

HALDEN KOMMUNE

HALDEN VANNBEHANDLINGSANLEGG OG INNTAKS- OG UTSLIPSLEDNING

OMRÅDESTABILITETSVURDERING

ADRESSE COWI AS
Karvesvingen 2
Postboks 6412 Etterstad
0605 Oslo
TLF +47 02694
WWW cowi.no

INNHOOLD

1	Sammendrag	3
2	Innledning	4
3	Grunnlag	5
4	Terreng og grunnforhold	5
4.1	Befaring av Asak bekk	17
5	Soneavgrensning og klassifisering	19
5.1	Influens fra undersjøiskskred i Femsjøen	24
6	Sikkerhetskrav for planlagt tiltak	25
7	Grunnlag for stabilitetsvurdering i faresone 1	26
7.1	Kritisk snitt	27
7.2	Laster	27
7.3	Grunnvann	27
7.4	Beregningsparameter	27
8	Stabilitetsvurderinger	28
8.1	Resultater av stabilitetsberegninger	28
8.2	Sikringstiltak i Asak bekk	28
9	Konklusjon	29
10	Oversikt vedlegg og tegning	29
11	Referanse	30

OPPDRAGSNR.	DOKUMENTNR.
A116703	A116703-NOT-RIG-002

VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
3.0	21.04.2020	Områdestabilitetsvurdering	BRBU	KALA	KALA

1 Sammendrag

COWI AS har for Halden Kommune utført en områdestabilitetsvurdering i forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for nytt vannbehandlingsanlegg med tilhørende inntaks- og utslippsledning. Vannbehandlingsanlegg utføres med kjeller inntil 8 m under terreng. Byggegrøp etableres som spuntgrøp. I den permanente situasjon vil terreng være lik dagens terreng.

I forbindelse med utredning er det lokalisert to faresoner, faresone 1 og 2. Tiltaket plasseres i tiltaksklasse K3 som gjelder for større VA anlegg med begrenset personopphold

Faresone 1 ligger vest/sørvest for planområde og løsneområde treffer akkurat planområdet. Dele av planområde ligger i utløpsområde. Faresone klassifiseres med «middels faregrad». Stabilitetsanalyser viser imidlertid tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskredd i kritisk linje mot vest og topografi viser at det ikke er risiko for bakovergripende skred fra undersjøisk skred i Femsjøen mot øst. Risiko for områdestabilitetssvikt er derfor ivarettatt.

Faresone 2 er lokalisert nord/nordvest for planområde og omkranser en ravine. Planområde ligger i utløpsområde fra ravinen. Faregrad for faresonen er funnet til «lav faregrad» og derfor skal det sikres at det ikke oppstår forverring ift. dagens situasjon. Ved befaring er det lokalisert stedvis erosjon i Asak bekk. Derfor er det vurdert at erosjonssikring av bekk i disse områdene inntil 700 m oppstrøms fra planområde må utføres. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser i området rundt ravinen og Asak bekk for å optimere og muligens redusere omfang av erosjonssikring.

Det påpekes viktigheten av at erosjonssikring av Asak bekk utføres såfremt det ikke kan utelukkes sprøbruddsmateriale faresone 2 ved supplerende grunnundersøkelser. Et lite initialskredd i bekk forsakert av erosjon kan i verste tilfelle generere områdeskredd i ravine og utløp kan da treffe planområdet.

2 Innledning

COWI AS er engasjert av Halden kommune som geoteknisk rådgiver (RIG) i forbindelse med detaljreguleringsplan for nytt vannbehandlingsanlegg (VBA) og inntaks- og utslippsledning (Sjø). Oversikt over området kan ses på Figur 1.

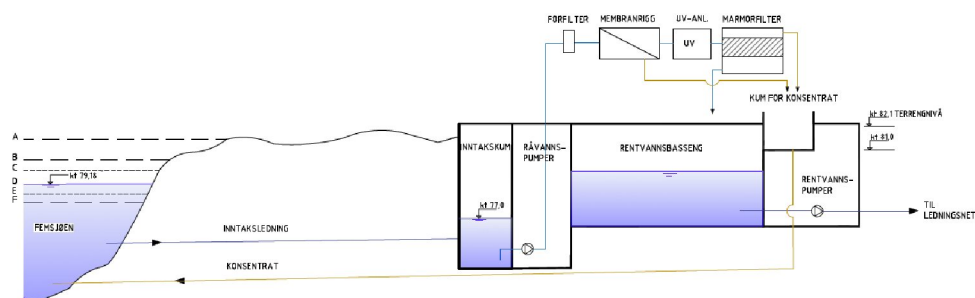
Dette notat vil vurdere områdestabiliteten for planlagt tiltak.



Figur 1: Oversikt over området ved Tistedal og plassering av. Prosjekt område markert med rød.

Vannbehandlingsanlegg og tilhørende utstyr har plan-dimensjoner på ca. 20 m gange 40 m. Overkant betong i bunn av inntakskum må være i kote +75,00. Inntaks- og utslippsledning etableres ved styrt boring fra terreng.

Utenom dette er det ikke gitt hva kotene blir, men i denne utredning av områdestabilitet er det forutsatt at det graves ut til konstruksjoner i bakken i 2 nivåer til henholdsvis 4 og 8 m under bakken (kote +78,0 og +74,0) som angitt på Figur 2.



Figur 2: Kjellernivå for vannbehandlingsanlegg og inntaks- og utslippsledning.

3 Grunnlag

Følgende grunnlag er benyttet i gjennomført utredning av områdestabilitet:

- > NVE 2014. Veileder 7/2014. Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, ref. [1].
- > Grunnteknikk AS rapport 112868r1: Halden. Tistedal skole, Geoteknisk datarapport, ref. [2].
- > NGI rapport 20170438-01-R: Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, ref. [3].
- > COWI AS A119073-RAP-RIG-001: Tistedal Torpedalsveien GU, Datarapport geotekniske grunnundersøkelser, ref. [4].
- > Befaring av Asak bekk og planområde.

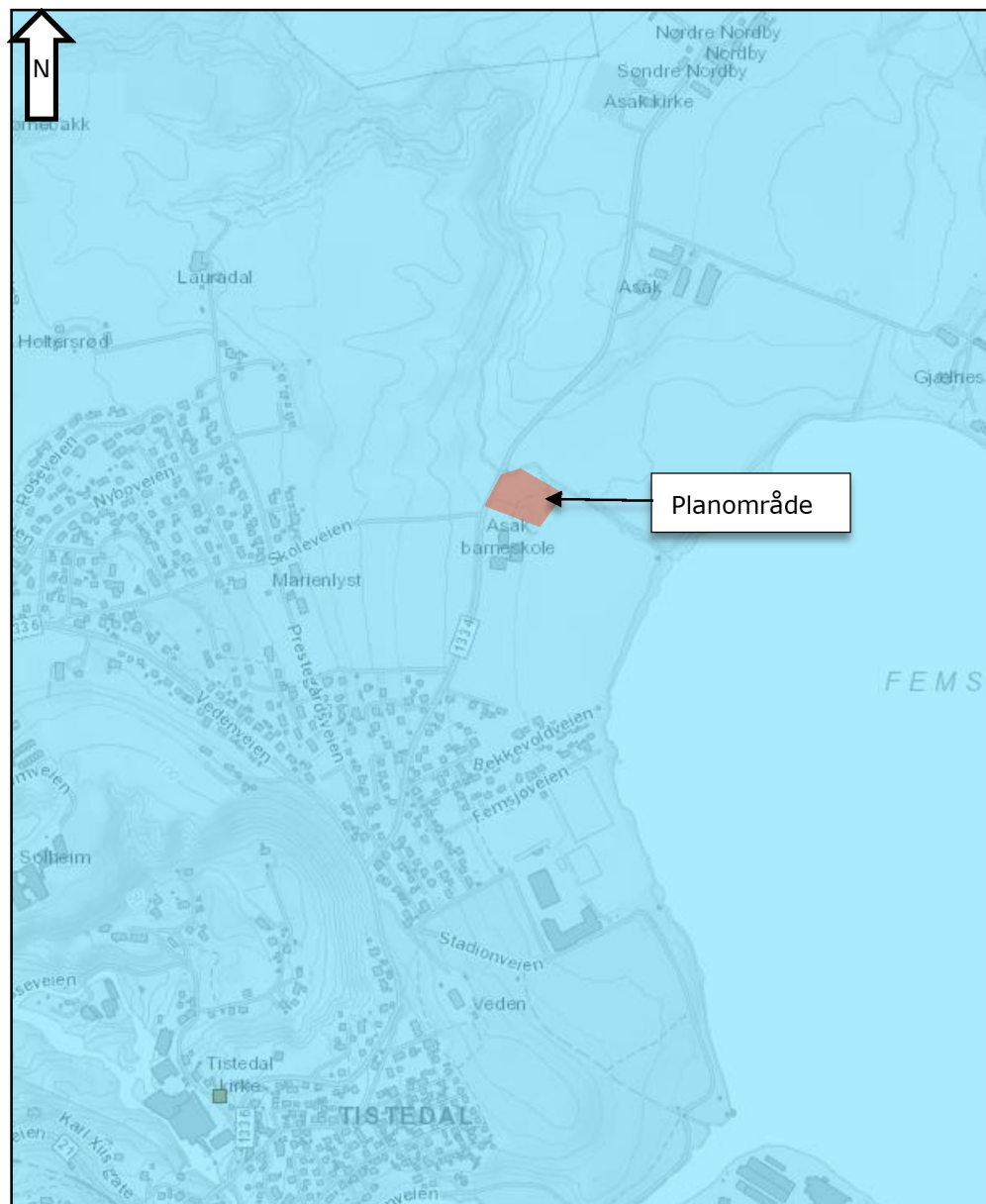
Det er ikke registrert kartlagte kvikkleiresoner eller faresoner i området.

Det er ikke registrert tidligere skredhendelser som er innrapportert til NGU, men det er registrert skredgroper langs Asak bekk nord for planområdet, se avsnitt 4.1.

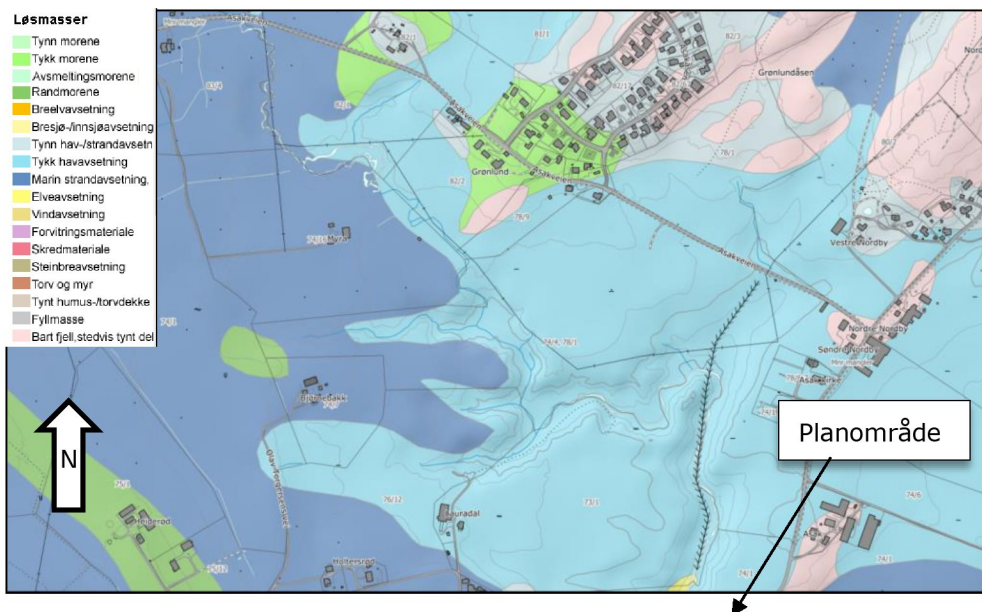
4 Terreng og grunnforhold

Prosjektområdet ligger under marin grense som angitt på Figur 3.

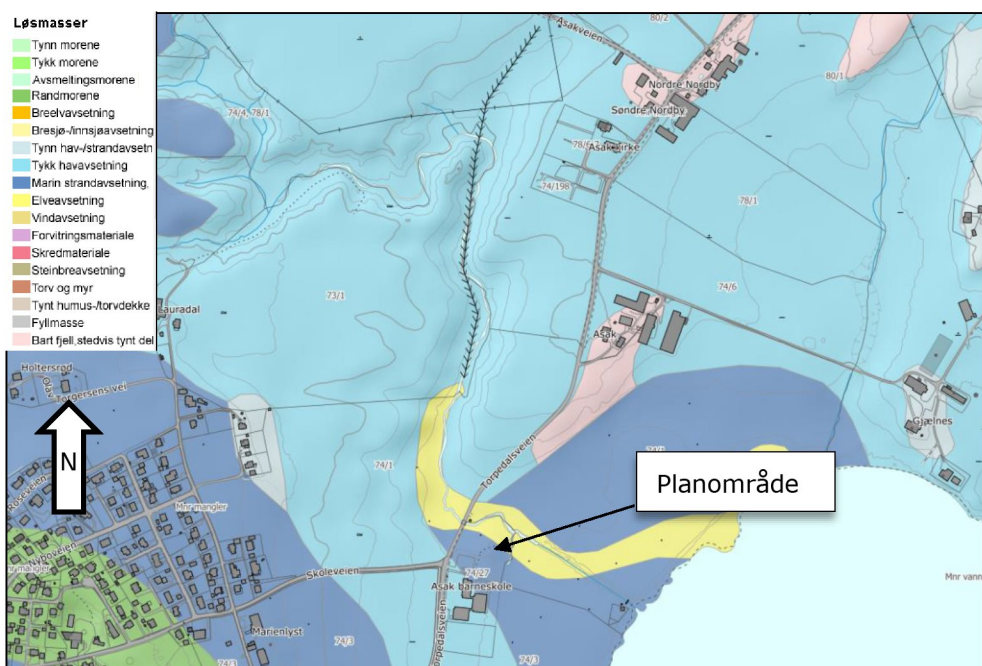
Kvartærgeologiske kart fra NGU for området rundt planområdet er vist på Figur 4 - Figur 7. Kart viser, at det i planområde treffes marine avsetninger. Mot sørvest vises en høyderugg av randmorene. Marine avsetninger kan treffes under randmorene. Nord for randmorene vises områder med marine avsetninger samt strandavsetninger og nord/nordvest for planområde viser kvartærgeologisk kart marine avsetninger som grenser opp mot berg i dagen. I Femsjøen indikerer løsmassekart strandavsetninger inn mot strandkant mens det ute ved Gjernesøya indikeres berg ved sjøbunn.



