

JULI 2022  
HALDEN KOMMUNE

# TISTEDAL ØST

OMRÅDESTABILITETSVURDERING IHT. NVE VEIELEDER 1/2019



JULI 2022  
HALDEN KOMMUNE

# TISTEDAL ØST

OMRÅDESTABILITETSVURDERING IHT. NVE VEIELEDER 1/2019

OPPDRAGSNR.

A242363

DOKUMENTNR.

A242363-RAP-RIG-001

VERSJON

1.0

UTGIVELSESDATO

07.07.2022

BESKRIVELSE

Områdestabilitetsvurdering

UTARBEIDET

RUNN

KONTROLLERT

KRTS

GODKJENT

BRBU

# INNHOOLD

1	Sammendrag	6
2	Innledning	7
2.1	Bakgrunn for prosjektet	7
2.2	Valg av tiltakskategori	7
2.3	Metodikk	7
3	Regelverk og krav	8
3.1	Regelverk	8
3.2	Sikkerhetskrav	8
3.3	Nivå på kvalitetssikring	9
4	Grunnlag for utredning	10
4.1	Topografi og kritisk helning	10
4.2	Grunnforhold	11
4.3	Avgrensning av eksisterende og nye løseområder	14
4.4	Observasjoner av erosjon, tidligere skred og menneskelig aktivitet	15
5	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone	16
5.1	Aktuelle skredmekanismer	16
5.2	Avgrensning av faresone	16

6	Klassifisering av faresone	18
7	Kritisk snitt og materialeparametere	19
8	Stabilitetsvurderinger	22
9	Konklusjon	23
9.1	Avgrensning av faresonen	23
9.2	Stabilitet	23
9.3	Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred	23
10	Referanser	24

# Vedlegg

- A Borplan
- B Lagdeling i snitt A-A og B-B
- C Stabilitetsberegninger i snitt A-A
- D Faregradsevaluering av faresonen istedal øst

# 1 Sammen drag

Den eksisterende faresonen «Tistedal øst» er oppdatert etter det er utført nye grunnundersøkelser. De nye grunnundersøkelser er brukt til å avgrense området, der det er risiko for sprøbruddmateriale, og det har dermed vært mulig å redusere omfanget av faresonen. Skredmekanisme er vurdert å være flakskred eller rotasjonsskred.

Det er utført nye stabilitetsberegninger som viser, at stabiliteten er relativt høy i faresonen. Den laveste sikkerheten er på 2,54 ved rotasjonsskred i udrenert situasjon.

Det er vurdert at det ikke er behov for erosjonssikring eller stabiliserende tiltak innen faresonen «Tistedal øst».

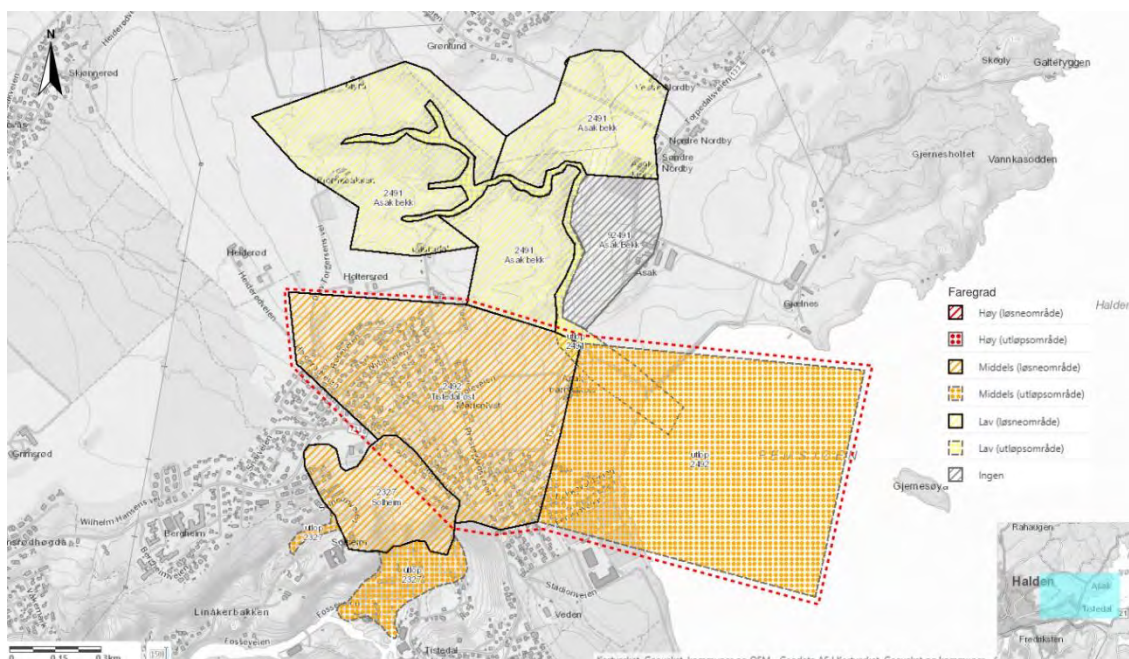
Det vurderes at nåværende bebyggelse i faresonen ikke er i risiko for områdeskred pga. den høye stabiliteten i skråningen. For fremtidige K1-K4 tiltak innen faresonen «Tistedal øst» må geotekniker kontaktes for å vurdere områdeskredfare for de enkelte tiltakene. For bygging av K0 tiltak trenges det ikke bistand fra geotekniker dersom tiltaket kan utføres iht. vedlegg 2 i NVE veileder 1/2019.

Ved offentlig ettersyn av fremtidige detaljreguleringsplaner skal fare for områdeskred ved menneskelig aktivitet være avklart i henhold til kravene i pbl § 4-3. For at dette skal være oppfylt på detaljreguleringsplannivå, må kravene i pbl § 28-1 og § 29-5, TEK17 kap. 7 og NVEs veileder 1/2019 legges til grunn for utredning av skredfare for det enkelte tiltaket.

## 2 Innledning

### 2.1 Bakgrunn for prosjektet

COWI AS er engasjert av Halden kommune som geoteknisk rådgiver for å vurdere områdestabiliteten og ytterligere avgrensning av eksisterende faresone «Tistedal Øst». Faresonen er tidligere vurdert i forbindelse med detaljreguleringsplan for nytt vannbehandlingsanlegg (VBA) og inntaks- og utslippsledning til Femsjøen. De tidligere notatene er A116703-NOT-RIG-002 og A116703-NOT-RIG-003, ref. [1] og [2]. I notatene er faresonen «Asak bekk» også vurdert, men denne faresonen blir ikke vurdert i denne rapporten. Oversiktskart ses på Figur 2-1 hvor «Tistedal Øst» er markert.



Figur 2-1 Oversiktskart med eksisterende kvikkleiresoner. Det er «Tistedal øst», markert med rød stiplet strek, som må oppdateres.

### 2.2 Valg av tiltakskategori

Denne rapporten omhandler ikke noen planlagte tiltak. Det kan derfor ikke fastlegges én tiltakskategori for utredningen. For fremtidig utbygging må tiltakskategori fastlegges ut fra konsekvens ved skred for det enkelte tiltaket, jf. NVE veileder 1/2019, ref. [3].

### 2.3 Metodikk

Vurdering av områdestabiliteten i faresonen «Tistedal Øst» er gjort iht. Tabell 3.1 i NVE veileder 1/2019, ref. [3]. Steg 1-10 er benyttet. Der det tidligere er gjort vurderinger som fortsatt gjelder, er det henvist til tidligere notater for faresonen. Eksempelvis er det utført befaring av Asak bekk i 2020 som beskrevet i [1].

## 3 Regelverk og krav

### 3.1 Regelverk

Dokumenter listet nedenfor utgjør regelverket som ligger til grunn for prosjekteringen:

- > PBL: Plan og bygningsloven av 27. juni 2008 nr. 71, ref. [4].
- > TEK 17 §7-3: Sikkerhet mot naturpåkjenning, ref. [5].

Utredningen vil følge prosedyre angitt i

- > NVE veileder nr. 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred, ref. [3]
- > NVE ekstern rapport nr. 9/2020, Oversiktskartlegging og klassifisering a faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred, ref. [8]

### 3.2 Sikkerhetskrav

Som nevnt i avsnitt 2.2 er det i denne rapporten ikke beskrevet noen planlagte tiltak, og derfor er det ikke fastlagt én tiltakskategori. For fremtidig utbygging må tiltakskategori fastlegges ut fra konsekvens ved skred for det enkelte tiltaket, jf. NVE veileder 1/2019, ref. [3].

