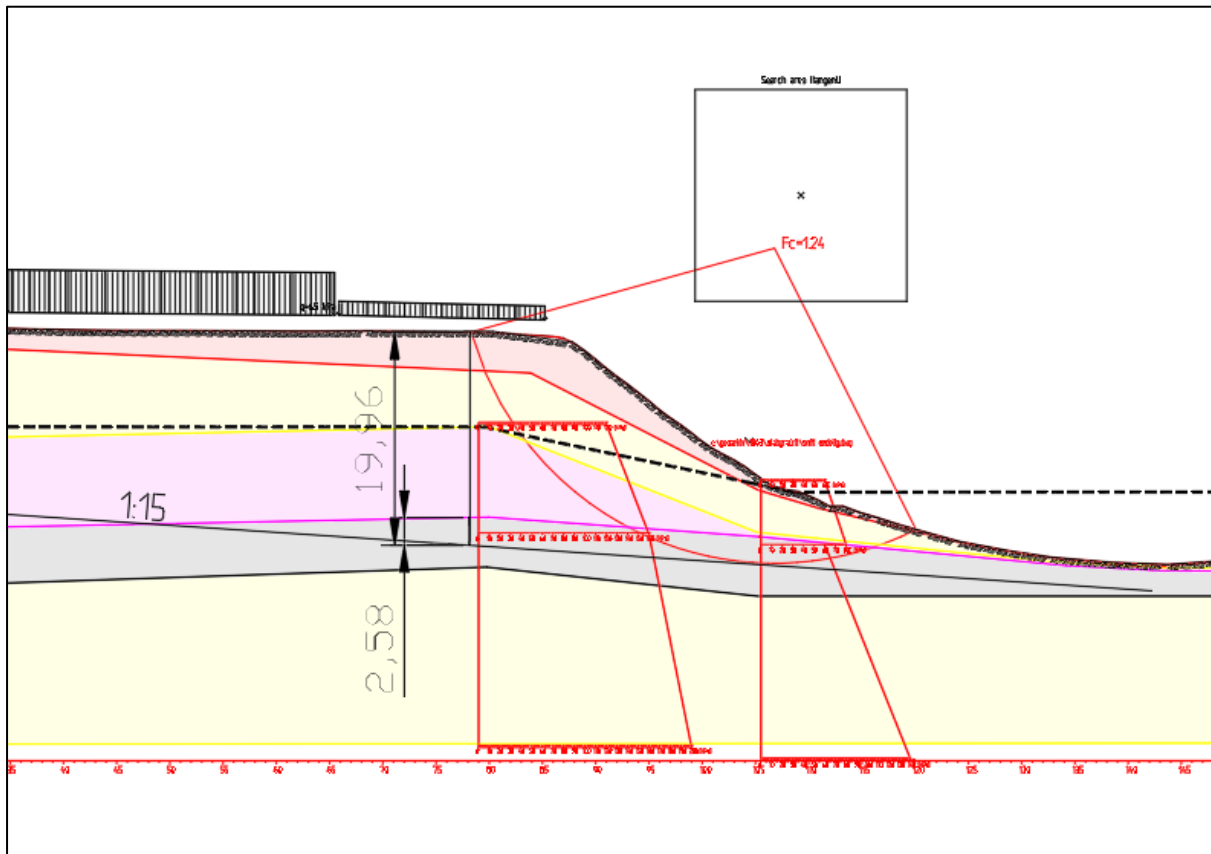
Figur 4-11: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme for profil A-A', hentet fra [1].

For profil A-A' er det gjennomført grunnundersøkelser, og b/D-forholdet er vurdert til 13% (Figur 4-12). For profil B-B' foreligger det ikke grunnundersøkelser i dybden, og tykkelsen på et eventuelt kvikkleirelag er ukjent. Ut fra de øvrige sonderingene i området rundt Eikeli, antas det at et eventuelt kvikkleirelag ikke ligger grunnere enn 15 meter under terreng, men avgrensning i dybden er ikke mulig med tilgjengelige grunnundersøkelser. Derfor er det for profil B-B' antatt en total skråningshøyde på 28 meter og en kvikkleiremektighet fra 0,25*H og opp til 15 meter under terreng. En konservativ antakelse medfører derfor en mulig mektighet på kvikkleira på 20 meter, noe som igjen medfører et b/D-forhold på godt over 40%. I dette tilfellet er det ikke tatt hensyn til b/D-forholdet langs 1:15 linjen under skråningstopp, og må følgelig ses på som konservativ.

I det mulige løseområdet vurderes det derfor til at skredmekanisme vil være rotasjonsskred for området fra profil A-A' og nordover, mens det antas at retrogressivt skred er mulig for området som profil B-B' representerer.



Figur 4-12: Plassering av profil A-A' og B-B' for å vurdere skredmekanisme.



Figur 4-13: Andel sprøbruddeleire over kritisk glideflate (b/D) for profil A-A.