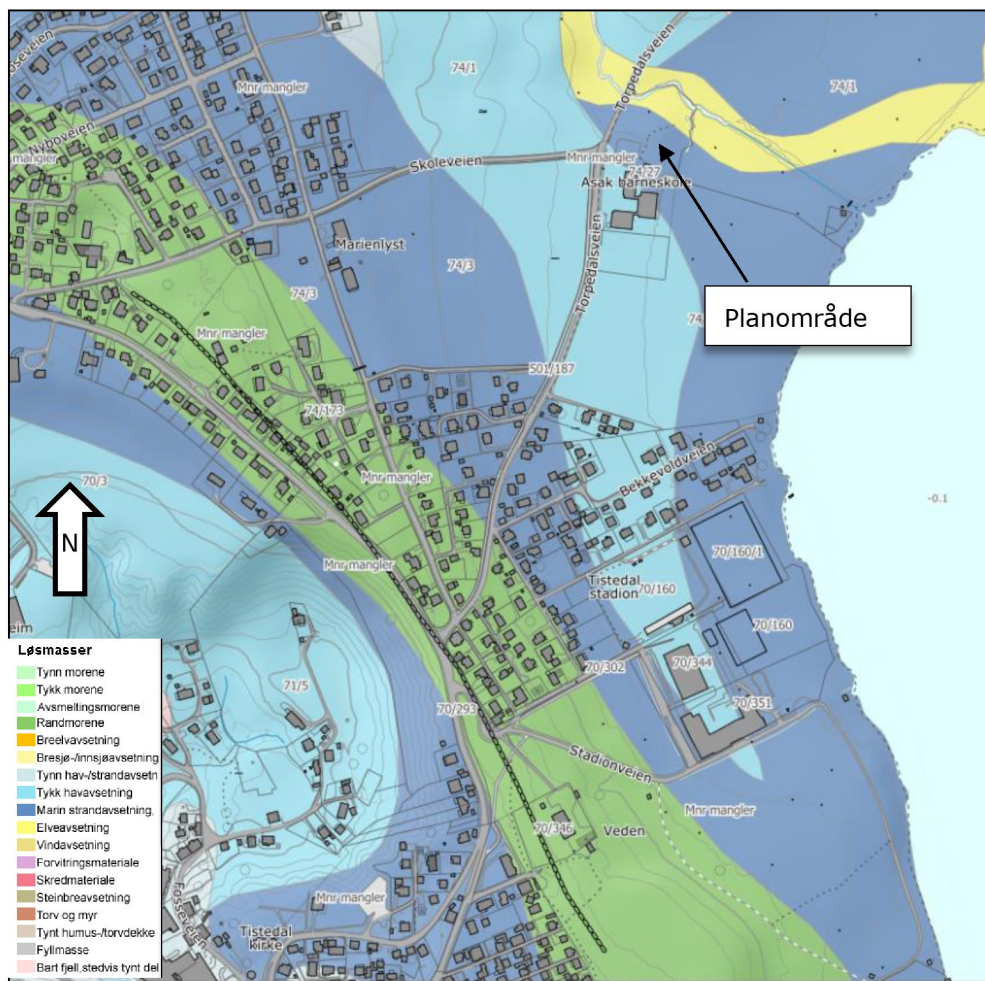
Figur 3: Kart fra NVE som viser marine grense. (<https://gis3.nve.no/link/?link=kvikkleire>).



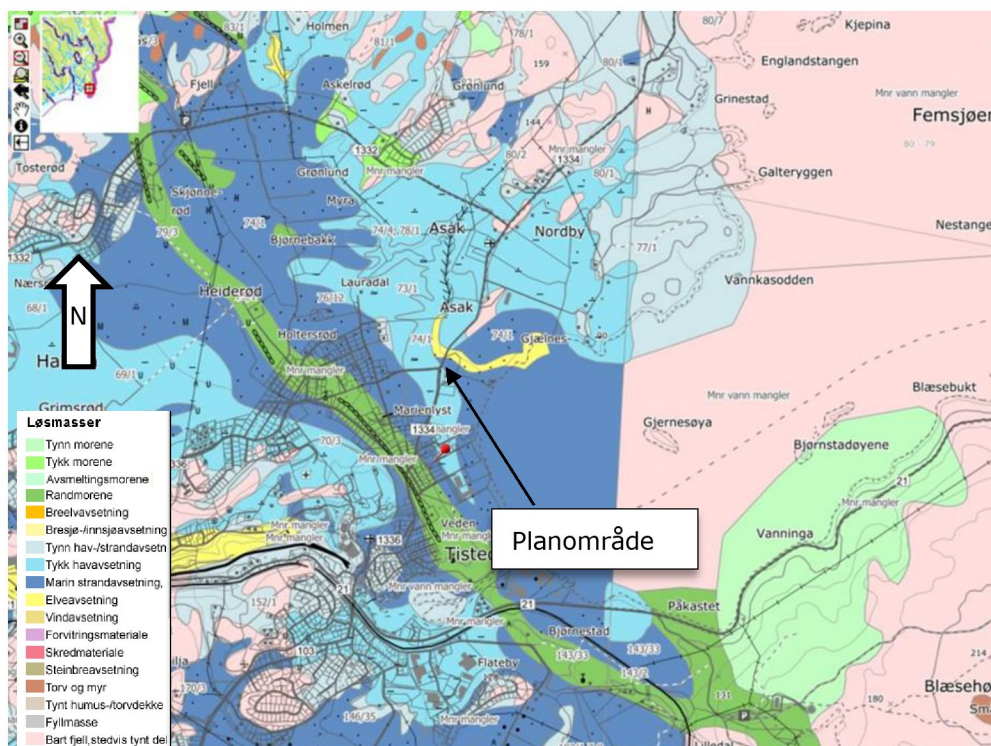
Figur 4: Kvartærgeologisk kart fra NGU. Område nord for planområde for VBA.



Figur 5: Kvartærgeologisk kart fra NGU. Område nord/nordvest for planområde for VBA.



Figur 6: Kvartærgeologisk kart fra NGU. Område sørvest for planområde for VBA.



Figur 7: Kvartærgeologisk kart fra NGU. Relevant område rundt planområde ses på kart. Her er det også inkludert vurdering av løsmasser i Femsjøen.

Det er utført en terrengeanalyse (GIS) med utgangspunkt i helninger brattere enn 1:20 (5%). Resultat fra analyse er gitt på Figur 9.

200 m nord for planområdet treffes en ravine med bekkeløp i bunn. Bekkeløpet kommer ved Asak kirke inn i ravineområdet fra ravinert område mot vest og fortsetter mot sør/sørøst rett nord for planområde hvor det har utløp i Femsjøen. Helning på skråningene i ravinen ned mot bekkeløpet er bratt og er generelt mellom 1:3,5-5. Relieffkart av ravineområdet vist på Figur 8.

Terrenget stiger mot vest og sørvest for planområdet, opp mot randmorenen, med en helning på ca. 1:9.

Maksimal høydeforskjell i skråninger langs ravinen ned mot Asak bekk er 17 m i den nordøstlige del av bekk ved Asak kirke. Høydeforskjell mellom terreng toppen ved Asak kirke og planområdet er ca. 20 m. Høydeforskjell blir gradvis mindre innover mot nordvest.

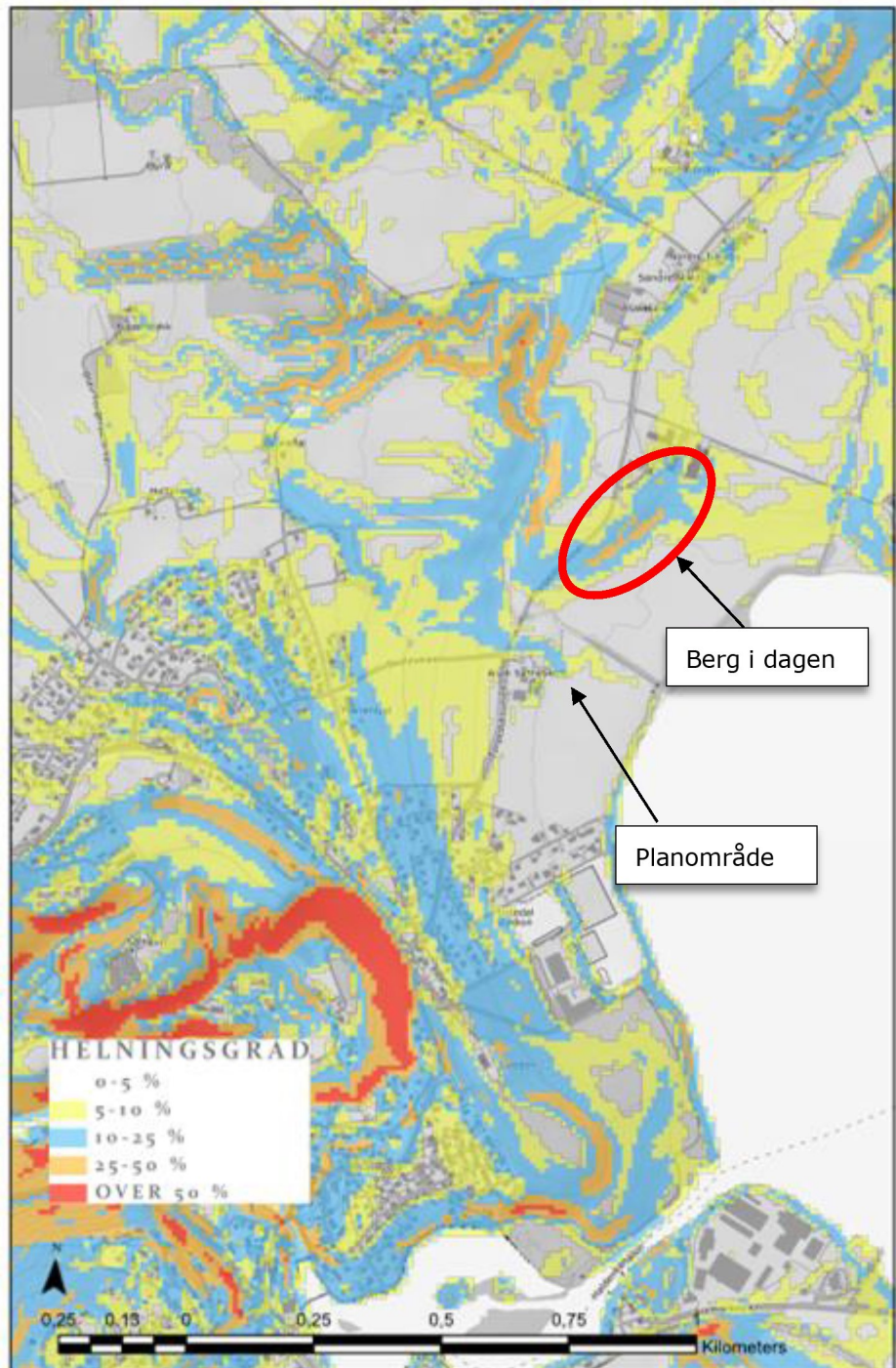
Terrengeforskjell inn imot Tistedal mot vest og sørvest for planområde er inntil 50 m. Mot sør/vest på motsatt side av moreneryggen faller terrenget bratt - område med rød skravur på Figur 9.

Området sør og øst/nordøst for planområdet er tilnærmevis flatt inntil Femsjøen. Utfra dybdekart fra Femsjøen (se Figur 10) finnes at vanddybde maksimal er 2,5 m inntil 240 m fra strandkant. Helning i avstand av ca. 700 m fra standkant er mellom 1:27 og 1:50 og er her ikke kritisk. NGU angir bart

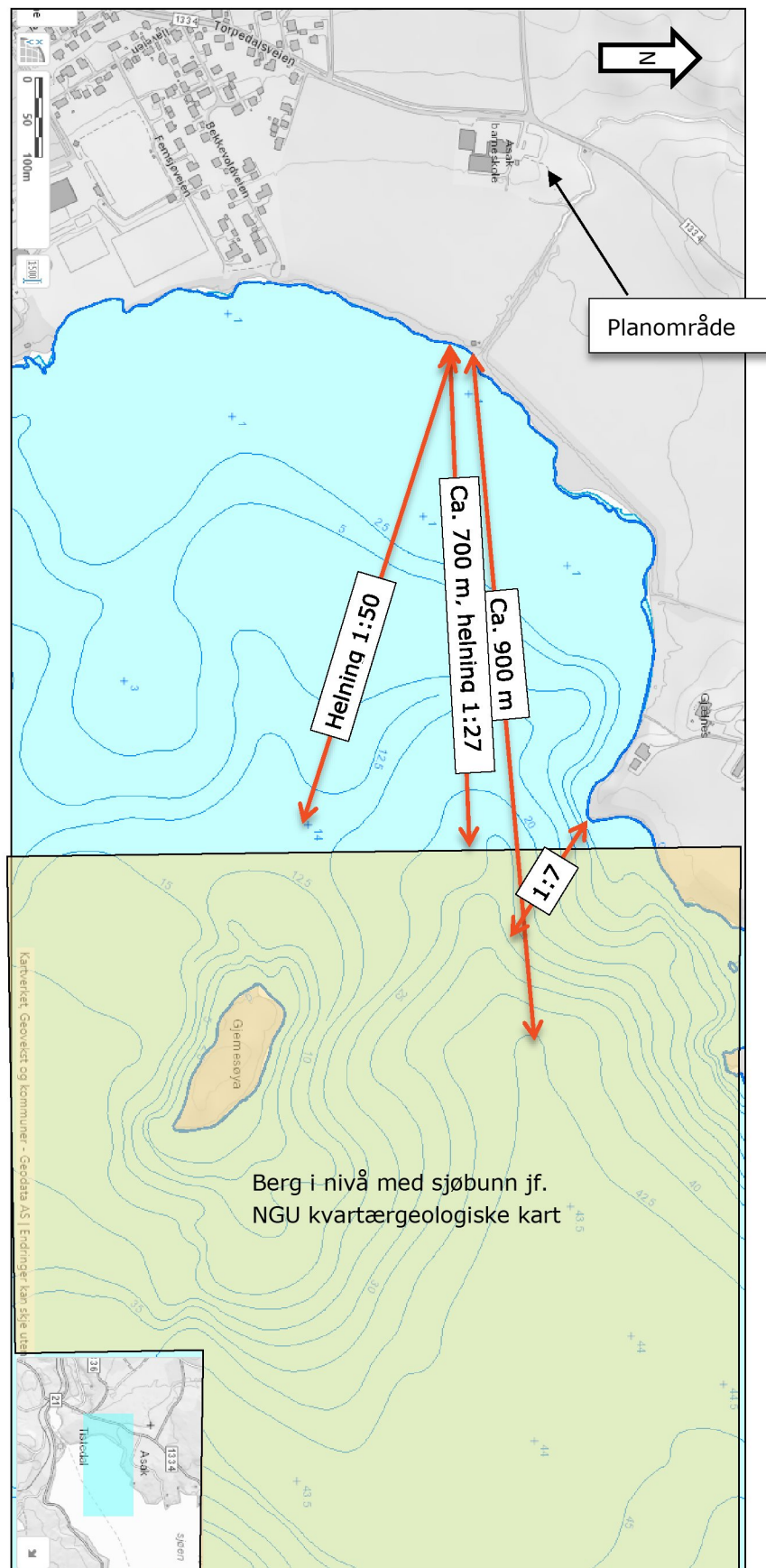
fjell/tynt dekke i det dypeste partiet av Femsjøen i avstand større enn ca. 700 m. Dypeste punkt på omtrent 44 m dybde finnes omtrent 900 m fra strandkant ved planområde hvoretter sjøbunn blir tilnærmedesvis flatt. Helning av sjøbunn i strandkant 700 m vest for planområdet og mot nord er ca. 1.7.