Sikkerhetskrav for fremtidige tiltak avhenger av tiltakskategorier og sonens faregrad.

For alle tiltak som forverrer dagens stabilitet skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor  $F_{cu} = 1,40 \cdot f_s$  og  $F_{c'\varphi} = 1,25$ , hvor  $f_s$  er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbrudd-effekt i de udrenerte beregningene. Faktor  $f_s$  er alltid lik 1,15.

For K0 tiltak er det ikke behov for geotekniker hvis tiltaket kan gjennomføres i henhold til vedlegg 2 i NVE veileder 1/2019. Hvis det er usikkert om tiltaket kan gjennomføres i henhold til vedlegg 2 og/eller tiltaket forverrer stabiliteten, må vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon gjennomføres av geotekniker.

For tiltakskategori K1 og K2, samt K3 ved lav faregrad, oppfylles krav til sikkerhet hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten.

For tiltakskategori K4, samt K3 ved middels og høy faregrad, som ikke forverrer dagens stabilitet, kreves det absolutt sikkerhetsfaktor henholdsvis lik 1,4 og 1,25. Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c'\varphi}$  økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019.

For tiltakskategori K4, samt K3 ved middels og høy faregrad, hvor kritisk skråning i farensonen ligger utenfor influensområdet til tiltaket, oppfylles krav til sikkerhet ved  $F_{c'\varphi} = 1,25$ , samt krav til robusthet  $F_{cu} = 1,20$ . Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c'\varphi}$  økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019.



Prosentvis forbedring kan kun oppnås ved topografiske endringer og/eller bruk av lette masser. Hvis områdestabiliteten sikres ved grunnforsterkning, kreves det sikkerhetsfaktor på  $F_{cu} = 1,40$  og  $F_{c'\varphi} = 1,25$  etter sikringstiltaket er utført.

Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket, må forebygges med erosjons-sikring.

### 3.3 Nivå på kvalitetssikring

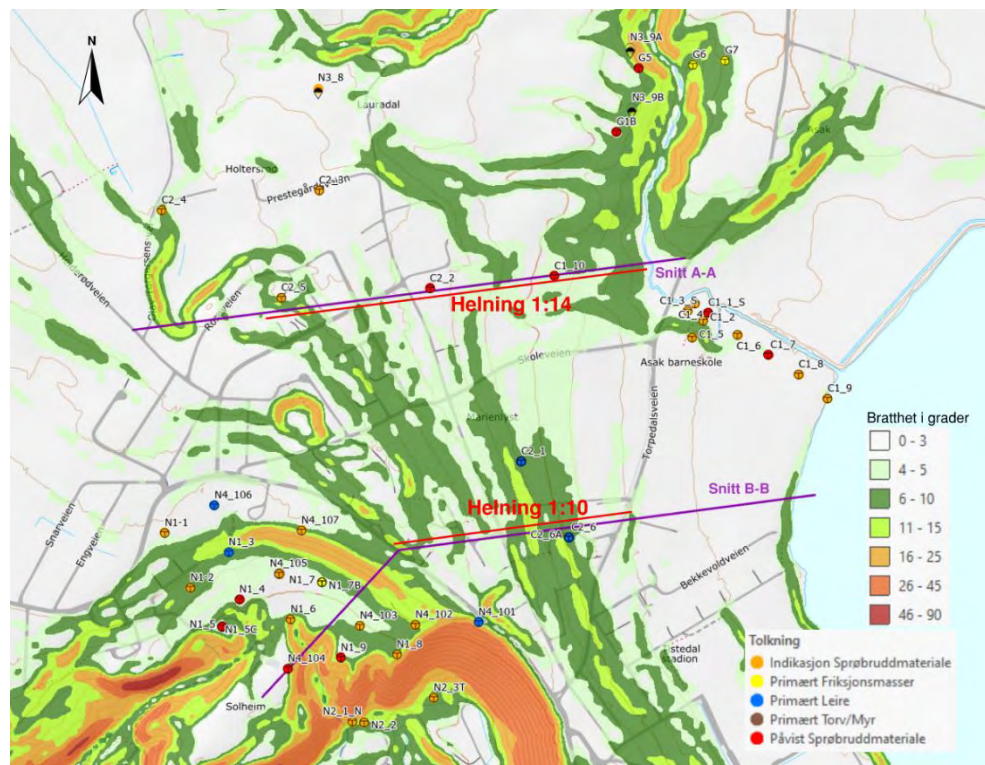
Denne utgaven av rapporten har gjennomgått intern kvalitetssikring. Rapporten gjennomgår avgrensning av eksisterende faresone. Utredningen anbefales å gjennomgå uavhengig kvalitetssikring ved uavhengig foretak.

Krav om ansvarsrett ved byggesøknader for prosjektering, utførelse og kontroll er gitt i plan- og bygningsloven (pbl) og saksbehandlingsforskriften (SAK10). Krav til kvalitetssikring i NVE veileder 1/2019 erstatter ikke kravene i pbl og SAK10, men er gitt for å sikre tilstrekkelig faglig kvalitet på vurdering av områdestabilitet i forbindelse med arealplanlegging og byggesøknader. Kvalitetssikringen skal også sikre at alle relevante problemstillinger er håndtert og dokumentere at utredninger er i samsvar med denne veilederen. Gjennomført kvalitetssikring skal beskrives og dokumenteres.

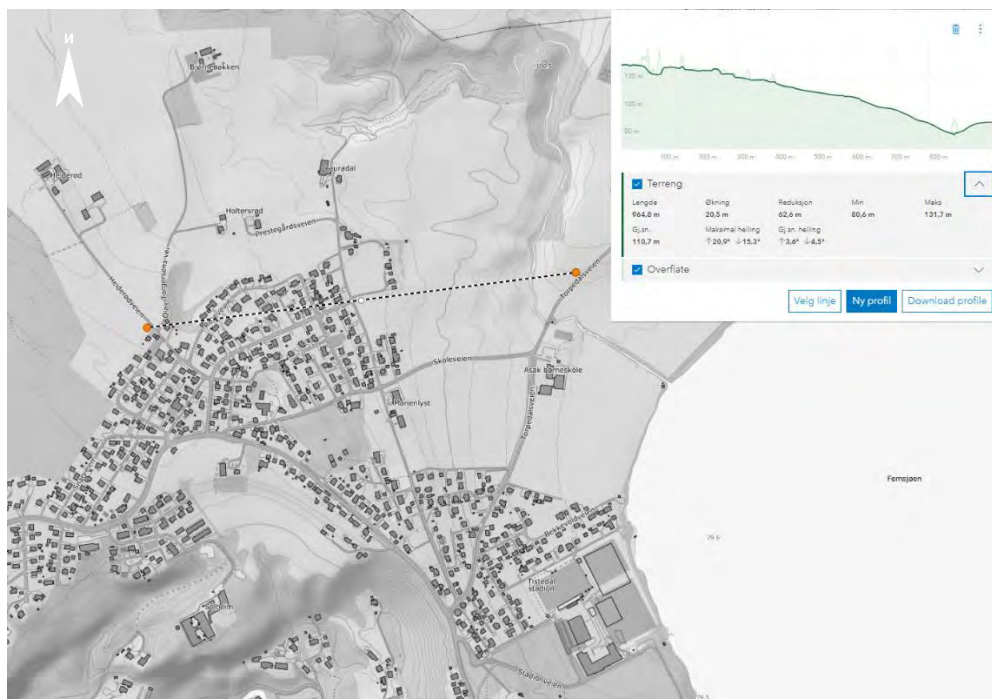
## 4 Grunnlag for utredning

### 4.1 Topografi og kritisk helning

Bratthetskart fra NVE Atlas samt plassering av snitt A-A og snitt B-B er vist på Figur 4-1. Området rundt Asak bekk er utpreget ravineterreng. Sør for Asak bekk, der faresonen Tistedal øst ligger, er terrenget jevnt hellende ned mot Femsjøen. Høydeforskjell er ca. 50 m og helning 1:14 og 1:10 for hhv. snitt A-A og B-B. Terrengprofil for snitt A-A og snitt B-B ses på Figur 4-2 og Figur 4-3.



Figur 4-1 Bratthetskart og plassering av snitt.



Figur 4-2 Terreng i snitt A-A (fra høydedata.no). Terrenghelling er 1:14.