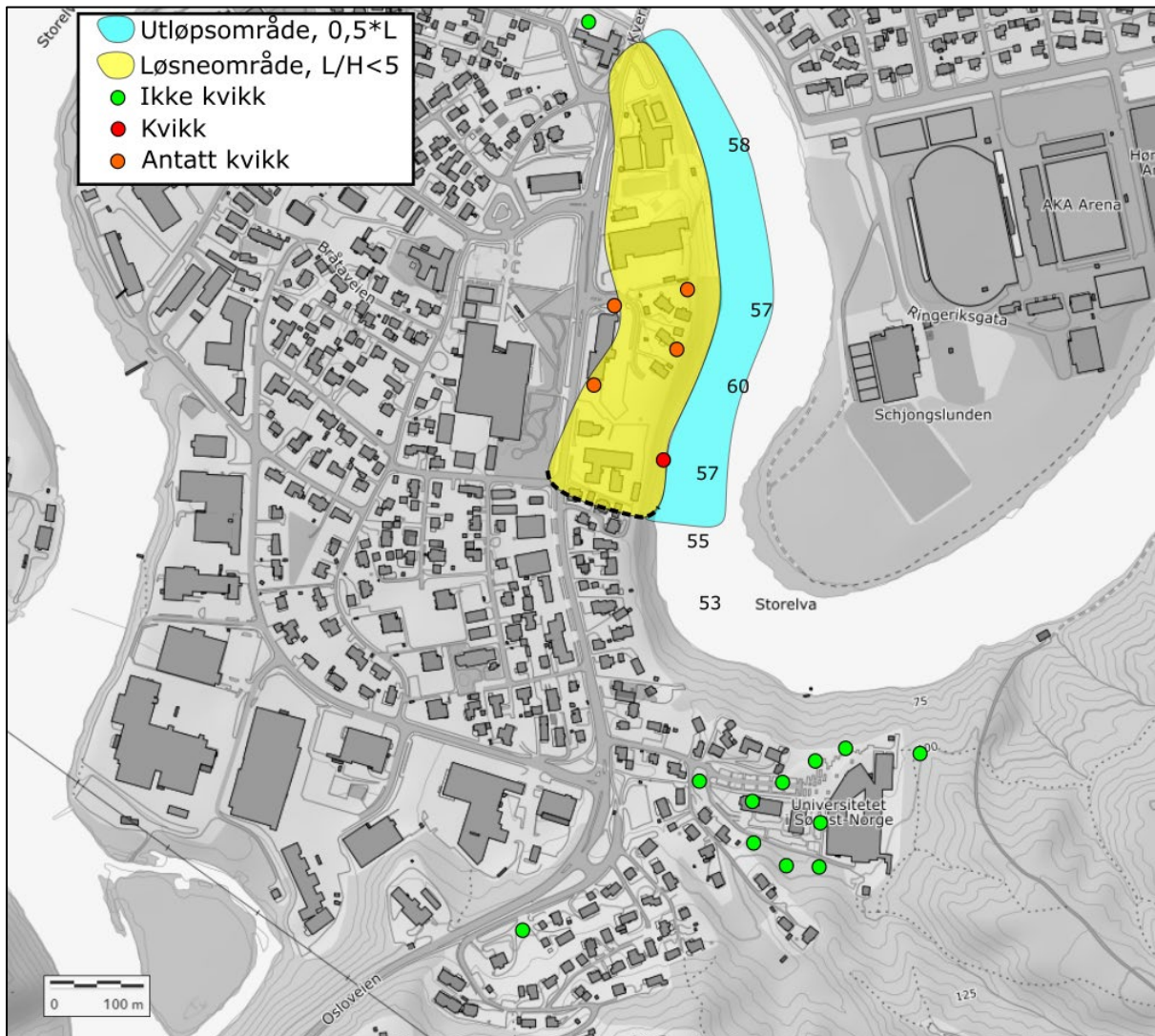
4.8.2. Avgrensning av løснеområde

Siden det ikke er gjennomført grunnundersøkelser syd for reguleringsområdet, er skredmekanisme og følgelig løснеområde vanskelig å definere mellom Osloveien 22-42. Totalsonderinger gjennomført ved Hønefoss VGS [4] er vanskelige å tolke, men det kan ikke utelukkes at det er sprøbruddeleire i dybden. I Figur 4-13 er det kun tatt med sonderinger som er avsluttet i en dybde hvor sprøbruddeleire antas påtruffet. Sonderinger avsluttet over partiene med mulig sprøbruddeleire, hvor tolkning ikke er mulig samt de som ligger utenfor løснеområde for rotasjonsskred, er ikke tatt med i figuren.

Løснеområdet er avgrenset med rotasjonsskred som skredmekanisme, hvor lengden på et skred defineres som $L/H < 5$. Mot nord avgrenses sonen av borpunkt 7 i [5]. Mot syd er ikke sonen avgrenset, men avsluttet med stiplet linje. I og med at elvedybden er større, kan ikke skredmekanisme sydoover bestemmes, samtidig som sonderinger ved Universitetet [8] viser at det ikke er kvikkleire lengst syd i det mulige løsnakeområdet. Det vurderes derfor som mest hensiktsmessig å ikke avgrense sonen sydoover basert på eksisterende grunnlag.

Lengden (L) er definert fra foten av skråningen, og altså ikke det stedet hvor dybden i elven nødvendigvis er størst. Dette antas som en konservativ fremgangsmåte for å kartlegge løsnakeområdet.

Sideveis utbredelse anses ikke som aktuelt da skredmekanisme er vurdert til rotasjonsskred med en relativt lav %-vis andel sprøbruddeleire i kritisk skjærflate.

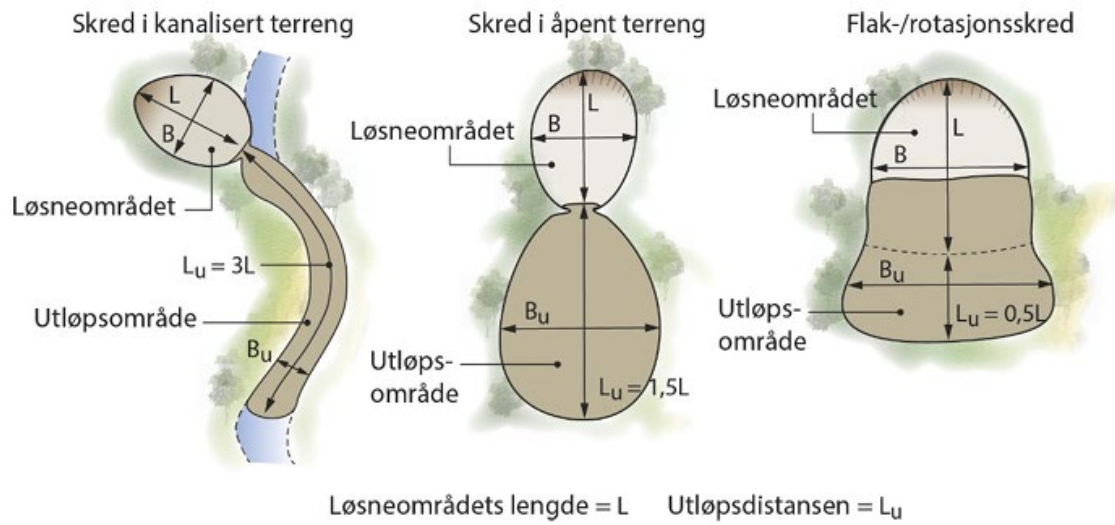


Figur 4-14: Løsne- og utløpsområde, rotasjonsskred $L/H < 5$

4.8.3. Avgrensning av utløpsområde

Avgrensning av utløpsområde er gjort iht. Figur 4-14 (vist under) for rotasjonsskred. Utløpsdistansen L_u er beregnet som 0,5 ganger lengden på løsneområdet.

Beregnet utløpsområde er vist i Figur 4-13,



Figur 4-15: Figur for vurdering av utløpsdistanse. Hentet fra [1].