Figur 8: Relieffkart i område med ravine/bekkeløp. (høydedata.no)



Figur 9: Kart fra GIS-analyse over terrenghelninger i området. DTM 10 terrengmodell er benyttet for analyse.



Figur 10: Dybdekart fra NVE med angitt relevante helninger på sjøbunn i Femsjøen.

COWI har i forbindelse med dette prosjektet utført grunnundersøkelser i desember 2018 og mars 2019 presentert i "RAP-RIG-001-Tistedal Torpedalsveien GU Datarapport" datert 29.03.2019 [4]. Grunnundersøkelsene består av:

- > 10 totalsonderinger
- > 4 CPTu sonderinger
- > 4 prøveserier (BH1, BH7, BH9 og BH10)
- > 4 hydrauliske piezometer i 2 borhuller

Utsnitt fra boreplan kan ses på Figur 12 og Figur 13.

Totalsondering 1 og 10 er vist på Figur 14 som viser den generelle beskrivelse av grunnforholdene bestående av:

- > Tørrskorpe i 1 m dybde
- > Leire med varierende innslag av friksjonsmasser til 15-25 m dybde – sprøbrudsmateriale påvist i flere prøver
- > Grus/morene til 35-40 m dybde
- > Leire i 40-50 m dybde
- > 50 m – antatt berg

NVE veilederen 7/2014 angir at områdeskredd kan skje i masser med omrørt skjærstyrke $c_{ur} < 2$ kPa og sensitivitet, $S_t > 15$. Ut ifra prøveseriene i punkt 1,7,9 og 10 er tykkelse på sprøbrudslag vurdert. I borepunkt 1 og 10 er det kun den øverste prøve som viser sprøbruddsoppførsel. For borepunkt 7 og 9 viser alle prøvene generell tegn på sprøbruddsoppførsel. Ved sammenligning med totalsonderinger vurderes det at det treffes sprøbrudsmasser i:

- > Borhull 1-5 (der VBA er planlagt): tynt lag i ca. 1 meter dybde
- > Borhull 6 (overgang mellom område for borhull 1-5 og område for borhull 7-9): 2-5 m u.t.
- > Borhull 7-9: 4-9 (10) m u.t.
- > Borhull 10: 4-9 m u.t. men ikke som et sammenhengende lag.

Ingen prøver har omrørt skjærstyrke tilsvarende kvikkleire ($c_{ur} < 0,5$ kPa)

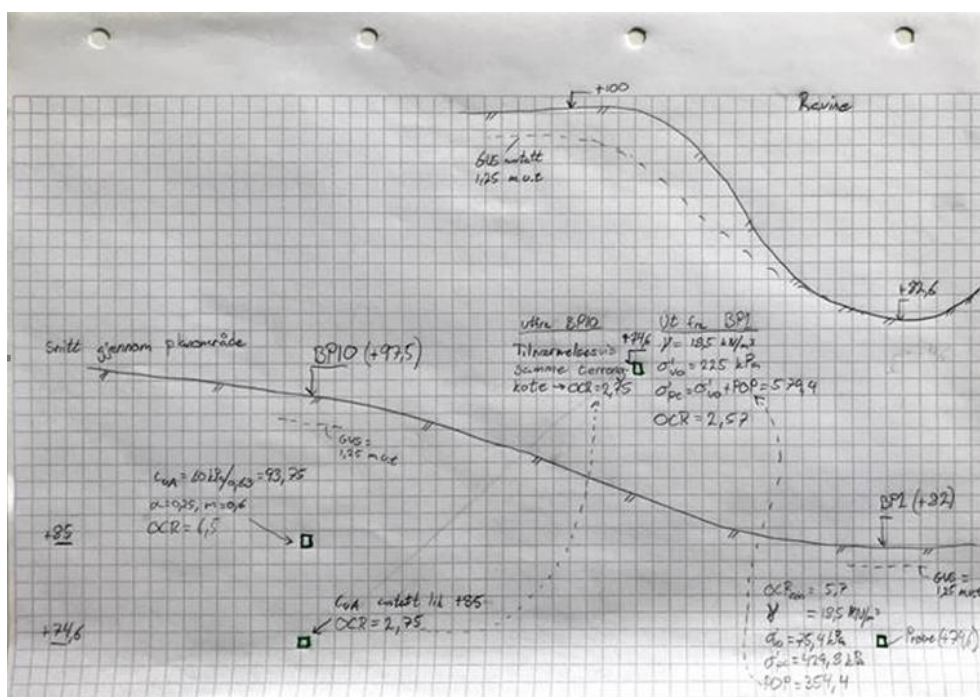
Forbelastningsgraden (OCR) er generelt funnet høy i området:

- > I planområde finnes OCR=5,7 i kote +74,6 (7,35 m dybde) ut ifra ødometerforsøk (borhull 1).

- > Dette tilsvarer en $OCR=2,5$ i samme kote (+74,6) under topp ravine (nivå lik 5 m under bunn ravine) dersom det antas samme forbelastningsspenning (POP).
- > I borepunkt 10 finnes i 12,5 m dybde (samme dybde som ødometerforsøk i borhull 1) ved bruk av SHANSEP, med $\alpha=0,25$ og $m=60$ og grunnvannstand 1,25 m under terreng, $OCR = 6 *$.
- > Benyttes SHANSEP i borhull 10 i kote +74,6 m (23 m dybde) (tilsvarer nivå 5 m under ravinebunn og nivå for ødometerforsøk i planområdet/borhull 1) fås $OCR=2,7$ med konservativ bruk av udrenert skjærstyrke målt i kote +85 m. Terrengkote ved borhull 10 og topp ravine er tilnærmeelsesvis det samme.

* Aktiv skjærstyrke er beregnet fra direkte verdi ved bruk av AD forhold på 0,63.

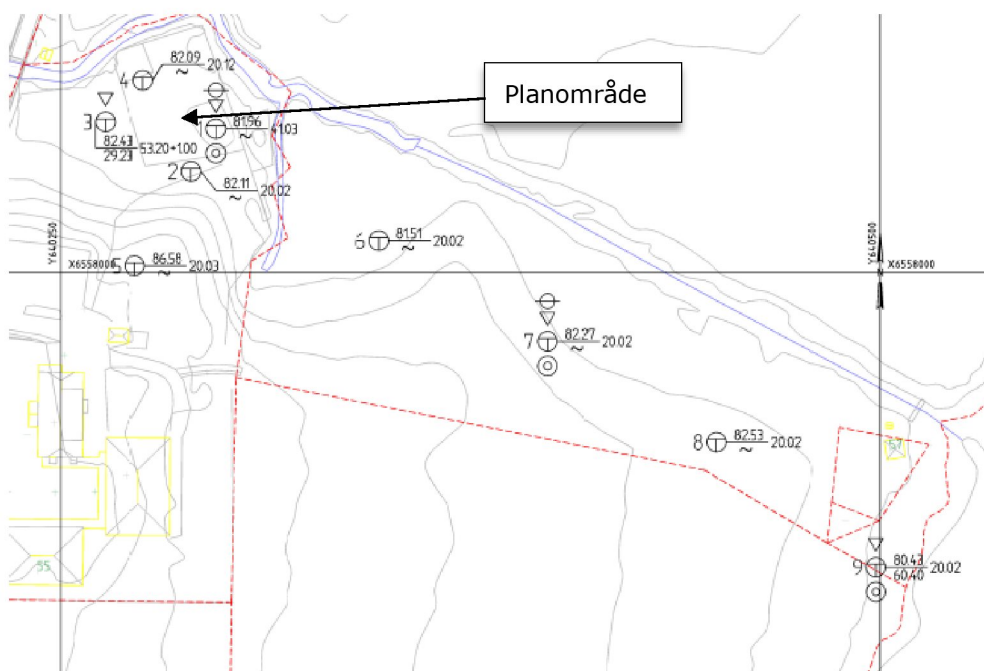
Se Figur 11 for oversikt over beregnet OCR i skråning og ravine. OCR forventes på bakgrunn av ovenstående å være minimum 2 for hele området.



Figur 11: Oversikt over OCR i snitt gjennom tiltak og skråning mot vest samt representativ snitt for Ravine.

Grunnvann er registrert omtrent 1m under terreng i området for VBA tilsvarende kote ca. +81. Grunnvann kan antas som hydrostatisk ut ifra grunnvannsmålinger i borepunkt 1 hvor det ikke er registrert poreovertrykk. Grunnvannsstand er registrert å ligge ca. 2 m over vannstand i Femsjø (kote ca. +79 m). Bunn av ravine er på omtrent samme kotenivå som planområdet med bare et par meter til forskjell. Massene truffet i kant av bekk er leire med sand og siltstriper – noe som også treffes lengere opp i skråning der massene er blottlagte. Dette tilsier at vann fritt kan strømme ut i kanten av ravine uten at det dannes poreovertrykk. I tillegg er terreng bak ravine flatt med små variasjoner i høydeforskjell som er drenert med drensør per 8 m (opplyst av

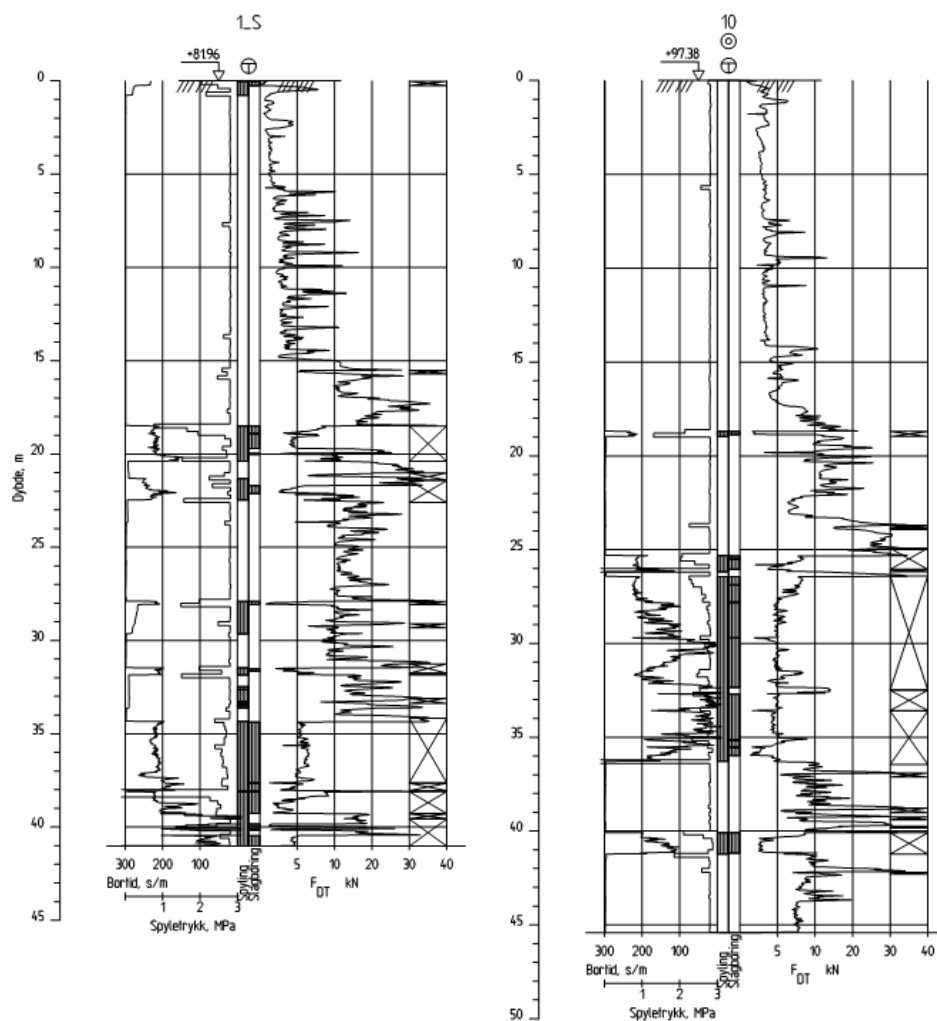
bonde) hvilket medfører overflatevann herfra ikke vil trenge ned i grunnen. I bunn av bekk ble det flere steder truffet berg på lengere strekninger. Det vurderes derfor at det ikke treffes større artesiske lag under bunn av bekk som kan oppbygge poreovertrykk.



Figur 12: Utsnitt fra borplan for område ved vannbehandlingsanlegg og inntaks- og utslipsledning.



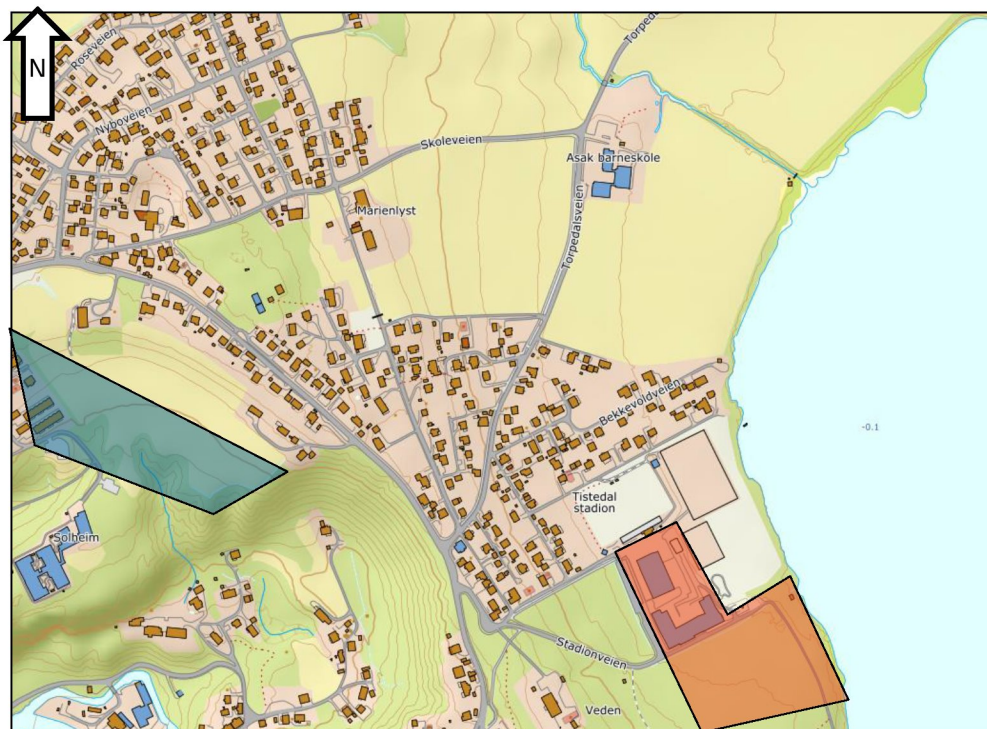
Figur 13: Utsnitt fra borplan for skråning vest for området.