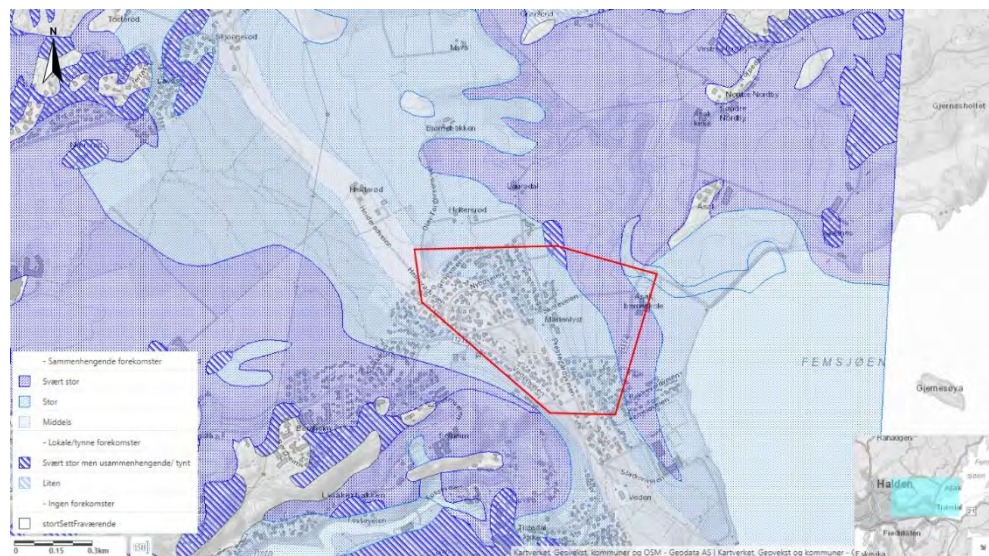
Figur 4-3 Terreng i snitt B-B (fra høydedata.no). Terrenghelling er 1:10 fra toppen av skråningen ned mot Torpedalsveien.

## 4.2 Grunnforhold

### 4.2.1 Marin grense og kvartærgeologi

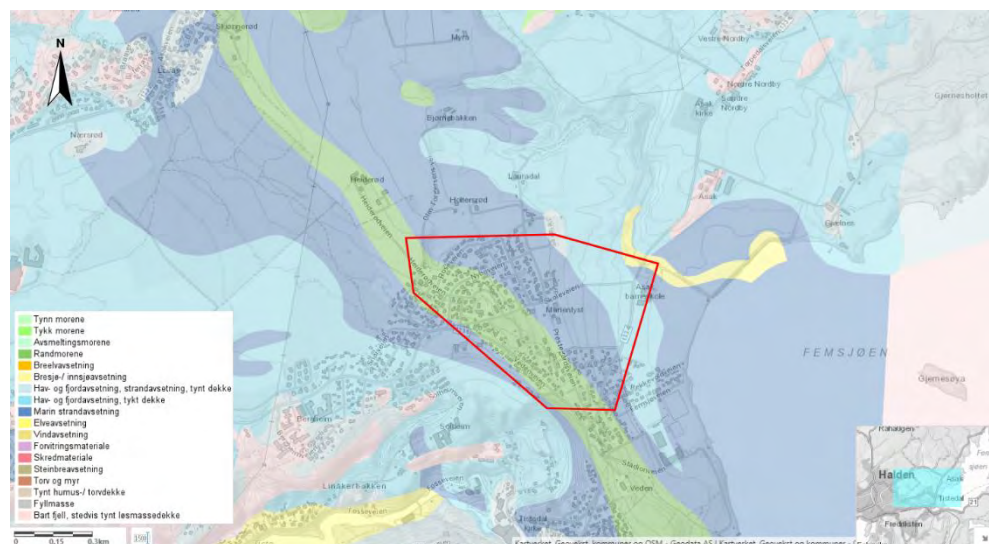
I hele området er det i varierende grad risiko for å treffe marine avsetninger som vist på Figur 4-4. I faresonen «Tistedal Øst» er det middels til stor risiko for

sammenhengende forekomster av marin leire. Rett utenfor området er arealene markert med svært stor mulighet for marin leire.



Figur 4-4 Marin grense fra NGU nasjonale løsmassedatabase, ref. [9]. Rød strek markerer faresonen «Tistedal Øst».

Kvartærgeologiske kart fra NGU for området rundt faresonen «Tistedal Øst», er vist på Figur 4-5. En høyderykk av randmorene strekker seg igjennom området fra nordvest til sørøst. Marine avsetninger kan treffes under randmorene. På begge sider av randmorene vises områder med marine avsetninger samt strandavsetninger. I Femsjøen indikerer løsmassekart strandavsetninger inn mot strandkant mens det ute ved Gjernesøya indikeres berg ved sjøbunn. I områder med marin leire er det risiko for sprøbruddmateriale.



Figur 4-5 Løsmassekart fra NGU nasjonale løsmassedatabase, ref. [9]. Rød strek markerer faresonen «Tistedal Øst».

## 4.2.2 Grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området ifm. seks tidligere oppdrag, se Tabell 1. I forbindelse med dette oppdrag er det utført 6 nye totalsonderinger. Borplan ses i Vedlegg A med tolkede borpunkter for både tidligere og nye totalsonderinger. I Vedlegg B er vist den vurderte lagdelingen i de to snittene på Figur 4-1.

Boringene utført av GrunnTeknikk (borpunktnummer G\_xx) viser friksjonsmasser på den østlige side av Asak bekk og påvist sprøbruddmasser på den vestlige side av bekken.

NGI har i 1996 utført dreietrykkssonderinger nord for «Tistedal Øst». To av punktene gir indikasjoner på kvikkleire. De to øvrige punktene, 9A og 9B, er ikke tolket, da de ikke er beskrevet i den tilgjengelige rapporten.

Boringene utført av NGI (borpunktnummer N1\_xx, N2\_xx og N4\_xx) i området sør for «Tistedal Øst», gir i de fleste tilfeller indikasjon på kvikkleire. I fire punkter er det påvist kvikkleire. Det er også enkelte punkter som er tolket som primært leire eller primært friksjonsmasser.

Boringene utført av COWI (borpunktnummer C1\_xx) viser alle enten påvist eller indikasjon på sprøbruddmateriale.

Nye boringer utført av COWI (borpunktnummer C2\_xx) viser leire i området mellom Skoleveien og Torpedalsveien. Nord for Skoleveien i punkt C2\_2 er det påvist sprøbruddmateriale fra 5-9 m dybde og påvist kvikk fra 9-13 m dybde. I borpunkt C2\_3 er det i totalsonderingen indikasjoner på sprøbruddmateriale i 3-5 m dybde. I borpunkt C2\_4 finnes tre lag av ca. 2 m tykkelse der det er indikasjoner på sprøbruddmateriale. De tre lagene ligger i hhv. ca. 3, 10 og 28 m dybde. I borpunkt C2\_5 viser laboratorieforsøk at det ikke er sprøbruddmateriale inntil 15 m dybde. Totalsonderingen gir indikasjon på sprøbruddmateriale i 38-46 m dybde. Totalsonderingen i borpunkt C2\_6 stopper i morene og det er konservativt antatt sprøbruddmateriale under bunn av totalsondering.

I noen av C1\_xx boringene er det brukt spyling uten økt rotasjon.

I C2\_1 er det fra 26-30 m kjørt spyling og slag uten økt rotasjon. I en meter omkring 25 m dybde er spyling stoppet mens det fortsatt er kjørt med økt rotasjon og slag. Det samme gjelder borhull C2\_6 i ca. 21 m dybde samt i 25,5-27,5 m dybde.

Tabell 1 Oversikt over eksisterende grunnundersøkelser i planområdet.

Borpunktnr.	Oppdragsnavn	Oppdragsgiver	Utførende firma	Rapport
C1_xx	A119073 Tistedal Torpedalsveien GU	Halden kommune	COWI AS	RAP-RIG-002 Ref. [10]
C2_xx	A230269 Tistedal områdestabilitet GU	Halden kommune	COWI AS	A230269-RAP-RIG-001 Ref. [11]

G_xx	Halden. Torpedalsveien 55 grunnundersøkelser i kvikkleirefaresone	Halden kommune	Grunnteknikk	115005r1 Ref. [12]
N1_xx	Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim	Halden kommune	NGI	20170438-01-R Ref. [13]
N2_xx	Skred sikringstiltak Solheim og Trolltangen, Halden	Halden kommune	NGI	20190738-01 Ref. [14]
N3_xx	Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred	Statens naturskadefond	NGI	950008-2 Ref. [15]
N4_xx	Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden kommune	Halden kommune	NGI	20170438-03-R Ref. [16]

### 4.2.3 Berg

Det er ikke observert berg i dagen innen den eksisterende faresonen «Tistedal Øst».