4.9. Klassifiser faresone

Klassifisering av faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse er gjort i henhold til [16], og poengsum for sonen er vurdert til følgende:

- Faregradscore: 14 → faregrad *Lav*.
- Konsekvensscore: 27 → konsekvens *Meget Alvorlig*
- Risikoscore: $27 \cdot 64 = 1724$ → Risikoklasse 3

Tabell 4-4: Klassifisering av score for faregrad

Faktorer	Vekttall	Faregrad score				SUM
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	0
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	0
Undertrykk, kPa:	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	4
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen	0
Inngrep Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	3
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	
Sum		51	34	17	0	14
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	27 %
<p>Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum:</p> <p>Lav faregrad = 0-17 poeng</p> <p>Middels faregrad = 18-25 poeng</p> <p>Høy faregrad = 26-51 poeng</p>						

Følgende er vurdert for vurdering av faregrad:

- Tidligere skredaktivitet: Ingen
 - Ingen større kartlagte skredgroper i umiddelbar nærhet. Løsmassekartet indikerer skredgroper på vestsiden av Storelva, men disse har andre topografiske forutsetninger (større høydeforskjell) og løsmassesammensetning.
 - Ingen registrerte skredhendelser i NVE-atlas i umiddelbar nærhet. Elveskråningen fremstår stabil.
- Skråningshøyde: 20-30
 - Maksimal høydeforskjell fra bunn av storelva til topp skråning innenfor sonen er ca. 25 meter.
- Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR): >2
 - Det foreligger ingen ødometerforsøk, men det generelle nivået på platåene rundt Hønefoss ligger fra ca. kote 127 og oppover. Aktuell skråning ligger i et område som har vært påvirket av elveerosjon, og tidligere terrengkote lå nok betydelig høyere enn kote +80. Tolkning av CPTu viser også OCR over 2 for kvikkleirelaget i kritisk skjærsirkel.
- Poretrykk: Hydrostatisk
 - Det foreligger ikke data fra poretrykk i forskjellige nivåer, men på bakgrunn av lav topografisk høydeforskjell og data fra piezometer, antas poretrykket å være hydrostatisk.
- Kvikkleiremektighet: <H/2-H/4
 - Prøveserien i borpunkt 8 viser kvikkleire med mektighet på 6 meter. Dette samsvarer også godt med totalsondering og CPTu. Fra totalsondering 7 det antatt en største mektighet på kvikkleira ved skråningstopp på 8,4 meter. Med en maksimal skråningshøyde i sonen på 25 meter, gir dette en kvikkleiremektighet på H/2-H/4.
- Sensitivitet: >100
 - Sensitivitet målt til 267
- Erosjon: Ingen
 - Det var under befaring ingen tegn til pågående erosjon i elveskråningen. For mesteparten av sonen var det avsatt sandbanker i elven. Vegetasjonen var tett. Det var ingen tegn etter erosjon fra tidligere flommer. Norconsult [17] har i sin flom- og erosjonsvurdering av Osloveien 10 konkludert med at det ikke er pågående erosjon i elveskråningen.
- Inngrep: Liten forverring
 - Området er for det meste utbygget, men det er ingen tegn til at det har vært utført større topografiske endringer. Det har vært noen mindre utfyllinger ved skråningstopp, som i all hovedsak består av hageavfall. Det er vanskelig å dokumentere eventuelle inngrep, og ettersom det har vært mye utbygging i området, settes inngrep til «liten forverring».

Tabell 4-5. Klassifisering av score for konsekvens

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score				SUM
		3	2	1	0	
Boligenheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	8
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	9
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	6
Toglinje, bruk	2	Person- trafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen	0
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	0
Oppdemming og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	6
Sum		45	30	15	0	29
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	64 %
<p>Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:</p> <p>Mindre alvorlig = 0-6 poeng</p> <p>Alvorlig = 7-22 poeng</p> <p>Meget alvorlig = 23-45poeng</p>						

Følgende er vurdert for vurdering av konsekvens:

- Boligenheter, antall: Spredt >5
 - Det er mer enn fem boligenheter som ligger i løsneområdet, ingen i utløpssonen. Boligene ligger spredt og er ikke sammenhengende.
- Næringsbygg, personer: >50
 - Det er i dag en matbutikk, en bensinstasjon, en skole samt flere næringsbygg.
- Annen bebyggelse, verdi: Ingen
 - Bebyggelsen i sonen består av næringsbygg og boligbygg. Ingen annen bebyggelse.
- Vei, ÅDT: >5000
 - Det er i all hovedsak Osloveien som vil bli påvirket av et eventuelt skred. Osloveien har ÅDT=14600

- Toglinje, baneprioritet: Ingen
 - Det er ingen jernbanelinje i hverken løsne- eller utløpsområde. Vurdert til ingen.
- Kraftnett: Lokal
 - Det er ingen sentral-, regional- eller distribusjonsnett i hverken løsne- eller utløpsområdet. Nærmeste distribusjonsnett ligger på nordsiden av Kragstadmarka, og nærmeste regionalnett ligger på sydsiden av Tanbergmoen. Vurdert til lokal.
- Oppdemming og flodbølge: Alvorlig
 - Rotasjonsskred medfører at store deler av eventuelle rasmasser vil ligge igjen i skredgropa, i dette tilfellet elva, noe som kan føre til oppdemming. Elvebredden er likevel såpass stor at det ikke forventes at elveløpet demmes opp. Boliger på motsatt side av elvebredden ligger ca. 5 meter over normalvannstand, og det kan ikke utelukkes at det vil danne seg en liten flodbølge i forbindelse med en utglidning. Hvor stor flodbølgen vil være, avhenger av mengde vann i elva på rastidspunkt, hvor i sonen det raser og hvor stort skredet blir. Det er vurdert til at en eventuell flodbølge kan oversvømme mer enn 5 boligenheter.

4.10. Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet

4.10.1. Styrkeparametere

Det er beregnet stabilitet i profil A-A'. Lagdelingen er basert på totalsonderinger, prøvetaking og CPTu.

Det er benyttet ADP-forhold iht. [17]. Flyte/utrullingsgrense (I_p) er under 10 % for kvikkleira i borpunkt 8 samt i dybde 14,6 meter under terreng i borpunkt 1. I dybde 9,4 meter under terreng er I_p registrert til 12,6 %, og da økningen i ADP forholdet er såpass marginalt med 12,6 %, brukes følgende ADP-forhold for totalspenningsanalyse:

- $C_{uD}/C_{uC}=0,63$
- $C_{uE}/C_{uC}=0,35$

Skjærfasthetsprofiler er tolket fra prøveserier og CPTu.

Topp skråning:

- 5-10 meter: $S_{uA}=60\text{kN/m}^2+8\text{kN/m}^2*z$
- 10-20 meter: $S_{uA}=120\text{kN/m}^2+4\text{kN/m}^2*z$

Bunn skråning (borpunkt 8):

- 1-6 meter: $S_{uA}=60\text{kN/m}^2+4\text{kN/m}^2*z$
- 6-18 meter: $S_{uA}=60\text{kN/m}^2+4\text{kN/m}^2*z$

Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet fra CPTu er vist i vedlegg 1.

Effektivspenningsverdier er basert på tolkning av CPTu-sonderinger samt erfaringsverdier fra Statens Vegvesen [18].