Figur 14: Totalsondering i borepunkt 1 og 10 som viser generelt lagdeling i planområdet og skråning vest for planområde.

Tidligere utførte grunnundersøkelser øst og vest for randmorene ved Tistedal stadion er vist på Figur 15. I rød sone er det utført grunnundersøkelser av Grunnteknikk AS som er presentert i datarapport «Halden. Tistedal skole, Geoteknisk datarapport» datert 09.08.2017. Her beskrives grunnforhold som lagdelte friksjonsmasser av silt/sand og grus ned til overgang mot moren/fjell. Det er ikke registrert sprøbrudsmateriale eller kvikkleire i området.

I blått område er det utført grunnundersøkelser av NGI presentert i «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, datarapport» datert 07.09.2018. Det er generelt truffet masser av leire og silt samt grus og sand. Det er registrert sprøbrudsmasser i fra ca. 3-6 m u.t. i boringene. I en enkelt boring i den sørøstlige del er det truffet kvikkleire i 20 m dybde rett over berg med en mektighet på omtrent 5 m.



Figur 15: Oversikt over utført grunnundersøkelser uten funn av sprøbrudsmateriale.

4.1 Befaring av Asak bekk

Det er gjennomført en befaring av Asak bekk for å sjekke om det pågår erosjon. Bilder og vurderinger fra befaring er angitt i vedlegg 5. Erosjon anses som liten for de første 180 m av bekk nord/vest for Torpedalsveien. Herfra blir terrenget i ravinen brattere og erosjon ses tydelig inn i sving på bekk. Mindre skred er observert i skrånningene. Enkelte steder er det observert berg i bunn av bekk men dette er ikke gjennomgående for strekningen.

Det er observert at erosjonssikring er utført på enkelte steder som angitt i vedlegg 5. Utført erosjonssikring anses i disse områdene som tilstrekkelig og det trengs ikke ytterligere tiltak her.

Det har ikke vært mulig å lokalisere berg i dagen fra bunn av bekk og opp i ravineskråningen hvorfor det ikke er påvist at berg kan gjøre en avgrensning for eventuell skred fra erosjon. Det er i bunn av knoll i nord, hvor bekk svinger mot vest ved Asak Kirke, truffet berg i 5 m høyde. Berg er observert både på øst og vestsiden av knoll (se vedlegg 5). Bekkens forløp rundt knollen indikerer at knollen hovedsakelig består av berg.

Øst for Torpedalsveien og nord for planområdet er bekken omlagt og i denne forbindelse erosjonssikret.

Luftfoto av Asak bekk med utgangspunkt i år 1948 viser at ravinedalens forløp har vært konstant de siste 70 år og at utglidninger langs ravinen er foregått før dette tidspunktet.

Ved befaring ble det funnet erosjonssikring langs Femsjøen.



Figur 16: *Luftfoto av området. Øverst 2019. Nederst 1948. (norgebilder.no). Rød sirkel viser omlagt bekkeløp fra planområde og ut mot Femsjøen.*

5 Soneavgrensning og klassifisering

Det er tegnet opp 2 faresoner med hver sin faregradsevaluering. Faresoner er tegnet opp for områder med terreng brattere enn 1:20 og for områdene langs ravine mot nord og skråningen mot vest/ sørvest. Løsneområde avgrenses ved:

- > Oppstikkende berg i dagen eller morene
- > Avgrensning mot tidligere undersøkelser uten påvist kvikkleire eller sprøbruddsmateriale.
- > Maksimal utstrekning av løsneområde på 15 ganger skråningshøyden i ravinert terreng.

Da de trufne sprøbrudsmasser alle har omrørt skjærstyrke $>1,0$ kPa er forventet utstrekning av løsneområde vesentlig mindre enn 15 ganger skråningshøyden jf. [5] hvorfor angitt løsneområde er noe konservativ. Eksisterende utglidninger langs ravinen viser løsneområde på ca. 7 ganger skråningshøyde, men da det ikke er gjennomført grunnundersøkelser langs ravinen benyttes anbefalinger i i [1] på 15 ganger skråningshøyde.

Utløpsområde avgrenses ved:

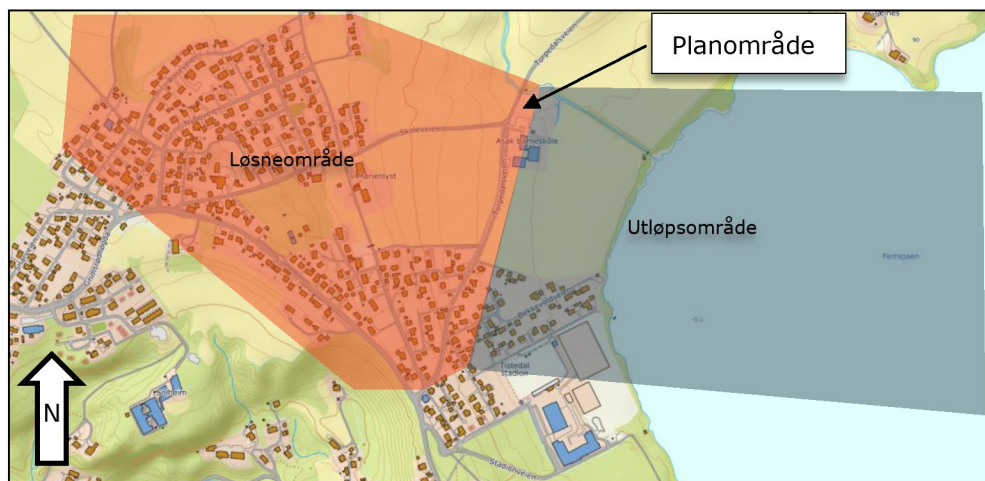
- > Utløp på 1,5 x utstrekning av løsneområde i åpent terreng
- > Utløp på 3 x utstrekning av løsneområde i kanalisert terreng.

Faresoner er klassifisert etter metodikk angitt i [1]. Evalueringsskjema er vist på Figur 17.

Faktorer	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
Undertrykk, kPa:	-3	> -50	-(20–50)	-(0–20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2–H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30–100	20–30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Figur 17: Evalueringsskjema for faregradsevaluering for kvikkleiresoner.

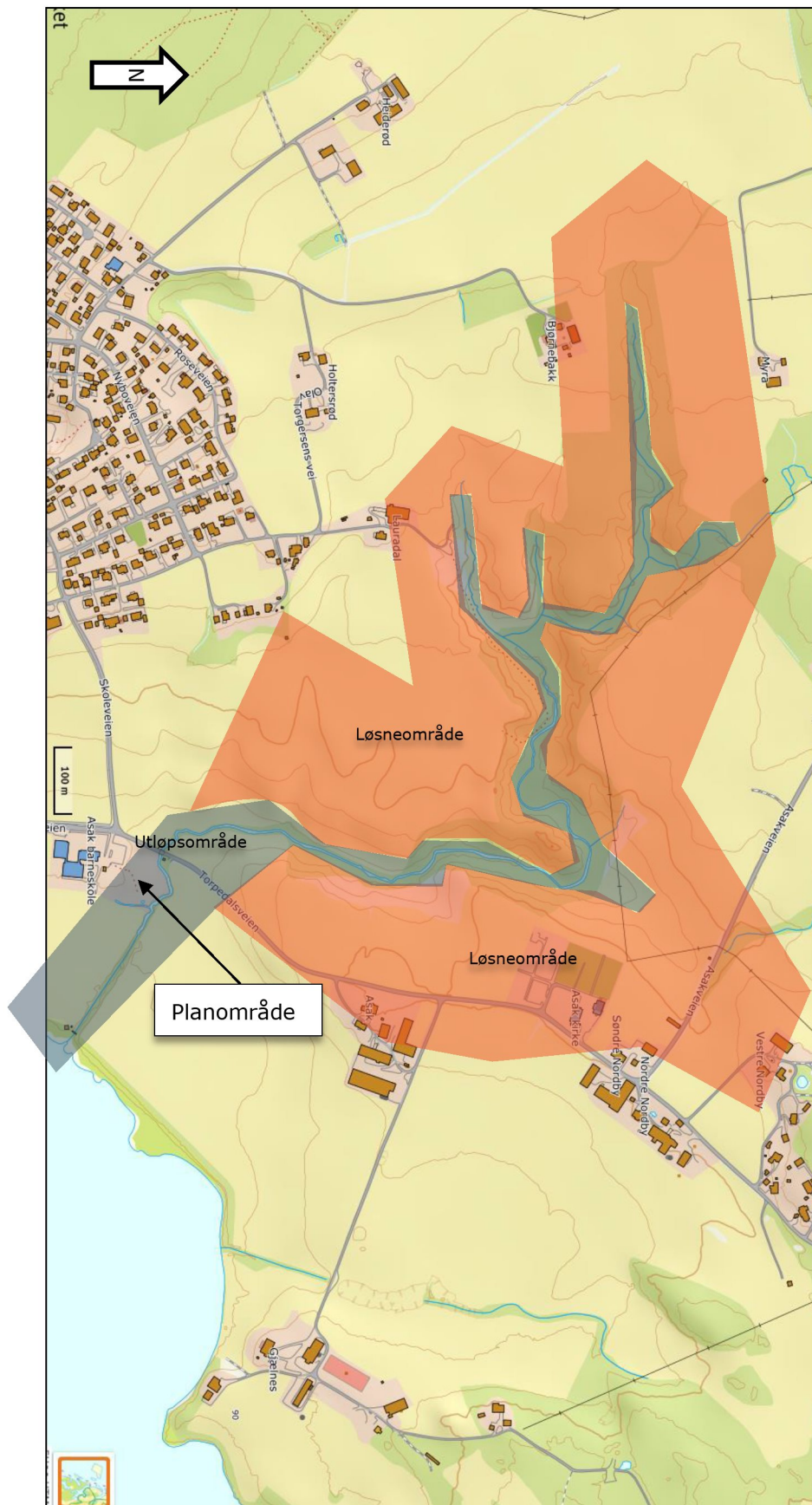
Ut ifra kriteriene angitt ovenfor er det tegnet inn to faresoner. Faresone 1 er for skråning mot vest tegnet opp på Figur 18. Evaluering av faregrad etter Figur 17 gir 10 poeng som anvist i Tabell 3 hvilket medfører "lav" faregrad.



Figur 18: Faresone 1 hvori planområde er plassert. Løsne- og utløpsområde er tegnet inn.

Tabell 1: Faregradsevaluering for faresone 1 (Figur 18).

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Samlet score	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert skredaktivitet.
Skråningshøyde, meter	2	3	6	Skråningshøyde > 30 meter.
Tidligere/nåverende terrengnivå (OCR)	2	0	0	Ødometerforsøk viser OCR >4.
Poretrykk.	3	0	0	Hydrostatisk trykk målt i grunnen.
Kvikkleiremektighet	2	1	2	På bakgrunn av trufne sprøbruddsmasser samt skråningshøyde på 50 m finnes mektighet å være ca. H/8.
Sensitivitet	1	1	1	Sensitivitet i planområde og i skråning; varierer generell mellom 10 og 30.
Erosjon	3	1	3	Lite erosjon i Asak bekk ved Torpedalsveien.
Inngrep	3	2	6	Byggegrep er plassert i bunn av brudsirkel og vil derfor i utgangspunktet ha en negativ påvirkning på stabilitet av skråningen mot vest. Lokalstabilitet av byggegrep sikres ved bruk av spunt hvorfor risiko for lokalt brudd som kan generer større områdeskred er ivaretatt. I tillegg er størrelse av byggegrep og inngrep (stabiliserende vekt av oppgravede masser) ift. utstrekning av et eventuell områdeskredd i skråning mot vest liten. Det anses, på bakgrunn av ovenstående, at det konservativt kan settes en score 2.
Sum			18	Middels faregrad



Figur 19: Faresone 2 hvori planområde er plassert. Løsne- og utløpsområde er tegnet inn.

Tabell 2: Faregradsevaluering for faresone 2(Figur 19).

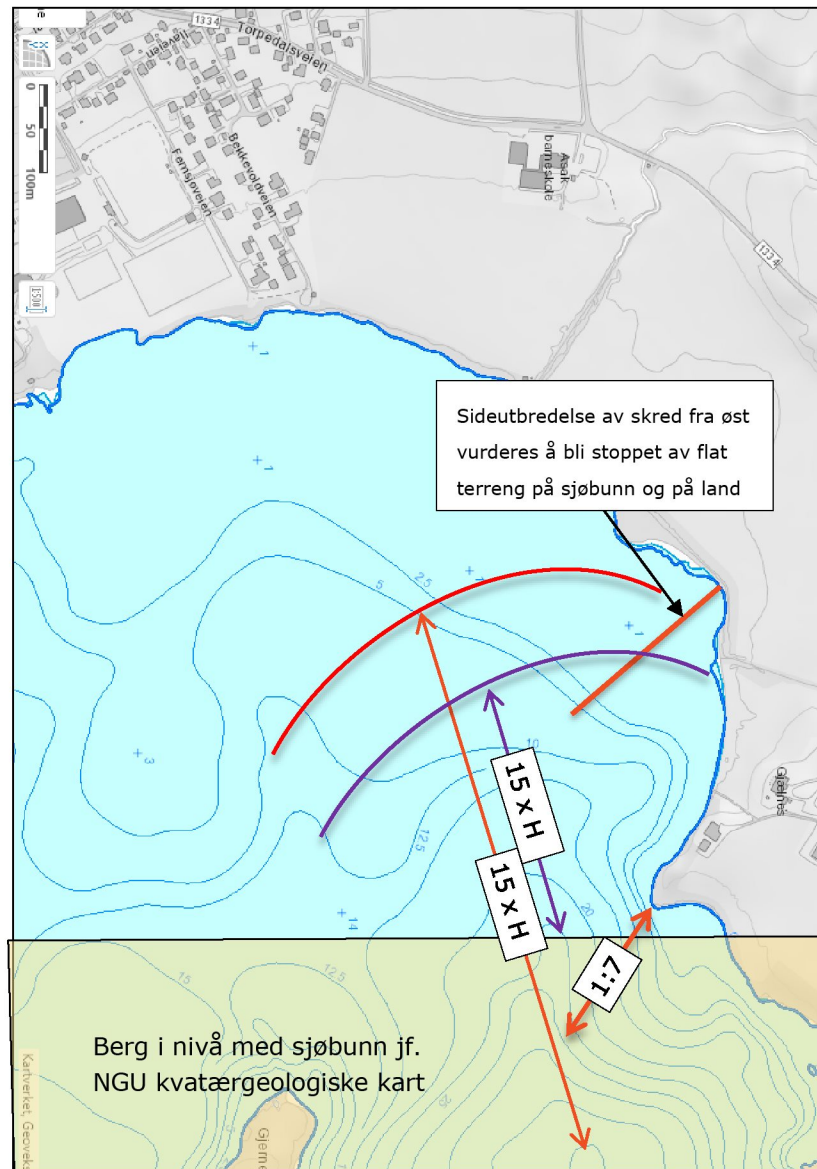
Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Samlet score	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	Det er registrert skredgrop i ravineside.
Skråningshøyde, meter	2	1	2	Skråningshøyde på 15-20 meter.
Tidligere/nåverende terrengnivå (OCR)	2	0	0	Forventelig >2 i hele området.
Poretrykk.	3	1	3	Poretrykk ikke målt. Antar liten poreovertrykk i grunn på bakgrunn av vurdering i avsnitt 4.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Det er på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser i området vurdert at kvikkleiremektighet ikke vil økes ved ravine slik det treffes mere enn H/2 av skråningshøyde i ravine. Her er det især lagt vekt på borepunkt 10 hvor kvikkleiremektighet er mindre enn H/8. Det ble under befaring i Asak bekk ikke truffet noen tegn på kvikkleire eller sprøbruddsmasser i blottlagte masser i bekk og skråningsssidene.
Sensitivitet	1	2	2	Utfra undersøkelser utført på tomt for VBA vurderes sensitiviteten ikke å overstige 100. Høyeste målt sensitivitet i grunnundersøkelsene er 38 i borhull 7 ut mot Femsjøen. I borhull 10 og i borepunkt 1 som ligger nærmere ravinen er sensitivitet målt til maksimalt 27 og 22. At den skulle komme opp over 100 vurderes som lite sannsynlig.
Erosjon	3	1	3	Lite erosjon truffet i bekk.
Inngrep	3	0	0	Byggeområde ligger utenfor løseområde men langs utløpssone.
Sum			16	Lav faregrad