Basert på totalsondering C2\_1 og C2\_2, vurderes det at det finnes en fjellrygg i nord-sør retning imellom disse. Berg faller herfra mot øst basert på borpunktene C1\_1\_S, C1\_3\_S og C1\_10. I tillegg viser totalsonderingene C2\_1 og C2\_2 ikke sprøbruddmateriale mellom morene og berg. Dette indikerer at antatt sprøbruddlag under randmorenen er delt opp av denne fjellryggen. Viser til snitt A-A og B-B i Vedlegg B.

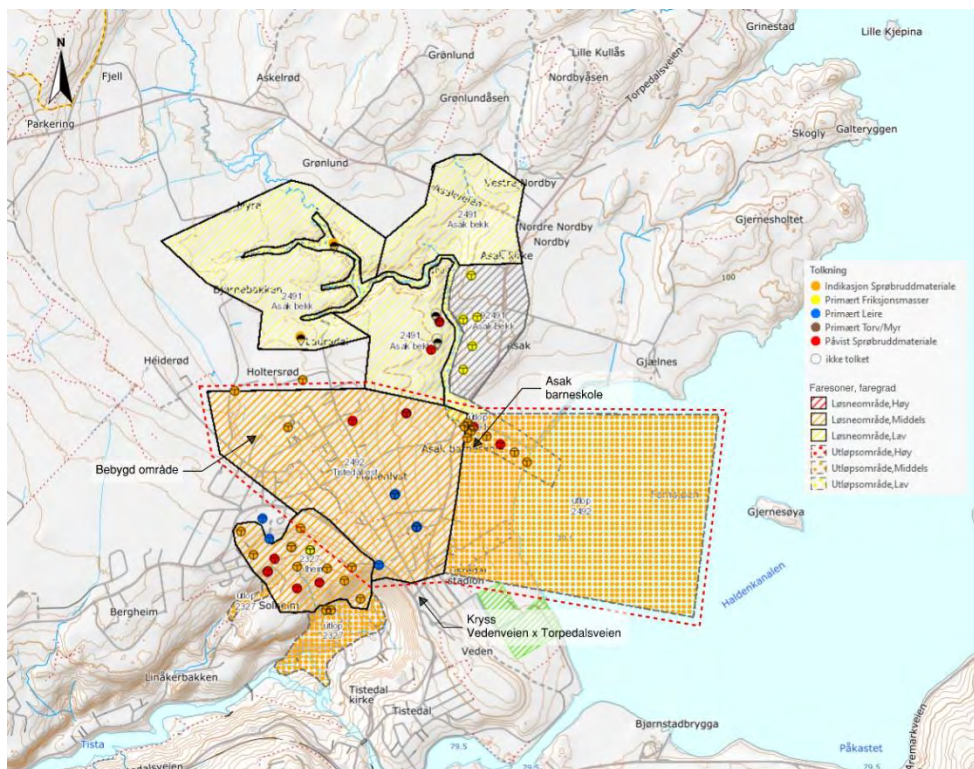
### 4.2.4 Grunnvann

Grunnvannstand er bare registrert i borpunkt C1\_1 i omtrent 1 m under terreng, ref. [1]. I stabilitetsberegningene er grunnvannstand antatt i følgende nivåer:

- > I toppen av tørrskorpelaget i udrenerte beregninger.
- > I toppen av leirelaget i drenerte beregninger.

## 4.3 Avgrensning av eksisterende og nye løснеområder

Denne rapporten revurderer avgrensningen av den eksisterende faresonen «Tistedal Øst» etter det har blitt utført nye grunnundersøkelser, viser til Figur 4-6. Løsneområdet i den eksisterende faresonen strekker seg fra nordvest for det bebyggede området til Asak barneskole i øst og til kryss mellom Vedenveien og Torpedalsveien i sør. Utløpsområdet strekker seg ca. 950 m ut i Femsjøen.



Figur 4-6 Eksisterende faresone «Tistedal Øst» markert med rød stiplest strek. Tolket eksisterende og nye grunnundersøkelser er vist på figur.

#### 4.4 Observasjoner av erosjon, tidligere skred og menneskelig aktivitet

Det er i forbindelse med tidligere notat, ref. [1], gjort befarings i Asak bekk og observert pågående erosjon. Det er vurdert nødvendig å erosjonssikre i faresonen "Asak bekk". Der bekken krysser inn over det nordvestlige hjørne av løsnemrådet "Tistedal Øst" er det registrert minimal erosjon, [1]. Kombinert med at stabilitet i skråningen tidligere er vurdert høy vurderes erosjon i bekken ikke å være kritisk for faresonen. Derfor er det ikke vurdert nødvendig å erosjonssikre Asak bekken for å sikre Faresonen «Tistedal Øst», ref. [1].

## 5 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Det gjøres en gjennomgang av aktuelle skredmekanismer iht. NVE-veileder 1/2019 kap. 4.5. Løsne- og utløpsområde tegnes opp og presenteres med utgangspunkt i den nye informasjonen som er kommet inn fra nye grunnundersøkelser.

### 5.1 Aktuelle skredmekanismer

Skredmekanisme i den nordlige delen av området er vurdert på bakgrunn av snitt A-A. Plassering av snittet ses på Figur 5-1. Snittet ses i Vedlegg C.

Vurdert lagdeling i snittet viser et øvre og et nedre lag med sprøbruddmateriale. Det vurderes derfor aktuelle skredmekanismer for begge lagene ut fra kapittel 4.5 i NVE veileder 1/2019.

I bunnen av skrånningen i borpunkt C1\_10 er omrørt skjærfasthet  $> 0,69$  kPa og iht. flytskjemaet i Figur 4.3 i NVE veilederen er rotasjonsskred eller flakskred derfor mest sannsynlig. Det øvre sprøbruddlaget ligger parallelt med terreng hvilket derfor tilsier flakskred.

Et eventuelt skred i det dype sprøbruddlaget vurderes å være et rotasjonsskred som avgrenses av fjell i bakkant mellom borpunkt C2\_1 og C2\_2, da det ikke er indikasjon på et lag med sprøbruddmateriale mellom morene og berg i disse totalsonderingene.

Løsneområdets lengde for flakskredet som går langs underkant sprøbruddlaget, strekker seg bakover fra bunnen av skrånningen inntil det øvre sprøbruddlaget stopper i borpunkt C2\_5. Derfra og opp til terreng er det trukket en linje med helning 1:3 som beskrevet i NGI-metoden, ref. [3]. Løsneområdet for flakskredet strekker seg dermed bakover ca. 700 m. Dette er større utbredelse enn rotasjonsskredet som kan ses på Vedlegg C, og derfor anses flakskredet som den mest kritiske brudmekanismen og brukes dermed til vurdering av utløpsområde.

Skredmekanisme i den sørlige delen av området er vurdert på bakgrunn av snitt B-B. Plassering av snittet ses på Figur 5-1. Snittet ses i Vedlegg B.

I borpunkt C2\_1 og C2\_6 er det ikke truffet sprøbruddmasser i topp slik det er gjort ved borpunkt C1\_10 og C2\_2. Totalsonderingen i C2\_1 er ført til berg og det er ikke truffet sprøbruddmasser. C2\_6 er ikke ført til berg og konservativt er antatt sprøbruddmasser fra bunnen av boringen til antatt bergnivå. Et mulig nedre sprøbruddlaget under randmorenen er avgrenset av en fjellrygg i C2\_1. Det vurderes at dette laget i snitt B-B ligger så dypt ift. skråningshøyden at utløsning av et rotasjonsskred vurderes lite sannsynlig.