Følgende effektivspenningsverdier er valgt:

- Tørrskorpe: $\phi=30^\circ$, $a=0$
- Siltig leire med sandlag, $\phi=30^\circ$, $a=9$
- Siltig leire, og kvikkleire $\phi=26^\circ$, $a=5$

4.10.2. Laster

Det benyttes kun laster for evt. bygninger og trafikk. I profil A-A' ligger det en verkstedbygning bestående av en verkstedhall på en etasje samt en administrasjonsdel over to etasjer.

Det antas en jevnt fordelt last på 15kN/m^2 for første etasje og en tilleggslast på 5kN/m^2 for påfølgende etasje for verkstedbygningen.

Som last for eks. lagring og parkering på østside av bygg benyttes det en jevnt fordelt terrenglast på 5kN/m^2 .

For ugunstige laster benyttes en lastfaktor $\gamma_Q=1,3$.

Poretrykket er antatt hydrostatisk ut fra nedsatt poretrykksmålere og normal vannstand i Storelva.

4.10.3. Stabilitetsberegninger

Overflateutglidninger anses ikke som kritisk da kvikkleira ligger dypt, og det er derfor brukt «restrict shear surfaces» i beregningene.

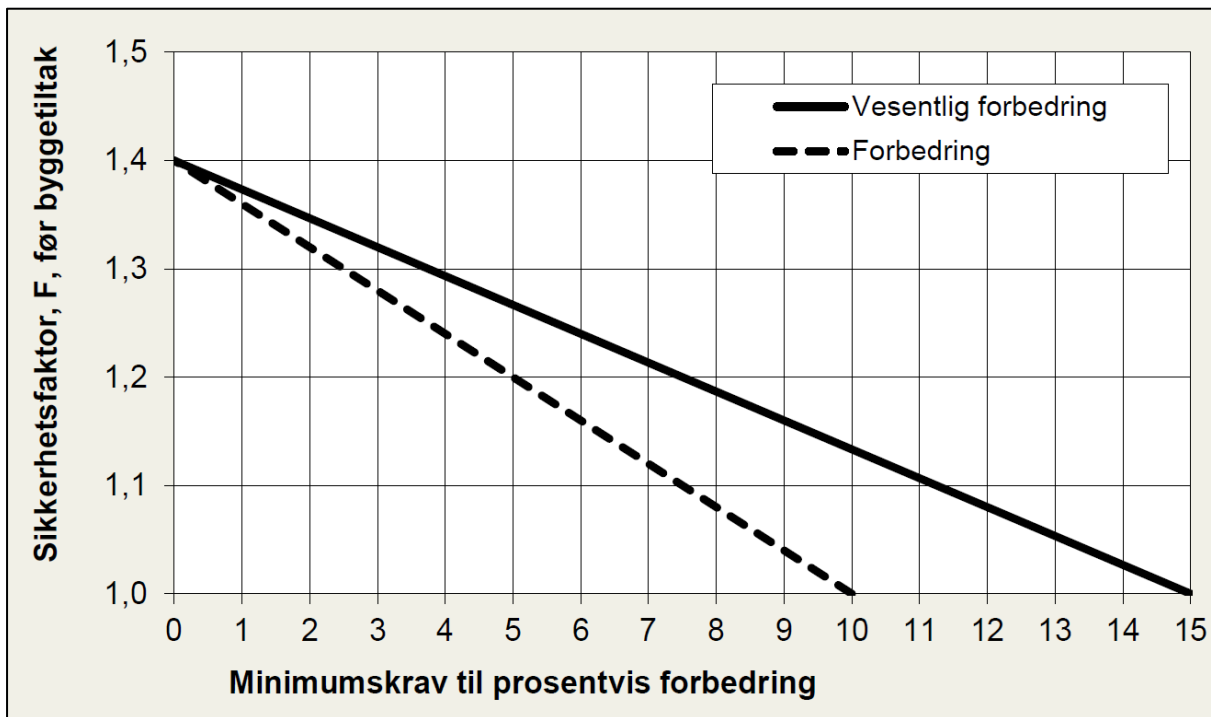
Kravet til sikkerhet i sonen avhenger av hvorvidt det endelige tiltaket forverrer stabiliteten eller ikke. Det er videre lagt til grunn for utredningen at fremtidige tiltak i sonen ikke skal forverre stabiliteten. Det medfører at fremtidige tiltak innenfor influensområdet til skråningen enten må fundamenteres kompensert eller på peler til dypereliggende lag. Influensområdet defineres som $2xH$ fra skråningstopp, og vil i praksis inkludere store deler av planområdet.

Faresonen er klassifisert med faregrad *lav*, noe som igjen gir krav om forbedring av stabilitet for tiltakskategori K4 (se Tabell 4-3 på side 12).

I profil A-A' er det beregnet kritiske skjærflater på både total- og effektivspenningsbasis, samt kontrollert stabilitet til større og dypere skjærflater som strekker lengre inn på planområdet. Beregningen er vist på tegning 1003-201.

Tabell 4-6. Beregnet sikkerhetsfaktor for skjærflater i profil A-A' samt krav til prosentvis forbedring

Profil	Eff./Tot.	$F_{cu}/F_{c\phi}$	%-forbedring
A-A'	Totalspenning	$F_{cu}=1,20$	5%
A-A'	Totalspenning	$F_{cu}=1,47$	-
A-A'	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,01$	10%
A-A'	Effektivspenning	$F_{c\phi}=1,23$	-



Figur 4-16. Krav til prosentvis forbedring.

Beregnet sikkerhet for kritiske skjærflater er lavere enn kravet, og gitt forutsetning om at fremtidige tiltak *ikke* forverrer stabiliteten, må sikkerheten ivaretas med prosentvis forbedring. Kravet til prosentvis forbedring følger Figur 4-15, og gir 5 og 10 % forbedring for henholdsvis total- og effektivspenningsanalyse. Det gir et krav om sikkerhetsfaktor på kritiske skjærflater på $F_{cu}=1,26$ og $F_{c\phi}=1,11$.

For ivaretagelse av sikkerhetskravet må det derfor gjennomføres stabiliserende tiltak, fortrinnsvis som topografiske endringer. Forslag for mulig gjennomføring med motfylling i bunn av elveskråning og kombinert avlastning i topp og motfylling i bunn, er vist i tegning 1003-202 og 1003-202. Viste beregningsprofiler gir tilstrekkelig prosentvis forbedring.

Hvilken av løsningene som er mest hensiktsmessig, vil i stor grad avhenge av hvordan fremtidige bygg fundamenteres og hvordan de plasseres i terrenget. Det mest effektive tiltaket vil være å flytte masser fra topp av skråning og ned i skråningsfot, men på grunn av elven må det høyst sannsynlig plastres.

4.11. Innmelding av faresone

Faresonen innmeldes etter at uavhengig kvalitetssikring er utført.