5.1 Influens fra undersjøiskskred i Femsjøen

Undersjøisk skred i Femsjøen kan gi bakovergripende skred inn imot strandsonen ved planområdet. Utbredelse av bakovergripende skred i Femsjøen på 15 x skråningshøyden blir 660 m dersom størst dybde i sjøen betraktes og ca. 300 m dersom område der det forventes marine løsmasser. Et bakovergripende undersjøisk skred vurderes ikke og påvirke planområdet da avstand til bunn av skråning er større enn 900 m og helning av sjøbunn i Femsjøen nærmeste 700 m er slakere enn 1:27. Avgrensning av bakovergripende skred i Femsjøen er vist på Figur 20.

Strandkant er erosjonssikret og mindre enn 5 m høy og er derfor ikke vurdert å gi anledning til initialskred med bakovergripende skredrisiko.

Helning av sjøbunn i strandkant øst for planområdet og i retning nord er ca. 1:7. Basert på tilnærmet flatt terreng 200 m fra strandkant og tilsvarende avstand på land mot planområde samt topografi i Femsjøen i øvrig vurderes utbredelse av skred i dette området vil stoppe når skredd når flatt sjøbunn som illustrert med rød strek på Figur 20 og dermed ikke vil nå planområdet.



Figur 20: Dybdekart fra NVE med angitt avgrensning på bakovergripende skred initiert på sjøbunn i Femsjøen.

6 Sikkerhetskrav for planlagt tiltak

Krav til tiltakskategoriene K2 til K4 er angitt i Figur 21, ref. [1]. Kravene må følges i forbindelse med utredning av faresone og utbygging heri.

Vannbehandlingsanlegget anses som større VA-anlegg og plasseres i tiltakskategori K3. Faregrad av faresone 1 og 2 er vurdert til hhv. middels og lav faregrad. Krav i faresone 1 er derved gitt ved sikkerhet over 1,4, ikke forverring ved sikkerhet på 1,2 eller forbedring ved sikkerhet lavere enn 1,2. For faresone 2 er det krav til sikkerhet på 1,4 eller ikke forverring av tiltak i faresone 2.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulike faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilyfning av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilyfning av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilyfning/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilyfning/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

* Se kapittel 5.3.

** Det er ikke nødvendig med fullstendig utredning av sonen. Selve tiltaket kan utføres med et tilhørende stabiliserende tiltak for å oppnå "ikke forverring" av områdestabiliteten.

Figur 21: Krav til sikkerhet for tiltakskategori K2, K3 og K4. Ref. [1].

I faresone 1 anses tiltak å påvirke stabiliteten ved utbygging av VBA da utbygging ligger i bunn av skråning og det skal etableres en byggegrop for anlegget. I permanent fase vil områdestabilitet ikke forverres. Stabilitetsanalyse for utgravning i anleggsfasen må gjennomføres.

Planområdet ligger i utløpsområdet for faresone 2 hvorfor det ikke vil skje forverring av stabilitet ved utbygging av planlagt tiltak. Det pågår liten erosjon i bekk hvorfor det må gjøres vurdering av behov for erosjonssikring av bekken.

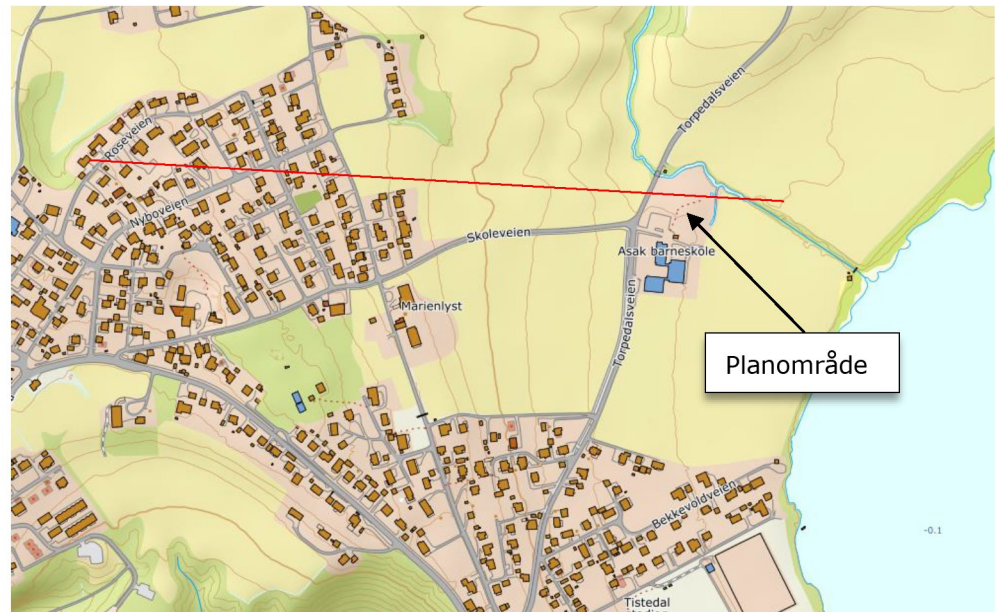
7 Grunnlag for stabilitetsvurdering i faresone 1

Det er gjennomført en stabilitetsvurdering for å sikre at faresone 1 opprettholder sikkerhet på 1,4 ved utgravning til VBA. Når bygg er ferdigbygget fylles

byggegrop til dagens terreng. Det anses derfor ikke å være forverring av områdestabilitet i den permanente situasjonen.

7.1 Kritisk snitt

Det er vurdert på kritisk snitt rett vest for planområdet som vist på Figur 22. Inngrep i anleggsfasen ligger i bunn av skrånning hvorfor det må sikres en sikkerhet på 1,4 i denne fasen. Grunnundersøkelser er utført slik de danner grunnlag for vurdering av dette snittet.



Figur 22: Oversikt over kritisk snitt for beregning av stabilitet ned mot planområde.

7.2 Laster

For beregning er det benyttet parameter angitt i pkt. 7.4. Laster fra vei er valgt til 15 kPa korrigert med lastfaktor på 1,3 ved ugunstig påvirkning og 0 ved gunstig påvirkning i henhold til SVV Håndbok N200 [6].

7.3 Grunnvann

Vannspeil plasseres 1,25 m under terreng for hele skrånningen.

7.4 Beregningsparameter

Beregningsparametere for løsmasser i kritiske snitt er angitt i vedlegg 1 til 4 på bakgrunn av gjennomførte felt og laboratorieforsøk samt erfaringsverdier i SVV V220, ref. [7].

8 Stabilitetsvurderinger

8.1 Resultater av stabilitetsberegninger

Det er gjennomført stabilitetsvurdering av skråningen vest for området ved bruk av GeoSuite Stability. Beregningssnitt for udrenerte og drenerte beregninger i anleggsfasen er angitt på tegning 1 og 2. Sikkerhet på mellom 1,47 og 4,6 i drenert og udrenert situasjon er dokumentert.

Det er en forutsetning for beregningene at byggegrop etableres med spunt da det ikke er tatt med frie graveskråninger på beregningssnitt.

8.2 Sikringstiltak i Asak bekk

Det er i forbindelse med befaring identifisert stedvis erosjon i Asak bekk. Erosjon kan forsake skredd i masser i skråninger og initiere stabilitetssvikt. I tillegg kan det ikke dokumenteres at det ikke er sprøbruddsmasser i grunnen langs ravinen rundt Asak bekk. Derfor må det gjøres tiltak i Asak bekk slik erosjon ikke kan forsake utløp av masser i planområde.

Område 1: Første strekning nord for Torpedalsveien. For område 1 markert på vedlegg 5 anses det ikke som nødvendig med erosjonssikring. Terreng er her åpnet opp og helning på skråninger ned mot bekk er generelt som i beregningsprofil omtalt i tidligere stabilitetsanalyse. Stabilitet er høy og det vurderes derfor at den liten erosjon som pågår ikke vil medføre risiko for områdeskred.

Område 2 og 3: Sørlike halvdel av kartlagt strekning. For område 2 og 3 ses det tydelig i terreng at det før har pågått større skredd mot øst. Det er observert erosjon i bekk nær bratte skråninger hvorfor erosjonssikring må utføres. For område 2 anses det nødvendig å erosjonssikre begge sider av bekken mens det i område 3 vurderes tilstrekkelig å erosjonssikre sving mot øst langs markert strekning.

Område 4-6 nordlige del av ravine. Område 5 og 6 er erosjonssikret og erosjon er ikke et problem her. Område 4 er ikke erosjonssikret. Erosjon pågår og det må gjøres sikring likt område 5.

Område 7 ved sving nær Asak Kirke. Område 7 vurderes å må erosjonssikres i ytre sving slik skråning mot Asak kirke ikke blir utfordret.

Utløpsdistansen for et skredd i kvikkleire antas vanligvis som 3 x løsnedistanse i kanalisert terreng mens det i åpent terreng anses som 1,5 x løsnedistanse. For masser med omrørt skjærstyrke >1,0 kPa forventes utløpsdistanse og være mindre. Skred som pågår etter punkt 7 vil have utløpsdistanse på over 700 m. Det vurderes derfor at skred lengere oppstrøms enn i punkt 7 ikke vil påvirke planområdet.

Det kan i forbindelse med detaljplanlegging av erosjonssikring utføres grunnundersøkelser langs bekk i topp av ravinen. Dersom det ikke treffes

sprøbrudsmateriale kan faresone og dermed omfang av erosjonssikring reduseres.

9 Konklusjon

To faresoner er identifisert basert på NGU løsmassekart, befaring samt terrenganalyse og grunnundersøkelser. Faresone 1 er klassifisert med middels faregrad hvorfor krav til tilstrekkelig sikkerhet ved stabilitetsanalyse er påkrevet. Faresone 2 er klassifisert som lav faregrad hvorfor det er krav til dokumentert sikkerhet på 1,4 eller ingen forverring.

Anleggsfase for planlagt vannbehandlingsanlegg vil kunne redusere stabiliteten i faresone 1. Stabilitetsberegninger er derfor foretatt og viser at stabilitet i anleggsfasen er mellom 1,47 og 4,6 hvorfor områdestabiliteten anses som ivaretatt. Utgraving i anleggsfasen for VBA skal utføres med spunt for sikring av lokalstabilitet.

Faresone 2 vil ikke bli påvirket av planlagt byggeri/tiltak. Skred i sprøbrudsmasser langs Asak bekk mot nord kan løpe ut i planområdet hvorfor det må utføres erosjonssikring i enkelte områder langs bekken. Det kan i forbindelse med detaljprosjektering av erosjonssikringen gjennomføres supplerende grunnundersøkelser ovenfor bekken og dersom det ikke treffes sprøbrudsmasser her kan faresone begrenses sammen med omfang av erosjonssikring.

Med utførte stabilitetsanalyser og angitte sikringstiltak anses områdestabiliteten og sikring av planområde og være ivaretatt.

10 Oversikt vedlegg og tegning

Vedlegg 1	Ødometer tolkning av BH1
Vedlegg 2	Tyngdetetthet av jord
Vedlegg 3	Drenert styrke, friksjonsvinkel (CPTu tolkning)
Vedlegg 4	Udrenerte skjærstyrke (CPTu og rutineforsøk tolkning)
Vedlegg 5	Befaring av Asak Bekk og oversikt over vurdering av erosjonssikring
Tegning 1	Stabilitetsberegninger – Totalspenningsanalyse (udrenert) – Etter utgravning
Tegning 2	Stabilitetsberegninger – Effektiv spenningsanalyse (drenert) – Etter utgravning

11 Referanse

- [1] NVE, «Veileder 7/2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2017.
- [2] Grunnteknikk AS, «Halden. Tistedal skole, Geoteknisk datarapport,» Grunnteknikk AS, 2017.
- [3] NGI, «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim,» NGI, 2017.
- [4] COWI AS, «Tistedal Torpedalsveien GU, Datarapport Geoteknisk Grunnundersøkelser,» COWI AS, 2019.
- [5] NIFS, «Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge,» NIFS, 2013.
- [6] Statens Vegvesen, Håndbok N200, Vegbygging, Statens Vegvesen, 2018.
- [7] Statens Vegvesen (SVV), «Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2018.
- [8] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, «CPTU Correlations for Clays,» Norwegian Geotechnical Institute, 2005.
- [9] NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering i norske leirer,» 2014.

Vedlegg 1

Ødometer tolkning

Basert på CRS-forsøk ved borhull 1 presentert i "RAP-RIG-001-Tistedal Torpedalsveien GU Datarapport" [4] er det foretatt en parametertolkning av løsmassenes forkonsolidering.