### 5.2 Avgrensning av faresone

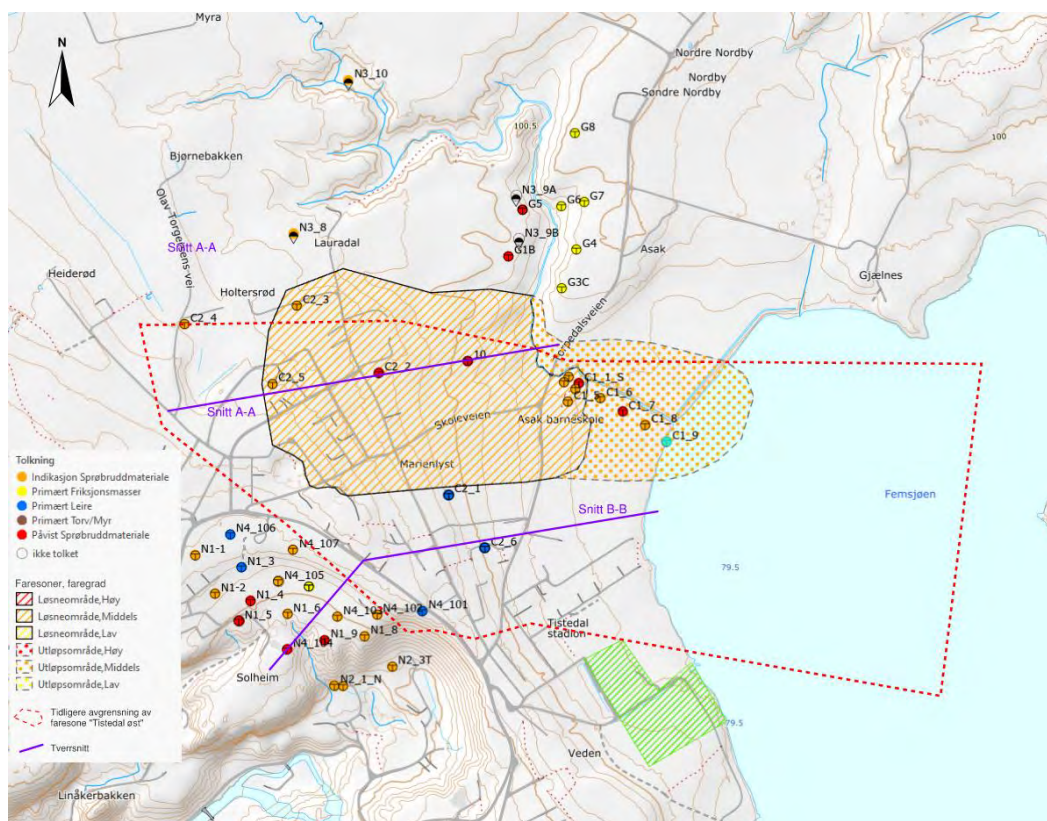
Figur 5-1 viser den nye faresonen sammenstilt med avgrensningen av den tidligere faresonen.



I forhold til den tidligere faresonen er den nordlige grensen flyttet til ravine som gir naturlig avgrensning i terrenget. Den sørlige avgrensningen er flyttet nordover til boringpunkt C2\_1 der det bare er truffet tørrskorpe, sand og morene til berg.

Lengden av utløpsområdet avhenger av typen av bruddmekanisme og løснеområdet lengde. Ifølge NVE veileder 1/2019 er lengden på utløpsområdet for flakskred lik halvdelen av løśnieområdet lengde ( $L_u=0,5 L$ ), ref. [3].

Den oppdaterte faresonen «Tistedal Øst» som er vesentlig redusert i forhold til den tidligere angitte faresonen, ses med gul markering på Figur 5-1.



Figur 5-1 Oppdatert faresone Tistedal øst. Avgrensningen av den tidligere faresonen er vist med rød stiplet strek.

## 6 Klassifisering av faresone

Det er klassifisert faregrad, konsekvens og risiko for faresonen jf. NVE veileder 1/2019 og NVE ekstern rapport 9/2020, ref. [3] og [8]. Det anvendte skjemaet ses i Vedlegg D.

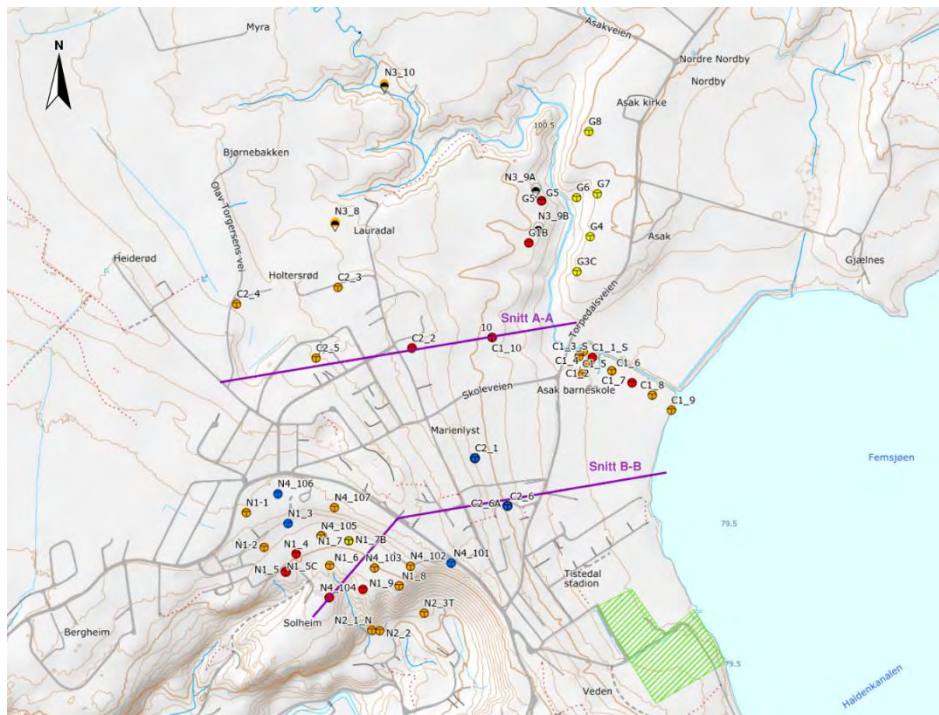
Faresonen er klassifisert i "middels faregrad".

Faresonen er plassert i "meget alvorlig" skadekonsekvensklasse. Utslagsgivende faktorer er dels at det er tett bebygget med boligenheter, dels at Asak barneskole ligger i området.

Risikoklasse bestemmes ved å multiplisere faregrad og konsekvens. På denne måten er faresonen klassifisert i risikoklasse 3.

## 7 Kritisk snitt og materialeparametere

Det er utført stabilitetsberegninger i snitt A-A vist på Figur 7-1. Lagdelingen ses i Vedlegg B og vurderte materialeparametere er vist i Tabell 2.



Figur 7-1 Snitt, der det er utført stabilitetsberegninger.

På Vedenveien, Prestegårdsveien og Torpedalsveien er det påsatt 15 kPa påført partialfaktor på 1,3 jf. SVV N200, ref. [17]. Imellom veiene, der det er områder med eneboliger, er det antatt last på 20 kPa.

Grunnvannstand er peilet i borpunkt C1\_1 og C1\_7. I begge punktene er grunnvannspeilet i ca. 1 m dybde. I drenerte stabilitetsberegninger er GVS plassert rett under tørrskorpe. I udrenerte stabilitetsberegninger er GSV plassert i toppen av tørrskorpe.