5. Kontroll

Denne vurderingen skal iht. NVE 1/2019 kvalitetssikres av et uavhengig firma.

6. Konklusjon

Gjennomgang av prosedyre for vurdering av områdestabilitet viser at eiendommene ligger i et mulig løsneområde for skred. Løsneområdet på Eikeli er klassifisert med faregrad «lav», og konsekvensklasse «meget alvorlig».

Stabilitetsberegninger viser at dagens stabilitet ikke er tilstrekkelig, og det må gjennomføres stabiliserende tiltak, fortrinnsvis med topografiske endringer. De stabiliserende tiltakene må detaljprosjekteres, både med tanke på gjennomføring uten forverring og for å sikre tiltakene mot fremtidig erosjon.

Sonen er ikke endelig avgrenset mot syd, og det anbefales at det gjennomføres supplerende undersøkelser for å avdekke eventuell kvikk- eller sprøbruddeire i dybden.

7. Referanser

- [1] NVE, «Sikkerhet mot Kvikkleireskred (NVE-Veileder 1/2019),» 2020.

 - [2] Multiconsult, «Osloveien 10, geoteknisk datarapport inkl. foreløpig geoteknisk vurdering,» 2005.

 - [3] Norges Geotekniske Institutt, «Grunnundersøkesler for ledningstrase ved elvekryss Schjongslunden,» 1978.

 - [4] Multiconsult, «Hønefoss VGS, utvidelse/nybygg - Grunnundersøkelser, samt generelle stabilitets- og fundamenteringsvurderinger,» 2012.

 - [5] Norges geotekniske institutt, «Vestlinjen, Hønefoss, Innledende grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger,» 2006.

 - [6] Geoteam Terraplan, «Hønefoss Postgård,» 1990.

 - [7] Geoteam Terraplan, «Statens lærerhøgskole for handel og kontor, Hønefoss - Grunnundersøkelse, datarapport,» 1993.

 - [8] Golder Associates, «Datarapport geoteknikk - Høyskolen i Buskerud,» 2015.

 - [9] Hjelme AS, «031-22 Osloveien 58 og 66 - Geoteknisk datarapport,» 2022.


 - [10] Norsk Teknisk Byggekontroll, «Grunnundersøkelse - Rådhusomt ved søndre ende av Kvernbergsund bro,» 1947.

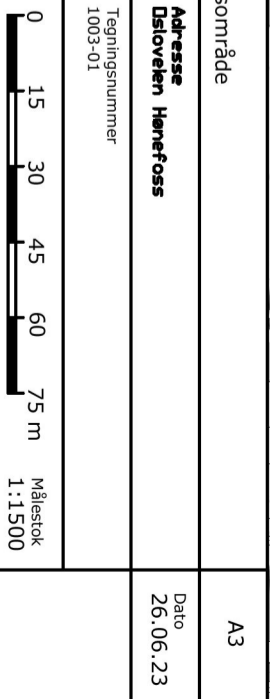
 - [11] Norges Geologiske Undersøkelse, «Løsmassekart,» [Internett]. Available: www.geo.ngu.no/kart/losmasse.

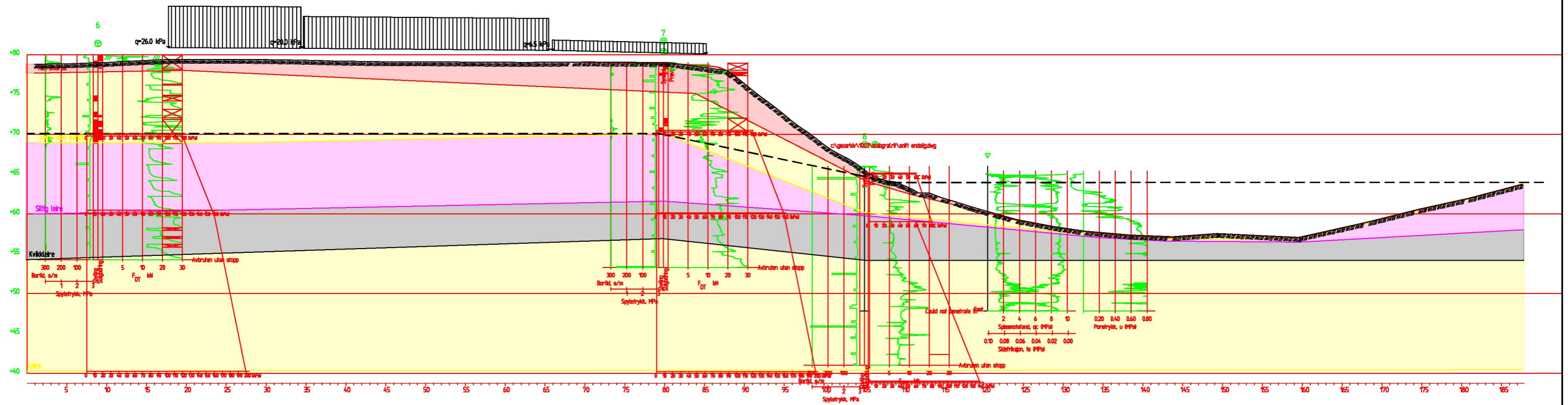
 - [12] «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
-

- [13] Brødrene Myhre AS, «Grunnundersøkelser feltrapport - Kragstadmarka,» 2011.
- [14] Kartverket, «hoydedata.no,» 2022. [Internett].
- [15] Norges Geotekniske Institutt, «Kragstadmarka, Hønefoss. Stabilitetsvurderinger,» 2012.
- [16] GeoKonsept AS, «1003-RIG-R-01-00 Geoteknisk datarapport,» 2023.
- [17] Norges vassdrags- og energidirektorat, «NVE Ekstern rapport nr. 9/2020,» 2020.
- [18] Norconsult, «Osloveien 10 - Kontroll av flomverdier i Storelva,» 2022.
- [19] NIFS, «Rapport 14/2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [20] Statens Vegvesen, Geoteknikk i vegbygging, 2018.
- [21] Kartverket, «Norgeskart,» [Internett]. Available: <https://norgeskart.no>.
-



Osloveien 10 Hønefoss AS		Emne		A3
		Løsne- og utløpsområde		
	Saksnr. 1003	Adresse Osloveien Hønefoss		Dato 26.06.23
	Utført av JH	Tegningsnummer 1003-01		
Kontrollert av LEH	Målestokk 1:1500			