Resultater er angitt i Tabell 5:

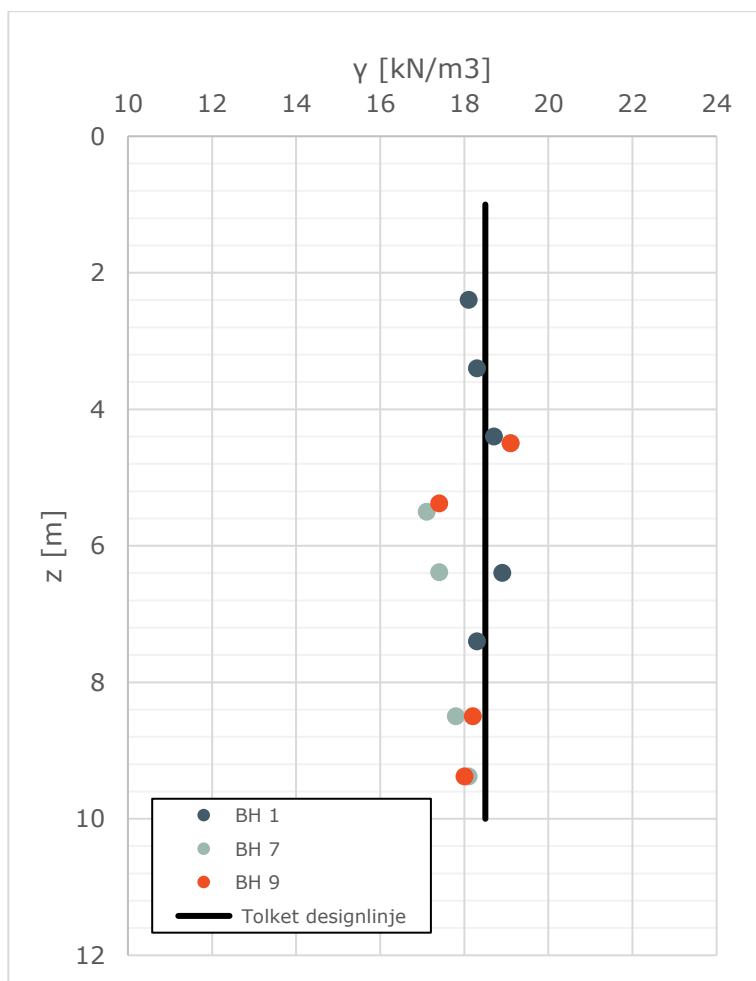
Tabell 3: Tolkede parametere fra CRS forsøk

Prøve	Dybde	Kote	OCR
BH1_1	6,62 m	+75,34	5,3
BH1_2	7,35 m	+74,61	5,7

Vedlegg 2

Tyngdetetthet

Tyngdetetthet registrert ved de ulike prøveseriene presentert i "RAP-RIG-001-Tistedal Torpedalsveien GU Datarapport" [4] er sammenstilt på Figur 23. Tolket Tyngdetetthet $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$ er tegnet inn i samme figur.



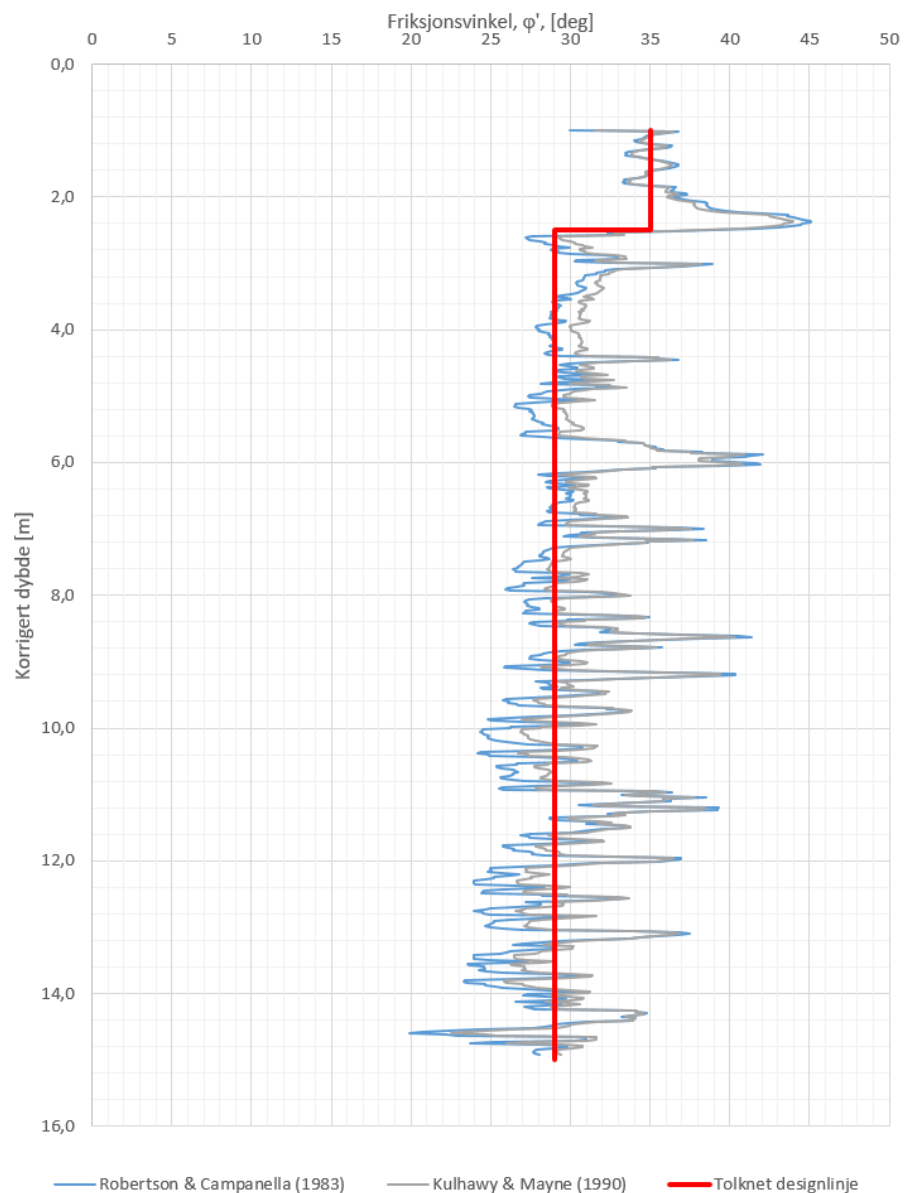
Figur 23: Sammenstilling av målt tyngdetetthet og tolket Tyngdetetthet.

Vedlegg 3

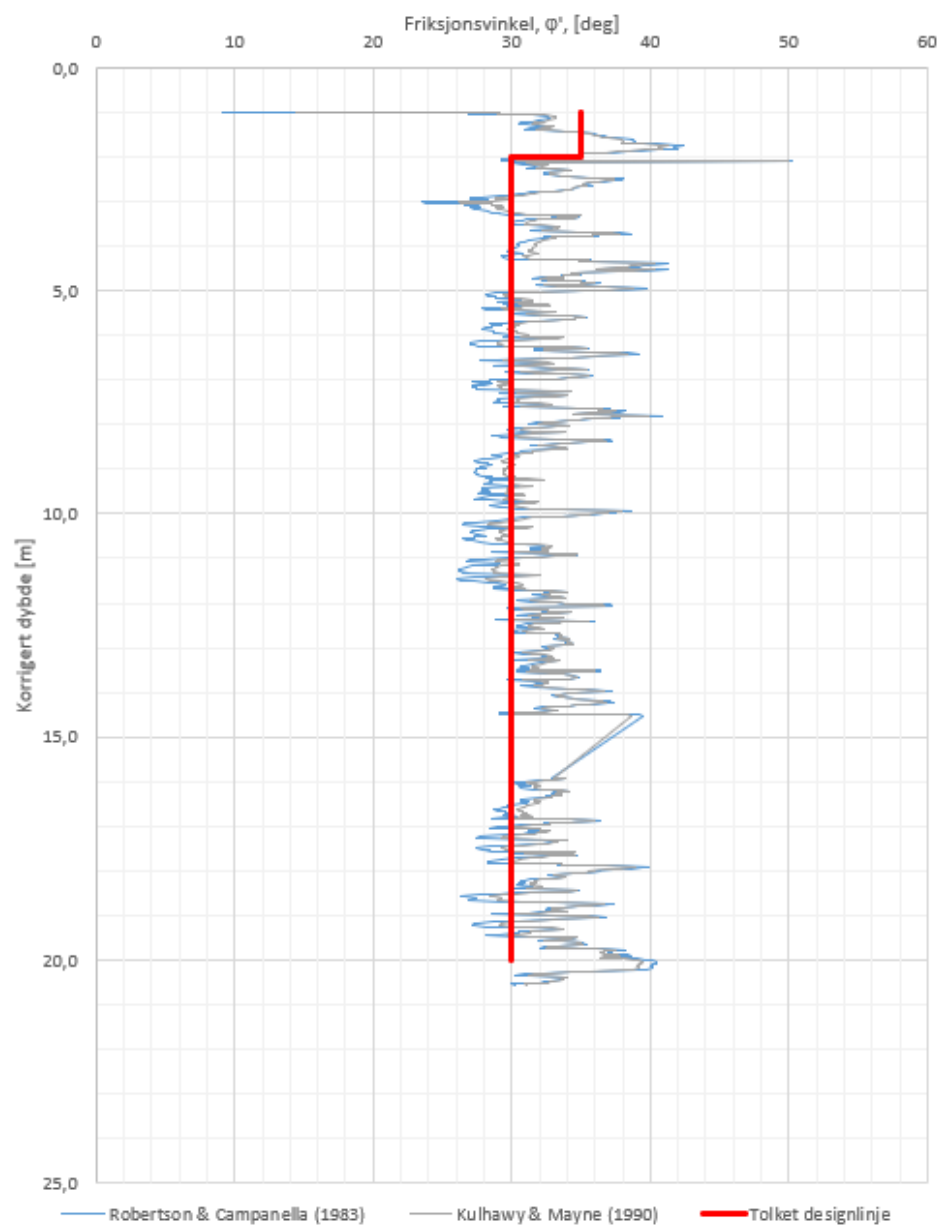
Drenerte parametere

Det ble ikke utført triaksialforsøk for vurdering av drenerte parametre. Den drenerte friksjonsvinkelen har blitt bestemt av CPTu ut fra Robertson & Campanella (1983) og Kulhawy og Maynes (1990) tilnærminger ut fra CPTu presentert i "RAP-RIG-001-Tistedal Torpedalsveien GU Datarapport" [4]. Attraksjon er vurdert til 10 kPa for leirelaget ut fra SVV V220 [7].

For området ved VBA er friksjonsvinkelen for sand vurdert å være 35 grader og friksjonsvinkelen for leirlaget er 29 grader, ut fra CPTu i borehull 1 og 3 (se Figur 24 og Figur 25).



Figur 24: Design friksjonsvinkel for BH1.



Figur 25: Design friksjonsvinkel for BH3.

Vedlegg 4

Udrenerte skjærstyrke profiler

Skjærfasthetsprofiler for leiren er primært basert på CTPu i borepunkt 1 og 3. c_u - designprofil er vist for BH1, BH3 og BH10 på Figur 26-Figur 30. CPTu-profilene for c_{uA} er tolket i henhold til [8], på basis av N_{kt} og N_{ke} og bestemmelse av c_{uD} ved bruk av anisotropi-forhold.

Forsøk for plastisitetsindeksen er utført for prøvetaking ved borepunkter BH1. Basert på I_p -verdiene oppnås følgende anisotropi-forhold (ref. [9])

$$> \frac{c_{uD}}{c_{uA}} = 0,63 + 0,00425(I_p - 10)$$

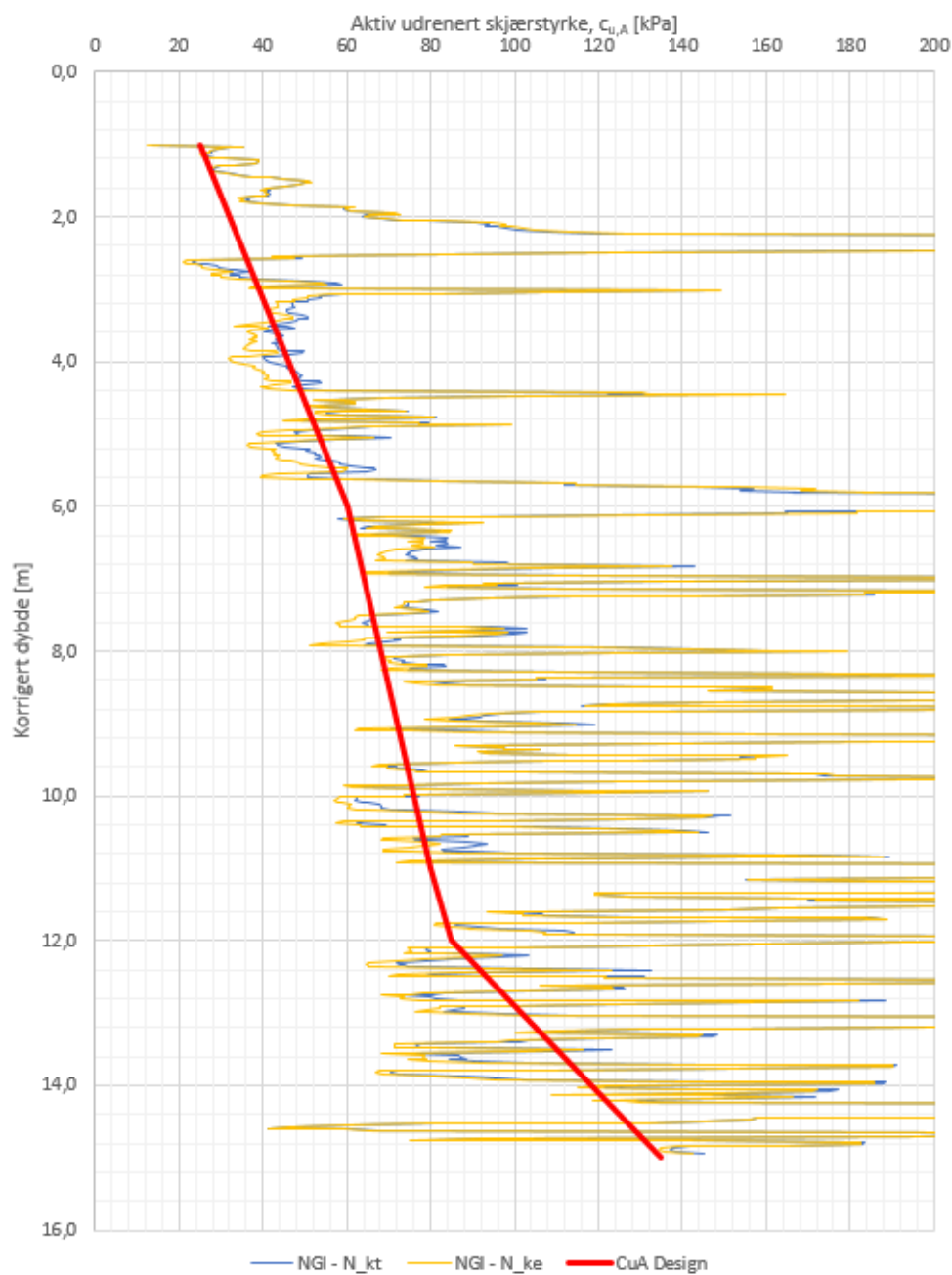
$$> \frac{c_{uP}}{c_{uA}} = 0,35 + 0,00375(I_p - 10)$$

Ut fra BH1, viser disse en I_p -variasjon mellom 10 og 14. Det er ut fra disse foreløpig valgt en middelvei på 12 hvilket gir c_{uD}/c_{uA} -faktor på 0,64 og c_{uP}/c_{uA} -faktor på 0,36. Da det er truffet sprøbrudsmateriale i det øverste leirelag er aktiv udrenert skjærstyrke redusert med 15 % slik beskrevet i [1].