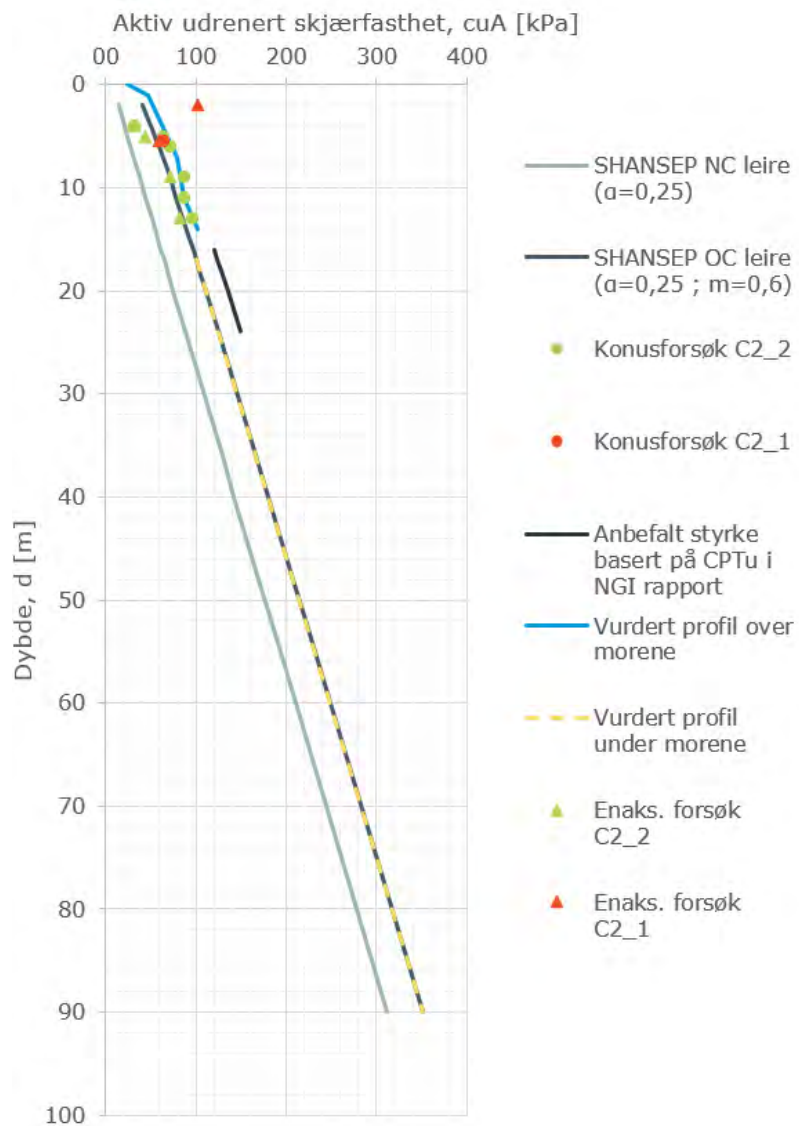
Vurdering av skjærfasthet er basert på laboratorieforsøk utført på prøver tatt i borpunkt C2\_1 og C2\_2. Disse representerer topplag med leire- og sprøbrudd over morene/sandlag. For det nedre sprøbruddlaget er det utført CPTu i borpunkt N1\_9. Resultater herfra er tidligere vurdert i [18]. For beregningsprofilene er resultatene fra N1\_9 antatt representative. På Figur 7-2 er det valgte profilet tegnet opp med blå strek gjeldende for lag over morene og gul stiplet strek gjeldende for lag under morene. Profilet over morenen er valgt på bakgrunn av målte verdier. For profilet under morenen er den empiriske sammenheng SHANSEP lagt til grunn, ref. [19]. Konstantene  $\alpha = 0,25$  og  $m = 0,6$  er tilpasset slik styrkeprofilet stemmer med de utførte konus- og enaksforsøk. Forbelastningsspenningen,  $POP = 175$ , er likeledes antatt så styrkeprofilet stemmer overens med laboratorieforsøkene. Målte verdier fra laboratorieforsøk er omregnet til aktive styrker via forholdet lik 0,63 mellom aktive og direkte verdier.

Anisotropifaktorer er valgt iht. [20]. Det er ikke utført plastisistetsforsøk i borpunktene i beregningssnitt og derfor er det konservativt brukt  $\frac{c_{u,D}}{c_{u,C}} = 0,63$  og  $\frac{c_{u,E}}{c_{u,C}} = 0,35$ .

Drenerte parametere er tatt fra tidligere rapport [1]. For sprøbruddmateriale er parametere vurdert iht. [17].

Tabell 2 Vurderte materialeparametere.

Lag	Romvekt, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjonsvinkel, $\varphi$ [°]	Attraksjon, $a$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Tørrskorpe	18 / 8	30	0
Leire	18,5 / 8,5	29	8,3
Sprøbruddmateriale	18,5 / 8,5	20	5
Sand	18,5 / 8,5	33	0
Morene	19 / 9	35	5
Sprøbruddmateriale	18,5 / 8,5	20	5



Figur 7-2 Vurdert  $c_{uA}$ -profil markert med blå og gul stiptet strek for lag hhv. over og under morene.

## 8 Stabilitetsvurderinger

Resultatene fra de utførte stabilitetsberegninger er angitt i Tabell 3.

Tabell 3 Resultater fra stabilitetsberegninger.

Profil	Skredmekanisme	Materialfaktor $\gamma_m$	
		Drenert	Udrenert
A-A	Rotasjon	2,93	2,54
	Flak	2,85	3,35
	Initial (rotasjon)	3,20	2,99

Det høyeste kravet til sikkerhet for fremtidige tiltak er 1,25 i drenert situasjon og 1,6 i udrenert situasjon. Det er derfor relativ stor margin på sikkerheten i skråningen og det vurderes at tiltak må være av større karakter før det oppstår ustabilitet i skråningen. Sikkerhetskrav iht. tiltakskategori skal følge kravene fra NVE veileder 1/2019 beskrevet i kapittel 3.2.

## 9 Konklusjon

### 9.1 Avgrensning av faresonen

Det er gjort en avgrensning av eksisterende faresone "Tistedal øst." Avgrensning er gjort med bakgrunn i eksisterende og nye utførte grunnundersøkelser samt nye stabilitetsberegninger.

Skredmekanisme er vurdert enten å være flakskred (øvre topplag) eller rotasjonsskred (brudd som går gjennom nedre sprøbruddlag). Løsneområdet lengde er avgrenset med bakgrunn i nye utført grunnundersøkelser.

Utløpsområdets lengde er redusert i forhold til det tidligere utløpsområde. Det skyldes at faresonen er blitt redusert og skredmekanismen vurdert å være flakskred. Disse to forholdene tilsier ifølge NVE veileder 1/2019 at lengden av utløpsområdet bestemmes ved halvdelen av løsneområdets lengde.

### 9.2 Stabilitet

Stabilitetsvurderinger i snitt A-A viser at sikkerheten er relativ høy i forhold til største krav i NVE veileder 1/2019, viser til avsnitt 3.2.

### 9.3 Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred

Det vurderes at nåværende bebyggelse i faresonen ikke er i risiko for områdeskred pga. den høye stabiliteten i skråningen. For fremtidige K1-K4 tiltak innen faresonen «Tistedal øst» må geotekniker kontaktes for å vurdere områdeskredfaren for de enkelte tiltakene. For bygging av K0 tiltak trenges det ikke bistand fra geotekniker, dersom tiltak kan utføres iht. vedlegg 2 i NVE veileder 1/2019.

Ved offentlig ettersyn av fremtidige detaljreguleringsplaner skal fare for områdeskred for menneskelig aktivitet være avklart i henhold til kravene i pbl § 4-3. For at dette skal være oppfylt på detaljreguleringsplannivå må kravene i pbl § 28-1 og § 29-5, TEK17 kap. 7 og NVEs veileder 1/2019 legges til grunn for utredning av skredfare for det enkelte tiltaket.

## 10 Referanser

- [1] COWI AS, «Halden vannbehandlingsanlegg og inntaks- og utslipsledning, A116703-NOT-RIG-002,» COWI AS, 2020.
- [2] COWI AS, «Utredning av kvikkleiresone «Asak bekk» og påvirkning av nytt vannbehandlingsanlegg ved Torpedalsveien 55, A116703-NOT-RIG-003,» COWI AS, 2020.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE, «NVE veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, ISBN: 978-82-410-2091-9, 2020.
- [4] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Plan og bygningsloven - pbl, 2008.
- [5] Direktorat for Byggkvalitet, «TEK 17 §7-3: Sikkerhet mot naturpåkjenning,» 2017.
- [6] Standard Norge, NS-EN1990:2002+A1:2005+NA:2016, Eurocode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner, 2016.
- [7] Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+A1+NA, Eurocode 7, Geoteknisk prosjektering Del 1: Almenne regler, 2020.
- [8] Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE, «NVE ekstern rapport 9/2020, Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» NVE, ISBN: 978-82-410-2081-0, 2020.
- [9] Norge Geologiske Undersøkelse (NGU), «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 2021].
- [10] COWI AS, «Tistedal Torpedalsveien GU, A119073, RAP-RIG-002,» COWI AS, 2020.
- [11] COWI AS, «Tistedal områdestabilitet GU, A230269-RAP-RIG-001,» COWI AS, 2021.
- [12] GrunnTeknikk AS, «Halden. Torpedalsveien 55 grunnundersøkelser i kvikkleiresone, 115005r1,» GrunnTeknikk AS, 2020.
- [13] Norges Geotekniske Institut, NGI, «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, 20170438-01-R,» NGI, 2018.
- [14] Norges Geotekniske Institut, NGI, «Skred sikringstiltak Solheim og Trolltangen, Halden, 20190738-01,» NGI, 2021.
- [15] Norges Geotekniske Institut, NGI, «Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred,» NGI, 1996.
- [16] Norges Geotekniske Institut, NGI, «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden kommune, 20170438-03-R,» NGI, 2020.
- [17] Statens vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» Statens vegvesen (SVV), 2018.
- [18] Norges Geotekniske Institut, NGI, «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden - Vurdering av skredfare etter grunnundersøkelser 2019,» NGI, 2019.