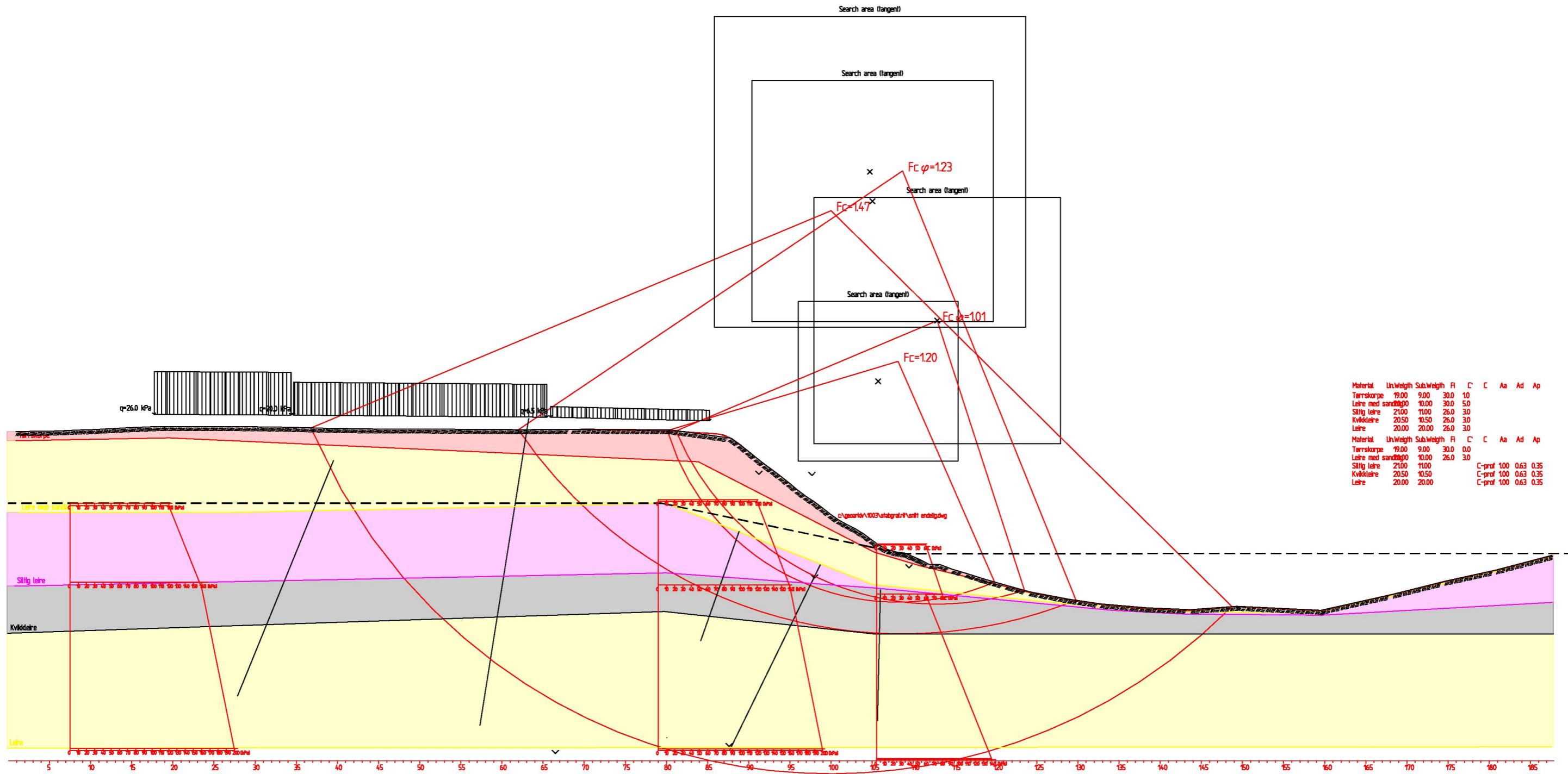





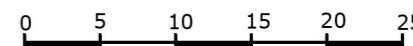
Osloveien 10 Hønefoss AS

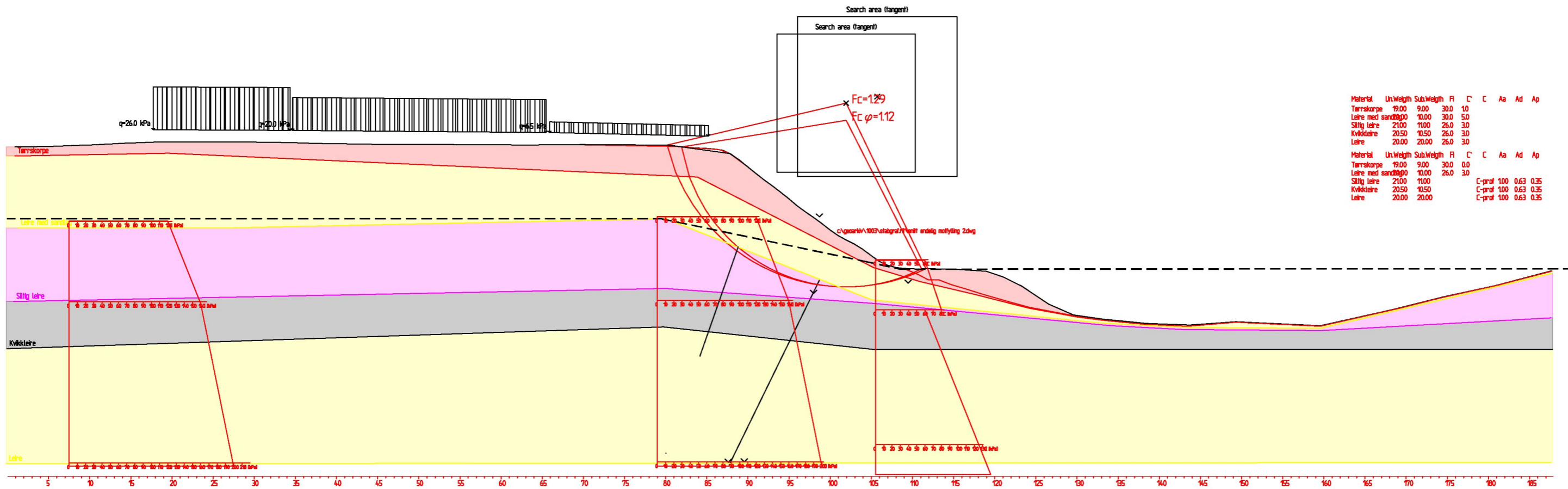



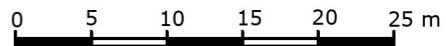
Emne Profil A-A', Lagdeling		A3
Saksnr. 1003	Adresse Osloveien Hønefoss	Dato 23.06.23
Utført av JH	Tegningsnummer 1003-200	
Kontrollert av LEH	Målestokk 1:500	