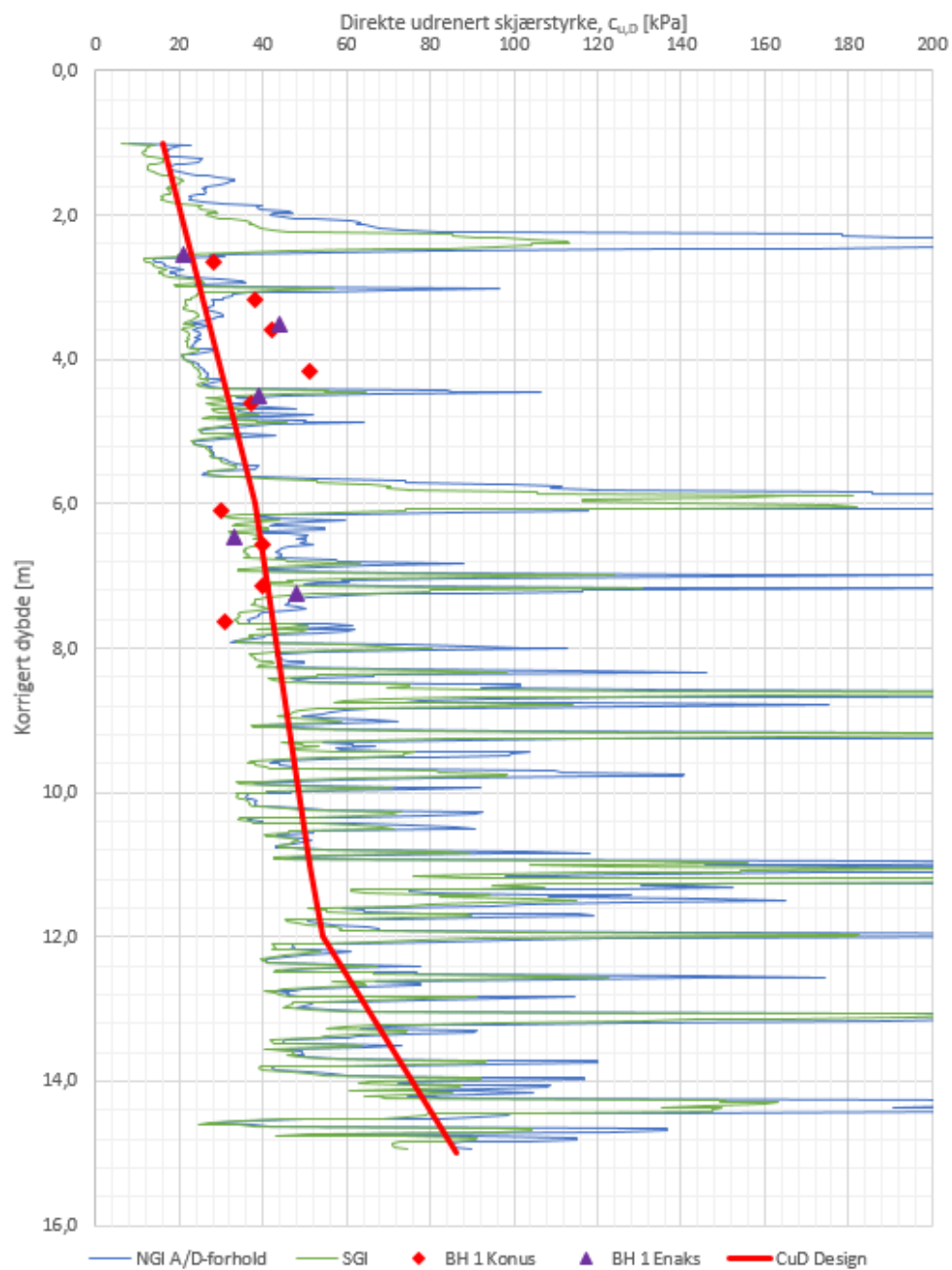
Udrenert direkte skjærstyrke i leire registrert under morene lag >40 m dybde beregnes ved bruk av SHANSEP:

$$c_{uA} = \alpha_c \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$$

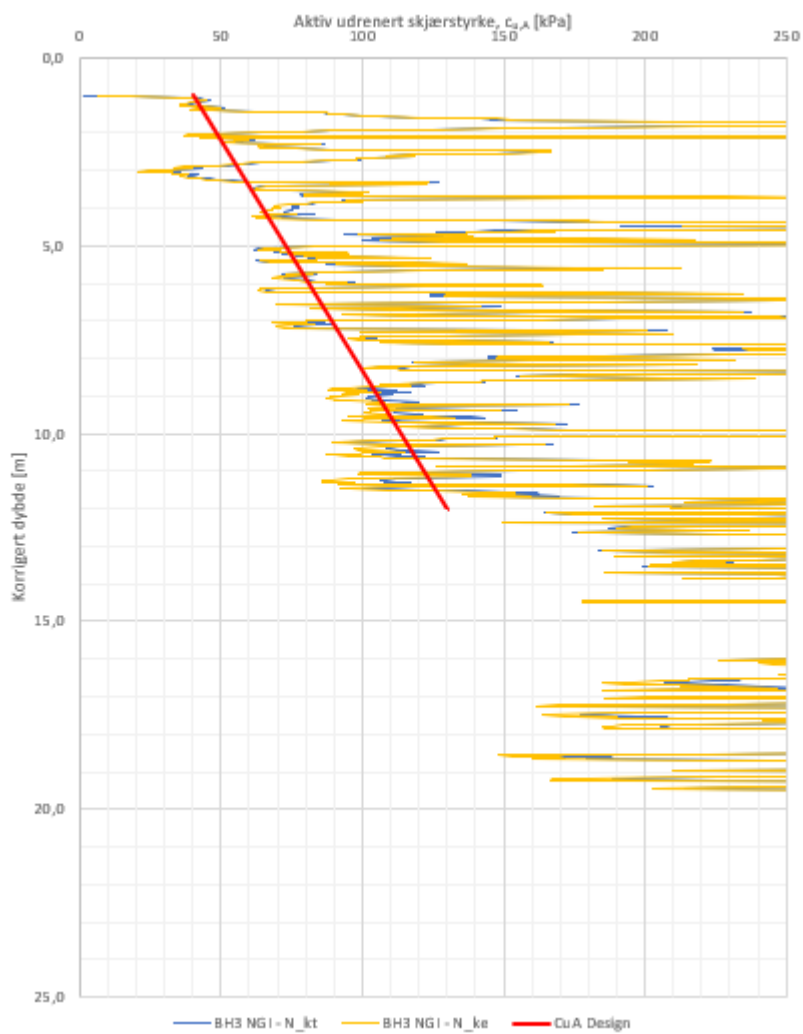
Hvor α_c for aldret leire velges til 0,25 og m velges til 0,6. σ'_{v0} er effektiv overleiringstrykk. I 42 m dybde betyr dette en c_{uA} lik 117 kPa ved antatt OCR på 1,5 som antas konservativt for hele leire laget >40 m dybde.



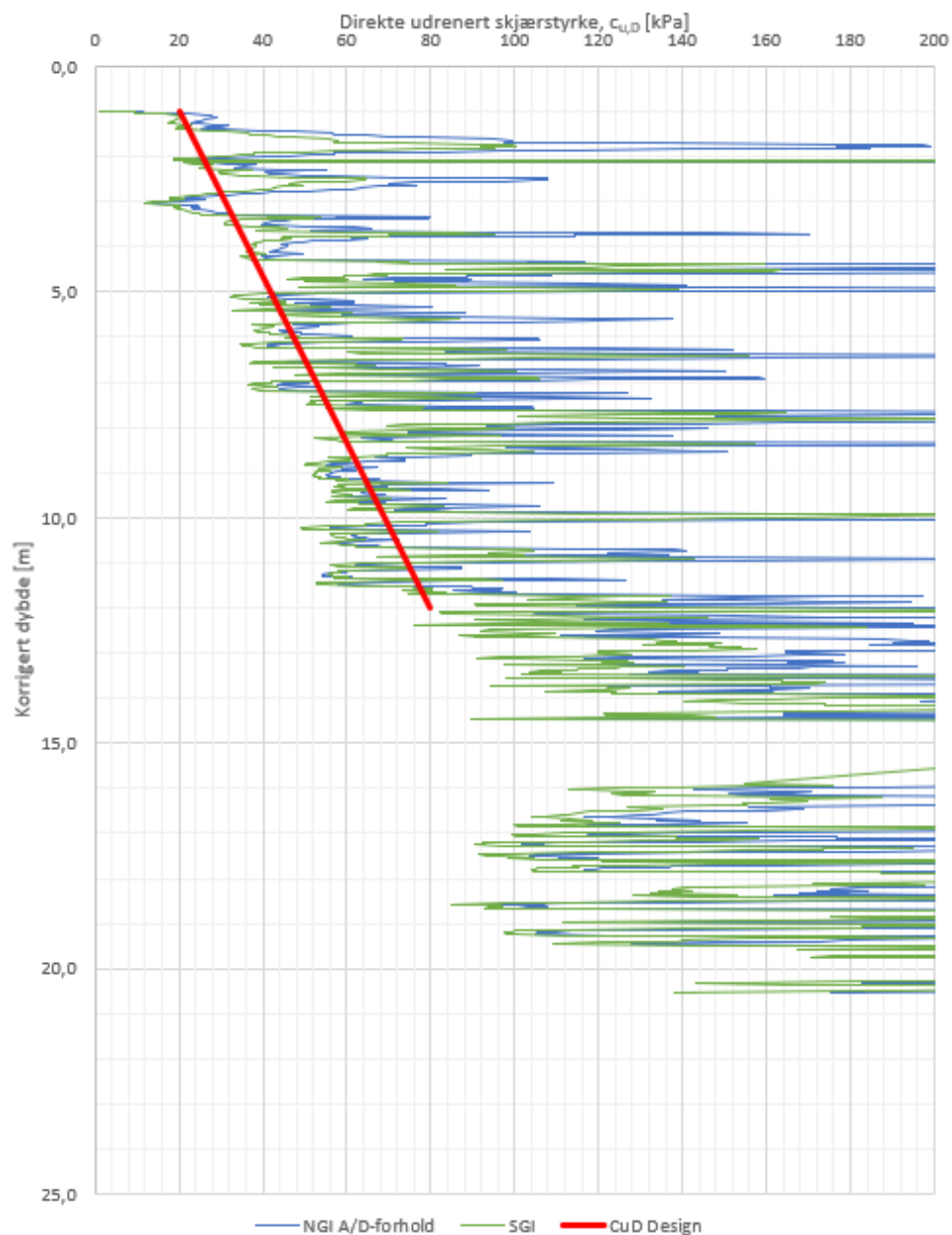
Figur 26: Aktiv udrenert skjærstyrke fra CPTu i BH1.



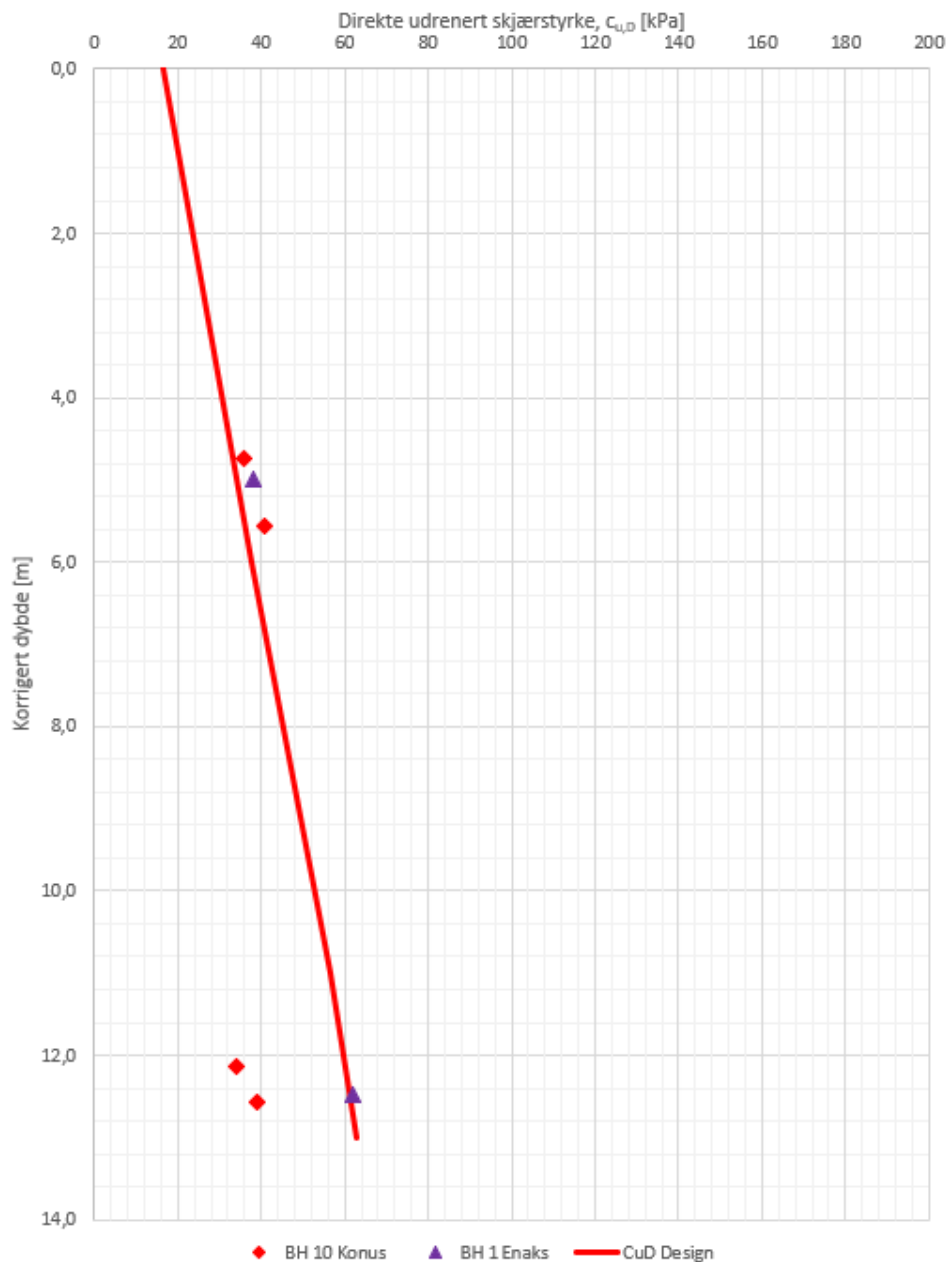
Figur 27: Direkte udrenert skjærstyrke fra CPTu i BH1 med konus og enaks forsøk.