- [19] Frode Oset et al., «NIFS rapport 77/2014 - Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser.,» Norges vassdrags- og energidirektorat i samarbeid med SVV og Jernbaneverket, 2015.
- [20] NIFS, «NIFS 14/2014 - En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NIFS, 2014.

*MI*

*MI*

*collego A*

*collego A*

*Borplan*



# V001 Tolkning og avgrensning

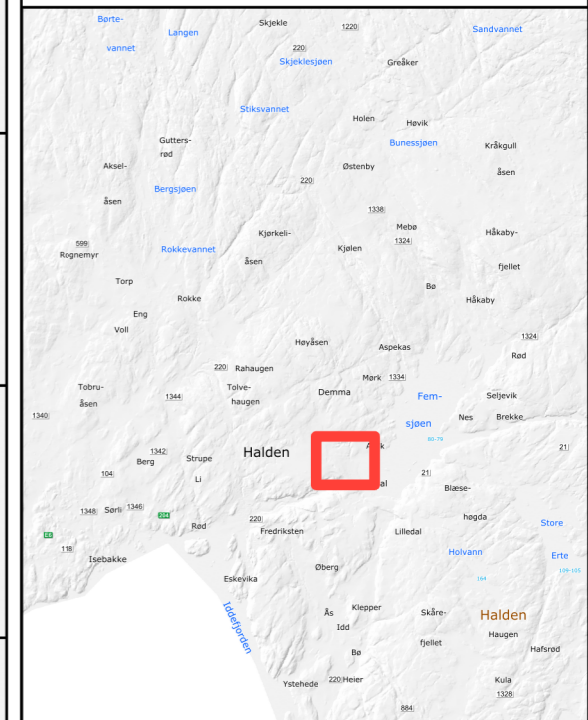
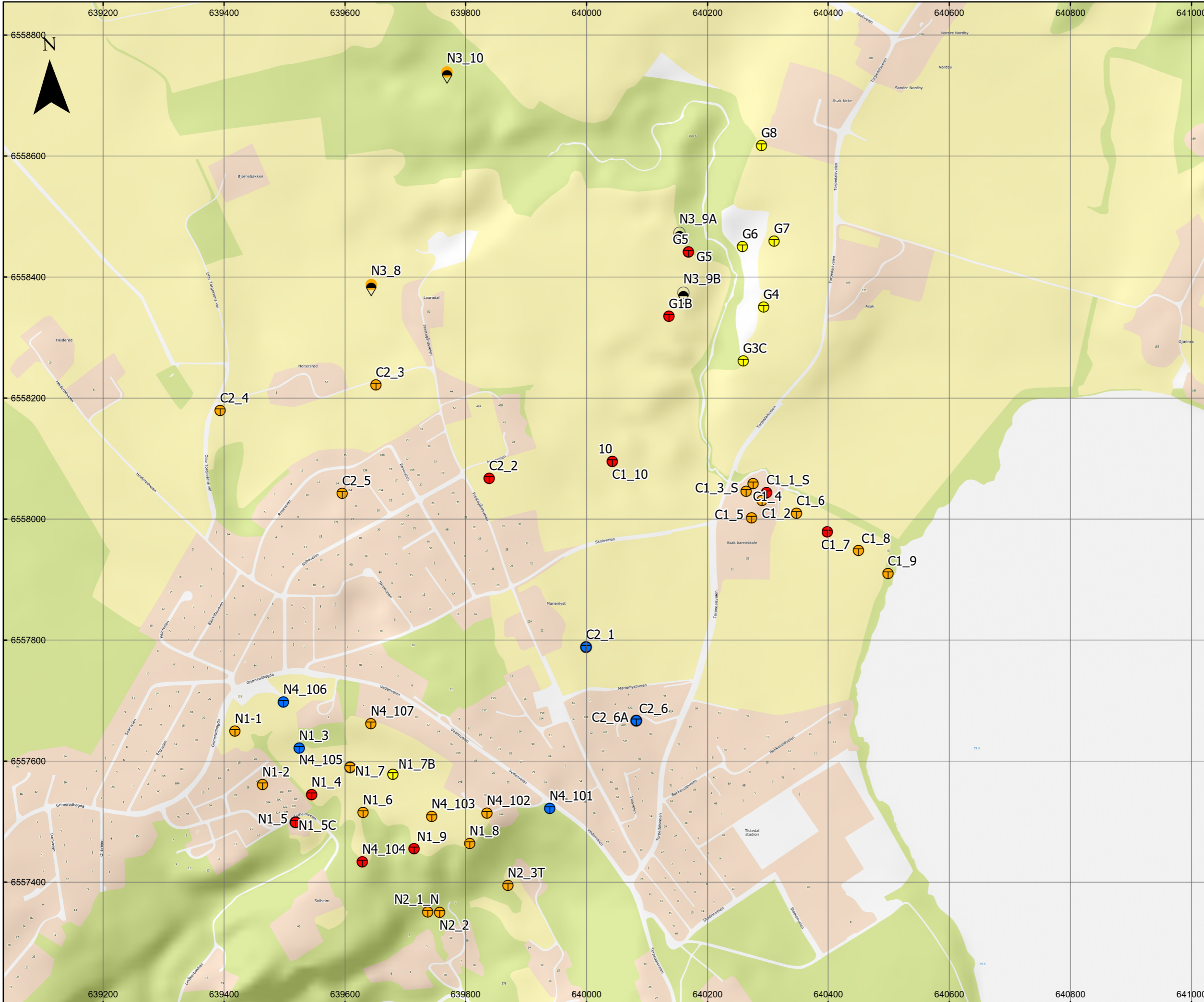
## Tegnforklaring

### Borehull

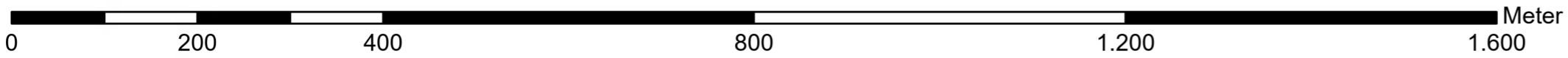
- Dreiesondering
- ◊ Dreietrykksondering
- Enkel sondering
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ⊕ Totalsondering
- ▽ Trykksondering
- Prøvegrop
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Poretrykksmåling
- Annet

### Tolkning av Grunnundersøkelser

- Indikasjon
- Sprøbruddmateriale
- Primært
- Friksjonsmasser
- Primært Leire
- Primært Torv/Myr
- Påvist Sprøbruddmateriale
- Ikke tolket



Prosjektnavn	Tistedal Øst Områdestabilitet
Kunde	Halden Kommune
Tegn.nr	Borplan
Prosjekt nr.	A242363
Tegningsdato	05-07-2022
Utarbeidet av	RUNN
Sidemannskontroll	KRTS
Godkjent av	BRBU
Datakilde	Kartverket, COWI
Koordinatsystem	WGS 1984 UTM Zone 32N
Høydesystem	NN2000
Skala	1:6.000 (A3)