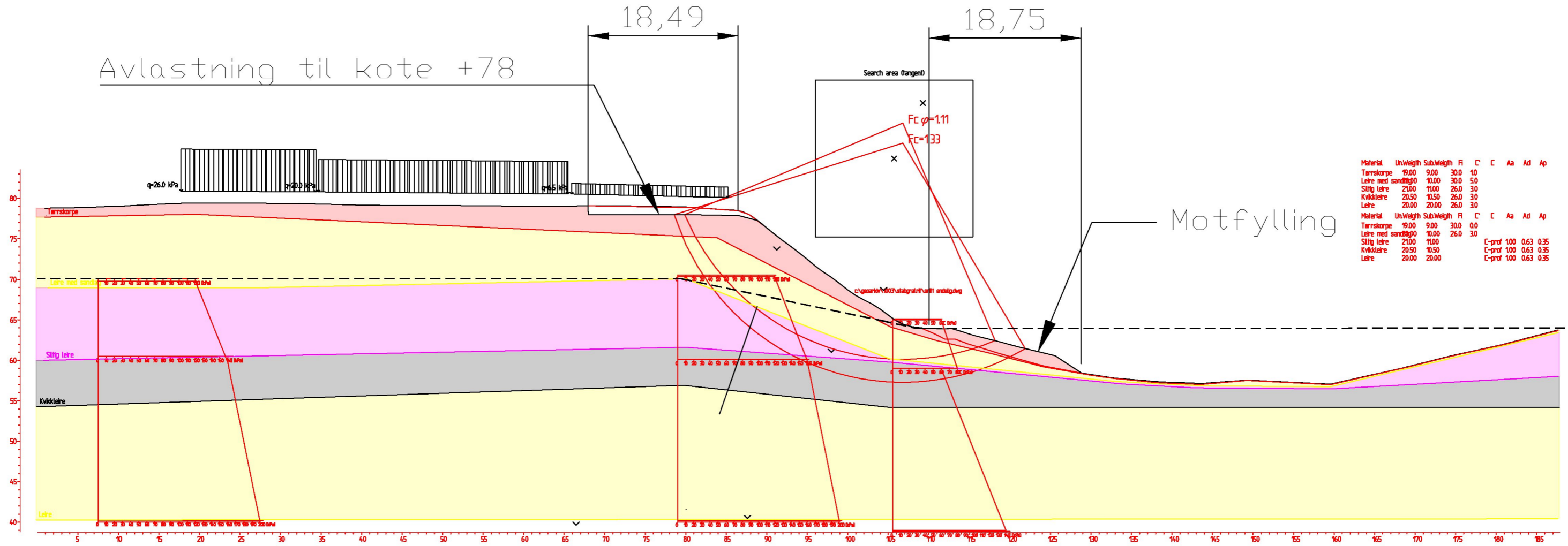
Material	Un.veigh	Sub.veigh	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	1.0				
Leire med sandigleire	10.00	30.0	5.0					
Silty leire	21.00	11.00	26.0	3.0				
Kvikkleire	20.50	10.50	26.0	3.0				
Leire	20.00	20.00	26.0	3.0				
Material	Un.veigh	Sub.veigh	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire med sandigleire	10.00	26.0	3.0					
Silty leire	21.00	11.00			C-prof	100	0.63	0.35
Kvikkleire	20.50	10.50			C-prof	100	0.63	0.35
Leire	20.00	20.00			C-prof	100	0.63	0.35

Osloveien 10 Hønefoss AS		Erne Profil A-A', Stabilitet nåværende		A3
		Saksnr. 1003	Adresse Osloveien Hønefoss	
		Utført av JH		
		Tegningsnummer 1003-201		
Kontrollert av LEH				



Osloveien 10 Hønefoss AS	Emne Profil A-A', stabilitet med motfylling		A3
	Saksnr. 1003	Adresse Osloveien Hønefoss	
	Utført av JH	Tegningsnummer 1003-202	
	Kontrollert av LEH		Målestok 1:500
		Dato 23.06.23	



Avlastning til kote +78



Material	Un.Weight	Sub.Weight	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Tiærskorpe	9.00	9.00	30.0	10				
Leire med sand	10.00	10.00	26.0	30				
Siltig leire	21.00	21.00	26.0	30				
Kvikkleire	20.50	20.50	26.0	30				
Leire	20.00	20.00	26.0	30				

Material	Un.Weight	Sub.Weight	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Tiærskorpe	9.00	9.00	30.0	0.0				
Leire med sand	10.00	10.00	26.0	30				
Siltig leire	21.00	21.00	26.0	30				
Kvikkleire	20.50	20.50	26.0	30	C-prof	100	0.63	0.35
Leire	20.00	20.00	26.0	30	C-prof	100	0.63	0.35

Motfylling

Osloveien 10 Hønefoss AS	Emne Profil A-A', stabilitet med motfylling og avlastning		A3
	Saksnr. 1003	Adresse Osloveien Hønefoss	Dato 23.06.23
	Utført av JH	Tegningsnummer 1003-203	
	Kontrollert av LEH	 Målestok 1:500	