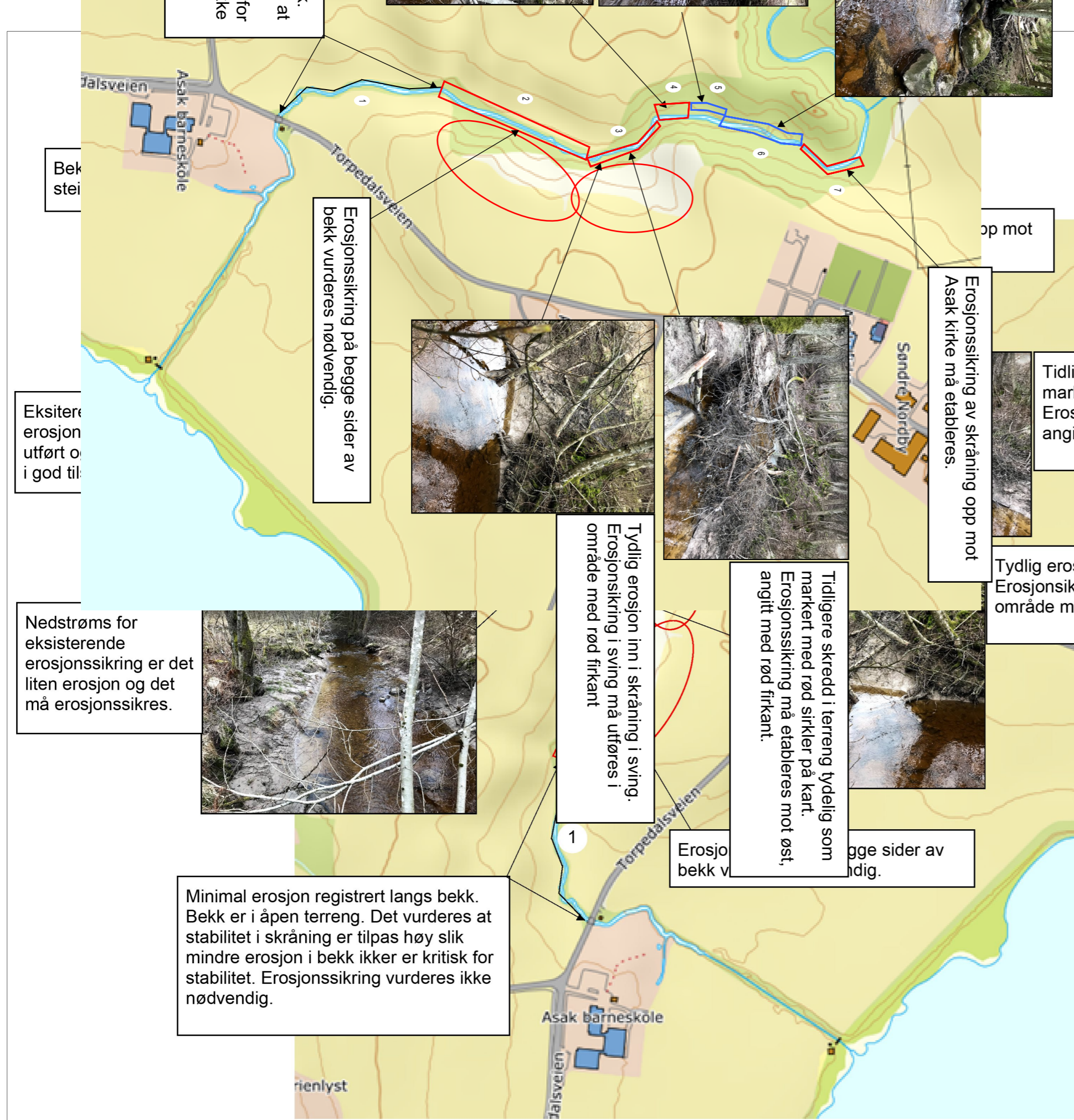
Figur 28: Aktiv udrenert skjærstyrke fra CPTu i BH3.



Figur 29: Direkte udrenert skjærstyrke fra CPTu i BH3.



Figur 30: udrenert skjærstyrke fra CPTu i BH10 med konus og enaks forsøk.



Bekke

Eksisterende erosjon utført og i god til

Nedstrøms for eksisterende erosjonssikring er det liten erosjon og det må erosjonssikres.

Minimal erosjon registrert langs bekk. Bekk er i åpen terreng. Det vurderes at stabilitet i skråning er tilpas høy slik mindre erosjon i bekk ikke er kritisk for stabilitet. Erosjonssikring vurderes ikke nødvendig.

Erosjonssikring på begge sider av bekk vurderes nødvendig.

Tydlig erosjon inn i skråning i sving. Erosjonssikring i sving må utføres i område med rød firkant

Tidligere skredd i terreng tydelig som markert med rød sirkler på kart. Erosjonssikring må etableres mot øst, angitt med rød firkant.

Erosjon på begge sider av bekk vurderes nødvendig.

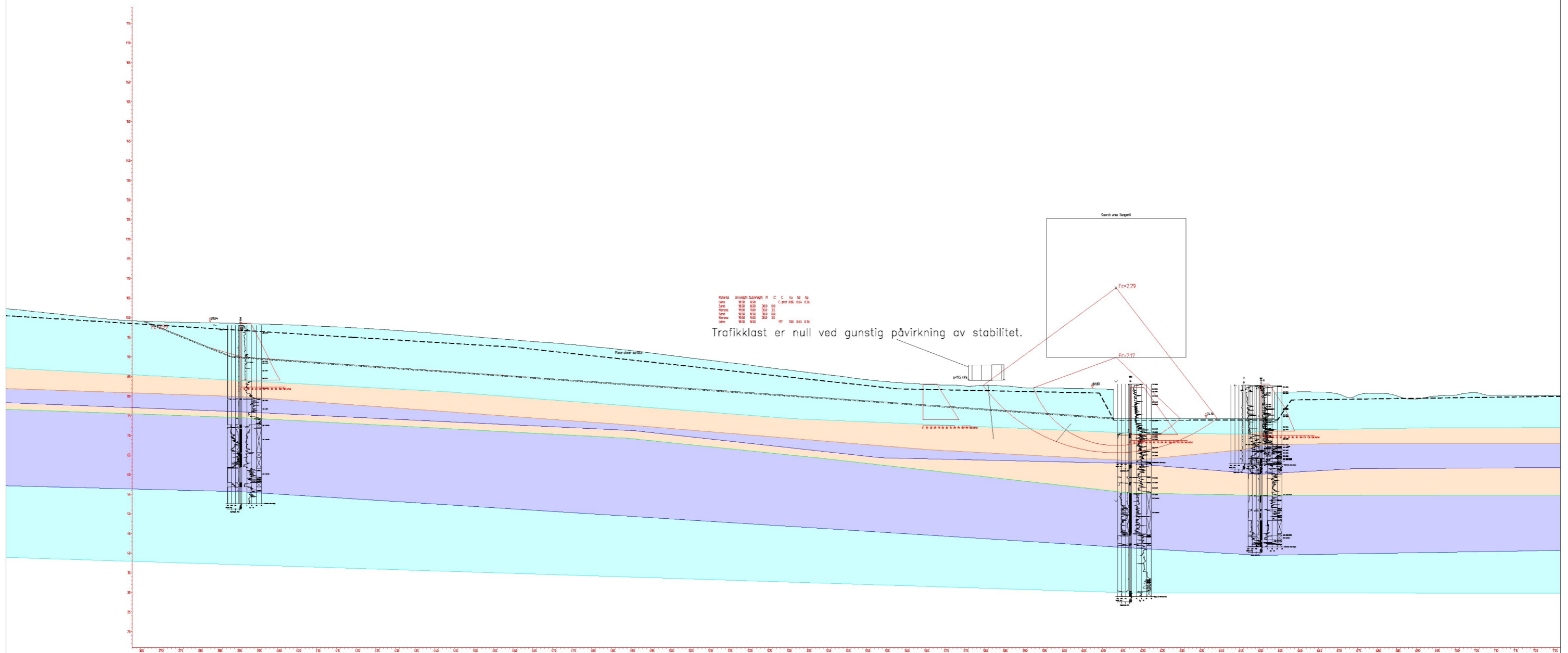
Erosjonssikring av skråning opp mot Asak kirke må etableres.

Opp mot

Tidligere skredd i terreng tydelig som markert med rød sirkler på kart. Erosjonssikring må etableres mot øst, angitt med rød firkant.

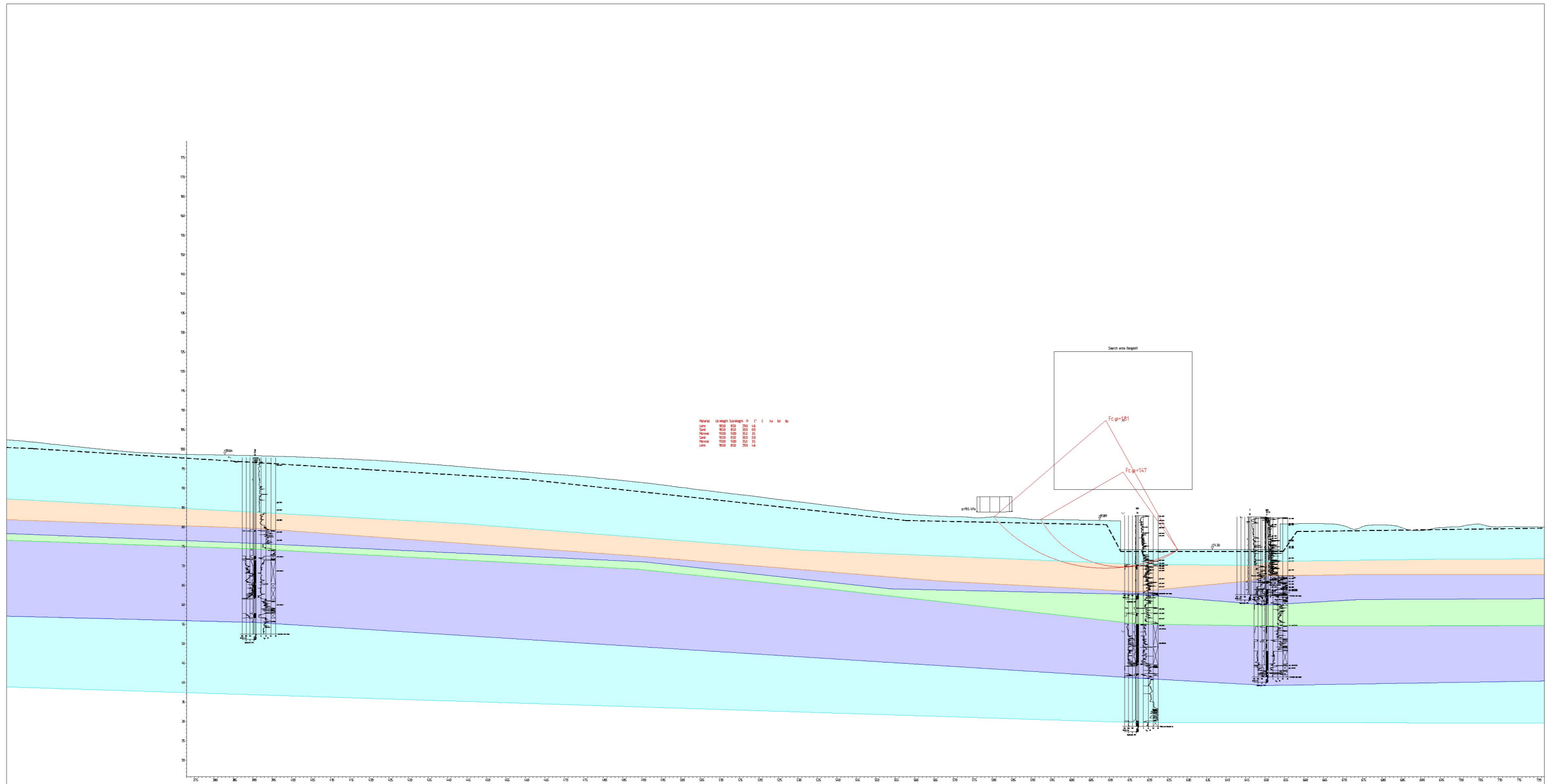
Tydlig erosjon inn i skråning i sving. Erosjonssikring i sving må utføres i område med rød firkant

Rev.	Dato	Revideringen gjelder	Nr.	Saksb.	Sidem.k.	Oppdr.a.
COWI			Tegnet av BRBU		Saksbehandler BRBU	
Halden reservevann			Sidemannskontr. KALA		Oppdragsansvarlig COWI	
Befaring av Asak Bekk og oversikt over vurdering av erosjonssikring			Fag RIG		Målestokk (A3)	
			Dato 24.03.2020			
Oppdragsnr. A116703			Status			
 			Vedlegg 5		Rev. 00	



- ⊕ TOTALSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE

Rev.	Dato	Revideringen gjelder	Nr.	Saksb.	Sidem.k.	Oppdr.a.
COWI Halden reservevann Stabilitetsberegninger - Totalanalyse (udrenert) Etter utgravning			Tegnet av		Saksbehandler	
			BRBU		BRBU	
			Sidemannskont.		Oppdragsansvarlig	
			KALA		COWI	
			Fag		Målestokk	
			RIG		(A3)	
			Dato			
			24.03.2020			
COWI			Oppdragsnr.		Status	
			A116703			
			Tegning nr.		Rev.	
			1		00	



- ⊕ TOTALSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE

Rev.	Dato	Revideringen gjelder	Nr.	Saksb.	Sidem.k.	Oppdr.a.
COWI			Tegnet av BRBU		Saksbehandler BRBU	
Halden reservevann			Sidemannskontr. KALA		Oppdragsansvarlig COWI	
Stabilitetsberegninger - Effektiv spenningsanalyse (drenert) - Etter utgravning			Fag RIG		Målestokk (A3)	
			Dato 24.03.2020			
COWI			Oppdragsnr. A116703		Status	
RIF			Tegning nr.		Rev. 2 00	