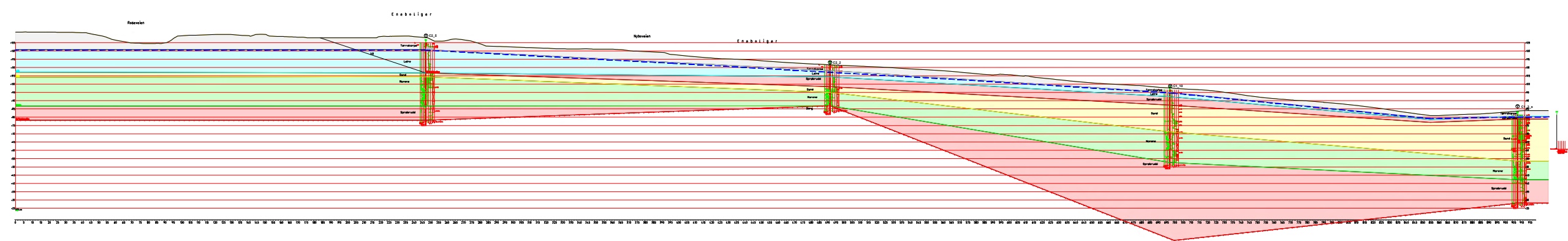
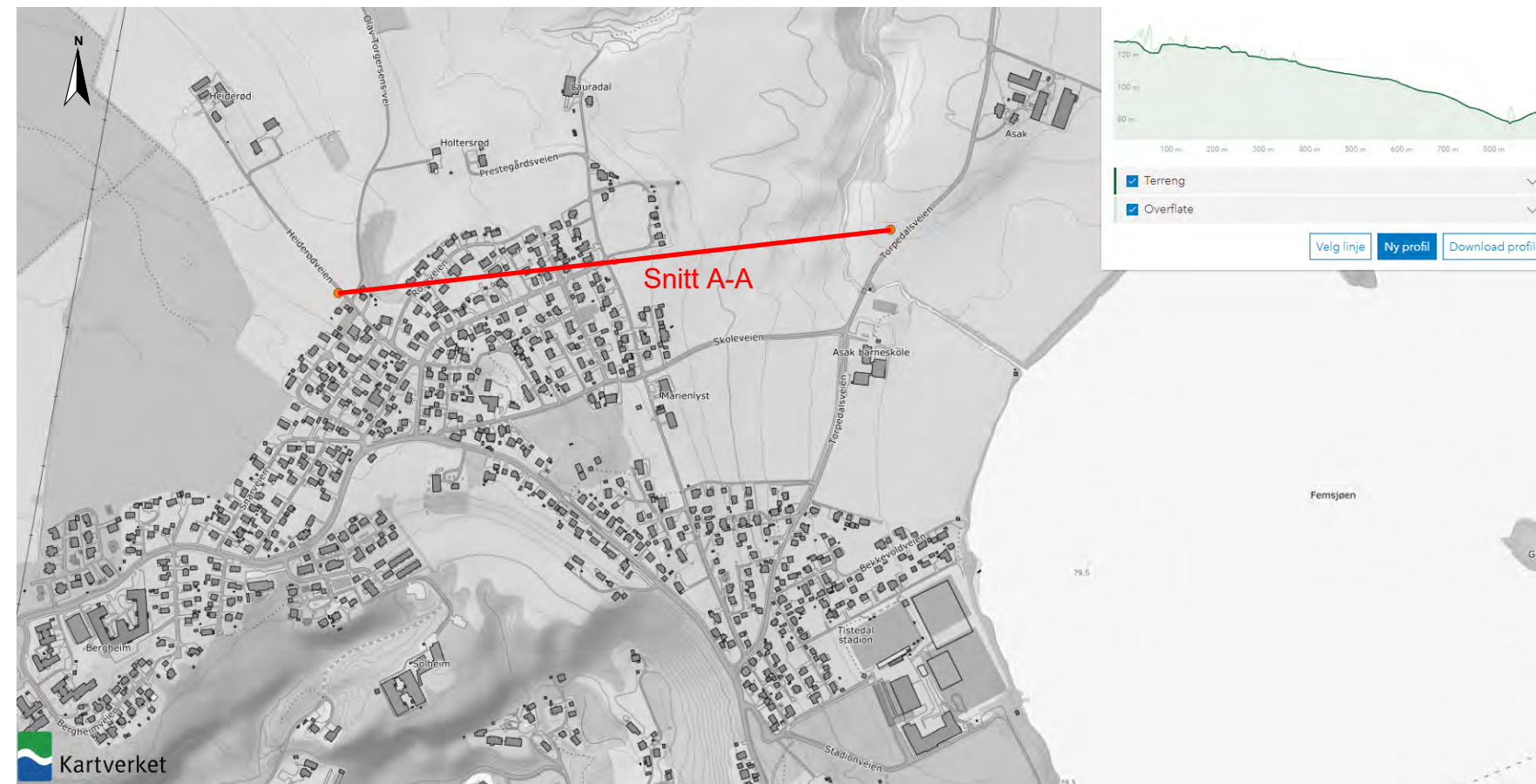


# Vedlegg B

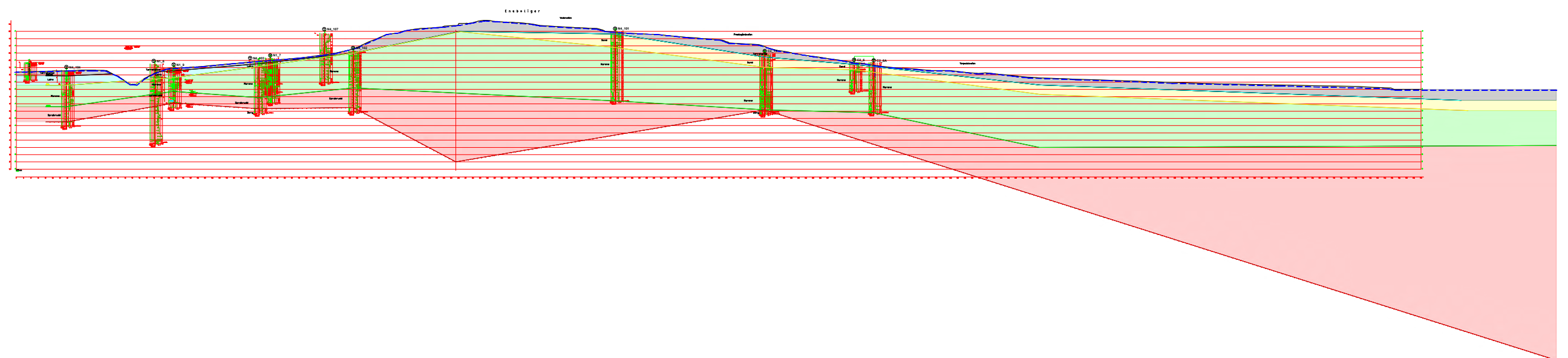
Lagdeling i snitt A-A og B-B



Snitt A-A



Snitt B-B



MI

MI

eggC

Vedlegg

Fig A1: Utrenet stabilitetsberegning i stift A-A  
Fig A2: Dreneret stabilitetsberegning i stift A-A

Tegning  
Tegning









MI

MI

Alleg D

Ve

Faregradsevaluering av  
faresonen Tistetal 08t



Faregradsklasse			
Vurdering			
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	0	Ingen tidligere skred registrert innen faresonen.
Skråningshøyde, meter	2	3	Høydeforskjell omtrent 50 m i jevnt hellende terreng
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	Over morene > 2. Under morene antatt fra 1,2-1,7.
Poretrykk, overtrykk, kPa	3	0	Hydrostatisk trykk målt i grunnen.
Poretrykk, undertrykk, kPa	-3	0	Hydrostatisk trykk målt i grunnen.
Kvikkleiremektighet	3	1	Mektighet vurderes å være ca. H/8
Sensitivitet	1	2	Fleste labundersøkelser viser 30-100. Én måling på 300 i C2_2.
Erosjon	3	1	Lite erosjon i Asak bekk ved Torpedalsveien.
Inngrep, forverring	3	0	Ingen inngrep registrert
Inngrep, forbedring	-3	0	Ingen inngrep registrert
<b>Poeng (score x vektall):</b>		<b>18</b>	

<b>Beregnet faregradsklasse</b>	<b>Middels</b>
<b>Faregrad</b>	0,35

Skadekonsekvens			
Vurdering			
Faktor	Vekttall	Vurdering	Kommentar
Boligheter, antall	4	3	Fra NVE kart
Næringsbygg, personer	3	3	Asak barneskole
Annen bebyggelse, verdi	1	0	Ikke registrert annen bebyggelse
Vei, ÅDT	2	1	ÅDT er 640 for Torpedalsveien
Toglinje, baneprioritet	3	0	Ingen tog
Kraftnett	1	0	Lokal
Oppdemning/flo	2	0	Utløp i sjø. Ikke fare for oppdemning/flo.
<b>Poeng (score x vektall):</b>		<b>23</b>	

<b>Beregnet skadekonsekvensklasse</b>	<b>Meget alvorlig</b>
<b>Skadekonsekvens</b>	0,51

<b>Risiko (skadekonsekvens x faregrad)</b>	1804
<b>Risikoklasse:</b>	<b>3</b>


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
Kvikkleiremektighet	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	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	31 %	0 %

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	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

		Poengverdi
Faregradsklasser	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	

## Tistedal øst

Faregradsklasse, skadekonsekvens og risikoklasse iht. NVE

COWI AS	Dato:	Utarbeider:	Kontroll:	Godkjent:		
	07-07-2022	RUNN	KRTS	BRBU		
	Oppdrag nr.:	Vedlegg nr.:	Versjon:			
	A242363	D	1,0			