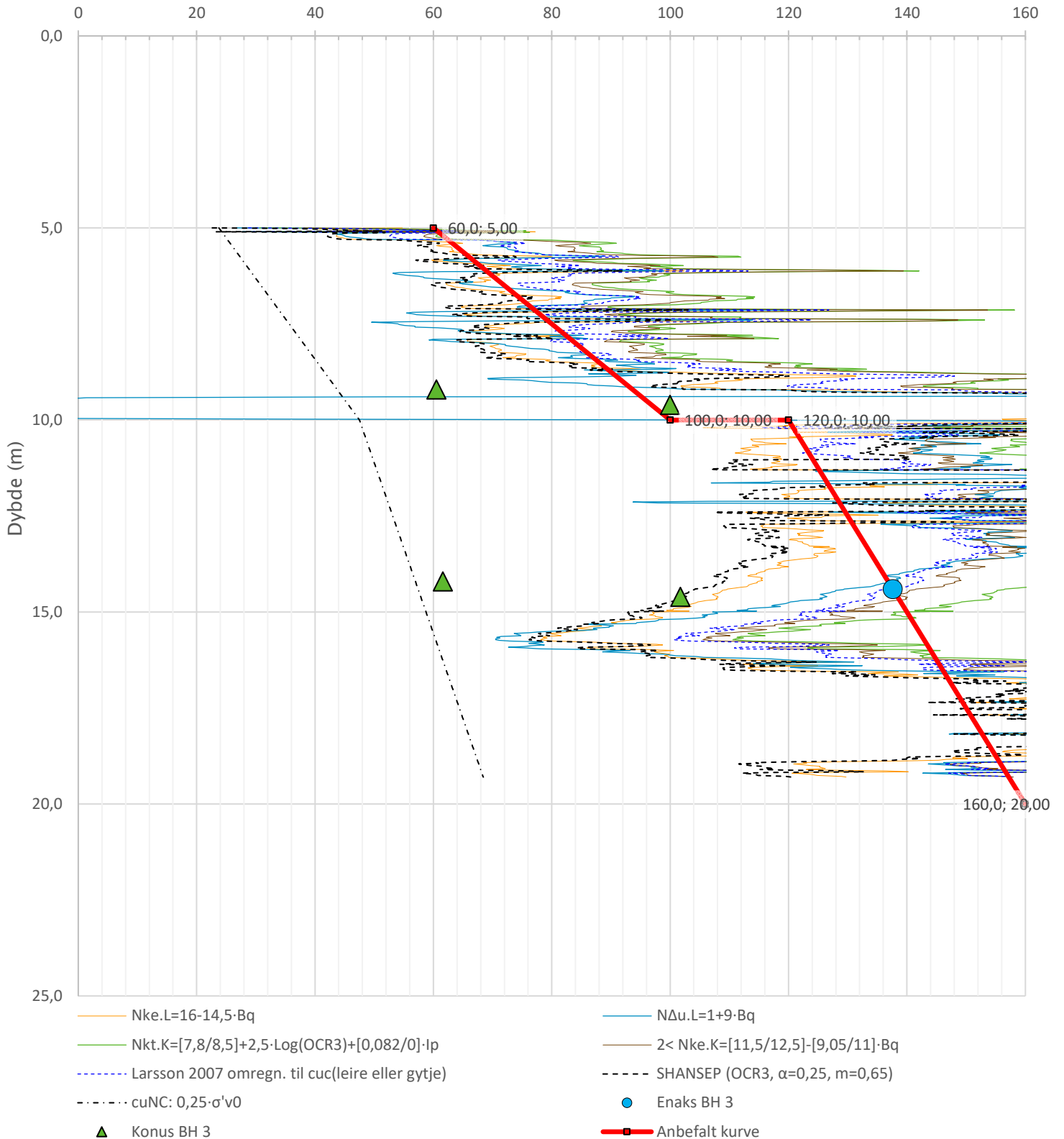
Form og motfylling
Avlastning og motfylling
Resultat: E:\GEO\1003\1003-203\1003-203-01-LEH - motfylling og avlastning.R12

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 3: $c_{uc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,641)}$

Konus BH 3: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,641)}$

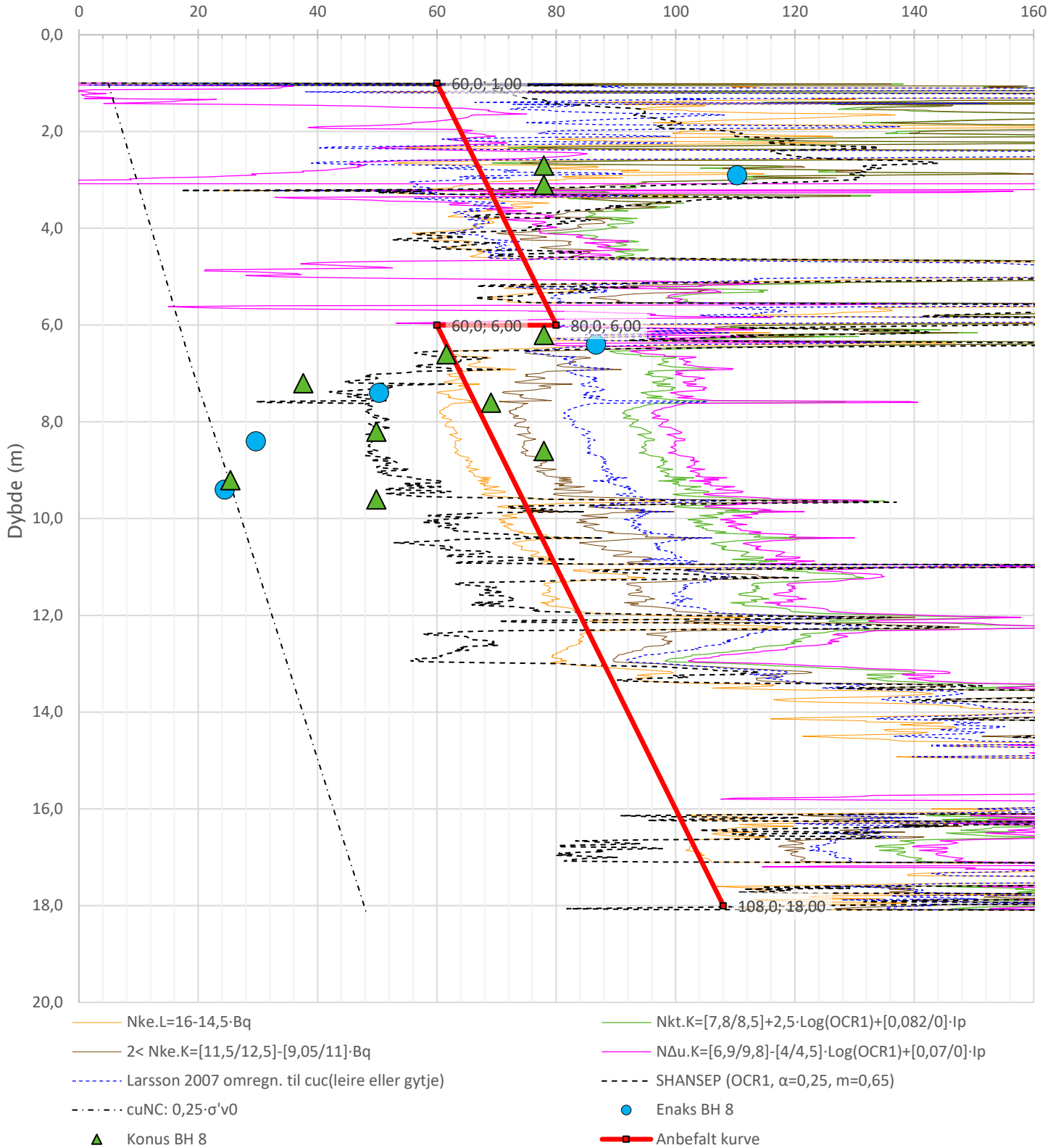
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 1003 Rapportnummer: 1003-RIG-N-01		Borhull
Testprosjekt				3
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5577
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	JH	LEH	JH	1
Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur	CPTU3
Ekstern konsulent	10.01.2023	Rev. dato		

Anisotropiforhold i figur:
 Enaks BH 8: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$
 Konus BH 8: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt Osloveien 10		Prosjektnummer: 1003		Borhull Kote +65 8
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 5833
	Utført JH	Kontrollert LEH	Godkjent JH	Anvend.klasse 1
	Divisjon Ekstern konsulent	Dato sondering 27.04.2023	Revisjon Rev. dato	Figur CPTu 8